



*м. Вінниця,  
Україна*

**23-25 жовтня 2023 р.**

## *МАТЕРІАЛИ*

*XVI-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»*

## *MATERIALS*

*of the XVI-th International scientific and practical conference «Modern technologies and prospects of development of automobile transport»*



*Vinnitsia,  
Ukraine*

**October 23-25, 2023**

**Міністерство освіти і науки України**  
**Вінницький національний технічний університет (м. Вінниця, Україна)**  
**Державний університет «Житомирська політехніка» (м. Житомир, Україна)**  
**Луцький національний технічний університет(м. Луцьк, Україна)**  
**Технічний університет Дрездена (м. Дрезден, Німеччина)**  
**Університет Вітовта Великого (м. Каунас, Литва)**  
**Технічний університет ім. Георгія Асакі (м. Ясси, Румунія)**  
**Департамент транспорту та міської мобільності Вінницької міської ради**

## **МАТЕРІАЛИ**

**XVI-ої Міжнародної науково-практичної  
конференції «Сучасні технології та  
перспективи розвитку автомобільного  
транспорту»  
23-25 жовтня 2023 р.**

**MATERIALS  
of the XVI-th International scientific and  
practical conference «Modern technologies  
and prospects of development of automobile  
transport»  
October 23-25, 2023**

**ВНТУ  
Вінниця  
2023**

**УДК 629.3**

**М-34**

Видається за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

*Головний редактор*

**В. В. Біліченко**, доктор технічних наук, професор

*Відповідальні за випуск:*

**С. В. Цимбал**, кандидат технічних наук, доцент

**Є. В. Смирнов**, кандидат технічних наук, доцент

**Д. В. Борисюк**, кандидат технічних наук

*Рецензенти:*

**А. А. Кашканов**, доктор технічних наук, професор

**А. П. Поляков**, доктор технічних наук, професор

**В. А. Макаров**, доктор технічних наук, професор

**М-34** **Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 396 с.**

**ISBN 978-966-641-950-0**

Збірник містить Матеріали XVI МНПК «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» за такими основними напрямками: стратегії та перспективи розвитку автомобільного транспорту та транспортних засобів; сучасні технології на автомобільному транспорті; транспортні системи, логістика, організація і безпека руху; сучасні технології організації та управління на транспорті; системотехніка і діагностика транспортних машин; стратегії, зміст та нові технології підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою в галузі автомобільного транспорту.

**УДК 629.3**

Матеріали подаються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розгляді питання.

**ISBN 978-966-641-950-0**

© Вінницький національний технічний університет, укладання, оформлення, 2023

## ЗМІСТ (CONTENTS)

<i>Kyshchun V.A., Diachenko D.U.</i> ACCIDENTS ON UKRAINIAN ROADS DURING MARTIAL LAW	15
<i>Lomakin V.O., Melnychuk S.V., Yemets B.V., Ryabchuk O.P.</i> ESTIMATION OF CARS EFFICIENCY BASED ON WLTC	18
<i>Makarov V.A., Borysiuk D.V.</i> ASPECTS OF THE USE OF PHASE PORTRAITS TO ASSESS THE DIRECTIONAL STABILITY OF THE CAR	21
<i>Ragulskis K., Pauliukas A., Paškevičius P., Spruogis B., Matuliauskas A., Mištinis V., Ragulskis L., Kuzhel V.</i> PROCEDURE FOR REPRODUCING THE TRANSPORTATION TRAJECTORY	25
<i>Rogovskii I.L.</i> SMARTLIGHT TECHNOLOGY FOR TESTING THE CHASSIS OF A WHEELED VEHICLE	29
<i>Аль-Амморі А.Н., Іщенко Р.М., Малиш М.І.</i> МІЖПРЕДМЕТНІ ЗВ'ЯЗКИ ФІЗИКИ З ДИСЦИПЛІНАМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	32
<i>Антонюк О.П., Збегерський А.М.</i> ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА	35
<i>Антонюк О.П., Табаков Б.В.</i> ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА МАТЕРІАЛЬНІ ВИТРАТИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ЇХ В ПРАЦЕЗДАТНОМУ СТАНІ	38
<i>Аулін В.В., Гриньків А.В., Чумак В.М., Тищенко С.Ю.</i> ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦИФІКИ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ BLOCKCHAIN ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАВДАНЬ ТА УПРАВЛІННІ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ	41
<i>Аулін В.В., Лисенко С.В., Мельничук С.В., Сорока Б.А.</i> ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АВТОМОБІЛІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ	45
<i>Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гупка А.Б., Тесля В.О.</i> МАСШТАБНИЙ ФАКТОР ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	49

<i>Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р., Іваськевич Л.М., Балицька В.О.</i> <b>ФРАКТОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТИНОК ЗНОШУВАННЯ ВИСОКОАЗОТНИХ ХРОМОМАРГАНЦЕВИХ СТАЛЕЙ ЯК ІНДИКАТОРІВ РУЙНУВАННЯ В ТРАНСПОРТНІЙ ТА ЕНЕРГОМАШИНОБУДІВНИХ ГАЛУЗЯХ</b>	<b>53</b>
<i>Бегерський Д.Б., Пехоцька А.В., Леонець Я.А.</i> <b>ВПЛИВ ПЛАНОВОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ НА ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ М. ЖИТОМИР)</b>	<b>55</b>
<i>Бережняк І.А., Дорошук В.О.</i> <b>СТРАТЕГІЇ ЗМЕНШЕННЯ АВАРІЙНОСТІ ТА СМЕРТНОСТІ НА ДОРОГАХ</b>	<b>58</b>
<i>Бикадорова Н.О., Колесніков В.О., Бурдун В.В., Балицька В.О.</i> <b>ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ТРАНСПОРТІ</b>	<b>60</b>
<i>Біліченко В.В., Матвійчук Д.М.</i> <b>ОГЛЯД ТЕНДЕНЦІЙ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ТА НАГНІТАЧІВ, ЯК ЗАСОБУ ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ</b>	<b>63</b>
<i>Біліченко В.В., Цимбал О.В.</i> <b>ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ РУХЛИВОСТІ НАСЕЛЕННЯ</b>	<b>66</b>
<i>Біліченко В.В., Цимбал С.В., Аданніков С.С.</i> <b>ОСОБЛИВОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ</b>	<b>71</b>
<i>Борисюк Д.В., Дибський В.І.</i> <b>РОСЛИННІ МАСЛА ЯК ПРИСАДКИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА</b>	<b>74</b>
<i>Борисюк Д.В., Наумов В.Г.</i> <b>АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ПЛАСТМАСОВИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ</b>	<b>76</b>
<i>Борисюк Д.В., Ширмівський О.Ю.</i> <b>БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ</b>	<b>79</b>
<i>Бруннер Х., Прокоп Г., Макаров В.А.</i> <b>ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ СПІВРОБІТНИЦТВА В СФЕРАХ НАУКИ ТА ОСВІТИ МІЖ ФАКУЛЬТЕТАМИ ТРАНСПОРТНИХ НАУК ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ДРЕЗДЕНА І МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ТРАНСПОРТУ ВІННИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ</b>	<b>82</b>

<b>Будниченко І.В., Харламов С.А.</b> <b>КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ДОСКОНАЛОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОБУСА ТА ТРОЛЕЙБУСА З АВТОНОМНИМ ХОДОМ</b>	<b>85</b>
<b>Булік Ю.В., Павлюк В.І.</b> <b>ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ «ВИСХІДНОГО» ТА «НИЗХІДНОГО» МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	<b>88</b>
<b>Бурдун В.В., Васецька Л.О., Ревякіна О.О., Рожкова А.Ю.</b> <b>КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІН ПОВ'ЯЗАНИХ З АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ</b>	<b>91</b>
<b>Бурдун В.В., Колесніков В.О., Бікадорова Н.О.</b> <b>СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ</b>	<b>94</b>
<b>Васецька Л.О.</b> <b>СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ЯК ПЕРЕДУМОВА ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ</b>	<b>96</b>
<b>Васильєв О.С., Криворот А.І., Скорик М.О., Шаповал М.В.</b> <b>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЯГОВОГО БАЛАНСУ АВТОМОБІЛЯ КрАЗ-6322 ІЗ РІЗНИМИ СИЛОВИМИ АГРЕГАТАМИ</b>	<b>99</b>
<b>Вдовиченко О.В., Галушак Д.О.</b> <b>ВІННИЦЬКИЙ МУЗЕЙ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТУ, РЕТРОТЕХНІКИ, КОЛЕКЦІЙ ТА МІНІАТЮР У ПРОФОРІЄНТАЦІЇ ТА ВИХОВНОМУ ПРОЦЕСІ МОЛОДІ</b>	<b>102</b>
<b>Віштак І.В., Майданевич Л.О.</b> <b>ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ СПЕЦІАЛІСТІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ</b>	<b>105</b>
<b>Войтків С.В.</b> <b>АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ</b>	<b>107</b>
<b>Войтків С.В.</b> <b>ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРОБУСІВ РІЗНИХ КЛАСІВ ЗА ДОВЖИНОЮ</b>	<b>110</b>
<b>Войчишин Ю.І., Голенко К.Е., Горбай О.З.</b> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В ЗОНІ ПІДВИЩЕНОГО ВИДІЛЕННЯ ТЕПЛОТИ В САЛОНІ МІСЬКОГО АВТОБУСА</b>	<b>113</b>

<b>Волков В.П., Грицук І.В., Кужель В.П., Волкова Т.В.</b> <b>ІСНУЮЧІ І ПЕРСПЕКТИВНІ МОДЕЛІ ПІДТРИМКИ</b> <b>РОБОТОЗДАТНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ</b>	<b>116</b>
<b>Воронков О.А.</b> <b>ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИТРАТ ЗАСТОСУВАННЯ</b> <b>АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗБІЖЖЯ</b>	<b>120</b>
<b>Галуцак О.О., Галуцак Д.О., Кириченко В.О.</b> <b>ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНІВ</b> <b>МУНІЦИПАЛЬНИХ АВТОБУСІВ ВИКОРИСТАННЯМ БІОДИЗЕЛЬНОГО</b> <b>ПАЛИВА</b>	<b>122</b>
<b>Голуб Д.В., Аулін В.В., Замуренко А.С., Кічура Р.П., Ювженко О.В.,</b> <b>Плечун А.В.</b> <b>ПОБУДОВА ТЕОРЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ</b> <b>АВТОМОБІЛЬНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ</b>	<b>125</b>
<b>Горбачов П.Ф., Прохорчук М.В.</b> <b>АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ СПЕЦІАЛЬНОЇ АВТОБУСНОЇ СМУГИ</b> <b>НА ЗАГАЛЬНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ</b> <b>МІСТ</b>	<b>128</b>
<b>Дембіцький В.М., Клехо О.В.</b> <b>АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СТАНЦІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ</b> <b>АВТОМОБІЛІВ</b>	<b>131</b>
<b>Диха О.В., Дитинюк В.О., Голенко К.Е.</b> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСЬОВОГО ОТВОРУ НА НАПРУЖЕНО-</b> <b>ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН СТАЛЕВИХ КОВПАЧКІВ ТРОСІВ</b> <b>ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ</b>	<b>134</b>
<b>Дяченко В.А., Дяченко О.Ф.</b> <b>ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ELESTUDE ПРИ</b> <b>ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІН ТРАНСПОРТНОГО СПРЯМУВАННЯ</b>	<b>137</b>
<b>Захарчук О.В., Алендар Д.А., Козловський Б.І., Касьян В.М.</b> <b>ЯКІСНА ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА – ЗАПОРУКА ЕФЕКТИВНОЇ ТА</b> <b>БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ</b>	<b>141</b>
<b>Захарчук В.І., Бойчук Д.І., Жеребецький Ю.В., Шевела К.І.</b> <b>ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ</b>	<b>144</b>
<b>Йовченко А.В., Шльончак І.А.</b> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> <b>ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАРЯДЖАННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ</b>	<b>147</b>

<b>Ільченко А.В.</b> ПОЛІПШЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ МОТОРНИХ ПАЛИВ ТЕПЛОВИМ ВИТРАТОМІРОМ	<b>149</b>
<b>Канчуга М.К.</b> ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ	<b>152</b>
<b>Кашканов А.А., Буряк В.В., Москалюк М.Л.</b> АСПЕКТИ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ	<b>154</b>
<b>Кашканов А.А., Пальчевський О.В.</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ФАЗАМИ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	<b>157</b>
<b>Кашканов В.А., Василик Д.В.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛИЦЬ 600-РІЧЧЯ - КЕЛЕЦЬКА МІСТА ВІННИЦЯ	<b>160</b>
<b>Кашканов В.А., Мартошенко Б.В.</b> ПРОГРАМНИЙ ПРОЦЕС НАЛАШТУВАННЯ ЧАСУ ВПРИСКУВАННЯ ПАЛИВА ГАЗОВИХ ФОРСУНОК	<b>163</b>
<b>Кашканов В.А., Мельник В.В.</b> ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ	<b>165</b>
<b>Кашканов В.А., Осьмірко С.О.</b> АКТУАЛЬНІСТЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА ВІННИЦЯ	<b>169</b>
<b>Кашканова А.А.</b> НАДІЙНІСТЬ ВОДІЯ ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ МІСТА	<b>171</b>
<b>Клімов Е.С., Солтус А.П., Черненко С.М.</b> ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ОПОРУ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ ТРАЄКТОРІЇ	<b>174</b>
<b>Коваленко Р.І.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ ОБЛАДНАНОЇ ДИЗЕЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ ВЗИМКУ	<b>177</b>
<b>Колесніков В.О.</b> ВПРОВАДЖЕННЯ ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ТРАНСПОРТІ ТА СУМІЖНИХ ГАЛУЗЯХ	<b>179</b>



<b>Корнач А.О., Левківський О.О., Корнач О.А.</b> <b>ПЕРЕВІРКА СИСТЕМИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАПАЛЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛОГРАФА</b>	<b>182</b>
<b>Корчевський Б.Б.</b> <b>КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВ ТРАМВАЙНИХ КОЛІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОРЕШІТОК</b>	<b>185</b>
<b>Кохан В.Ф.</b> <b>МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЗА ТЕХНІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ</b>	<b>187</b>
<b>Красноштан О.М., Новицький Б.О.</b> <b>АНАЛІЗ АВТОБУСНОЇ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ КИСВА З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЧАСТКОВОЇ ЗАМІНИ АВТОБУСІВ НА ЕЛЕКТРОБУСИ З ПІДЗАРЯДКОЮ У РУСІ</b>	<b>189</b>
<b>Криушичев Д.С., Колесніков В.О.</b> <b>ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ВИКЛАДАННІ СПЕЦКУРСУ «ТРИБОТЕХНІКА» ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ</b>	<b>192</b>
<b>Кужель В.П., Буда А.Г., Павленко В.М.</b> <b>ЕВОЛЮЦІЙНИЙ РОЗВИТОК КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ФОРМ КУЗОВІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ</b>	<b>194</b>
<b>Кужель В.П., Куліш С.П., Литвинчук Д.С., Пащенко М.С.</b> <b>ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ</b>	<b>198</b>
<b>Кукурудзяк Ю.Ю.</b> <b>ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА МОНІТОРИНГУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСІВ</b>	<b>203</b>
<b>Леонов В.В., Сердюк Р.М.</b> <b>МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ СПЕЦІАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН ТРАНСПОРТНОГО СПРЯМУВАННЯ</b>	<b>205</b>
<b>Лук'янченко О.Ю., Костян Н.Л.</b> <b>СИСТЕМА КЛАСИФІКАЦІЇ ВОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ</b>	<b>208</b>
<b>Ляшук О.Л., Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Хорошун Р.В.</b> <b>ДО ВИБОРУ ТРАЄКТОРІЇ ПРОХОДЖЕННЯ ПОВОРОТУ АВТОМОБІЛЕМ</b>	<b>211</b>

<b>Макаров В.А., Виноградов М.С., Мастепан М.А.</b> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРИТИРАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ СИЛКАТНОЮ АБРАЗИВНОЮ ПАСТОЮ</b>	<b>215</b>
<b>Макаров В.А., Мастепан М.А., Савенок Д.В., Даниленко О.О.</b> <b>ФОРМУВАННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ</b>	<b>219</b>
<b>Макарова Т.В., Мастепан С.М., Виноградов М.С.</b> <b>УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПОСЛУГ АВТОСЕРВІСУ</b>	<b>221</b>
<b>Мармут І.А.</b> <b>ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛІВ НА РОЛИКОВОМУ СТЕНДІ</b>	<b>223</b>
<b>Марчук Р.М., Сахно В.П., Марчук Н.М., Марчук М.М.</b> <b>ДО ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОПОЇЗДА З ПРИЧЕПОМ КАТЕГОРІЇ О1</b>	<b>225</b>
<b>Мастепан С.М., Макарова Т.В., Гудзь О.С., Колодєєв А.П.</b> <b>АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВИРОБНИЦТВА ПОСЛУГ АВТОСЕРВІСУ</b>	<b>228</b>
<b>Матвійчук С.В., Ігнатюк Р.М., Рижий О.П.</b> <b>ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ВПОРСКУВАННЯМ ЛЕГКОГО ПАЛИВА</b>	<b>232</b>
<b>Мельник Р.В., Цимбал С.В.</b> <b>ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ</b>	<b>235</b>
<b>Митко М.В., Андрущенко Р.Р., Куцинський О.А.</b> <b>УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ПО ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННЮ ТА ПОТОЧНОМУ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ</b>	<b>239</b>
<b>Монастирський Ю.А., Максименко І.С.</b> <b>ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЬ-ТРОЛЕЙВОЗІВ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ УКРАЇНИ</b>	<b>243</b>
<b>Монастирський Ю.А., Панченко А.К.</b> <b>ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬ-ТРОЛЕЙВОЗІВ У КРИВОРІЗЬКОМУ ЗАЛІЗОРУДНОМУ БАСЕЙНІ</b>	<b>246</b>

<b>Назаров О.І., Кривошапов С.І., Сергієнко М.Є., Іванченко Є.І.</b> <b>ОЦІНКА РЕСУРСУ ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ЗА ВІДНОСНИМ ЗНОСОМ ЇХ ФРИКЦІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ</b>	<b>248</b>
<b>Огневий В.О.</b> <b>ОСОБЛИВОСТІ ЕРГОНОМІЧНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАНЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ</b>	<b>251</b>
<b>Оліскевич М.С., Мاستикаш О.Л.</b> <b>ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЕНЕРГООЩАДНОГО РУХУ АВТОМОБІЛЯ</b>	<b>253</b>
<b>Олішевська В.Є., Олішевський Г.С.</b> <b>ПЛАНУВАННЯ МАЙБУТНЬОГО РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОПІДПРИЄМСТВА В СУЧАСНИХ УМОВАХ</b>	<b>255</b>
<b>Павліченко А.В., Колесніков В.О.</b> <b>ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ПРИ ВИКЛАДАННІ СПЕЦКУРСУ «ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА» ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ СЛЮСАРІВ З РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ</b>	<b>258</b>
<b>Пилипенко О.М., Бегерський Д.Б., Коваль А.О.</b> <b>ЗАЛЕЖНІСТЬ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО ВІД АЕРОДИНАМІКИ АВТОПОЇЗДА</b>	<b>260</b>
<b>Піоторак Г.В., Приставський С.В., Бондарчук О.І.</b> <b>ОЦІНКА ВПЛИВУ ПЕРЕХРЕСТЬ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ШВИДКІСТЬ НА МАРШРУТІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ</b>	<b>263</b>
<b>Пікула М.В.</b> <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ НА ОСНОВІ РОЗРОБКИ ПРОЦЕСІВ ВІБРОХВИЛЬОВОГО РОЗБИРАННЯ ТА ОЧИЩУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ</b>	<b>266</b>
<b>Плекан У.М., Рожко Н.Я.</b> <b>ОСОБЛИВОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В МАЛИХ МІСТАХ І СЕЛИЩАХ МІСЬКОГО ТИПУ</b>	<b>268</b>
<b>Плекан У.М., Цьонь О.П., Окунський О.О.</b> <b>ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ГРАФОАНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ</b>	<b>270</b>
<b>Погорлецький Д.С., Грицук І.В., Пінчук А.В.</b> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ОСНАЩЕНОГО СИСТЕМОЮ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ</b>	<b>272</b>

<b>Подригало М.А., Нікорчук А.І., Шишкін О.Ю.</b> <b>ПОБУДОВА ТИПОРОЗМІРНОГО РЯДУ МАЛОГАБАРИТНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ</b>	<b>276</b>
<b>Подригало М.А., Полянський А.С., Краснокутський В.М., Шейн В.С.</b> <b>ПОБУДОВА МОДЕЛЬНИХ РЯДІВ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕНТРОПІЇ</b>	<b>280</b>
<b>Поляков А.П., Мороз Л.В.</b> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ПОКАЗНИКИ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ ДИЗЕЛЯ НА РОБОТУ НА БІОДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ</b>	<b>283</b>
<b>Порфіренко В.І., Гнатюк Я.В.</b> <b>ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СКЛАДСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ</b>	<b>290</b>
<b>Порфіренко В.І., Дехтяренко Д.П.</b> <b>ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ В МІСТАХ-МЕГАПОЛІСАХ У ВОЄННИЙ ЧАС</b>	<b>293</b>
<b>Порфіренко В.І., Норець С.Р.</b> <b>ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРО- ТА ВОДНЕВОГО АВТОТРАНСПОРТУ</b>	<b>297</b>
<b>Прокудін Г.С., Назарова А.П., Поліщук А.М., Лабунець Ю.В.</b> <b>МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ</b>	<b>300</b>
<b>Пустовойт Р.О., Степанчук О.В.</b> <b>ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ У АЕРОПОРТАХ</b>	<b>303</b>
<b>Рожкова А.Ю., Бурдун В.В., Ревякіна О.О., Бикадорова Н.О., Васецька Л.О.</b> <b>ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ</b>	<b>306</b>
<b>Сакно О.П., Медведєв Є.П., Сакно О.Р.</b> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ</b>	<b>309</b>
<b>Сахно В.П., Поляков В.М., Шарай С.М., Разбойніков О.О.</b> <b>ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ ТА ДОРОЖНЬОЇ НЕРІВНОСТІ НА НАВАНТАЖЕНІСТЬ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ АВТОБУСА КАТЕГОРІЇ МЗ</b>	<b>312</b>
<b>Сахно В.П., Шарай С.М., Поляков В.М., Рой М.П.</b> <b>ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ</b>	<b>314</b>

<b>Сидоренко Р.С., Ануфрієв В.А., Колесніков В.О.</b> <b>НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ АВТОМОБІЛЬНОГО ВОДНЕВОГО ТРАНСПОРТУ</b>	<b>317</b>
<b>Сістук В.О., Монастирський Ю.А.</b> <b>РОЗРОБКА АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ СВІТЛОФОРМ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ VISVAR</b>	<b>320</b>
<b>Славгородський В.С., Колесніков В.О.</b> <b>РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА З ОСНОВАМИ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ» ПРИ ПІДГОТОВЦІ СЛЮСАРЯ З РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ</b>	<b>323</b>
<b>Слатов І.М.</b> <b>ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НОРМИ ВИТРАТИ ПАЛИВА ПАСАЖИРСЬКИМ АВТОБУСОМ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ВАГОВОГО КОНТРОЛЮ НА МАРШРУТІ</b>	<b>325</b>
<b>Смирнов Є.В.</b> <b>ПРОБЛЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ КОМЕРЦІЙНИХ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ</b>	<b>328</b>
<b>Смирнов О.П., Борисенко А.О.</b> <b>ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДОВИХ СИСТЕМ ДОПОМОГИ ВОДІЯ</b>	<b>330</b>
<b>Сніжко Л.Л.</b> <b>УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ В ОПЕРАЦІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ</b>	<b>334</b>
<b>Стадник О.С., Марчук М.М., Абрамчук В.В.</b> <b>РОЗРОБКА МАГНІТНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ БЕЗ ФАРБУВАННЯ</b>	<b>337</b>
<b>Тарандушка Л.А., Тарандушка І.П., Скороход В.С.</b> <b>МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ</b>	<b>339</b>
<b>Терещенко О.П., Мороз Л.В., Сафтюк Я.В.</b> <b>ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ</b>	<b>341</b>
<b>Терещенко О.П., Мороз Л.В., Сафтюк Я.В.</b> <b>ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ПІДХОДІВ І МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ СИСТЕМ</b>	<b>344</b>

<b>Тесля В.О., Сінравська М.Д.</b> <b>ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ВРАХУВАННІ ДОРОЖНІХ УМОВ ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ</b>	<b>347</b>
<b>Титаренко В.Є., Шумляківський В.П., Добровінський О.О., Грищук Г.І.</b> <b>АНАЛІЗ ВПЛИВУ РІЗНОМАНІТТЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ПАСАЖИРСЬКОГО АТП НА СКЛАДНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СПРАВНОГО СТАНУ АВТОБУСІВ</b>	<b>349</b>
<b>Турпак С.М., Падченко О.О., Мороз П.В.</b> <b>УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МЕТАЛОПРОКАТУ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖНИХ МІСЦЬ У ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ</b>	<b>352</b>
<b>Хітров І.О.</b> <b>ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПЕРЕХРЕСТЯ З КРУГОВИМ РУХОМ</b>	<b>355</b>
<b>Худяков І.В., Грищук І.В., Пінчук А.В., Музичка Д.Г.</b> <b>ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ</b>	<b>358</b>
<b>Цимбал С.В., Цимбал О.В.</b> <b>МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ МІСЬКИМ ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ</b>	<b>362</b>
<b>Чернега В.Ю., Макаров В.А., Стецюк Д.І.</b> <b>ПРО ВАЖЛИВІСТЬ БАГАТОВЕКТОРНОГО ПІДХОДУ ПРИ РОЗГЛЯДІ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ «КОЛЕСО-ДОРОГА»</b>	<b>366</b>
<b>Черненко С.М., Мурашко О.А.</b> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАМІНИ СУЦІЛЬНОЇ ПОПЕРЕЧНОЇ ТЯГИ КЕРМОВОЇ ТРАПЕЦІЇ АВТОМОБІЛЯ КрАЗ-5233 НА ТРУБЧАСТУ ЗАСОБАМИ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ</b>	<b>370</b>
<b>Чуйко С.П., Кравченко О.П.</b> <b>ЦИФРОВІЗАЦІЯ В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ЯК ФАКТОР ПРИВАБЛИВОСТІ ПАСАЖИРІВ</b>	<b>373</b>
<b>Шаповал М.В., Орисенко О.В., Криворот А.І., Вірченко В.В.</b> <b>ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇ</b>	<b>376</b>
<b>Шевельков С.А.</b> <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ</b>	<b>380</b>
<b>Шепеленко І.В., Шумляківський В.П., Немировський Я.Б., Магонець С.О.</b> <b>ПРИСКОРЕННІ ВИПРОБУВАННЯ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВЗ</b>	<b>383</b>

<b>Шльончак І.А., Йовченко А.В.</b> <b>МОДЕЛЮВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО ПІДЙОМНО- ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	<b>387</b>
<b>Шостачук А.М., Мельничук С.В.</b> <b>ГРАФИ ПЛОСКИХ ВАЖІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ II ТА III КЛАСІВ</b>	<b>390</b>
<b>Шумляківський В.П., Чевська С.М.</b> <b>ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТ</b>	<b>393</b>

UDC 656.13.05

V.A. Kyshchun, D.U. Diachenko

## ACCIDENTS ON UKRAINIAN ROADS DURING MARTIAL LAW

*The state of accidents on Ukrainian roads in 2021–2023, including under martial law, is considered. Atypical factors due to which the accident rate has decreased have been identified. A ranking of road accidents was carried out according to individual indicators and the results obtained were analyzed.*

**Keywords:** road traffic accident, accident statistics, martial law, atypical factors, ranking of incidents.

The Department of Patrol Police of Ukraine annually publishes road traffic accident (RTA) statistics in Excel tables for the period from January 1st to December 31st. The data of regions of Ukraine is presented in these tables, consisting of 27 rows, including 24 regions, two cities (Kyiv and Simferopol), and the Autonomous Republic of Crimea; there is also a "total" row. Starting from 2015, the two rows for "Autonomous Republic of Crimea" and "Simferopol" have been filled with "zeros." In two other regions, Donetsk and Luhansk, the data is incomplete, representing only the territories under Ukraine's control [1].

In 2022, the imposition of martial law in the country had an impact on the reporting of the Patrol Police. There were regions where the accident rates did not correlate with previous years due to their temporary occupation and ongoing hostilities. Specifically, such a situation emerged, in addition to those already mentioned, in Zaporizhzhia, Kherson, Mykolaiv, and Kharkiv Oblasts (although in 2023, the last two were no longer distinguished) [1].

The list of statistical reporting forms includes 15 tables and comprises indicators such as the number of road traffic accidents (RTAs) for the reporting period (from a month to a year), the number of RTAs with fatalities and/or injuries, the number of accidents by types, causes, days of the week, times of occurrence, and more. However, in 2022–2023, the column "Total RTAs," which used to display the overall number of accidents from the tables, for some reason, disappeared.

An analysis of statistics showed that under martial law, accidents on Ukrainian roads decreased compared to the "peaceful" year of 2021 (see Table 1) [1]. There have been fewer fatal accidents, although this statistic does not mean that drivers in Ukraine have started to drive safer. This is due to many reasons, including a decrease in traffic on some roads in the country due to a decrease in the number of vehicles, or, as already mentioned, the temporary occupation of territories and hostilities. There were such atypical factors as removed road signs, artificial obstacles in the form of checkpoints, curfews, air raids, and power outages.

Table 1 - Road accidents in 2021-2023 [1]

Year	Total number of RTAs	RTAs with fatalities and/or injured	Killed	Injured
2021	190746	24521	3238	29738
2022	135430*	18628	2791	23145
2023 (8 mo.)	-	15041	1870	18986

\*Data from the source [2].

Comparing statistical data on accident rates allows us to rank the varying degrees of influence of different factors on these rates. Thus, Table 2 shows that the ranking of road accidents with fatalities and/or injuries by type of accident, depending on the year, has not changed much (hereinafter, the ranking will be made by road accidents with fatalities and/or injuries and will be indicated in the tables by numbers in parentheses).

Official statistics identify 28 reasons for road traffic accidents. For analysis, the first 13 were selected based on the number of RTAs with fatalities and/or injuries, as well as separately, "Driving a defective vehicle" (see Table 3).



Table 2 - Ranking of RTAs with fatalities and/or injuries by type [1]

RTA type	Year					
	2021		2022		2023 (8 mo.)	
Vehicle collision	10376	(1)	7387	(1)	6273	(1)
Pedestrian collision	7509	(2)	5284	(2)	3898	(2)
Collision with an obstacle	2505	(3)	2477	(3)	1960	(3)
Vehicle rollover	1762	(4)	1660	(4)	1411	(4)
Collision with a cyclist	1355	(5)	1196	(5)	912	(5)
Collision with a stationary vehicle	564	(6)	374	(6)	299	(6)
Passenger fall	384	(7)	209	(7)	247	(7)
Collision with animal-drawn transport	30	(8)	19	(8)	9	(9)
Collision with an animal	28	(9)	16	(9)	25	(8)
Falling cargo	8	(10)	6	(10)	7	(10)
Total	24521		18628		15041	

The top 5 positions in the ranking remained the same for all three years; changes in attention occurred in the 6th and 7th positions and the last one (see Table 3). If pedestrians became more disciplined in 2022–2023, drivers, on the contrary, started getting behind the wheel while under the influence more frequently. The data for 2023, beyond the 9th position, allows us to assess the trend in changes in rankings among the causes of RTAs.

During wartime, the number of accidents due to driving a defective vehicle increased (relative to the total number) compared to 2021 (see Table 3).

Table 3 - Ranking of RTAs with fatalities and/or injuries by causes [1]

Causes	Year					
	2021		2022		2023 (8 mo.)	
Exceeding the safe speed limit	9466	(1)	7561	(1)	5812	(1)
Violation of maneuvering rules	5022	(2)	3846	(2)	3461	(2)
Violation of intersection passage rules	2115	(3)	1467	(3)	1258	(3)
Violation of pedestrian crossing rules	1854	(4)	1443	(4)	956	(4)
Failure to maintain a safe following distance	1457	(5)	843	(5)	717	(5)
Pedestrians crossing at an undesignated location	877	(6)	593	(7)	480	(7)
Driving under the influence	843	(7)	790	(6)	620	(6)
Exceeding the established speed limit	558	(8)	469	(8)	420	(8)
Entering the oncoming traffic lane	575	(9)	418	(9)	309	(9)
Unexpected entry onto the roadway	413	(10)	233	(10)	170	(11)
Failure by drivers to obey traffic signals	259	(11)	236	(11)	167	(12)
Violation of overtaking rules	250	(12)	184	(12)	158	(13)
Violation of rules for yielding the right of way	247	(13)	184	(13)	203	(10)
Operating a defective vehicle	58	(21)	39	(20)	28	(19)

Changes were also observed in the ranking when studying the statistics of RTAs with fatalities and/or injuries by days of the week. In 2021 and 2022, Monday, Tuesday, Wednesday, Friday, and Saturday remained in the same positions, while Thursday and Sunday 'swapped' places. This change likely resulted from reduced non-work-related trips on weekends (see Table 4). In 2023, coincidences were observed on Wednesday and Friday, while the other days remained in a state of 'turbulence.'

Table 5 provides statistics on RTAs with fatalities and/or injuries by the time of occurrence within a day. Since the table was predominantly influenced by the concept of the 'curfew,' there was no need to present the statistical data in its entirety. Significant changes only affected the time frame from 22:00 to 06:00, which could also vary depending on the region and the date of implementation. From Table 5, it can be seen that in 2022–2023, there were 2.0 ... 2.5 times fewer accidents than in 2021. This was due, among other factors, to the curfew, which prohibited the movement of all vehicles except those of the Armed Forces, in the areas where it was enforced.

State Special Transport Service, National Guard, State Border Guard Service, National Police,

Security Service of Ukraine (SBU), State Fiscal Service (DFS), State Emergency Medical Service (DMS), State Emergency Service (DSNS), as well as specialized-purpose vehicles performing urgent official tasks [3]. However, the reduction in the duration of the curfew leads to an increase in the number of trips during the time intervals, as indicated by approximate data on RTAs in 2023 for 12 months (see Table 5).

Table 4 - Ranking of RTAs with fatalities and/or injuries by days of the week [1]

Day	Year					
	2021		2022		2023 (8 mo.)	
Monday	3390	(4)	2603	(4)	2172	(2)
Tuesday	3338	(6)	2547	(6)	2138	(4)
Wednesday	3382	(5)	2565	(5)	2116	(5)
Thursday	3271	(7)	2685	(3)	2059	(7)
Friday	3899	(1)	2880	(1)	2289	(1)
Saturday	3743	(2)	2815	(2)	2165	(3)
Sunday	3498	(3)	2533	(7)	2102	(6)
Total	24521		18628		15041	

Table 5 - RTAs with fatalities and/or injuries by time of occurrence [1]

Time	Year		
	2021	2022	2023 (8 mo./12 mo.)
0	571	232	239/360
1	451	170	140/210
2	364	115	88/132
3	286	103	72/108
4	267	92	69/104
5	268	142	111/166
6	438	321	242/363
7	796	598	507/760
...	...	...	...
22	1046	769	629/944
23	828	421	461/691

The analysis results indicate that compared to the pre-war period, in 2022–2023, the absolute accident rates on domestic roads decreased primarily due to atypical factors. Ranking road traffic accidents by their types, causes, days of the week, and times of occurrence demonstrated the influence of various factors on occupied positions, which under different circumstances would not have changed.

#### References

1. Статистика ДТП в Україні. URL : <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/>.
2. Ведмеденко Марія. Чим «грішили» автомобілісти у 2022 році: десять найпоширеніших причин ДТП. URL : <https://polis.ua/uk/articles/Chym-hrishlyy-avtomobilisty-u-202-rotsi-desyat-naupshyrenishykh-prychyn-DTP>.
3. Коменданська година: порядок введення та обмеження, які встановлюються. URL : <https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/>.

**Volodymyr KYSHCHUN** – *PhD. in Economics, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: kyshchun52@ukr.net.*

**Dmytro Diachenko** – *master of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University.*

**Володимир КИЩУН** – *канд. екон. наук, доц. кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: kyshchun52@ukr.net.*

**Дяченко Дмитро** – *магістр кафедри «Автомобілі та транспортні технології» Луцького національного технічного університету.*

UDC 681

V.O. Lomakin, S.V. Melnychuk, B.V. Yemets, O.P. Ryabchuk

## ESTIMATION OF CARS EFFICIENCY BASED ON WLTC

*Abstract. The Presented approach of estimations cars efficiency base on Worldwide harmonized Light-duty vehicles Test Cycles (WLTC) and physicals basics motion of automobiles.*

**Key words:** WLTC, energy consumption, vehicle energy loses, vehicle efficiency

**Introduction.** In recent years, the automotive industry has made significant strides in enhancing the efficiency of modern vehicles. This progress has been driven by growing concerns about environmental sustainability and the escalating cost of fuel. To address these challenges, car manufacturers have focused on developing innovative technologies and design strategies aimed at improving fuel efficiency and reducing carbon emissions.

The coefficient of efficiency is a measure that quantifies how effectively a power plant and drive train convert input energy into useful output energy. Below, we provide information about the coefficient of efficiency for modern battery electric, hybrid, classical spark ignition, and diesel cars [1-6]:

- Modern Battery Electric Cars: These all-electric vehicles (EVs) solely run on electricity and are propelled by an electric motor powered by rechargeable battery packs. The efficiency of battery electric vehicle powertrains can vary, but they generally exhibit higher efficiency compared to traditional gasoline-powered vehicles. The drivetrain efficiency of electric vehicles typically ranges around 80%, indicating that approximately 80% of the energy from the battery is converted into useful work.

- Hybrid Cars: Hybrid cars combine an internal combustion engine with an electric motor and battery. The efficiency of hybrid powertrains depends on the specific design and configuration of the hybrid system. In general, hybrid powertrains can provide improved fuel economy compared to conventional gasoline-powered cars. The fuel economy of hybrid cars can vary, but it often surpasses that of traditional spark ignition vehicles.

- Classical Spark Ignition Cars: Classical spark ignition cars refer to traditional gasoline-powered vehicles. The efficiency of spark ignition engines can vary depending on factors such as engine design, technology, and driving conditions. On average, spark ignition engines in cars exhibit an efficiency range of approximately 20-35%, which means that only a portion of the energy from the fuel is converted into useful work.

- Diesel Cars: Diesel cars utilize compression ignition engines renowned for their high efficiency. Diesel engines can achieve greater thermal efficiency compared to spark ignition engines. The efficiency of diesel engines can range from around 30% to 50%, depending on factors such as engine design and operating conditions.

By comprehending the efficiency characteristics of these different car types, consumers can make informed decisions regarding their vehicle selection, considering factors such as environmental impact and personal preferences.

The efficiency of a car is indeed influenced by various factors, making it a complex task to calculate and predict accurately. Factors such as operational mode, temperature, speed, acceleration, and other conditions can significantly impact the efficiency of a car. To obtain comprehensive information about the real efficiency of a car, it is crucial to continuously monitor and control fuel or energy consumption.

#### Methods.

Generally, approach to estimate efficiency of vehicle providing analyze of structural members of all components like engine, drivetrain etc. But it is complex task, because parameters change due motion characteristics and mostly cannot be collect or simplified within enough accuracy. According the work-energy theorem [7]

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x)dx = F \cdot d = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = m \cdot a \cdot d \quad (1)$$

In order to compare different vehicle characteristics in real-world conditions, driving cycles are

utilized as an essential element for measuring fuel consumption and emissions. These driving cycles represent specific driving patterns and are designed to simulate real-life driving conditions. Currently, different regions around the world employ their own driving cycles, each tailored to reflect the driving habits and conditions specific to that region.

The characteristics of a driving cycle, such as average speed, dynamic behavior, and the frequency and duration of stops, all influence the resulting emissions and fuel consumption measurements. For instance, some driving cycles may feature a stylized and less dynamic driving pattern, like the NEDC (New European Driving Cycle) used in Europe. On the other hand, other driving cycles, such as the US06 cycle used in the United States, may incorporate a more dynamic and representative driving pattern. By using driving cycles that closely resemble real-life driving conditions, measurement results can be more realistic and accurate. This ensures that improvements in fuel efficiency and emissions indicated by certification tests are reflective of improvements that can be achieved under real-world driving scenarios.

It is important to note that the choice of a driving cycle for testing purposes should consider factors such as traffic patterns, road conditions, speeds, and driving behaviors specific to the region in question. By utilizing a driving cycle that closely represents real-life driving conditions, manufacturers and regulatory bodies can obtain more reliable data regarding fuel efficiency and emissions, enabling consumers to make informed decisions based on realistic performance expectations.

Let's look outside vehicle, which moving on horizontal plane with speed  $\bar{V}$ , in this case we have  $F$  - total moving force (force on wheels from engine, including all powertrain losses),  $F_r$  – total resistance force (including wind resistance, rolling resistance, electric losses etc.).

According to WLTC we know speed, acceleration, time with period 1Hz. Based on WLTC and (1) we can calculate used *netpower* of vehicle [8].

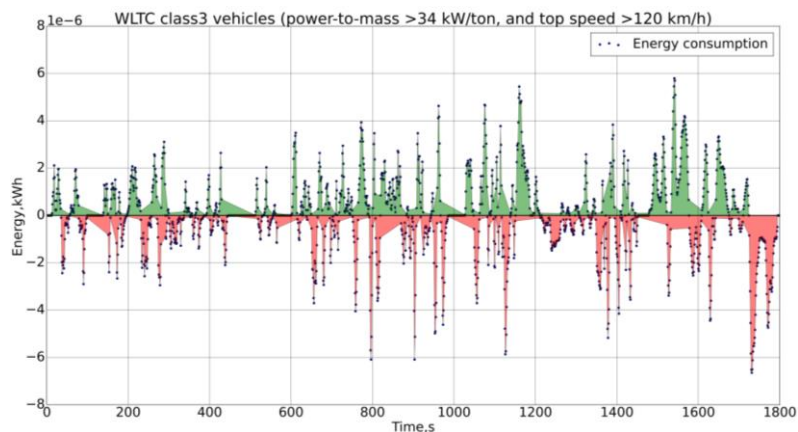


Fig.1 Total specific (per 1 kg of vehicle weight) energy of WLTC class 3

Energy balance of WLTC should be zero, because all energy of engine was transfer to kinetic energy of vehicle and due braking transferred to heat in result finish speed is zero and no energy left. But we can take positive power/energy calculated by and dismiss negative braking power/energy such as it gives no positive effect, except safety reasons etc. Some cars can recuperate braking energy and store it for future accelerations, which make them even more efficient. To be sure that everything is correct total energy should be summed  $E_p$  positive energy of acceleration and  $E_b$  energy of braking due brakes and/or resistance:

$$E = E_p + E_b = 0 \quad (2)$$

Analyze amount of positive energy  $E_p$  shows real work of forces to move vehicle (pure acceleration without all losses), and  $E_b$  shows real work of braking systems (loses like rolling and wind resistance has positive effect here). So, this gives us possibility to compare efficiency of different vehicles, if we know amount energy consumed during WLTC test (EWLTC). Then efficiency of vehicle can be calculated:

$$\eta = \frac{E_p}{E_{WLTC}} \cdot 100\% \quad (3)$$

### Results and Discussion.

Calculation needs advanced mathematical platform, so authors chosen “Jupyter notebook” based on python 3.11, these package is powerful enough for this purpose.

At the figure 3  $E_p$  positive energy shown by green area and  $E_b$  energy of braking due brakes and/or resistance by red area. Total energy should be summed  $E_p$  positive energy of acceleration and  $E_b$  energy of braking due brakes and/or resistance, according (2) and data fig.4 will have (Fig.1):

$$E = E_p + E_b = 6.9 \cdot 10^{-20} \approx 0 \text{ kWh/kg} \quad (4)$$

Equation (4) prove theory of energy theorem using for WLTC.

### Conclusions.

The Authors proposed Estimation of Cars Efficiency based on using work-energy theorem. to WLTC and prove zero energy changes throughout the cycle.

### References

- [1] "Efficiency Analysis of Battery Electric Vehicle Powertrains" - Zhang, X., et al. (2019). Applied Sciences, 9(8), 1557. [Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/8/1557>] [Accessed august 2023]
- [2] "Efficiency Analysis of Hybrid Powertrains: A Review" - Azadi, S., et al. (2019). Energies, 12(12), 2394. [Available: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/12/2394>] [Accessed august 2023]
- [3] "Efficiency Analysis of Spark Ignition Engines in Passenger Cars" - Hountalas, D. T., et al. (2017). Energy Procedia, 105, 1514-1520. [Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021735903X>] [Accessed august 2023]
- [4] "Efficiency Analysis of Diesel Engines in Passenger Cars" - Shu, G., et al. (2016). Energy Procedia, 100, 951-956. [Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216324660>] [Accessed august 2023]
- [5] Heywood, John B. Internal Combustion Engine Fundamentals. New York: McGraw-Hill, 1988.
- [6] <https://chat.openai.com/> [Accessed september 2023].
- [7] Physics Urone P, Hinrichs R., Gozuacik F., Pattison D., Tabor C. OpenStax Texas Education Agency (TEA) 850 p. 2020 ISBN-13 978-1-951693-21-3.
- [8] World-Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure (WLTP) International Council On Clean Transportation ICCT policy update november 2013 [Available: [www.theicct.org](http://www.theicct.org)] [Accessed: august 2023]

**Lomakin Volodymyr Oleksandrovych** – lecturer of the Automobile Transport Department of Zhytomyr Agricultural Technical Professional College, PhD of Engineering, a specialist of the highest category, e-mail: [rootsymbol@gmail.com](mailto:rootsymbol@gmail.com)

**Melnichuk Serhii Volodymyrovych** – head of the Automobile Transport Department of Zhytomyr Agricultural Technical Professional College, PhD of Technical Sciences, docent, a specialist of the highest category, teacher-methodologist, e-mail: [sergij.m@ukr.net](mailto:sergij.m@ukr.net)

**Yemets Bohdan Volodymyrovych** – lecturer of the Automobile Transport Department of Zhytomyr Agricultural Technical Professional College, PhD of Engineering, a specialist of the highest category, e-mail: [bogdan1199@ukr.net](mailto:bogdan1199@ukr.net)

**Ryabchuk Oleksandr Pavlovich** – head of the General Technical Disciplines Department of Zhytomyr Agricultural Technical Professional College, PhD of Agricultural Sciences, docent, a specialist of the highest category, teacher-methodologist, e-mail: [nostradamus1969@ukr.net](mailto:nostradamus1969@ukr.net)

UDC 629.113

V.A. Makarov, D.V. Borysiuk

## ASPECTS OF THE USE OF PHASE PORTRAITS TO ASSESS THE DIRECTIONAL STABILITY OF THE CAR

*Aspects of the use of phase portraits for the evaluation of the directional stability of the car movement, taking into account the oscillations of the steering wheel module, are presented. An algorithm for the analysis of vehicle motion stability using phase portraits is proposed.*

**Key words:** car, stability of motion, phase trajectory, angle of rotation, wheel module, algorithm of analysis of stability of motion of the car.

*Представлено аспекти використання фазових портретів для оцінки курсової стійкості руху автомобіля з урахуванням коливань керуючого колісного модуля. Запропоновано алгоритм аналізу стійкості руху автомобіля за допомогою фазових портретів.*

**Ключові слова:** автомобіль, стійкість руху, фазова траєкторія, кут повороту, колісний модуль, алгоритм аналізу стійкості руху автомобіля.

The method of phase portraits has been used for a long time to analyze the behavior of systems described by systems of differential equations that do not have an analytical solution. A phase portrait is a graphical representation of the relationship between two parameters of the system state that change over time (when the time coordinate is excluded), for example, the phase coordinate and its rate of change. Each point of the phase portrait (phase space point) characterizes the state of the system at a specific moment in time, and the movement of the point along the line of the graph (phase trajectory) characterizes the change in the state of the system over time.

To analyze the stability of the car model, taking into account the oscillations of the steering wheel module, the following phase portraits are of interest:

- the trajectory of the center of mass of the car in the plane of the road (in  $x$ - $y$  coordinates);
- the ratio between the lateral component of the velocity of the center of mass  $u$  and the angular velocity  $\omega$ ;
- the ratio between the rotation angle of the wheel module  $\theta$  and the rotation speed of the wheel module  $\dot{\theta}$ .

All these portraits make it possible to predict the virtual development of events (with respect to the specific initial parameters of the phase portrait) after applying any disturbing force to the car, provided that either the driver does not perform corrective actions, or the law of the angle change  $\theta(t)$  is known. That is, in the first case, the stability of the car itself is evaluated, and not of the "driver - car" system, in the second case, it is possible to evaluate the driver's actions. Also important are the initial conditions, that is, the point from which the time countdown begins. The time parameter itself is not displayed on the specified phase portraits, but when constructing the portrait, you must set the time interval to which the construction corresponds, for example, from 0 to 10 s [1].

The construction of phase portraits for a long time interval (more than 2...3 s), first of all, allows to draw a conclusion about the stability or instability of the system based on the characteristic shape of the graph.

The stability of the transport system is understood as its ability to restore the original (or very close to the original) mode of movement in the event of a small disturbance, and in the future to continue the normal mode of operation. Thus, the stability of the car's movement is its ability to resist external forces that try to deviate the car from the given mode (angle) of movement [2].

This property determines the possibility of stationary car movement - moving the car along a straight path or in a circle with constant linear and angular velocities.

When the graph of the trajectory of the center of mass is a circle of constant radius (Fig. 1) and with small deviations of the phase variables, the trajectory approaches a circle of the same radius, then this indicates the stability of the car's driving mode. That is, after a disturbing effect, under the condition that the driver does not interfere with the behavior of the system, the car will move along a trajectory

with a defined radius. Thus, the movement of the car is carried out, which could be called stationary motion, if the linear and angular velocities were constant. If the trajectory graph is a turning spiral (Fig. 2), this indicates an unstable movement, that is, the car does not stay on a trajectory of a constant radius.

From a practical point of view, an important point that can be studied on the graph of the traffic trajectory is also the deviation of the trajectory from a certain corridor after a disturbing effect, that is, during the period of time when the driver has not yet had time to perform corrective actions.

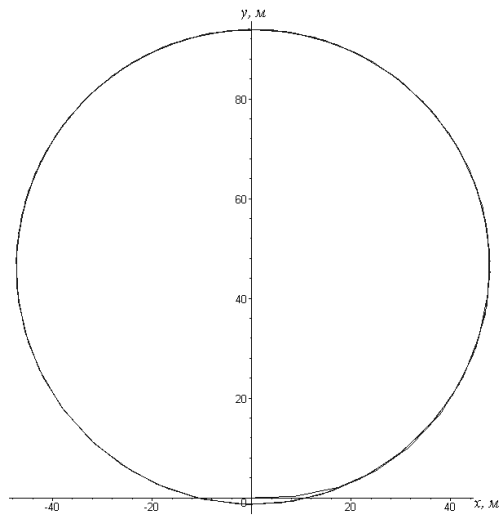


Figure 1 - Trajectory of sustainable movement

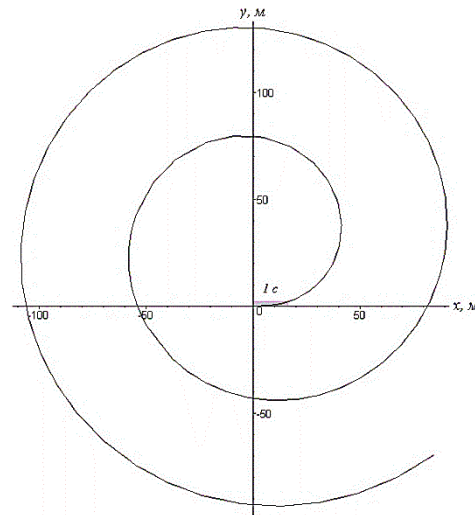


Figure 2 - Trajectory of unstable motion

For example, in fig. 2 (highlighted part of the curve) one second after the start of the countdown, the center of mass of the car deviates from the straight path by 2 m, which in real traffic conditions may correspond to entering the oncoming traffic lane and the occurrence of a traffic accident.

In combination with the graph of the trajectory of the car's center of mass, it is necessary to consider the phase portraits of the variables  $u$  and  $\omega$ ,  $\theta$  and  $\dot{\theta}$ . The general appearance of the graph makes it possible to draw a conclusion about the stability or instability of the car's movement. If the phase trajectory is a turning spiral (Fig. 3), then this indicates the case when the car eventually enters a stable stationary mode of movement. The values of  $u$  and  $\omega$ ,  $\theta$  and  $\dot{\theta}$ , corresponding to the point at which the spiral of the graph shown in fig. 3 and fig. 5, numerically characterize this mode. For example, for the case shown in Fig. 3:  $u = -3.2$  m/s,  $\omega = 0.32$  rad/s; in Fig. 5:  $\theta$  and  $\dot{\theta}$  approach zero, which may indicate rectilinear movement (if  $u(t)$  and  $\omega(t)$  tend to zero) or circular movement (if  $u(t)$  and  $\omega(t)$  tend to constants of different from zero).

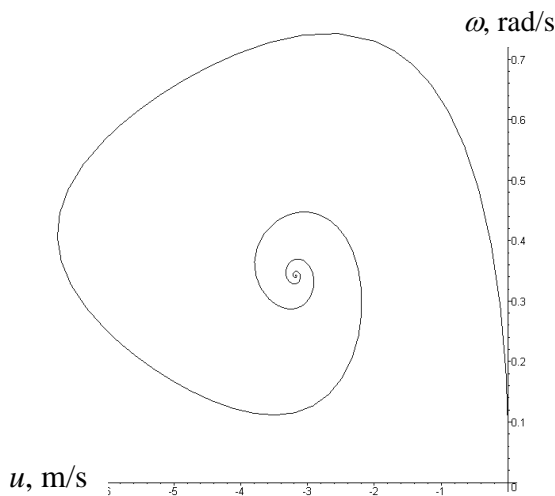


Figure 3 - Phase portrait of variables  $u$  and  $\omega$  for the case of stable stationary motion

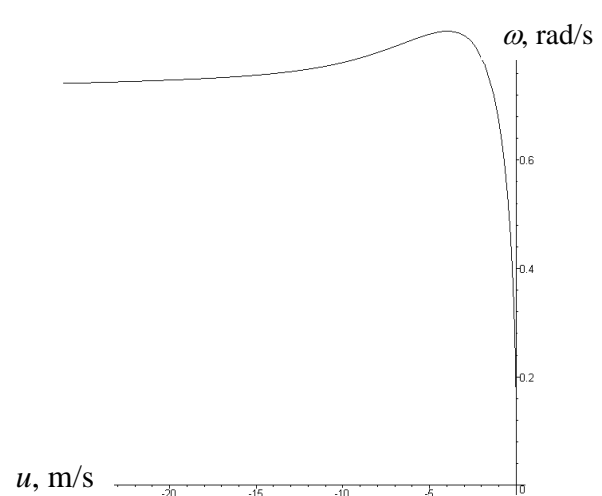


Figure 4 - Phase portrait of variables  $u$  and  $\omega$  for the case of unstable stationary motion

If the curve of the phase portrait does not approach a certain point of the phase plane (Fig. 4, Fig. 6), then this indicates an unstable mode of movement.

The phase portrait of the variables  $\theta$  and  $\dot{\theta}$  makes it possible to evaluate the behavior of the wheel module. This is important because the following situations are possible. The trajectory of the center of mass is almost a regular circle, which indicates a stable mode of motion. However, at the same time, the wheel module can either be in a state of equilibrium (turned to a certain angle), or self-oscillate relative to the average value of  $\theta^*$  (Fig. 7).

In this case, an important factor is the amplitude of oscillations of the wheel module. Oscillations increase the dynamic corridor of the car and, if it exceeds the width of the road lane, can cause a traffic accident.

Thus, to analyze the movement of the car model taking into account the oscillations of the steering wheel module, it is necessary to consider three phase portraits:  $x$  and  $y$ ,  $u$  and  $\omega$ ,  $\theta$  and  $\dot{\theta}$ .

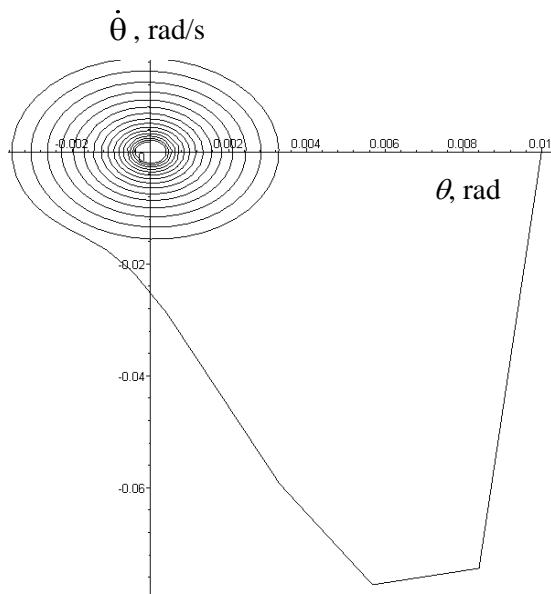


Figure 5 - Phase portrait of variables  $\theta$  and  $\dot{\theta}$  for the case of steady motion

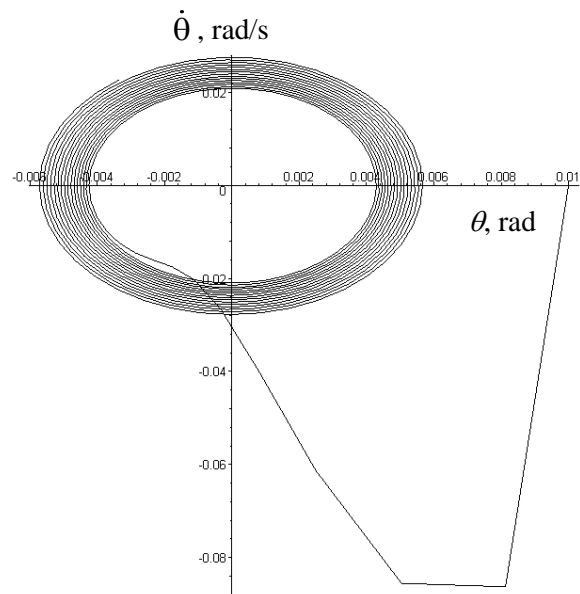


Figure 6 - Phase portrait of variables  $\theta$  and  $\dot{\theta}$  for the case of unstable motion

Analysis of phase portraits allows:

- draw a conclusion about the propensity of the model to stable or unstable movement;
- to determine the numerical characteristics of the movement, which are necessary for comparison with the characteristics obtained when other parameters of the model are varied (for example, a change in the air pressure in the tires can change the radius of the trajectory of the center of mass of the car, the values of  $u$  and  $\omega$ , the amplitude of self-oscillations of the wheel module, which will allow us to draw a conclusion about the expediency or degree of effectiveness of the changes made).

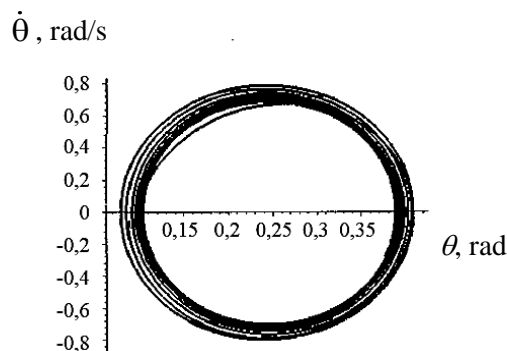


Figure 7 - Phase portrait of the variables  $\theta$  and  $\dot{\theta}$  for the case of self-oscillations with an amplitude of up to 0.15 rad relative to the average value  $\theta = 0.25$  rad



Schematically, the algorithm for analyzing the stability of car movement using phase portraits can be depicted as follows (Fig. 8).

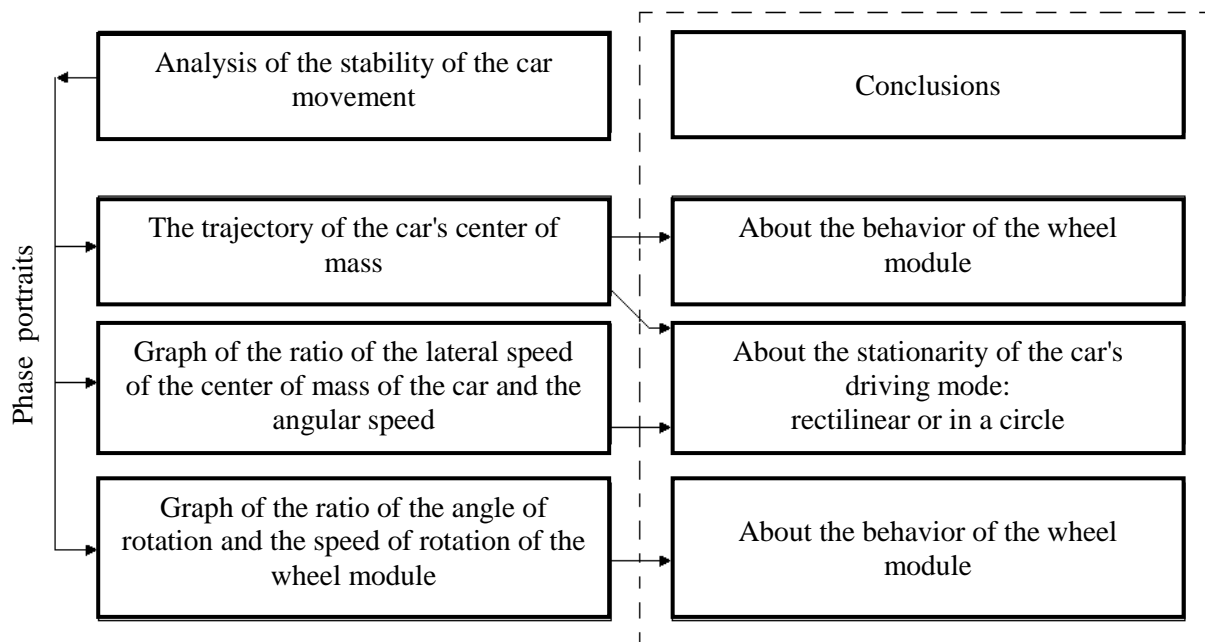


Figure 8 - Algorithm for the analysis of stability of car movement using phase portraits

In addition to the main phase portraits, which are indicated above, additional ratios can be used to analyze the stability of the car's movement. For example, to analyze the reaction of a car to a jerk of the steering wheel, it is advisable to construct a phase portrait of the variables  $\omega$  and  $\theta$ .

#### References

1. Петров О. В. Поліпшення показників курсової стійкості руху транспортних засобів з урахуванням технічного стану їх шин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.02. Київ, 2008. 20 с.
2. Макаров В. А., Макарова Т. В., Борисюк Д. В., Вдовиченко О. В. Поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля за підтримки еластичних рушіїв : монографія / за заг. ред. В. А. Макарова. Вінниця : ВНТУ, 2022. 211 с.

**Volodymyr Makarov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University**

**Borysiuk Dmytro - candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University**

**Макаров Володимир Андрійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету**

**Борисюк Дмитро Вікторович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету**

UDC 656.021

K. Ragulskis, A. Pauliukas, P. Paškevičius, B. Spruogis,  
A. Matuliauskas, V. Mištinis, L. Ragulskis, V. Kuzhel

### PROCEDURE FOR REPRODUCING THE TRANSPORTATION TRAJECTORY

The paper proposes a model with one degree of freedom. Procedure based on constant average acceleration Newmark method and the method of least squares is proposed for approximate performing of motion according to the desirable transportation trajectory.

**Keywords:** transportation trajectory, one degree of freedom, constant average acceleration, Newmark method, method of least squares, numerical results.

В роботі запропонована модель з одним ступенем свободи. Для наближеного виконання руху за бажаною транспортною траєкторією запропоновано процедуру, засновану на методі Ньюмарка постійного середнього прискорення та методі найменших квадратів.

**Ключові слова:** транспортна траєкторія, один ступінь свободи, постійне середнє прискорення, метод Ньюмарка, метод найменших квадратів, результати числові.

The proposed procedure is based on the material presented in [1 – 4].

Motion of a transported object is described by the following differential equation [5 – 6]:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = f, \quad (1)$$

where  $m$  is the mass of the transported object,  $u$  is the displacement,  $c$  is the coefficient of viscous damping,  $k$  is the coefficient of stiffness,  $f$  is the external force, upper dot denotes differentiation with respect to time.

Calculations by using the constant average acceleration Newmark method are based on the following equations:

$$\dot{u}_T = \dot{u}_0 + (\ddot{u}_0 + \ddot{u}_T) \frac{T}{2}, \quad (2)$$

$$u_T = u_0 + \dot{u}_0 T + (\ddot{u}_0 + \ddot{u}_T) \frac{T^2}{4}, \quad (3)$$

$$\left( m + c \frac{T}{2} + k \frac{T^2}{4} \right) \ddot{u}_T = f - k \left( u_0 + \dot{u}_0 T + \ddot{u}_0 \frac{T^2}{4} \right) - c \left( \dot{u}_0 + \ddot{u}_0 \frac{T}{2} \right), \quad (4)$$

where  $T$  is the time step, the subscript 0 corresponds to the value at the beginning of the time step, the subscript  $T$  corresponds to the value at the end of the time step.

This equation can be written in the form:

$$A\ddot{u}_T = f + B, \quad (5)$$

where:

$$A = m + c \frac{T}{2} + k \frac{T^2}{4}, \quad B = -k \left( u_0 + \dot{u}_0 T + \ddot{u}_0 \frac{T^2}{4} \right) - c \left( \dot{u}_0 + \ddot{u}_0 \frac{T}{2} \right). \quad (6, 7)$$

Acceleration can be expressed as:

$$\ddot{u}_T = \frac{4}{T^2} u_T - \frac{4}{T^2} \left( u_0 + \dot{u}_0 T + \ddot{u}_0 \frac{T^2}{4} \right). \quad (8)$$

This equation can be written in the form:

$$\ddot{u}_T = Du_T + E, \quad (9)$$

where:

$$D = \frac{4}{T^2}, \quad (10)$$

$$E = -D \left( u_0 + \dot{u}_0 T + \ddot{u}_0 \frac{T^2}{4} \right). \quad (11)$$

From the previous equations it follows that:

$$ADu_r = f + B - AE. \quad (12)$$

Thus, the following equation is obtained:

$$u_r = Gf + H, \quad (13)$$

where:

$$G = \frac{1}{AD}, \quad (14)$$

$$H = G(B - AE). \quad (15)$$

Acceleration can also be expressed as:

$$\ddot{u}_r = \frac{2}{T} \dot{u}_r - \frac{2}{T} \left( \dot{u}_0 + \ddot{u}_0 \frac{T}{2} \right). \quad (16)$$

This equation can be written in the form:

$$\ddot{u}_r = \bar{D} \dot{u}_r + \bar{E}, \quad (17)$$

where:

$$\bar{D} = \frac{2}{T}, \quad \bar{E} = -\bar{D} \left( \dot{u}_0 + \ddot{u}_0 \frac{T}{2} \right). \quad (18, 19)$$

From the previous equations it follows that:

$$A\bar{D}\dot{u}_r = f + B - A\bar{E}. \quad (20)$$

Thus, the following equation is obtained:

$$\dot{u}_r = \bar{G}f + \bar{H}, \quad (21)$$

where:

$$\bar{G} = \frac{1}{A\bar{D}}, \quad (22)$$

$$\bar{H} = \bar{G}(B - A\bar{E}). \quad (23)$$

The following error function is introduced:

$$\varepsilon = \frac{\lambda_1}{2} (u_r - \bar{u})^2 + \frac{\lambda_2}{2} (\dot{u}_r - \bar{u})^2, \quad (24)$$

where  $\lambda_1$  and  $\lambda_2$  are the weighing parameters,  $\bar{u}$  is the desirable displacement,  $\bar{u}$  is the desirable velocity.

This function can be rewritten as:

$$\varepsilon = \frac{\lambda_1}{2} (Gf + H - \bar{u})^2 + \frac{\lambda_2}{2} (\bar{G}f + \bar{H} - \bar{u})^2. \quad (25)$$

By minimizing the error, it is obtained:

$$\lambda_1 G(Gf + H - \bar{u}) + \lambda_2 \bar{G}(\bar{G}f + \bar{H} - \bar{u}) = 0. \quad (26)$$

Thus, the excitation is calculated as:

$$f = -\frac{\lambda_1 G(H - \bar{u}) + \lambda_2 \bar{G}(\bar{H} - \bar{u})}{\lambda_1 G^2 + \lambda_2 \bar{G}^2}. \quad (27)$$

The following parameters of the investigated system are assumed:  $m = 1$ ,  $c = 0.1$ ,  $k = 1$ . Desirable motion is assumed as:

$$\bar{u} = 4 \sin \omega t, \quad (28)$$

$$\bar{u} = 4\omega \cos \omega t, \quad (29)$$

where  $\omega$  is the angular frequency of harmonic motion,  $t$  is the time variable. It is assumed that  $\lambda_1 = 1$  and  $\lambda_2 = 1$ . Results for  $\omega = 0.5$  are presented. Variation of the control force is presented in Fig. 1.

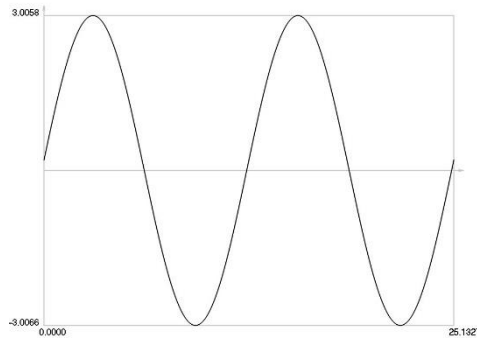


Figure 1 – Control force as function of time

Variations of displacement, velocity and acceleration are presented in Fig. 2.

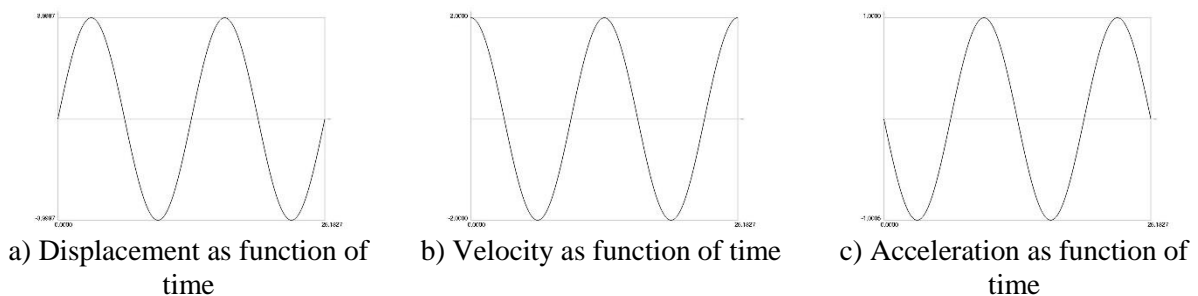


Figure 2 – Displacement, velocity, and acceleration as functions of time

Procedure based on the constant average acceleration Newmark method and the method of least squares is proposed. It enables us to determine the force which approximately reproduces the desirable transportation trajectory. Based on performed investigations for various values of parameters the necessity to follow not only the desirable displacement, but also the desirable velocity was determined.

#### References

1. Bathe K. J., Wilson E. L. Numerical Methods in Finite. Element Analysis by K- J. Bathe and E. L. Wilson, Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J., 1976. - 528 p.
2. Inman D. J. Vibration with control. Includes bibliographical references and index. ISBN-13 978-0-470-01051-8 (HB) ISBN-10 0-470-01051-7 (cloth : alk. paper) 1. Damping (Mechanics). 2. Vibration. I. Title. TA355.I523 2006. – 376 p.
3. Ragulskis K., Paškevičius P., Ragulskienė J., Maskeliūnas R., Zubavičius L. Comparison of different strategies of integration of vibrating systems. Journal of Vibroengineering, Vol. 12, Issue 1, 2010, p. 42-49.
4. Zienkiewicz O. C. The Finite Element Method in Engineering Science. Edition, 2, reprint ; Publisher, McGraw-Hill, 1971 (Original from, the University of California); Digitized, Feb 11, 2008 – 521 p. ISBN 0070941386, 9780070941380.
5. Kuzhel V. Makogonyuk Yu. Implementation of special lanes for priority traffic of city public transport. Materials of the 9th International Scientific and Technical Internet Conference "Problems and Prospects of Road Transport Development", April 14-15, 2021: collection of scientific papers / Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnytsia National Technical University [etc.]. – Vinnytsia: VNTU, 2021. – pp. 167 – 169. ISBN 978-966-641-793-3 (PDF).
6. Hrytsuk I., Volkov V., Khudyakov I., Volkova T., Kuzhel V. Operational control of the technical condition of vehicles: monograph. – Kharkiv – Kherson – Vinnytsia: Edelweiss and K, 2022.

– 197 p. ISBN 978-617-7417-00-1.

*Kazimieras Ragulskis* – Member of Academies of Sciences of the USSR (later of the Russian Academy of Sciences) and Lithuania, Professor, Habilitated Doctor, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, e-mail: kazimieras3@hotmail.com.

*Arvydas Pauliukas* – Doctor, Vytautas Magnus University, Akademija, Kaunas District, Lithuania, e-mail: arvydas.pauliukas@vdu.lt.

*Petras Paškevičius* – Doctor, Company “Vaivora”, Kaunas, Lithuania, e-mail: info@vaivorairko.lt.

*Bronislovas Spruogis* – Professor, Habilitated Doctor, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, e-mail: bronislovas.spruogis@gmail.com.

*Arvydas Matuliauskas* – Master, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, e-mail: arvydas.matuliauskas@vgtu.lt.

*Vygantas Mištinis* – Master, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, e-mail: vygantas.mistinas@gmail.com.

*Liutauras Ragulskis* – Doctor, Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania, e-mail: l.ragulskis@if.vdu.lt.

*Volodymyr Kuzhel* – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel\_v@vntu.edu.ua

*Казімерас Рагульскіс* – Член Академій Наук СРСР (згодом Російської Академії Наук) та Литви, Професор, Габіліт. доктор, Каунаський Технологічний Університет, Каунас, Литва, e-mail: kazimieras3@hotmail.com

*Арвідас Паулюкас* – доктор, Університет Вітаутаса Великого, Академія, Каунаський округ, Литва, e-mail: arvydas.pauliukas@vdu.lt

*Пятрас Пашкявічус* – доктор, компанія «Vaivora», Каунас, Литва, e-mail: info@vaivorairko.lt

*Бронісловас Спруогіс* – професор, Габіліт. доктор, Вільнюський технічний університет імені Гедімінаса, Вільнюс, Литва, e-mail: bronislovas.spruogis@gmail.com

*Арвідас Матуляускас* – магістр, Вільнюський технічний університет імені Гедімінаса, Вільнюс, Литва, e-mail: arvydas.matuliauskas@vgtu.lt

*Вігантас Міштінас* – магістр, Вільнюський технічний університет імені Гедімінаса, Вільнюс, Литва, e-mail: vygantas.mistinas@gmail.com

*Лютаурас Рагульскіс* – доктор, Університет Вітаутаса Великого, Каунас, Литва, e-mail: l.ragulskis@if.vdu.lt

*Володимир Кузель* – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel\_v@vntu.edu.ua

UDC 656.137.076:656.7(043.3)

I.L. Rogovskii

## SMARTLIGHT TECHNOLOGY FOR TESTING THE CHASSIS OF A WHEELED VEHICLE

*Розглянуто доцільність застосування методології розумних технологій випробування шасі колісних транспортних засобів з урахуванням можливості імітаційного моделювання зміни параметрів технічного стану. Запропоновано принципову схему безконтактного машинного зору з структурованою підсвіткою 3D сканування кожного колеса в реальному часі.*

**Ключові слова:** випробування, транспорт, розумні технології, візуалізація, модель.

*The expediency of applying the methodology of smart technologies for testing the chassis of wheeled vehicles is considered, taking into account the possibility of simulation modeling of changes in technical condition parameters. A schematic diagram of non-contact machine vision with structured backlight 3D scanning of each wheel in real time is proposed.*

**Keywords:** test, transport, smart technologies, visualization, model.

Currently, as a result of the total motorization of the population, car service companies are on the path to a qualitative change in their work. The increase in the purchasing power of the country's population, the development of the car loan system, and the intensification of competition between domestic car manufacturers and foreign companies have led to a significant increase in the country's car fleet [1]. In this regard, the growth of the vehicle fleet requires the corresponding development of the production and technical base for vehicle maintenance and repair [2].

Today, so-called smart services stand out from the general flow, pushing those who do not want to keep up with the times into the background [3]. The technologies used make it possible to fully automate both the work process and the calculation of the cost of repairs, eliminating the human factor, making service faster and safer.



Figure 1 – Sample of a contactless stand with SmartLight technology

To replace obsolete wheel alignment stands designed for checking and adjusting vehicle wheel alignment angles, new, non-contact stands with SmartLight technology have appeared. The use of contactless stands with SmartLight technology will ensure: non-contact wheel measurement; installation of wheel adapters and targets on wheels is not required; complete measurement of the car in a few

seconds; No additional space is required in front and behind the car.

Software and mathematics 3D visualization of a car chassis model provides the best visibility and ease of perception of information (Fig. 2). Wheels and 3D scales on the screen are positioned according to the measured parameter values, allowing you to see the overall picture of wheel alignment at a glance. All information on the screen is updated in real time. When adjusting, you can choose any suitable view: for each wheel, for the front or rear suspension, general view, geometric deviation diagram and 2D mode with large and easy-to-read scales. Printed reports can also include 3D images showing wheel alignment before and after adjustment. Printed reports can also include 3D images showing wheel alignment before and after adjustment.

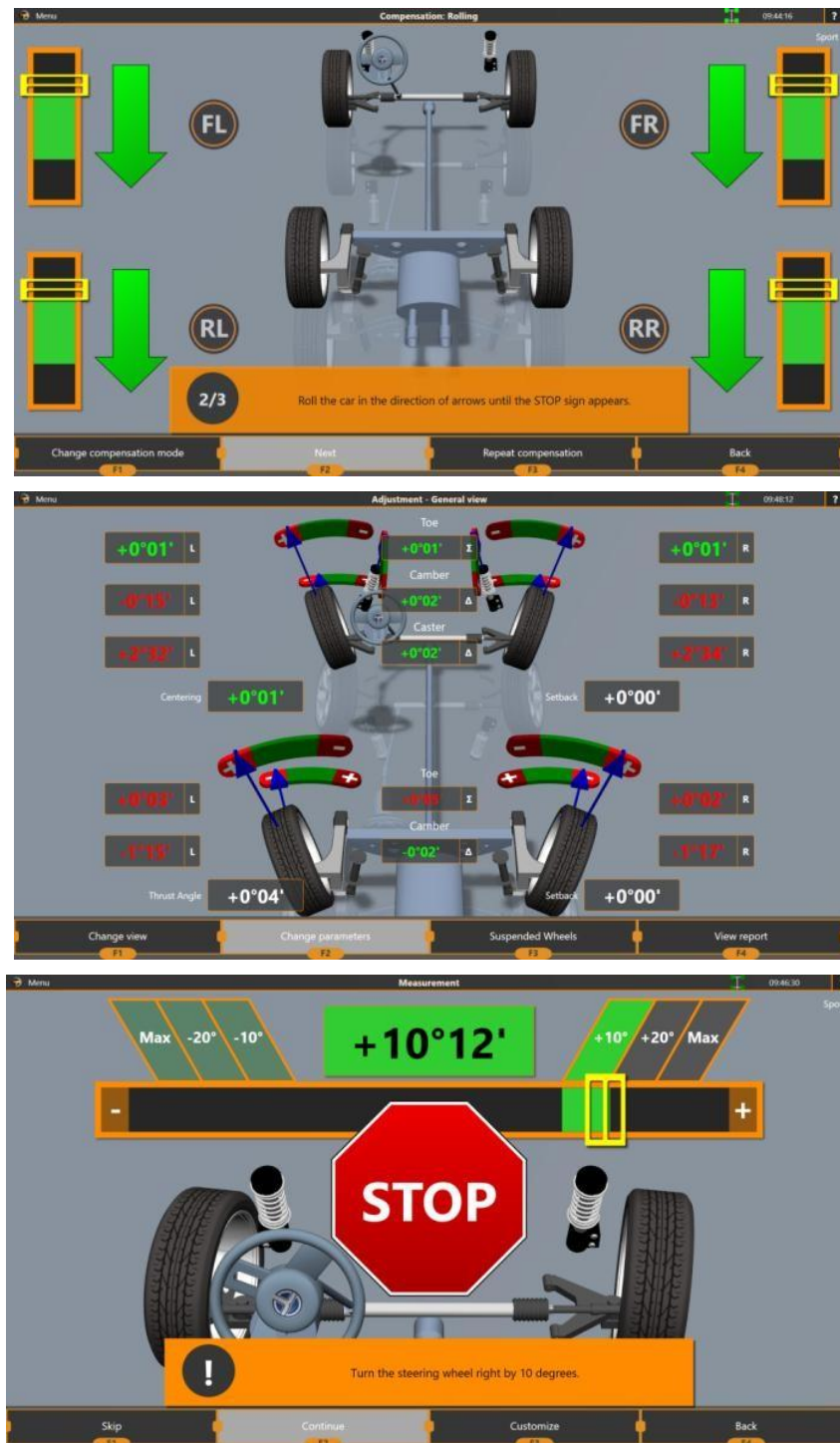


Figure 2 – 3D visualization of a car chassis model

Advanced technologies have made it possible to increase the speed of data updating. The multi-threaded architecture of the program makes maximum use of all the capabilities of modern multi-core processors. The software uses the most advanced techniques to determine the position of targets in three-dimensional space as accurately as possible (Fig. 3). A special smoothing algorithm increases stability and eliminates jitter while still responding immediately to any change. The "Hanging Wheels" mode allows you to adjust the car when jacking up the car, as well as in the event that to adjust the toe it is necessary to turn the steering wheel.



Figure 3 – Indications of wheel alignment angles

A large number of settings that allow you to customize the behavior of the stand to suit your needs. The database contains more than 65,000 car models. Car models contain information, images and videos on model identification, preparatory work, methods for adjusting camber, toe and other vehicle suspension parameters. Lifetime free database updates allow you to add an unlimited number of custom models with the ability to import and export.

All this once again proves that the car repair market will inevitably undergo a global transformation, a key role in which will belong to the modernization of technological equipment, which will ensure high-quality, timely car repairs.

#### References

1. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 3 (5 (105)). P. 19–29. doi: 10.15587/1729-4061.2020.206073.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Aulin V., Hrynkiv A., Lysenko S., Rogovskii I., Chernovol M., Lyashuk O., Zamota T. Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 1. № 1/6 (97). P. 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156150>.

**Роговський Іван Леонідович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: rogovskii@nubip.edu.ua.

**Rogovskii Ivan Leonovich** – DS, Professor, Head of Department of Technical Service and Engineering Management named after M. P. Momotenko, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, e-mail: rogovskii@nubip.edu.ua.



УДК 378.1+378.9

А.Н. Аль-Амморі, Р.М. Іщенко, М.І. Малиш

## МІЖПРЕДМЕТНІ ЗВ'ЯЗКИ ФІЗИКИ З ДИСЦИПЛІНАМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

*Встановлено, що для успішного опанування дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх фахівців у галузі автомобільного транспорту необхідно мати належну підготовку з усіх розділів курсу фізики, що вивчається студентами технічних спеціальностей. Врахування міжпредметних зв'язків фізики з дисциплінами професійної підготовки зазначених фахівців призводить до підвищення ефективності освітнього процесу.*

**Ключові слова:** міжпредметні зв'язки, курс фізики, розділи фізики, дисципліни професійної підготовки, автомобільний транспорт.

*It was established that in order to successfully study the disciplines of the cycle of professional training of future specialists in the field of road transport, it is necessary to have proper training in all sections of the physics course studied by students of technical specialties. Taking into account the intersubject connections of physics with the disciplines of professional training of these specialists leads to an increase in the efficiency of the educational process.*

**Keywords:** intersubject connections, physics course, sections of physics, disciplines of professional training, road transport.

**Вступ.** Автомобільний транспорт відіграє важливу роль у житті кожної країни. Від стану розвитку та використання автотранспортної галузі залежить розвиток і загальний стан економіки країни [1]. Необхідно відзначити, що розвиток автотранспортного комплексу ґрунтується перш за все на фундаментальних законах фізики. У свою чергу, фізика відноситься до циклу обов'язкових навчальних дисциплін природничо-наукової і математичної підготовки, що вивчаються студентами технічних, природничих, аграрних, військових, медичних і педагогічних спеціальностей закладів вищої освіти. Загальні і професійні компетентності, набуті під час вивчення фізики, сприяють формуванню наукового світогляду і наукового стилю мислення студентів та є основою для подальшого успішного опанування багатьох навчальних дисциплін, які входять до циклу професійної підготовки, зокрема, майбутніх фахівців автотранспортної галузі. У той же час фізика є традиційно однією з найскладніших дисциплін для більшості студентів. Проблеми, що виникають під час вивчення курсу фізики, а також дисциплін математичного циклу, є одними з головних причин низької успішності студентів першого та другого курсів. Крім того, систематичне скорочення аудиторних академічних годин, що виділяються на вивчення фізики, призвело до того, що прочитати повний і завершений курс фізики майбутнім фахівцям автотранспортної галузі достатньо важко. Отже, питання, які саме розділи фізики і в якому обсязі їх читати зазначеним студентам та встановлення міжпредметних зв'язків фізики з дисциплінами професійної підготовки майбутніх фахівців автотранспортної галузі наразі є актуальними.

Отже, **мета дослідження** полягає у встановленні ролі міжпредметних зв'язків фізики з дисциплінами циклу професійної підготовки фахівців в галузі автомобільного транспорту.

**Результати дослідження.** Типовий курс фізики як в Національному транспортному університеті (НТУ), так і в більшості технічних закладах вищої освіти, вивчається протягом перших двох семестрів. Як правило, лекційне навантаження у такого курсу – одна лекція на тиждень протягом двох семестрів. Зокрема, вказаний курс фізики в НТУ читається студентам, що навчаються за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Вищезазначений курс фізики складається з наступних розділів: фізичні основи механіки, молекулярна фізика і термодинаміка, електрика, магнетизм, коливання та хвилі, оптика, основи квантової фізики.

Аналіз наукових статей і навчально-методичних розробок, присвячених вивченню міжпредметних (міждисциплінарних) зв'язків, надає підстави зробити висновок, що єдиного підходу до визначення та класифікації міжпредметних зв'язків не існує. Узагальнивши результати дослідження інших авторів, у недавній роботі [2, с. 40] запропоновано розглядати

міжпредметні зв'язки як дидактичну категорію, що передбачає узгодження програм двох чи більше навчальних дисциплін, взаємне використання і взаємозбагачення спільних для них знань, умінь і навичок, а також методів, форм і засобів навчання.

Для встановлення міжпредметних зв'язків фізики з дисциплінами циклу професійної підготовки фахівців в галузі автомобільного транспорту було проаналізовано програми відповідних навчальних дисциплін та вибрано ті, під час вивчення яких використовуються теми з тих чи інших розділів курсу фізики. Зокрема, під час вивчення дисципліни «Теоретична механіка» необхідно володіти на належному рівні практично усіма темами з розділу «Фізичні основи механіки» курсу фізики. Тобто, необхідно мати міцні знання з наступних підрозділів механіки: кінематика поступального і обертального руху, який складається з таких тем, як швидкість, тангенціальне і нормальне прискорення, кутова швидкість, кутове прискорення; динаміка поступального і обертального руху, до складу якого входять три закони Ньютона, центр мас, момент інерції, момент імпульсу, момент сили, основне рівняння динаміки обертального руху тіла; сили у механіці, який складається з таких тем, як гравітаційна сила, сила тяжіння, закон всесвітнього тяжіння, вага, сила реакції опори, перевантаження, невагомість, сили тертя та опору, деформація, сила пружності, закон Гука; закони збереження, до складу якого входять закони збереження імпульсу та моменту імпульсу, механічна робота, потужність, кінетична енергія, потенціальна енергія, закон збереження повної механічної енергії; рух в неінерціальних системах відліку, який складається з таких тем, як сили інерції та їх особливості, відцентрова сила інерції, сила інерції Коріоліса.

Під час вивчення дисципліни «Опір матеріалів» необхідно володіти на належному рівні наступними темами з розділу «Фізичні основи механіки» курсу фізики: закони Ньютона, центр мас, момент інерції, момент імпульсу, момент сили, основне рівняння динаміки обертального руху, сили у механіці, пружна і пластична деформація, закон Гука.

Під час опанування дисципліни «Технології конструкційних матеріалів та матеріалознавство», необхідно знати наступні теми з курсу фізики: основні механічні характеристики, міцність, пластичність, поняття деформації, пружна і пластична деформація, механізми пружної і пластичної деформацій; загальна характеристика металів, типи міжатомних зв'язків, металевий, іонний, ковалентний, міжмолекулярний (Ван-дер-Ваальсівський) зв'язки. Отже, необхідно володіти на належному рівні темами з наступних розділів курсу фізики: фізичні основи механіки, молекулярна фізика і термодинаміка, атомна фізика та фізика твердого тіла.

Під час вивчення дисципліни «Основи теплотехніки» необхідно мати базові знання з розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка», зокрема, знати наступні теми: ідеальний газ, рівняння стану ідеального газу, емпіричні газові закони, внутрішня енергія та кількість теплоти, питома і молярна теплоємність ідеального газу, перший і другий принципи термодинаміки, цикл Карно, оборотні і необоротні термодинамічні процеси.

Під час вивчення дисципліни «Гідравліка, гідро- і пневмоприводи», необхідно знати закон Архімеда, види руху рідини, рівняння Бернуллі, тобто, володіти основами гідродинаміки.

Під час опанування дисципліни «Електротехніка та електроніка», необхідно володіти на належному рівні практично усіма темами з розділів «Електрика» і «Магнетизм». Зокрема, з електрики необхідно знати наступні теми: електричне поле, напруженість і потенціал електричного поля, електроємність відокремленого провідника, електроємність плоского конденсатора, енергія заряджених тіл, енергія однорідного електростатичного поля, сила струму, ЕРС, напруга, закон Ома для однорідної ділянки кола, закон Ома для ділянки кола, що містить джерело струму, правила Кірхгофа, робота і потужність струму, закон Джоуля-Ленца, електропровідність газів і рідин, електропровідність металів, електропровідність напівпровідників, основні та неосновні носії заряду в напівпровідниках, р-п перехід. З магнетизму необхідно володіти наступними темами: магнітний потік, явище електромагнітної індукції, закон Фарадея для електромагнітної індукції, правило Ленца, індуктивність, явище самоіндукції, струми Фуко (вихрові струми), будова і принцип роботи трансформатора тощо.

Під час вивчення дисципліни «Електронне та електричне обладнання автомобілів», необхідно мати базові знання з наступних розділів курсу фізики: електрика, магнетизм, електромагнітні коливання і хвилі, оптика, основи квантової фізики.

Таким чином, для успішного опанування дисциплін циклу професійної підготовки фахівців автотранспортної галузі необхідно мати міцні знання з наступних розділів курсу фізики:

фізичні основи механіки, молекулярна фізика і термодинаміка, електрика, магнетизм. Також необхідно мати базові знання з таких розділів, як коливання і хвилі, оптика, основи квантової фізики.

Необхідно відзначити, що встановлення хронологічних і змістових міжпредметних зв'язків фізики з дисциплінами циклу професійної підготовки фахівців автотранспортної галузі відіграють важливу роль у підвищенні ефективності науково-теоретичної та практичної підготовки студентів. Останнє призводить до підвищення мотивації студентів до навчання та, відповідно, до прискорення і полегшення освітнього процесу. Взагалі, як зазначається в роботі [3], роль міждисциплінарних зв'язків в освітньому процесі та наукових дослідженнях постійно зростає.

**Висновки.** Таким чином, для успішного опанування дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх фахівців у галузі автомобільного транспорту необхідно мати належну підготовку з усіх розділів курсу фізики, що вивчається студентами технічних спеціальностей. Особливу увагу під час вивчення курсу фізики необхідно присвятити розгляду таких розділів, як фізичні основи механіки, молекулярна фізика і термодинаміка, електрика, магнетизм, оскільки переважна більшість тем з вказаних розділів фізики використовуються під час вивчення дисциплін професійної підготовки зазначених фахівців. Для підвищення мотивації студентів до навчання, прискорення і полегшення освітнього процесу необхідно враховувати міжпредметні зв'язки фізики з дисциплінами циклу професійної підготовки майбутніх фахівців у галузі автомобільного транспорту.

Список використаних джерел

1. Semenchenko Y.V. Organization and control of transportation and storage certain groups of building materials. *Flight. Modern problems of science: abstracts of the XXI International scientific-practical conference of applicants for higher education and young scientists*. National Aviation University. Kyiv, 2021. P. 295-296.
2. Іщенко Р.М., Горбунович І.В. Міжпредметні зв'язки фізики і математики під час викладання фізичних основ механіки студентам технічного університету. *Фізико-математична освіта*. 2020. Випуск 1 (23). Частина 2. С. 39-44.
3. Van Noorden R. Interdisciplinary research by the numbers. *Nature*, 2015. Vol. 525. P. 306-307.

**Аль-Амморі Алі Нурддинович** – д.т.н, професор, завідувачий кафедрою інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки, Національний транспортний університет, Київ, e-mail: ammourilion@ukr.net.

**Іщенко Руслан Миколайович** – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки, Національний транспортний університет, Київ, e-mail: rm\_ischenko@ukr.net.

**Малиш Микола Іванович** – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки, Національний транспортний університет, Київ, e-mail: m\_malysh@ukr.net.

**Al-Ammouri Ali** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Information Analysis and Information Security, National Transport University, Kyiv, e-mail: ammourilion@ukr.net.

**Ishchenko Ruslan** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Information Analysis and Information Security, National Transport University, Kyiv, e-mail: rm\_ischenko@ukr.net.

**Malysh Mykola** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Information Analysis and Information Security, National Transport University, Kyiv, e-mail: m\_malysh@ukr.net.

УДК 656.13.07(075.8)

О.П. Антонюк, А.М. Збегерський

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

*Розглянуто особливості застосування системи масового обслуговування в умовах автотранспортного підприємства з метою зменшення тривалості простою рухомого складу в очікуванні необхідних запасних частин.*

**Ключові слова:** автотранспортне підприємство обслуговування, ймовірність, очікування, пропускна спроможність.

*The peculiarities of the application of the mass service system in the conditions of the motor vehicle enterprise in order to reduce the duration of downtime of the rolling stock while waiting for the necessary spare parts are considered.*

**Key words:** motor vehicle service enterprise, probability, expectation, capacity.

Системою масового обслуговування (СМО), по відношенню до автотранспортного підприємства (АТП), називається система, в яку у випадкові моменти часу надходять заявки на обслуговування транспортних засобів. При цьому заявки, що надійшли, обслуговуються за допомогою ремонтних потужностей наявних у розпорядженні АТП.

Основними умовами функціонування СМО є співвідношення між вхідним потоком вимог і абсолютною пропускною здатністю системи  $\omega \geq A$  або  $\omega < A$ . Показники ефективності засобів ремонтних потужностей, з одного боку, залежатимуть від розміру вхідного потоку вимог  $\omega$  та його варіації, а з іншого - від пропускних потужностей  $A$  та продуктивності засобів обслуговування [1].

Процес масового обслуговування деталей, вузлів та агрегатів (ДВА) з очікуванням характеризується тим, що вхідний та вихідний потоки є пуассонівськими з інтенсивністю  $\lambda$  та  $\mu$  відповідно [1]. Паралельно можуть обслуговуватися не більше  $c$  ремонтних робітників, які чекають на відремонтовані (ДВА) для подальшого встановлення на транспортні засоби.

На АТП на величину вхідного потоку вимог впливатимуть такі фактори, як прийнята система технічного обслуговування (ТО) та ремонту; розподіл робіт між окремими дільницями; характеристики надійності транспортних засобів; якість відремонтованих автомобілів та запасних частин; вікова структура та різномарочність рухомого складу; умови експлуатації, пора року та інших. Вікова структура один із основних факторів, оскільки більшість рухомого складу на АТП це автомобілі із значними середньодобовими пробігами, що впливає на відмови вузлів і агрегатів. Прийнята на підприємстві система ТО та ремонту, а також організаційна структура інженерно-технічної служби (ІТС) розглядає вхідний потік вимог, що складається з окремих потоків.

Абсолютна пропускна здатність залежить від факторів, які бувають двох видів: екстенсивні та інтенсивні. До екстенсивних факторів можна віднести зростання чисельності ремонтних робітників без зміни їх якісного складу, забезпеченості запасними частинами, матеріалами та ін. До інтенсивних факторів належать: скорочення втрат часу за рахунок удосконалення рівня управління; підвищення кваліфікації ремонтних робітників; рівень механізації процесів технічного обслуговування та поточного ремонту (ТО та ПР) та ін.

Абсолютна пропускна спроможність:

$$A = \sum_{i=1}^k \mu_i \cdot n_i \quad (1)$$

де  $\mu_i = 1/t_d$  – інтенсивність  $i$ -го технічного впливу;

$n_i$  – кількість постів обслуговування  $i$ -го виду;

$k$  – кількість видів постів обслуговування.

Тривалість технічного впливу є випадковою величиною, залежить від великої кількості факторів і визначається за виразом [1]:

$$t_D = \frac{t \cdot k_M \cdot k_D \cdot k_{IP}}{T_{CM} \cdot C \cdot P_{II} \cdot k_{KB}} \quad (2)$$

де  $T_{CM}$  – тривалість зміни, год;

$C$  – кількість змін;

$P_{II}$  – середня кількість одночасно працюючих посадів, чол.

Трудомісткість ( $t$ ) технічних впливів залежить від типу, марки, модифікації транспортного засобу, пробігу з початку експлуатації, кваліфікації водіїв, умов експлуатації, прийнятої системи ТО та ремонту, організації та управління ІТС, стану ВТБ, технології виконання та механізації робіт.

Коефіцієнт, що враховує зміну трудомісткості в залежності від рівня механізації робіт ( $k_M$ ), залежить від рівня механізації робіт, спеціалізації ділянок за видами робіт.

Коефіцієнт, що враховує зміну трудомісткості при використанні діагностування ( $k_D$ ), залежить від рівня впровадження у технологічний процес ТО та ремонту діагностики та достовірності інформації.

Коефіцієнт, що враховує втрати робочого часу з організаційних причин ( $k_{IP}$ ), залежить від організації та управління виконанням робіт з ТО та ремонту, забезпеченості ремонтними робітниками, запасними частинами, обладнанням.

Коефіцієнт, що враховує кваліфікацію ремонтних робітників ( $k_{KB}$ ), враховує різну продуктивність праці ремонтних робітників залежно від їхньої кваліфікації (розряду) та ступеня складності виконуваних робіт.

Для аналізу даних необхідно розглянути приклад автотранспортного підприємства, що використовує багатоканальну систему масового обслуговування з очікуванням, з рухомим складом понад 100 одиниць.

Пасажи́рське автотранспортне підприємство із трьома дільницями (каналами) виконує ремонт несправних ДВА для парку автомобілів. Потік несправних ДВА, які прибувають до майстерні підприємства, – пуасонівський і має різну інтенсивність. Розглянемо приклад для коробок передач (КПП) з інтенсивністю  $\lambda = 1,1$  агрегату на добу, середній час ремонту однієї КПП розподілено за показовим законом і  $t = 0,5$  діб. Припустимо, що іншої дільниці на АТП немає, і, відповідно, черга агрегатів, які потребують обслуговування, може зростати практично необмежено, що негативно позначиться на часі простою транспортних засобів в очікуванні необхідних запасних частин.

Необхідно обчислити такі граничні значення імовірнісних характеристик системи [2]: ймовірність станів системи; середня кількість заявок у черзі на обслуговування; середня кількість заявок, що знаходяться в системі; середня тривалість перебування заявки у черзі; середня тривалість перебування заявки у системі.

Спочатку необхідно визначити параметр потоку обслуговування:

$$\mu = 1 / \bar{t} \quad (3)$$

Знаючи значення інтенсивності та параметр потоку обслуговування, знаходимо приведену інтенсивність потоку заявок.

$$\rho = \lambda / \mu \quad (4)$$

При цьому, якщо  $\lambda / \mu \cdot c < 1$ , то черга не зростає безмежно і в системі настає граничний стаціонарний режим роботи.

Далі обчислимо ймовірність станів системи:

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{C! \left[ 1 - \left( \frac{\rho}{C} \right) \right]} \right\}^{-1} \quad (5)$$

$$P_1 = \frac{\rho^1}{1!} \cdot P_0; P_2 = \frac{\rho^2}{2!} \cdot P_0; P_3 = \frac{\rho^3}{3!} \cdot P_0; P_4 = \frac{\rho^4}{4!} \cdot P_0; \quad (6)$$

Підсумувавши ймовірності стану системи, отримаємо загальну ймовірність, яка буде ймовірністю відсутності черги агрегатів, які потребують обслуговування.

$$P_{om} = P_0 + P_1 + P_2 + P_3 \quad (7)$$

Тепер визначимо середнє число заявок у черзі на обслуговування:

$$L_q = \left[ \frac{C \cdot \rho}{(C - \rho)^2} \right] \cdot P_c \quad (8)$$

та середнє число заявок у системі  $L_s = L_q + \rho$ .

Завершальним етапом є визначення середньої тривалості перебування агрегату в черзі на обслуговування  $W_q = L_q / \lambda$  та середньої тривалості перебування агрегату в обслуговуванні (у системі)  $W_s = W_q + 1 / \mu$ .

У таблиці 1 наведено розрахункові дані по деяким номенклатурним позиціям, що зберігаються на складі АТП.

Таблиця 1 – Розрахункові значення по деяким номенклатурним позиціям, потреба в яких виникає для підтримки в справному стані рухомого складу АТП

Найменування	Ймовірнісні характеристики							
	$\mu$	$\rho$	$P_0$	$P_{om}$	$L_q$	$L_s$	$W_q$	$W_s$
Головка блока циліндрів	3,4	0,97	0,304	0,991	0,685	1,66	0,208	0,502
КПП	2	0,55	0,162	0,798	0,22	0,77	0,2	0,7
Турбокомпресор	4,4	0,5	0,152	0,764	0,194	0,694	0,088	0,315
Насос системи охолод.	10,2	0,43	0,131	0,714	0,172	0,602	0,039	0,137
Диск щеплення	11,7	0,15	0,04	0,309	0,016	0,166	0,009	0,095

Як показують дані таблиці 1, середня тривалість перебування КПП у черзі обслуговування близько 16,8 годин, що пояснюється значною трудомісткістю обслуговування агрегату. Тривале очікування у черзі призводить, відповідно, до небажаних наслідків на автотранспортному підприємстві у вигляді простоїв рухомого складу.

#### Список використаних джерел

1. Біліченко В.В. Про раціональний підхід до забезпечення запасними частинами вантажних АТП регіону / В.В. Біліченко, В.А. Макаров, Т.В. Макарова, О.П. Антонюк // Луцький національний технічний університет. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»), випуск 62, 2018. – С. 29-35.

2. Біліченко В. В. Обґрунтування критеріїв оцінки ефективності вибору запасних частин, що зберігаються на складі АТП для підтримки в справному стані його рухомого складу / В. В. Біліченко, О. П. Антонюк. // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2016. – №2(77). – С. 56–61.

**Антонюк Олег Павлович**, к.т.н., ст. викл. кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: AntonukOP@gmail.com.

**Збегерський Андрій Михайлович**, студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,

**Antoniuk Oleg P., Ph.D., senior off Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: AntonukOP@gmail.com.**

**Zbeherskyi Andriy M., student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia**

УДК 656.13

О.П. Антонюк, Б.В. Табаков

**ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ  
ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА МАТЕРІАЛЬНІ ВИТРАТИ ДЛЯ  
ПІДТРИМКИ ЇХ В ПРАЦЕЗДАТНОМУ СТАНІ**

*У теоретичному дослідженні розглянуто вплив коефіцієнта використання вантажопідйомності вантажного транспортного засобу на матеріальні витрати для підтримки його в справному стані. Дослідження засноване на гіпотезі про те що дане явище описується степеневою функцією, яке було підтверджено у суміжних галузях. Результат дослідження виявив залежності впливу коефіцієнта використання вантажопідйомності ТЗ на матеріальні витрати для підтримки його в справному стані.*

**Ключові слова:** автотранспортні засоби, коефіцієнт використання вантажопідйомності, вплив навантаження на зношування, витрати на ремонт/

*The theoretical study considered the influence of the load capacity utilization ratio of a cargo vehicle on material costs for maintaining it in good condition. The study is based on the hypothesis that this phenomenon is described by a power function, which was confirmed in related fields. The result of the study revealed the dependence of the influence of the coefficient of utilization of the truck's carrying capacity on the material costs for maintaining it in good condition.*

**Key words:** motor vehicles, load capacity utilization ratio, impact of load on wear and tear, repair costs/

Зазвичай витрати на автомобільному транспорті діляться на постійні і змінні, хоча такий розподіл є досить умовним. Наприклад, заробітна плата водіїв може бути як відрядною, так і погодинною. У європейській літературі також прийнято виділяти витрати на їзду (specific trip cost) [1]. До їзди можуть належати витрати на паркування, платні ділянки автомобільних доріг і т. д. Також деякі статті змінних витрат істотно залежать від використання вантажопідйомності [2, 3].

Однією із суттєвих статей змінних витрат на автомобільному транспорті є витрати на ремонт. Зі збільшенням віку рухомого складу витрати на ремонт зростають. Однак вплив навантаження на витрати на ремонт вивчено не в повній мірі, тому це завдання є актуальним. При експлуатації вантажних автомобілів у процесі перевезення вантажів ушкоджуються деталі, що контактують, особливо деталі підвіски, сполучні елементи кузова, обертові частини трансмісії і т.д. Ці деталі ремонтуються за необхідності. Основна частка витрат, пов'язаних з ремонтом вантажного транспорту, припадає на їхнє технічне обслуговування та ремонт. Як правило, основною причиною, що викликає необхідність ремонту, є граничне зношування та відмова деталей і вузлів транспортних засобів.

В цілому, структура витрат істотно залежить від конкретних умов організації перевезень, тому доцільно при прийнятті управлінських рішень відштовхуватися від статистики витрат конкретного перевізника.

Оцінка економічної ефективності автомобіля як транспортного засобу повинна враховувати безліч факторів, включаючи інтенсивність його використання, прийняті транспортні тарифи, структуру витрат і т. д. Двома найбільш важливими факторами в процесі експлуатації та технічного обслуговування транспортного засобу є пробіг транспортного засобу за певний період часу (день, місяць чи рік) та витрати пов'язані з обслуговуванням та ремонтом транспортного засобу [3 - 5]. Витрати на ремонт є сумою витрат на експлуатаційні матеріали та компоненти, а також витрати на оплату праці ремонтного персоналу. Експлуатаційні матеріали та компоненти включають окремі елементи та вузли транспортного засобу, а також оливи та рідини.

Одним із способів забезпечення найбільш ефективної експлуатації автомобільного транспорту є зниження його зношування. Зношування автомобіля залежить від багатьох факторів. Один із них – це понаднормове навантаження.

При експлуатації вантажних автомобілів у процесі перевезення вантажів пошкоджуються деталі, що взаємодіють між собою, особливо деталі підвіски, сполучні елементи кузова, обертові частини трансмісії. Ці деталі ремонтуються при необхідності. Основна частка витрат, пов'язаних з ремонтом вантажного транспорту, припадає на їхнє технічне обслуговування та ремонт. Як правило, основною причиною, що викликає необхідність ремонту, є граничне зношування і відмова деталей і вузлів транспортних засобів.

У роботах [3, 4] обговорюються змінні витрати під час виконання транспортних операцій. Результати аналізу показали, що найбільш важливими факторами, що впливають на ремонт рухомого складу, є навантаження, вік транспорту, температура, умови експлуатації та інші. Збільшення процентного навантаження на вантажний транспорт призводить до втрати і підвищеного зносу деталей, що труться. Вплив навантаження на витрати на ремонт у цих роботах у явному вигляді не враховується.

Основними постійно діючими причинами зміни технічного стану деталей загалом є зношування, втомні руйнування, корозія, зміна фізико-хімічних властивостей матеріалу деталей. Процес зношування виникає під дією тертя, що залежить від якості поверхонь матеріалу, мастила, навантаження.

Таким чином, результати вищезазначених досліджень показують, що змінні витрати залежать від комплексного впливу багатьох факторів, ключове місце з поміж яких варто присвоїти навантаженню транспортного засобу. Вплив навантаження призводить до зменшення ресурсу вузлів та деталей автотранспорту (збільшення зносу та кількості відмов). Витрати ремонт пропорційні кількості відмов.

Основною метою вантажних автотранспортних компанії є отримання прибутку, при розрахунку якого важливо знати не тільки дохід за конкретне перевезення, але й витрати на нього. Традиційні методи розрахунку собівартості не враховують вплив навантаження на витрати на ремонт. Це призводить до значних відхилень фактичних витрат від розрахункових при організації перевезень вантажів автомобільним транспортом.

На основі раніше проведених досліджень багатьох науковців було доведено, що основною причиною відмов деталей і вузлів є знос, який істотно залежить від навантаження і зазвичай така залежність описується степеневою функцією.

Теоретичний аналіз впливу навантаження на витрати на ремонт для залежності зі степінню 2 представлено в таблиці 1. За одиницю прийнято коефіцієнт, що відповідає витратам для порожнього рухомого складу.

За даними наведеними в таблиці 1 побудована залежність впливу навантаження вантажного ТЗ на матеріальні витрати на його підтримку в справному стані (див. рисунок 1).

Таблиця 1 – Вплив навантаження вантажного ТЗ на матеріальні затрати для підтримки його в справному стані

Споряджена маса транспорту з причепом або напівприцепом, т.	Номинальна вантажопідйомність, т	Коефіцієнт використання вантажопідйомності	Навантаження, т	Повна маса, т	Степенева функція впливу навантаження на витрати на ремонт
15	20	0	0	15	1,00
15	20	0,1	2	17	1,28
15	20	0,2	4	19	1,60
15	20	0,3	6	21	1,96
15	20	0,4	8	23	2,35
15	20	0,5	10	25	2,78
15	20	0,6	12	27	3,24
15	20	0,7	14	29	3,74
15	20	0,8	16	31	4,27
15	20	0,9	18	33	4,84
15	20	1	20	35	5,44

Результат теоретичного дослідження впливу навантаження транспортного засобу на



матеріальні витрати для підтримки його в справному стані показують, що витрати на ремонт істотно залежать від навантаження. Так, коефіцієнт, що враховує вплив навантаження на витрати на ремонт, прийнятий при порожньому пробігу за 1, при повному завантаженні становить 5,44.

Аналіз дослідження чинників, які впливають змінні витрати показав, що коефіцієнт використання вантажопідйомності істотно впливає витрати на підтримку рухомого складу в справному стані. Збільшення коефіцієнта використання вантажопідйомності (навантаження) призводить до збільшення зносу та поломок деталей та вузлів, відповідно, до збільшення матеріальних витрат на ремонт. Отримана залежність витрат на ремонт від навантаження дозволяє більш точно прогнозувати змінні витрати та приймати обґрунтовані рішення щодо використання рухомого складу.

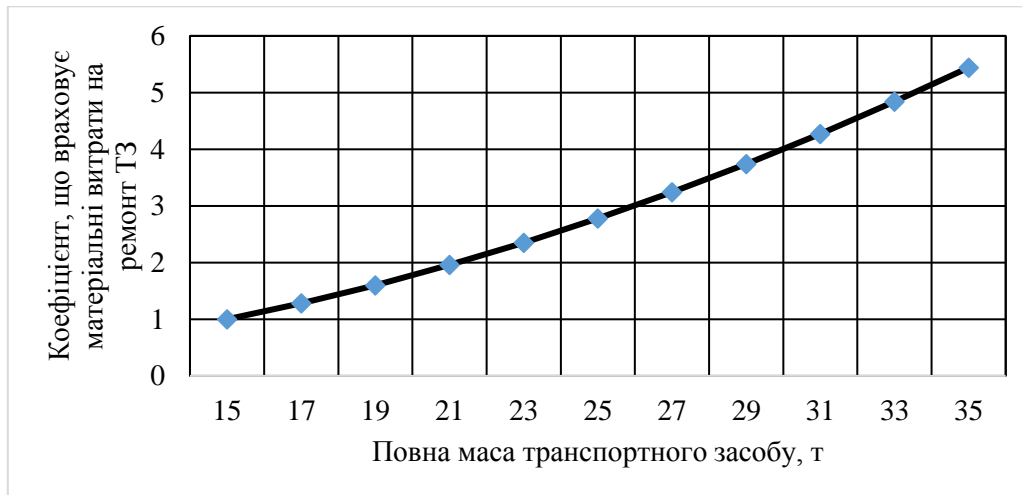


Рисунок 1 - Залежність впливу навантаження вантажного ТЗ на матеріальні витрати на його підтримку в справному стані

#### Список використаних джерел

1. Cui M., Levinson D. Full cost accessibility // Journal of Transport and Land Use. 2018. Vol. 11, № 1. pp. 661–679.
2. Jacyna M., Wasiak M. Costs of road transport depending on the type of vehicles // Combustion Engines. 2015. Vol. 162. P. 85–90.
3. Біліченко В.В. Про раціональний підхід до забезпечення запасними частинами вантажних АТП регіону / В.В. Біліченко, В.А. Макаров, Т.В. Макарова, О.П. Антонюк // Луцький національний технічний університет. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»), випуск 62, 2018. – С. 29-35.
4. Біліченко В. В. Обґрунтування критеріїв оцінки ефективності вибору запасних частин, що зберігаються на складі АТП для підтримки в справному стані його рухомого складу / В. В. Біліченко, О. П. Антонюк. // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2016. – №2(77). – С. 56–61.
5. Bachmann R., Langevin A. A vehicle routing cost evaluation algorithm for the strategic analysis of radial distribution networks // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2009. Vol. 45, № 1. P. 50–60.

**Антонюк Олег Павлович**, к.т.н., ст. викл. кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: AntonukOP@gmail.com.

**Табаків Богдан Вікторович**, студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,

**Antoniuk Oleg P.**, Ph.D., senior off Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: AntonukOP@gmail.com.

**Tabakov Bogdan V.**, student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

УДК 004.9:656.022

В.В. Аулін, А.В. Гриньків, В.М. Чумак, С.Ю. Тищенко

**ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦИФІКИ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ BLOKCHAIN ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАВДАНЬ ТА УПРАВЛІННІ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ**

*На основі аналізу літературних джерел наведені основні сучасні тренди в логістиці. Зазначено, що тенденції розвитку управління ланцюгами постачань пов'язані з цифровізацією ланцюгів постачань і метою якої є надання актуальної та достовірної інформації. Показано як хмарні технології та blockchain, інтегровані з веб-службами, можуть уніфікувати інформацію та процеси для забезпечення простежуваності та прозорості ланцюга постачання. Також ця технологія дозволить вирішити одну із найскладніших проблем у здійсненні міжорганізаційної координації – забезпечити безпеку (прозорість) проходження інформації та довіри контрагентів ланцюга постачання. Виділено основні аспекти технології blockchain для управління ланцюгами постачань. Застосування технології blockchain дозволить підвищити поінформованість контрагентів ланцюга постачань і прокладе шлях для швидкого впровадження операційних рішень.*

**Ключові слова:** blockchain, управління, ланцюг постачань, цифрова логістика, інноваційні технології.

*Based on the analysis of literary sources, the main modern trends in logistics are given. It is noted that the trends in the development of supply chain management are related to the digitalization of supply chains and the purpose of which is to provide up-to-date and reliable information. It shows how cloud technologies and blockchain integrated with web services can unify information and processes to ensure supply chain traceability and transparency. Also, this technology will allow solving one of the most difficult problems in the implementation of inter-organizational coordination - to ensure the security (transparency) of information flow and the trust of supply chain partners. The main aspects of blockchain technology for supply chain management are highlighted. The use of blockchain technology will increase the awareness of supply chain counterparties and pave the way for the rapid implementation of operational solutions.*

**Keywords:** blockchain, management, supply chain, digital logistics, innovative technologies.

Останнім часом у рамках Четвертого етапу цифрової революції – "Індустрія 4.0-Кіберфізичні системи" – спостерігається важлива роль цифрової логістики та управління ланцюгами постачання (УЛП). З переходом до цифрового виробництва та інтернет-торгівлі логістика стає інструментом УЛП, створення цінностей та визначення фокуса змін, які мають відбутися в логістиці. Реалізується УЛП під впливом кібервиробництва. Якщо взяти до уваги зміни, зумовлені інформаційними технологіями (ІТ): зміни структури підприємств, фірм, компаній; зміни кордонів секторів галузей економіки; зміни набору ключових компетенцій; зміни бізнес-моделей та бізнес-стратегій, то Digital SCM/Logistics у цих реаліях набуває стратегічного значення для об'єднання бізнес-процесів у єдину інфраструктуру цифрової економіки України.

Аналіз спеціальної літератури та оглядів діяльності найбільших консалтингових компаній показує, що в логістиці останніх років можливо виділити такі основні тренди: нові цифрові технології; аналітика та моделювання; сегментація ланцюга постачання; орієнтація на сервіс; оптимізація ланцюгів постачань; підвищення стійкості ланцюгів постачань.

Цифрові технології охоплюють розвиток функціональності в галузі глобальних комунікаційних та інформаційних потоків у ланцюгах постачання. Найважливішою інновацією в цифрових технологіях є здатність до цифровізації ключових бізнес-процесів (у т.ч. логістичних), що підтримується сенсорикою, робототехнікою та інформацією про контент. При цьому цифровізація дозволяє прискорити виконання бізнес-процесів у ланцюгах постачання, забезпечивши більшу достовірність та прозорість інформації для прийняття обґрунтованих рішень. Це призведе до скорочення витрат, заснованого на запобіганні можливим ризикам та усуненню операцій, які не додають цінності для клієнтів. В якості континуум цифрових

технологій, що становлять основний функціонал цифрової логістики, УЛП включає Big Data (Обробку великих даних та аналітику), IoT (Інтернет речей), технологію Blockchain (розподілених реєстрів транзакцій), Хмарні сервіси, e-SCM (систему УЛП), 3D Printing та ін.

Аналітика та моделювання стають центральним елементом УЛП. Це рішення ґрунтуватимуться на інформації у реальному часі, а не на припущеннях. Технології імітаційного моделювання, Big Data, OLAP, in-memory відіграють видатну роль, дозволяючи розробникам рішень на всіх рівнях легко та швидко визначати сценарії та приймати оптимальні рішення.

Сегментація ланцюга постачання замінює сьогоднішню концепцію "один підходить всім". Вона дозволяє реально вирішувати вимоги клієнтів, а тому орієнтація на клієнта стає реальністю. Динамічні ланцюги постачань (Agile Supply Chain), низьковитратні ланцюги постачань, ланцюги постачань, орієнтовані на якість індивідуальних послуг клієнтам. Існує зв'язок з технологічними інноваціями, а тому: для реалізації належного процесу планування, орієнтованого на сегментацію, необхідно використовувати технологію моделювання та створювати сценарії, що дозволяють визначати ідеальне налаштування ланцюга постачань на сегмент. Технологічний аспект також знаходиться у сфері транзакційних процесів. З цієї точки зору для кожного сегмента потрібна інформація в режимі реального часу, щоб ідентифікувати відповідні події в ланцюзі постачання та впливати на порушення забезпечення узгодженості рівнів обслуговування.

Орієнтація на сервіс-обслуговування тісно пов'язані з тенденцією сегментації й обумовлена зростаючою реалізацією центрів обслуговування у функціоналі УЛП. Вони беруть на себе функції планування та контролінгу ланцюга постачання (ідеологія 4PL-аутсорсингу). При цьому основою успіху є інтеграція глобальної інформації про події в ланцюгу постачань у централізованих структурах – сервіс-центрах. Це дозволяє групі планування та контролінгу департаменту УЛП фокусної компанії ланцюга постачань швидко реагувати на події у ланцюгу постачань на основі онлайн інформації та приймати правильні рішення.

Оптимізація ланцюгів постачань більш широко підтримується програмними інструментами системних інтеграторів (SAP, Oracle, IBM Infor). В галузі проектування оптимальної структури ланцюгів постачання багато інструментів оптимізації є доступними на ринку, а тому вони здатні застосовувати сценарне та імітаційне моделювання, щоб визначити найкращий можливий ланцюг постачання. Область оптимізації, заснована на методології досліджень операцій, є найбільш передовою та зрілою областю в УЛП та логістиці.

Підвищення стійкості УЛП є головною тенденцією керівників підприємств, фірм, компаній. Більш ефективні процеси управління поверненнями, реверсивна логістика та рециркуляції, акцент на зменшення енергоспоживання та зелену логістику, що знижують навантаження на екологію та запобігають накопиченню відходів, призводять до значного скорочення витрат. Ефективний дизайн стійкої мережевої структури ланцюга постачань, що підтримується плануванням та оптимізацією, дозволяє планувальникам визначати ефективні, що знижують енергоспоживання, та стійкі структури ланцюгів постачань. Оптимізаційне програмне забезпечення для розробки оптимальної структури мережі ланцюгів постачання, що підтримуватиме зелену логістику, збільшуватиме частку ринку.

Зазначені тенденції розвитку УЛП та логістики безумовно пов'язані з подальшою цифровізацією української економіки загалом та логістики УЛП зокрема. Кінцевою метою цифровізації ланцюгів постачань є надання актуальної та достовірної інформації про параметри ключових бізнес-процесів, порушення (збої) при їх виконанні, потенційні проблемні місця, що обумовлюються ризиками, а також оптимізація параметрів ланцюга постачань. Підприємства, фірми, компанії з цифровим ланцюгом постачань можуть краще використовувати ресурси, активи, людей і запаси, швидше переміщувати їх туди, де вони необхідні в будь-який момент часу, щоб знизити витрати, активно реагуючи на можливі ризики при транспортуванні та виробництві продукції.

В ідеалі, в цифровому ланцюзі постачань повинні бути вибудовані процеси, забезпечені відповідною технікою, які контролюють рівні запасів у реальному часі, взаємодію з контрагентами, розташування продуктів (товарів) та збої обладнання. Зазначена інформація використовується для планування та виконання операції з підвищеним рівнем продуктивності. Такі технології, як GPS-стеження, радіочастотна ідентифікація (RFID), штрих-коди, смарт-мітки, дані на основі розташування та бездротові сенсорні мережі, відіграють важливу роль у

цифровому ланцюзі постачання. Поряд з цим, хмарні технології та blockchain, інтегровані з веб-службами, можуть уніфікувати інформацію та процеси для забезпечення простежуваності та прозорості ланцюга постачання.

Як свідчить зарубіжна практика, одним із найперспективніших напрямків у Digital SCM/Logistics є використання технології blockchain. Blockchain – це багатофункціональна та багаторівнева інформаційна технологія, призначена для надійного обліку різних активів та транзакцій. Потенційно ця технологія охоплює всі без винятку сфери економічної діяльності та має безліч сфер застосування: фінанси та економіка; операції з матеріальними та нематеріальними активами; облік у державних організаціях та компаніях; логістика та УЛП. Існують додатки blockchain і у сфері віртуального реєстру властивостей товарів або інтелектуальні контракти (Швейцарія). Як мінімум, blockchain – найбезпечніша та найдешевша альтернатива мережі Інтранет будь-якого підприємства, фірми, компанії. Застосування цієї технології докорінно змінює взаємодію компаній у ланцюгу постачань, оскільки клієнти матимуть пряму інформацію про продукцію (товари) та послуги компаній-контрагентів. Інвестори зможуть фінансувати їх без потреб фінансових ринків. В середині компаній будь-яка інформація може надаватися вільно, а поведінкові рішення можуть повністю прозорими. При цьому бізнес-моделі будуть радикально змінені та покращені; структури витрат стануть прозорішими, а виконання контрактів – безперешкодним.

Практичний досвід свідчить, що вплив технології blockchain не обмежується корпоративним сектором і знаходить найбільше застосування у державному секторі. Центральні банки вже використовують blockchain, а найінноваційніші цифрові економіки (Сінгапур, Естонія, Швеція) використовують blockchain, щоб забезпечити відносини між регулюючим органом та громадянами. Реєстр власності, публічні контракти, правозастосування, публічні записи можуть бути автоматизовані та полегшені за допомогою blockchain за дуже короткий час. По суті, blockchain – це інноваційна парадигма для координації будь-якого виду діяльності підприємств, фірм, компаній у міжорганізаційній координації контрагентів ланцюгів постачань.

Багато фахівців вважають, що blockchain – найбільша інновація, яку спостерігають сьогодні, порівняно з Інтернетом чи повсюдною комп'ютеризацією (цифровізацією) економіки. У технологічному плані blockchain є децентралізованим реєстром усіх транзакцій у комп'ютерній мережі. З позицій УЛП ця технологія дозволяє вирішити одну із найскладніших проблем у здійсненні міжорганізаційної координації: забезпечення безпеки (прозорості) проходження інформації та довіри контрагентів ланцюга постачання.

Будь-яка взаємодія контрагентів у ланцюзі постачань (транзакції), пов'язана з отриманням та передачею товарів (продукції) та інформації (замовлень) при управлінні операціями матеріальних та фінансових потоків: транспортування, складування та вантажопереробка, митне оформлення, банківські операції, платежі, електронна комерція, договірні відносини, електронна пошта, лізинг, онлайн-аукціони з багатоступінчастим контролем (податкового, фінансового, митного тощо) для забезпечення точності та достовірності інформації, що передається, а також відповідності товарів та послуг стандартам якості та умовам контрактів. Технологія blockchain вирішує цю проблему двома простими способами: реєстром, тобто децентралізованим списком всіх транзакцій у ланцюзі постачання та незмінністю списку, що гарантується.

Останнім часом прагнуть реалізувати проекти на blockchain в різних сферах бізнесу, звідси – і прихильність інвесторів. Принцип децентралізованого розподіленого зберігання та передачі даних з історією транзакцій, яку неможливо змінити чи знищити, обіцяє глобально перетворити бізнес. Blockchain швидко стає головною тенденцією цифровізації економіки. Це пов'язано з підвищенням обізнаності та розумінням того, що пов'язано з технологією розподіленого реєстру, особливо на рівні топ-менеджменту. Універсальність цієї технології демонструється низкою додатків, виявлених респондентами. Це стосується проблематики управління даними, інтернету речей-ІоТ, Smart-контрактів та ін. Особливо зазначено, що логістика та УЛП швидко розвиваються як провідна можливість розгортання технології blockchain поза фінансовим сектором.

Перевірені транзакції вирушають у незмінний реєстр, який розподіляється між підприємствами/контрагентами ланцюга постачання. Кожен контрагент має копію журналу транзакцій, тому будь-яка зміна в будь-якому реєстрі зробить його несумісною з іншими. Цей процес унеможливує втручання в журнал транзакцій (розподілений реєстр), оскільки всі

учасники можуть бачити всі транзакції. Blockchain таким чином забезпечує прозорість для всіх контрагентів ланцюга постачання.

Розумні Smart-контракти у технології blockchain забезпечують управління, відповідно до якого сторони цього розумного контракту погоджуються взаємодіяти один з одним. Зазначимо, що розумні контракти є найпростішою формою децентралізованої автоматизації у ланцюгах постачання. УЛП – це інтегрування ключових бізнес-процесів, що починаються від кінцевого користувача та охоплюють усіх постачальників товарів, послуг та інформації, що додають цінність для споживачів та інших заінтересованих осіб. Інтеграція цих процесів потребує адекватної інформаційної підтримки, яка може бути забезпечена за допомогою технології blockchain. Це зумовлено кількома причинами:

- не вистачає можливостей, ресурсів та знань, щоб розгортати наскрізну інтеграцію інформації у своїх ланцюгах постачання;

- інформація, як правило, не передається разом із вантажем (продукція), тому складно зробити так, щоб багато зацікавлених сторін знали, коли буде відправлено вантаж (продукція), і планувати операції заздалегідь;

- децентралізована книга зберігає запис кожної транзакції, що відбувається в ланцюзі постачання;

- можливо значно знизити частку контрафактної продукції українському ринку;

- впровадження blockchain технології автоматично захищає від підробок, оскільки їх неможливо буде зареєструвати в розподіленій книзі.

Таким чином, можливо виділити три ключові аспекти технології blockchain для УЛП:

- загальні облікові записи перевірених транзакцій є незмінною єдиною версією достовірності SVOT для різних компаній;

- інтелектуальні контракти до blockchain забезпечують дотримання умов та обмежень, коли транзакції проводяться між учасниками;

- blockchain переносить фокус технологічних рішень від окремої компанії на всю мережу постачань, яка є системою взаємодії між контрагентами.

В зв'язку з чим УЛП – це мережева проблема, яка потребує мережевого рішення, а ажітаж навколо blockchain підвищує поінформованість контрагентів ланцюга постачань і прокладає шлях для швидкого впровадження операційних рішень.

**Аулін Віктор Васильович** – д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації та ремонту автомобілів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: [AulinVV@gmail.com.ua](mailto:AulinVV@gmail.com).

**Гриньків Андрій Вікторович** – к.т.н., старший дослідник, старший викладач кафедри експлуатації та ремонту автомобілів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: [avgrinkiv@gmail.com](mailto:avgrinkiv@gmail.com).

**Чумак Віталій Миколайович** – магістр, аспірант кафедри експлуатації та ремонту автомобілів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: [vitaly.chumak@gmail.com](mailto:vitaly.chumak@gmail.com).

**Тищенко Сергій Юрійович** – магістр, аспірант кафедри експлуатації та ремонту автомобілів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: [Sergey.Tishchenko@autotechnics.ua](mailto:Sergey.Tishchenko@autotechnics.ua).

**Aulin Viktor Vasyliovych** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Car Operation and Repair, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: [AulinVV@gmail.com.ua](mailto:AulinVV@gmail.com).

**Hrynkiy Andrii Viktorovych** – Ph.D., senior researcher, senior lecturer at the Department of Vehicle Operation and Repair, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: [avgrinkiv@gmail.com](mailto:avgrinkiv@gmail.com).

**Chumak Vitaliy Mykolayovych** – master, graduate student of the department of car operation and repair, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: [vitaly.chumak@gmail.com](mailto:vitaly.chumak@gmail.com).

**Tishchenko Serhiy Yuriyovych** – master, graduate student of the department of car operation and repair, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: [Sergey.Tishchenko@autotechnics.ua](mailto:Sergey.Tishchenko@autotechnics.ua).

УДК 629.083:004.9

В.В. Аулін, С.В. Лисенко, С.В. Мельничук, Б.А. Сорока

## ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АВТОМОБІЛІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Для реалізації технічної політики в агропромисловому виробництві проведено аналіз її основних напрямів, що дозволило розробити структуру конкретних завдань інформаційного забезпечення у систематизованому вигляді. Показано, що при вдосконаленні системи технічного сервісу автомобілів в агропромисловому виробництві необхідно впроваджувати інформаційні ресурси та використовувати сучасні інформаційні технології. На основі аналізу інформаційних потоків в системі технічного сервісу автомобілів для агропромислового виробництва побудовано узагальнену модель, яка характеризує потокові процеси руху та обробки інформації як для окремого комп'ютеризованого робочого місця, так і для підрозділу технічного сервісу на підприємстві зі складною внутрішньою структурою.*

**Ключові слова:** агропромислове виробництво, автомобілі, технічний сервіс, інформаційне забезпечення.

*To implement the technical policy in agro-industrial production, an analysis of its main directions was carried out, which made it possible to develop the structure of specific tasks of information support in a systematic form. It is shown that when improving the system of technical service of cars in agro-industrial production, it is necessary to introduce information resources and use modern information technologies. Based on the analysis of information flows in the technical service system of cars for agro-industrial production, a generalized model was built that characterizes the flow processes of movement and information processing both for a separate computerized workplace and for a technical service unit at an enterprise with a complex internal structure.*

**Keywords:** agricultural production, cars, technical service, information support.

Реалізація технічної політики в агропромисловому виробництві (АПВ), перебудова та подальше вдосконалення системи технічного сервісу автомобілів безпосередньо залежать від рівня науково-інформаційного забезпечення, підвищення якого пов'язане з використанням системних принципів аналізу інформації та впровадженням нових інформаційних технологій.

Проведений аналіз основних напрямів технічної політики дозволив розробити структуру конкретних завдань інформаційного забезпечення у систематизованому вигляді. Зазначено, що одним з основних завдань організації інформаційного забезпечення є перебудова і вдосконалення технічного сервісу в АПВ, оскільки ефективність використання автомобілів, ступінь їх надійності великою мірою залежить від рівня його розвитку.

Показано, що при вдосконаленні системи технічного сервісу автомобілів в АПВ необхідно впроваджувати різноманітні інформаційні ресурси та використовувати сучасні інформаційні технології. Це обумовлює наступне:

– безперервно розширюється номенклатура засобів механізації, автоматизації та комп'ютеризації, що ускладнює роботу з оцінки та стеження за технічним рівнем машин та обладнання;

– відбувається ускладнення конструкцій машин та обладнання за рахунок широкого використання гідравліки, засобів автоматики, електроніки та мікропроцесорної техніки, що знаходить своє відображення у відповідних потоках інформації;

– у зв'язку з розвитком ринкових відносин, зростанням вартості та розосередження інформації по численних публікаціях, недоступністю значної частки інформації для використання в системах діагностування та прогнозування несправностей, необхідна концентрація інформації у спеціалізованих інформаційних відділах.

У процесі організації технічного сервісу автомобілів доводиться щодня приймати різні за характером, своєчасні, якісні та оптимальні рішення, чому сприяє створена і чітко налагоджена система інформаційного забезпечення на підприємстві.

У досліджуваних підрозділах технічного сервісу автомобілів на підприємствах інформація існує, в основному, у двох формах. Значна її частина функціонує в документованому вигляді,

менша – в усній формі, але та й інша мають важливе значення в управлінні, оскільки є для нього таким самим ресурсом, як матеріальне, фінансове та інше забезпечення для АПВ.

Для ефективного використання інформаційного забезпечення на підприємстві АПВ створюється надійна інформаційна система, в якій повинні використовуватися масиви інформації, організовані за допомогою сучасної обчислювальної техніки та програмних засобів, бази знань та банки даних. У будь-якій інформаційній системі існують інформаційні потоки та інформаційні масиви. Якщо розглянути схему руху інформаційних потоків безпосередньо на підприємствах сервісного та технічного обслуговування в АПВ, то можна відзначити що матеріально-технічне забезпечення та управління спирається на інформацію, яка циркулює в обох напрямках та забезпечує нормальне функціонування всієї системи загалом.

Якщо розглядати загальну стратегію процесу збору, зберігання та обробки інформації то можна відзначити, що, незважаючи на те, що кожен рівень має свою специфіку, у кожному з них протікають одні й ті самі процеси. Тому в роботі розроблено методику організації систем управління та прийняття рішень на основі отриманої інформації для одного рівня, а потім поширити її на інші рівні управління. Основою будь-якої інформаційної системи є робота з інформацією, що змінюється в часі, і для успішної її роботи необхідна актуальна і класифікована інформація. Крім того, для нормального функціонування системи "комп'ютер-людина", необхідна організація простого доступу до цієї інформації, забезпечення зручної роботи з інформацією та деяка початкова обробка цієї інформації.

Таким чином, впровадження на підприємстві АПВ комп'ютеризованої інформаційної системи, з метою удосконалення технічного сервісу автомобілів, сприятиме:

- отримання більш раціональних варіантів вирішення управлінських та господарських завдань за рахунок повної інформаційної забезпеченості;
- звільнення працівників апарату управління від рутинної роботи за рахунок її комп'ютеризації та автоматизації;
- забезпечення достовірності та актуальності інформації;
- заміні паперових документів даними на електронних або хмарних носіях, що призводить до більш раціональної організації переробки інформації на комп'ютері та зниження обсягів паперових документів;
- вдосконалення структури потоків інформації та документообігу на підприємстві.

Ефективність виробничої діяльності підприємств з підрозділами сервісу автомобілів є найефективніша під час створення комп'ютеризованих робочих місць (КРМ) у відповідності до певних принципів та вимог. Наукові дослідження з цього питання дозволило визначити основні вимоги до КРМ спеціалістів та керівників підрозділів. КРМ повинні:

- мати достатньо розвинену базу даних, що постійно поповнюється оперативною та достовірною інформацією, зведеною до певних масивів;
- забезпечувати вільний доступ до неї та її наочне уявлення;
- мати діалогові програмні засоби забезпечення прийняття рішень із адаптацією до конкретних ситуацій;
- забезпечувати оперативний зв'язок з іншими джерелами інформації в межах організаційної структури та для оперативного пошуку необхідної інформації у базі даних;
- давати можливість приймати оптимальні рішення за заданим критерієм;
- забезпечувати простоту роботи при підвищенні надійності технічних та програмних засобів, а також можливість накопичення у пам'яті досвіду рішень;
- служити основою переведення діловодства на комп'ютеризований режим (на технічні носії).

Основою інформаційного забезпечення КРМ є бази даних, що містить нормативно-довідкову та оперативну інформацію, необхідну для виконання роботи на даному робочому місці. У системах КРМ інформаційне забезпечення має, зазвичай, розподілений характер. Об'єднання різних КРМ в єдину мережу дає можливість отримувати всю необхідну інформацію по даному об'єкту управління. В інформаційній базі КРМ може бути інформація у вигляді знань з відповідної предметної області технічного сервісу автомобілів.

Основні відомості, попередньо оброблені на КРМ спеціалістами та керівниками підрозділів, стікаються до КРМ керівника підприємства. При цьому він може користуватися не тільки відфільтрованою та узагальненою інформацією, але й деталізованою інформацією,

запозиченою з інших КРМ. Значна економія часу роботи з інформацією дозволяє керівнику підприємства більше уваги приділяти роботі з людьми, вирішенню соціальних питань, вивченню та впровадженню прогресивних форм та методів діяльності підприємства. Наведений варіант комп'ютеризації дозволить наблизити сучасні методи управління безпосередньо до управління АПВ.

Висока ефективність використання КРМ досягається при об'єднанні в єдину обчислювальну мережу, функціонування якої доцільно з урахуванням ієрархічної структури управління підприємством. Мережа КРМ дозволяє організувати обмін інформацією між рядом абонентів та забезпечує вихід на різні рівні. Вона реалізує сучасну інформаційну технологію та надає їй низку нових якостей:

- підвищує живучість системи (за рахунок мережевої організації обробки бази даних);
- забезпечує спільне більш ефективне використання дефіцитного периферійного обладнання декількома користувачами;
- підсилює орієнтацію управління на економічні методи та сприяє демократизації управління.

Локальна мережа може мати різні конфігурації, але найзручніша мережа з магістральною структурою. Вона не потребує перенастроювання при підключенні нових або відключення будь-яких абонентів від мережі та надає широкі можливості в нарощуванні потужностей та модернізації локальної мережі. Для формування та ведення локальної бази даних, управління обчислювальною мережею, забезпечення в інтерактивному режимі КРМ керівника, використовується обслуговуючий ПК-сервер, до якого підключені комп'ютерні робочі станції. Це сприяє переведенню комп'ютеризованих робочих місць на якісно вищий рівень.

Виходячи з результатів досліджень інформаційних потоків на підприємствах АПВ, побудовано узагальнену модель (рис.1), яка характеризує процеси руху та обробки інформації як для окремого КРМ, так і для підрозділу технічного сервісу автомобілів.

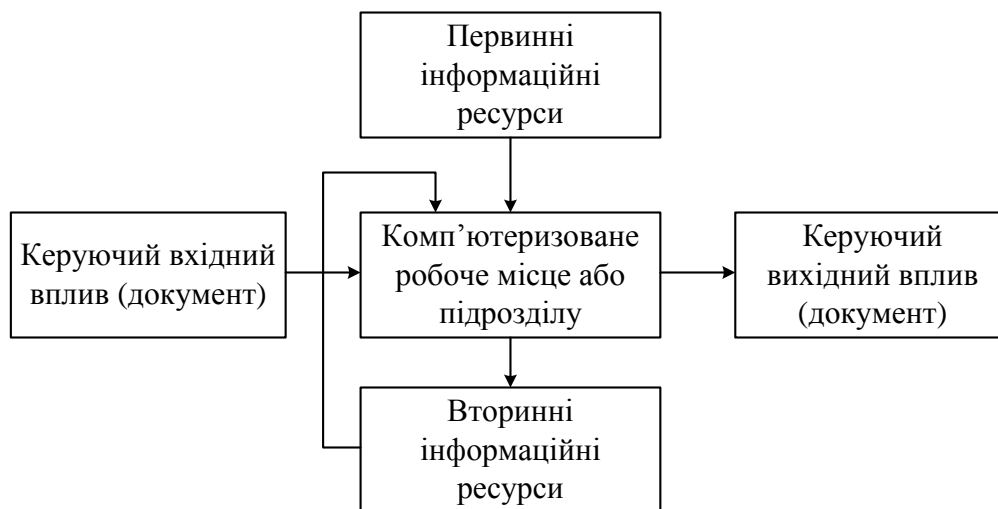


Рисунок 1 – Узагальнена модель інформаційних потоків на підприємствах АПВ з підрозділу технічного сервісу автомобілів

Для підприємств АПВ, що містять у своєму складі підрозділи технічного сервісу, пропонується локальна комп'ютеризована мережа та інтегрована інформаційна модель, що поєднує безліч вхідних та вихідних повідомлень, первинних та вторинних інформаційних ресурсів.

Таким чином, у цій моделі враховується активний характер вторинних ресурсів, що виступають як накопичений колективний досвід. Це істотно полегшує та прискорює вирішення багатьох типових управлінських завдань на підприємствах з підрозділом технічного сервісу автомобілів. На відміну від первинних ресурсів, що надходять у слабо структурованому та класифікованому вигляді і вимагають серйозної їх первинної обробки та верифікації, вторинні ресурси, як правило, значно краще організовані та достовірні завдяки налагодженій системі діловодства та адаптованим до потреб конкретних КРМ. Вторинні ресурси знаходяться у значній



кореляції з вектором цілей, як підрозділу технічного сервісу автомобілів, так і підприємств АПВ в цілому.

*Аулін Віктор Васильович* – д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: AulinVV@gmail.com.ua.

*Лисенко Сергій Володимирович* – к.т.н., доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: sv07091976@gmail.com.ua.

*Мельничук Сергій Володимирович* – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобільний транспорт, Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, e-mail: sergij.m@ukr.net.

*Сорока Богдан Андрійович* – асистент кафедри агроінженерії, Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, e-mail: bodyasoroka00@gmail.com.

*Aulin Viktor Vasyliovych* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department Of Operation And Repair Of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: AulinVV@gmail.com.ua.

*Lysenko Serhii Volodymyrovych* – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department Of Operation And Repair Of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: sv07091976@gmail.com.ua.

*Melnychuk Serhii Volodymyrovych* – Ph.D., associate professor, head of the automobile transport department, Zhytomyr Agricultural Technical Vocational College, Zhytomyr, e-mail: sergij.m@ukr.net.

*Soroka Bohdan Andriyovych* – assistant of the Department of Agricultural Engineering, Zhytomyr Agricultural Technical Vocational College, e-mail: bodyasoroka00@gmail.com.

УДК 621.891

В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.Б. Гупка, В.О. Тесля

**МАСШТАБНИЙ ФАКТОР ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**Анотація.** Розглянуто вплив масштабного фактора на кінетику процесів в зоні фрикційного контакту. Розроблена методика та запропоновано кінетичні критерії діагностування трибоспряження. Побудована фізична модель впливу масштабного фактору на надійність вузлів тертя транспортних засобів.

**Ключові слова:** тертя, зношування, трибоспряження, масштабний фактор, діагностування.

**Abstract.** The influence of the scale factor on the kinetics of processes in the zone of frictional contact is considered. A technique was developed and kinetic criteria for diagnosing triboconjugation were proposed. A physical model of the influence of the scale factor on the reliability of vehicle friction units was built.

**Key words:** friction, wear, tribocoupling, scale factor, diagnosis.

Найбільш незаперечним результатом всього розвитку науки про тертя та зношування є висновок про те, що зовнішнє тертя являє собою термодинамічно незворотній дисипативний процес, закономірності якого принципово залежить від швидкостей процесів, які протікають кооперативно. Важливу роль відіграє при цьому геометрія контактуючих поверхонь тертя (масштабний фактор), яка визначає значення коефіцієнту взаємного перекриття (Квп). Величина Квп суттєво змінює швидкість процесів тертя та зношування при переході від точкового до лінійного контакту і нарешті до контакту по площині. В умовах граничного мащення це призводить до зміни співвідношення процесів утворення, трансформації та руйнування захисних вторинних структур (ВС).

На жаль значна частина триботехнічних задач в даний час вирішується малоефективним, емпіричним шляхом, що призводить до великих матеріальних та енергетичних витрат, гальмує процес розвитку в даній галузі науки та техніки. Не враховуються параметри трибологічної надійності та довговічності машин і механізмів ще на етапі конструювання. Подальший неминучий ремонт зношених деталей або їх заміна на нові – це незаплановані значні матеріальні витрати. Серед інших причин – це і відсутність комплексної методики дослідження, яка б включала в себе кінетичні критерії оцінки процесів в зоні фрикційного контакту, універсальні машини тертя.

Трибологія, як і інші галузі науки і техніки знаходиться в неперервному розвитку. Виходячи з цього в даній роботі розглянуто тільки деякі аспекти проблеми, які доцільно використовувати при дослідженнях в лабораторних умовах. В конкретних випадках, коли необхідно перенести результати лабораторних досліджень на реальні вузли тертя потрібно використовувати елементи теорії моделювання із врахуванням теплової динаміки процесу тертя. Це реалізовано в запропонованій методиці дослідження і підтверджено одержаними результатами. Аналізуючи вхідні параметри та умови експлуатації важко навантажених пар тертя, попередні експериментальні дослідження та дослідження інших авторів, вибрана наступна схема контакту пари тертя (рис. 1): пальчиковий зразок 1 – плоска торцева поверхня диска 2 (контргіло) [1].

Контргіло здійснює обертовий рух (одно направлений або реверсивний) із плавним характером зміни частоти обертання в горизонтальній площині. Дана схема контакту оптимальна як для візуального нагляду за досліджуваними процесами, так і для подачі мастильного матеріалу в зону тертя, форма робочих поверхонь тертя зручна для подальших металографічних досліджень їх структурного стану. Величина Квп по запропонованій методиці визначається із співвідношення

$$K_{вп} = F_1/F_2 \quad (1)$$

де  $F_1$  – площа тертя пальчикового зразка 1 (величина постійна в межах одного

експерименту);

$F_2$  – площа тертя контртіла 2 (змінна величина в межах одного експерименту).

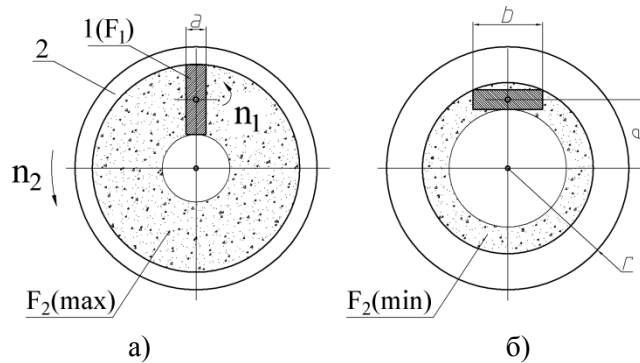


Рисунок 1 - Схема контакту пари тертя та зміни Квп

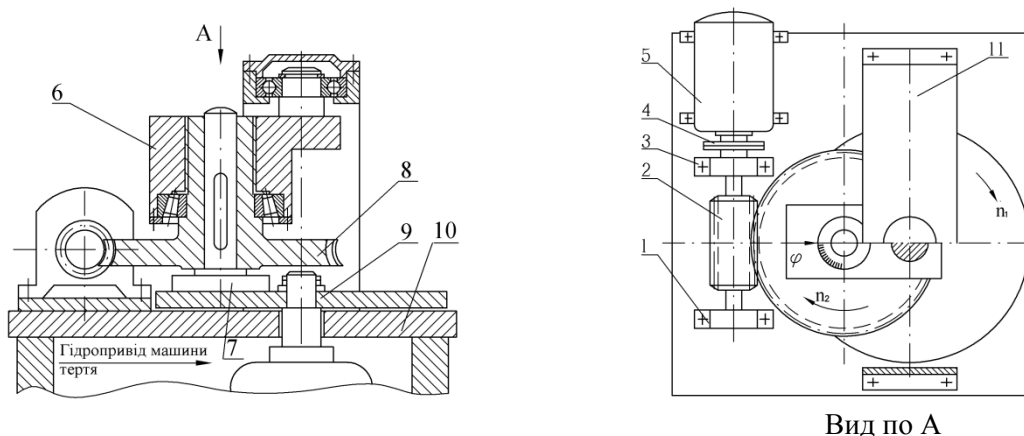
а) Квп - min, б) Квп - max.  $n_1$  – частота обертання зразка 1,  $n_2$  – частота обертання контртіла 2; а, b – розміри зразка 1, e – ексцентриситет, r – радіус контртіла 2.

Як видно із запропонованої схеми  $K_{\varphi n} = f(a, b, e, r, \varphi)$  де  $\varphi$  - кут повороту зразка 1. Граничні значення Квп визначаються наступними залежностями

$$K_{\varphi n_{\min}} = \frac{ab}{\pi \left[ \left( e + \frac{b}{2} \right)^2 - \left( e - \frac{b}{2} \right)^2 \right]}; \quad (2)$$

$$K_{\varphi n_{\max}} = \frac{ab}{\pi \left( \frac{b^2}{4} + 2ea \right)}. \quad (3)$$

Велика різноманітність існуючих машин тертя (трибометрів) як по схемах контакту, характеру руху модельні вузли тертя яких не відтворюють роботу реальних призводить до одержання часто необ'єктивних, погано співставних даних. Аналіз існуючої інформації показав, що параметр Квп може служити одним із основних критеріїв узагальненої класифікації машин тертя. Для реалізації запропонованої схеми дослідження спроектовано та виготовлено універсальну машину тертя (рис. 2), яка успішно експлуатується в лабораторії триботехнічних досліджень Тернопільського державного технічного університету [2].



Вид по А

Рисунок 2 - Машина тертя для дослідження впливу Квп

Машина тертя для реалізації даного способу складається із основи 10, встановленого на ній приводу обертання зразка, виконаного у вигляді електродвигуна 5, муфти 4 і черв'яка 2, встановленого на опорах 1, 3.

Досліджуваний зразок 7 кріпиться спеціальному тримачі 8, який виконаний у вигляді червячного колеса з можливістю осевого переміщення. Тримач 8 вмонтовано в кронштейні 6,

який кріпиться в стояку 11. Контртіло 9 виконано у вигляді диска і одержує обертовий рух від гідроприводу.

При цьому враховано, що трибometri повинні володіти можливістю фіксації основних триботехнічних параметрів: сила тертя, коефіцієнт тертя, інтенсивність зношування, температура в широкому діапазоні зміни силових параметрів навантаження по заданому закону. Крім цього запропоновані електричні критерії оцінки структурної пристосованості матеріалів при терті (контактний електроопір пари тертя  $KEO$  ( $R$ ),  $\Delta R$ ,  $\Delta R/R_{вих}$ ) дозволили значно скоротити цикл досліджень, об'єктивно ідентифікувати основні триботехнічні параметри із відповідним структурним станом поверхонь тертя, чітко фіксувати критичні точки взаємопереходу процесів припрацювання – нормальне тертя та зношування – пошкоджуваність (об'ємна деструкція).

Положення зразка суттєво впливає на умови мащення (характер проникнення мастила в робочу зону тертя), що в свою чергу формує конкретні значення параметрів  $KEO$  ( $R$ ), інтенсивності зношування  $I$ , температури  $T$  (рис. 3).

Аналіз структурного стану поверхонь тертя (тип ВС, їх геометричні та фізико-механічні властивості, характер розподілу по поверхнях тертя) дозволив виділити три характерні зони: А – зона антрифрикційності (підвищеної зносостійкості), В – перехідна зона, С – зона важко навантажених умов. У відмічених зонах різні діапазони та рівні значень основних триботехнічних параметрів, структурно-енергетичних, електричних показників.

Широкий цикл проведених лабораторних досліджень, одержані експериментальні дані, їх системний аналіз з позиції структурно-енергетичної теорії тертя та зношування дозволили побудувати фізичну модель впливу масштабного фактора ( $K_{вп}$ ) на процеси в зоні фрикційного контакту (рис. 4).

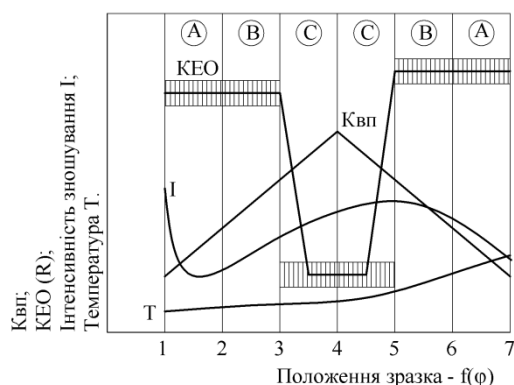


Рисунок 3 - Вплив положення зразка на характер зміни основних триботехнічних та електричних параметрів.

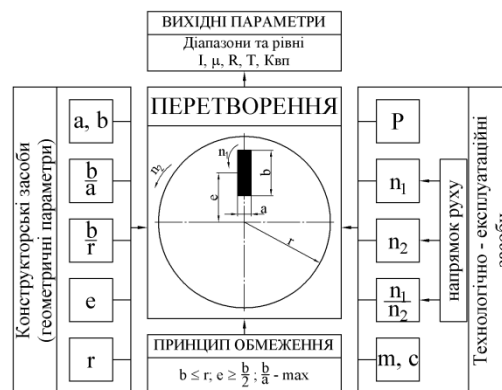


Рисунок 4 - Фізична модель масштабного фактору  $P$  – зусилля навантаження на зразок;  $M$  – мастило;  $C$  – середовище.

Створений науково-дослідний комплекс дозволяє коректно планувати і комплексно проводити лабораторні трибологічні дослідження при вирішенні ряду основних практичних задач трибології, пов'язаних, наприклад, з підбором матеріалів і технології виготовлення елементів пар тертя, мастильного матеріалу, геометричних параметрів вузлів тертя, засобів захисту від абразивного зношування.

При цьому весь цикл дослідження проводиться без зупинки машини тертя, заміни зразка, що не порушує цілісності фізики процесу тертя та зношування в зоні фрикційного контакту.

#### Список використаних джерел

1. Lyashuk, O., Pyndus Y., Gupka A., Gupka V., Sipravska M., Stashkiv M. 2019. The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria. ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28- 29, 2019, Ternopil, Ukraine. P. – 231-237. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3387620>
2. В.В. Аулін, А.Б. Гупка, С.В. Лисенко, Д.О. Великодний / Масштабно-рівневий підхід до аналізу процесів в матеріалах трибоспрямлень деталей мобільної сільськогосподарської та

автотранспортної техніки / Кропивницький : - Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник : Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2017.- Вип. 47 Час. I. С. 52 – 58.

**Аулін Віктор Васильович**, д.т.н., професор, професор кафедри «Експлуатації та ремонту машин», Центральнoукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, [aulinvv@gmail.com](mailto:aulinvv@gmail.com)

**Ляшук Олег Леонтійович**, д.т.н., професор, перший проректор, Тернопільський національний технічний університет, Тернопіль, [oleglashuk@ukr.net](mailto:oleglashuk@ukr.net)

**Гупка Андрій Богданович**, к.т.н., доцент, доцент кафедри «Автомобілів», Тернопільський національний технічний університет, Тернопіль, [Gypkab@gmail.com](mailto:Gypkab@gmail.com)

**Тесля Володимир Олегович**, к.т.н., доцент, доцент кафедри «Автомобілів», Тернопільський національний технічний університет, Тернопіль, [volodymyr\\_teslya@ukr.net](mailto:volodymyr_teslya@ukr.net)

**Aulin Viktor Vasyliovych**, Ph.D., professor, professor of the department "Operation and repair of machines", Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, [aulinvv@gmail.com](mailto:aulinvv@gmail.com)

**Oleh Leontiyovych Lyashuk**, Ph.D., professor, first vice-rector, Ternopil National Technical University, Ternopil, [oleglashuk@ukr.net](mailto:oleglashuk@ukr.net)

**Andriy Bogdanovych Gupka**, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the "Automotive" Department, Ternopil National Technical University, Ternopil, [Gypkab@gmail.com](mailto:Gypkab@gmail.com)

**Volodymyr Olegovich Teslya**, Ph.D., associate professor, associate professor of the "Automobiles" department, Ternopil National Technical University, Ternopil, [volodymyr\\_teslya@ukr.net](mailto:volodymyr_teslya@ukr.net)

УДК 629.331: 621.891:669.018.44

О.І. Балицький, В.О. Колесніков, М.Р. Гаврилюк, Л.М. Іваськевич, В.О. Балицька

## ФРАКТОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТИНОК ЗНОШУВАННЯ ВИСОКОАЗОТНИХ ХРОМОМАНГАНЦЕВИХ СТАЛЕЙ ЯК ІНДИКАТОРІВ РУЙНУВАННЯ В ТРАНСПОРТНІЙ ТА ЕНЕРГОМАШИНОБУДІВНИХ ГАЛУЗЯХ

*В тезах наведено інформацію про дослідження зображень частинок зносу високоазотних хромоманганцевих сталей, отриманих за допомогою оптичного та цифрового мікроскопів. Подальші дослідження слід проводити в таких напрямках, як використання комп'ютерного зору та машинного зору в парадигмі промислових революцій: Індустрія 4.0 та Індустрія 5.0.*

**Ключові слова:** транспорт, енергомашинобудування, триботехніка, високоазотні сталі, частинки зношування, мастило, наводнення, комп'ютерний зір, машинний зір, Індустрія 4.0, Індустрія 5.0.

*The thesis presents information on the study of images of wear particles of high-nitrogen chromium-manganese steels obtained using optical and digital microscopes. Further research should be conducted in areas such as the use of computer vision and machine vision in the paradigm of industrial revolutions: Industry 4.0 and Industry 5.0.*

**Keywords:** transport, power engineering, tribotechnics, high-nitrogen steels, wear particles, lubrication, hydrogen charging, computer vision, machine vision, Industry 4.0, Industry 5.0.

Високоазотні сталі є перспективними конструкційними матеріалами, що знаходять своє застосування у різних технічних галузях. Але у якості триботехнічних сплавів їх застосування дуже обмежене. Значно покращити їх триботехнічні властивості можна завдяки застосуванню нових змащувальних композицій, або підбирати наявні.

Оцінювати характер руйнування триботехнічного вузла можна завдяки ідентифікації частинок зношування. На умови експлуатаційної стійкості вузлів машин та механізмів можуть впливати різні середовища, наприклад, воденьвмісні, що також необхідно враховувати при прогнозуванні надійності та довговічності.

Зносотривкість визначали на машині тертя СМТ-1 (2070). Частота обертання валу нижнього зразка (750...1500) обертів/хв. Випробування проводили за схемою ролик-ролик. Які були виготовлені з аустенітних високоазотних сталей: 12X18AG18Ш (твердість 40 HRC), P900 (50...60 HRC), DDT 68 (45...50 HRC) та конструкційних сталей 20 (HRC 35...40, мікроструктура – ферит-перліт) та 45 (HRC 55...60, мартенсит). В умовах тертя навантаження становило 100...600 N. Експерименти проводили як в умовах сухого тертя, так і при додаванні різних сполук таких як різні змащувальні рідини, що містили соняшникову або ріпакову олії (1-5%), Shell HF-E 46 (синтетична олива); Shell HF-R (біологічного походження), оливи індустриальні П12А, І 20А, І40А, також додавались шаруваті сполуки такі як графіт, MoSe<sub>2</sub>, (GaSe)<sub>0.75</sub>In<sub>0.25</sub>, (GaSe)<sub>0.25</sub>In<sub>0.75</sub>.

Наводнювали зразки з високоазотних сплавів у 26% розчині H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> з густиною струму 50...100 А/м<sup>2</sup>. Частинки зношування вивчали на мікроскопі Neophot-2 з обробкою зображень цифрового фотоапарата Canon EOS 30D на ПК, поверхні тертя та частинки зношування – на електронному мікроскопі EVO-40XVP зі системою мікроаналізу INCA Energy 350. Частинки зношування високоазотних аустенітних сталей та сталі 45 розділяли за допомогою постійного магнету.

Проводяться фрактографічні дослідження частинок зношування та аналіз отриманих даних. Нами розроблено програмне забезпечення на яке отримано патент та свідоцтво на авторський твір, у разі його подальшого вдосконалення та комплексного використання інших програмних продуктів можна з'ясувати механізми мікроруйнування сплавів, що працюють у різних умовах.

Подальші дослідження мають проводитись в таких напрямках як застосування машинного та комп'ютерного зору у парадигмі промислових революцій: Індустрія 4.0 та Індустрія 5.0.

Список використаних джерел

1. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O. Investigation of wear products of high-nitrogen manganese steels. Materials Science. Volume 45, Issue 4, July 2009, Pages 576-581. DOI: 10.1007/s11003-010-9216-1.
2. Kindrachuk, M.; Volchenko, D.; Balitskii, A.; Abramek, K.F.; Volchenko, M., Balitskii, O.; Skrypnyk, V.; Dmytro Zhuravlev, D.; Yurchuk, A.; Kolesnikov, V. Wear Resistance of Spark Ignition Engine Piston Rings in Hydrogen-Containing Environments. Energies 2021, 14, 4801.
3. Balitskii, A.I.; Havrilyuk, M.R.; Balitska, V.O.; Kolesnikov, V.O.; Ivaskevych, L.M. Increasing Turbine Hall Safety by Using Fire-Resistant, Hydrogen-Containing Lubricant Cooling Liquid for Rotor Steel Mechanical Treatment. Energies 2023, 16, 535. <https://doi.org/10.3390/en16010535>.
4. Balitskii, A.A., Kolesnikov, V.A., Vus, O.B. Tribotechnical properties of nitrogen manganese steels under rolling friction at addition of (GaSe)<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>, powders into contact zone. Metallofizika i Noveishie Tekhnologii Volume 32, Issue 5, May 2010, Pages 685-69.

**Балицький Олександр Іванович** – д.т.н., проф., провідний науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів, Західнопоморський технологічний університет в Щеціні, Щецин, Польща, e-mail: alexanderbalitskii64@gmail.com.

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, м. Лубни, e-mail: kolesnikov197612@gmail.com.

**Гаврилук Марія Романівна** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, e-mail: gavrilukm@ukr.net.

**Іваськевич Любомир Михайлович** – к.т.н., старший науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, e-mail: lyubom538@gmail.com.

**Балицька Валентина Олексіївна** – к.фіз.-мат.н., доцент кафедри фізики та хімії горіння інституту пожежної та техногенної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Львів, e-mail: vbalitska@yahoo.com.

**Balytskii Olexandr Ivanovych** - Ph.D. Habil., Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko physico-mechanical institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Szczecin, Poland, e-mail: alexanderbalitskii64@gmail.com.

**Kolesnikov Valerii Olexandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko physico-mechanical institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: kolesnikov197612@gmail.com.

**Havrilyuk Maria Romanivna** - PhD in Engineering, Researcher, Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko physico-mechanical institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, e-mail: gavrilukm@ukr.net.

**Ivaskevych Lyubomir Mykhailovych** - Ph.D., senior researcher, Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko physico-mechanical institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, e-mail: lyubom538@gmail.com.

**Balitska Valentina Oleksiivna** – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Combustion Physics and Chemistry, Institute of Fire and Technogenic Safety, Lviv State University of Life Safety, Lviv, e-mail: vbalitska@yahoo.com.

УДК 656.13

Д.Б. Бегерський, А.В. Пехоцька, Я.А. Леонець

## ВПЛИВ ПЛАНОВОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ НА ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ М. ЖИТОМИР)

Обґрунтовано необхідність проведення моделювання роботи громадського транспорту з урахуванням перспектив житлової забудови. Представлено результати дослідження пасажиропотоків на маршрутах, які обслуговують обраний для аналізу житловий район. На прикладі створеної моделі пасажиропотоків, показано зростання навантаження на маршрутну мережу через збільшення населення житлового району, пов'язаного з новою житловою забудовою. Зроблено припущення про необхідність розробки нових маршрутів громадського транспорту з метою покращення транспортного обслуговування населення району, що аналізувався.

**Ключові слова:** житлова забудова, транспортне обслуговування, міський пасажирський транспорт, транспортне моделювання, пасажиропотік.

*The necessity of modeling the operation of public transport, taking into account the prospects of residential development, is substantiated. The results of the study of passenger flows on the routes serving the residential area selected for analysis are presented. Using the example of the created model of passenger flows, the increase in the load on the route network due to the increase in the population of the residential area associated with the new residential development is shown. An assumption was made about the need to develop new public transport routes in order to improve transport services for the population of the analyzed area.*

*Keywords: residential construction, transport service, urban passenger transport, transport modeling, passenger flow.*

Місто Житомир має сприятливі передумови для подальшого соціально-економічного розвитку. До найважливіших конкурентних переваг, які визначають специфіку міста та створюють умови для його перспективного розвитку, відносяться [1]:

- сприятливе географічне положення;
- значний промисловий потенціал;
- наявність експортно-орієнтованих підприємств;
- значна кількість незадіяних виробничих приміщень та вільних земельних ділянок, придатних для ведення господарської діяльності, які є важливим ресурсом для залучення інвестицій, поповнення бюджету та створення нових робочих місць;
- наявність потужної структури нового типу – підприємництва, яке об'єднує малі підприємства та фізичних осіб і працюючих у них;
- розвинена науково-технічна база, яка є тим ресурсом, що сприятиме становленню Житомира як інноваційно-технологічного центру;
- значна кількість установ освіти;
- розвинена мережа банківських установ;
- значний історико-культурний потенціал, який створює підґрунття для формування міста як туристичного центру та створення повноцінної туристичної інфраструктури.

Усе це є передумовою для подальшого розвитку Житомира. Але, разом із тим, такий розвиток, означатиме суттєвий приплив нових фахівців, а, отже, і необхідність оновлення та подальшого розвитку житлового фонду міста, що, у свою чергу, вимагатиме і оновлення мережі громадського транспорту [2]. На даний час, можна визначити кілька основних перспективних зон житлового будівництва, де будівництво вже розпочато. Одним з таких районів є житловий район крошні, де, при вже існуючій великій щільності забудови, завершується будівництво ще кількох великих житлових комплексів. Така ситуація матиме значний вплив на транспортне забезпечення населення цього району.



Згідно досліджень, проведених у 2022 році у рамках спільного проекту нашого університету з Житомирською міською радою щодо розробки комплексної схеми руху громадського транспорту Житомирської ОТГ, було встановлено, що вже при нинішньому рівні щільності населення у вказаному районі виникають суттєві проблеми з транспортним забезпеченням особливо у години пік (рис. 1).

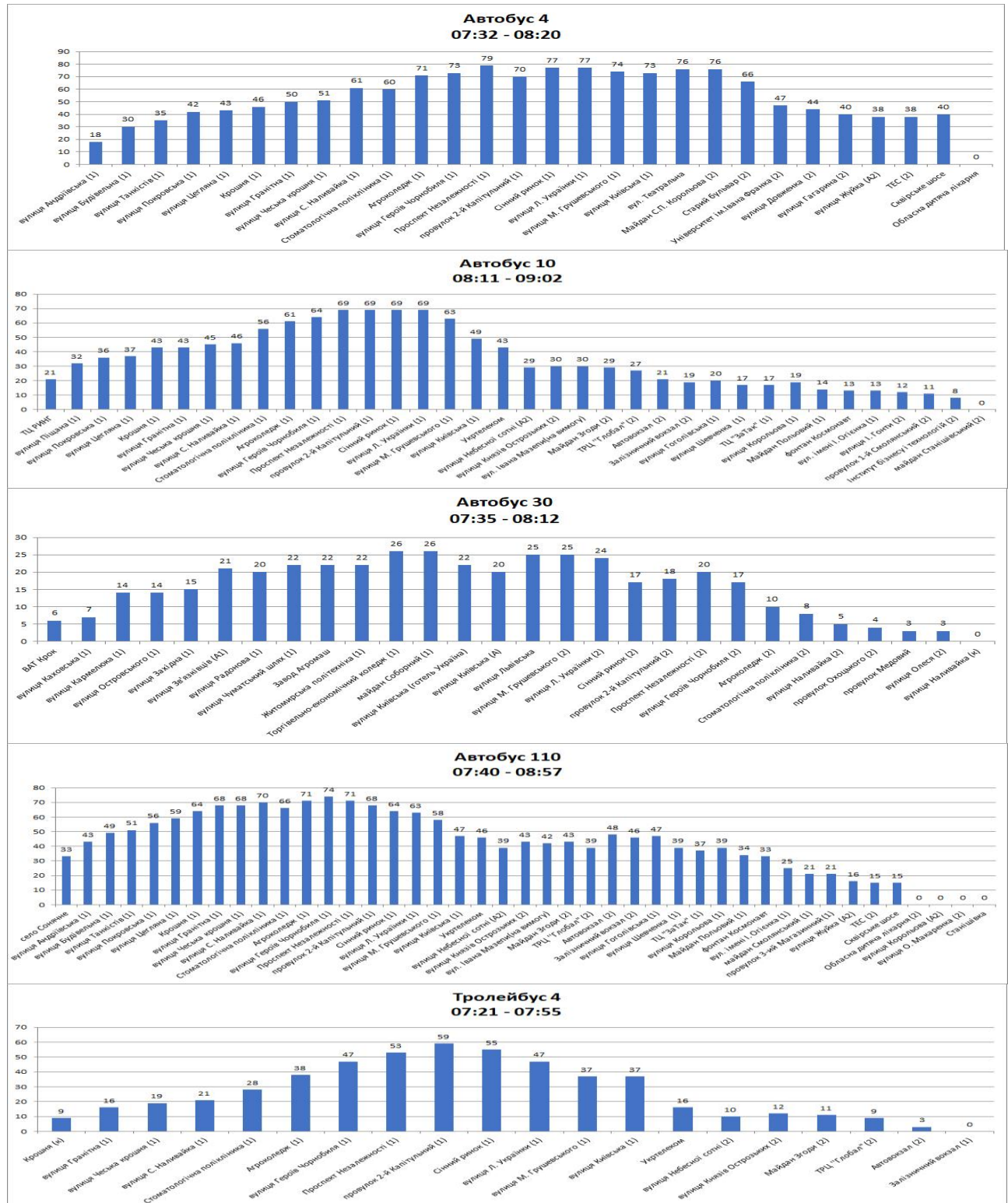


Рис. 1. Заповненість салону транспортних засобів у години пік на маршрутах, що обслуговують район, що аналізується

Як видно з представлених результатів, у пікові години увесь транспорт у заданому районі працює із максимальним завантаженням. Така ситуація підтверджується і результатами моделювання пасажиропотоків (рис. 2).

Разом із тим, якщо закласти у модель пасажиропотоків проектне збільшення населення заданого району з урахуванням нових житлових комплексів, можна побачити суттєве збільшення пасажиропотоків на маршрутах, що обслуговують даний житловий район (рис. 3).

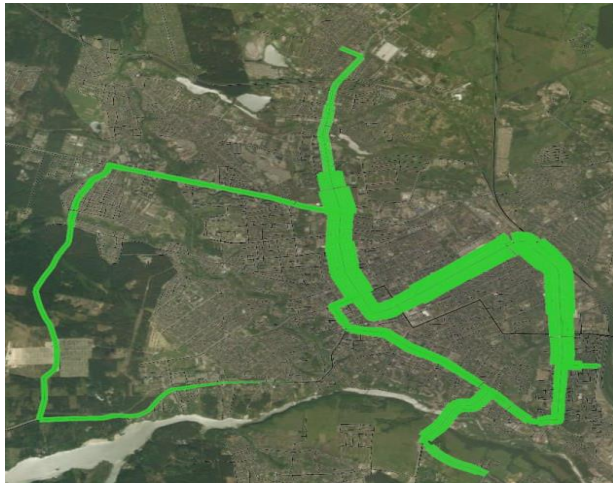


Рис. 2. Сумарний пасажиропотік по маршрутам, які обслуговують район, що аналізується.

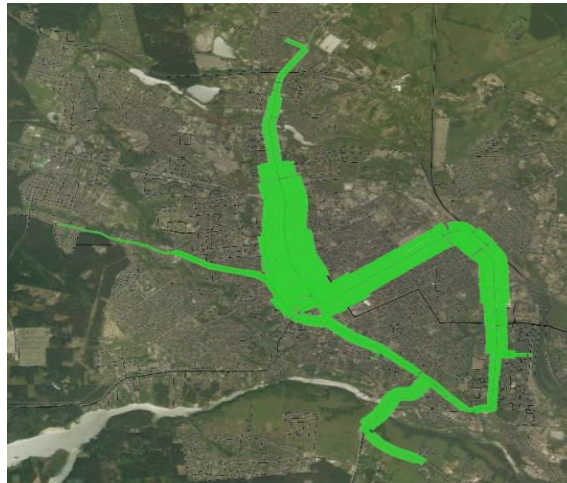


Рис. 3. Сумарний пасажиропотік по маршрутам, які обслуговують район, що аналізується з урахуванням проектного збільшення населення.

Таким чином, можна стверджувати, що завершення будівництва житлових комплексів у районі, що аналізується, і пов'язаного з цим збільшення населення заданого житлового району, призведе до суттєвого збільшення навантаження на маршрутну мережу громадського транспорту. Тому, актуальною є розробка нових маршрутів, що дозволить забезпечити якісне транспортне обслуговування населення і не викличе підвищення навантаження на вулично-дорожню мережу через збільшення кількості транспорту.

#### Список використаних джерел

1. <https://zt-rada.gov.ua/files/upload/sitefiles/doc1548080024.pdf>
2. Аулін В.В., Голуб Д.В. Якість перевезення пасажирів як невід'ємна частина транспортного процесу. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. 2008. Випуск 5/2008. Частина 2. С. 80-84.

**Бегерський Дмитро Богданович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, e-mail: [begerskiy@gmail.com](mailto:begerskiy@gmail.com)

**Пехоцька Анна Валеріївна** – магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир.

**Леонець Ярослав Анатолійович** - магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир.

**Beherskiy Dmytro** - Ph.D., Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, e-mail: [begerskiy@gmail.com](mailto:begerskiy@gmail.com)

**Pehockaya Anna** – a master's student at the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr.

**Leonets Yaroslav** – Master's student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, State University "Zhytomyr Polytechnic", Zhytomyr.

УДК 656.1

І.А. Бережняк, В.О. Дорошук

## СТРАТЕГІЇ ЗМЕНШЕННЯ АВАРІЙНОСТІ ТА СМЕРТНОСТІ НА ДОРОГАХ

Досліджено динаміку дорожньо-транспортних пригод та визначено основні причини їх виникнення. Запропоновано заходи, які необхідно запровадити для зменшення аварійності на дорогах та підвищення безпеки дорожнього руху.

**Ключові слова:** дорожньо-транспортні пригоди, правила дорожнього руху, безпека руху, транспортні засоби, водії, пішоходи.

*Studying the patterns of traffic flow formation, researching their dynamics and optimization in urban conditions has a direct impact on the organization and regulation of road traffic and will improve its safety.*

**Keywords:** traffic accidents, traffic rules, road safety, vehicles, drivers, pedestrians.

Аварійність на дорогах є серйозною проблемою сьогодення. В результаті ДТП в світі щороку гине велика кількість людей. У рейтингу європейських країн Україна посідає 6 місце за смертністю внаслідок ДТП.

За статистичними даними Патрульної поліції України кількість дорожньо-транспортних пригод та чисельність загиблих в них осіб зростає (рис. 1).

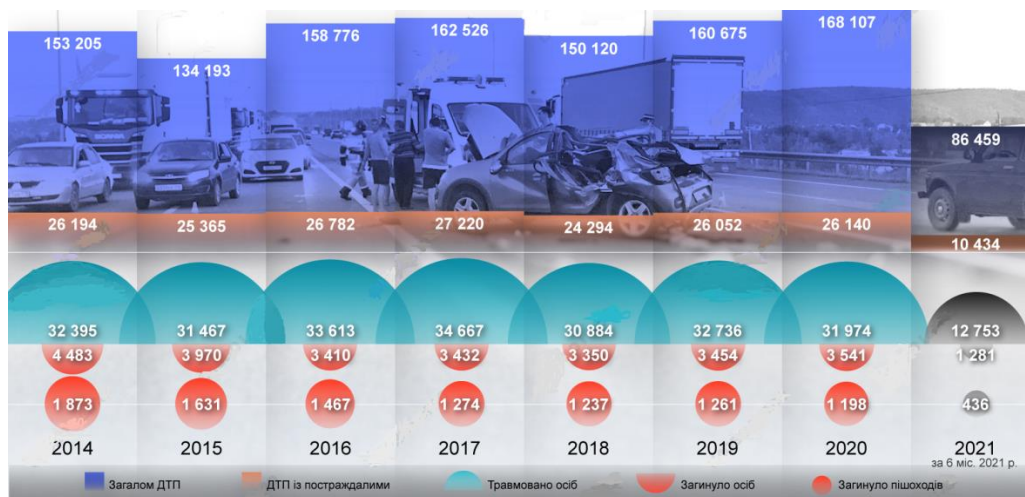


Рисунок 1 – Динаміка ДТП в Україні з 2014 по 2021

За 2022 рік в Україні сталося понад 18 тисяч ДТП з потерпілими, у яких загинуло 2791 особа та більше 23 тисяч людей отримали травми. Хоча, порівняно з 2021 роком кількість дорожньо-транспортних пригод зменшилася на 24%, вже за вісім місяців 2023 їх кількість зростає на 38%. Зменшення ДТП, кількості загиблих та травмованих в 2022 році пов'язано з обмеженням руху транспортних засобів в Україні у зв'язку з початком повномасштабної війни в Україні. Негативна динаміка ДТП, а також чисельності загиблих і травмованих осіб в 2023 році свідчить про актуальність даної проблеми та необхідність у впровадженні заходів, необхідних для її вирішення.

Для того аби зменшити кількість ДТП та усунути їх наслідки потрібно зрозуміти причини, які їх викликають. Одними з основних причин ДТП є: перевищення безпечної швидкості руху; порушення правил маневрування; порушення правил проїзду перехресть; порушення правил проїзду пішохідних переходів; недотримання дистанції [2] (рис.2).

При цьому за минулий рік найбільш поширеними ДТП стало зіткнення транспортних засобів (39,7%), після – наїзд на пішохода (28,4%), на третьому місці – наїзд на перешкоду (13,3%).

Не менш важливою проблемою є ДТП за участю нетверезих водіїв, у 2022 році правоохоронці зафіксували 790 таких випадків.

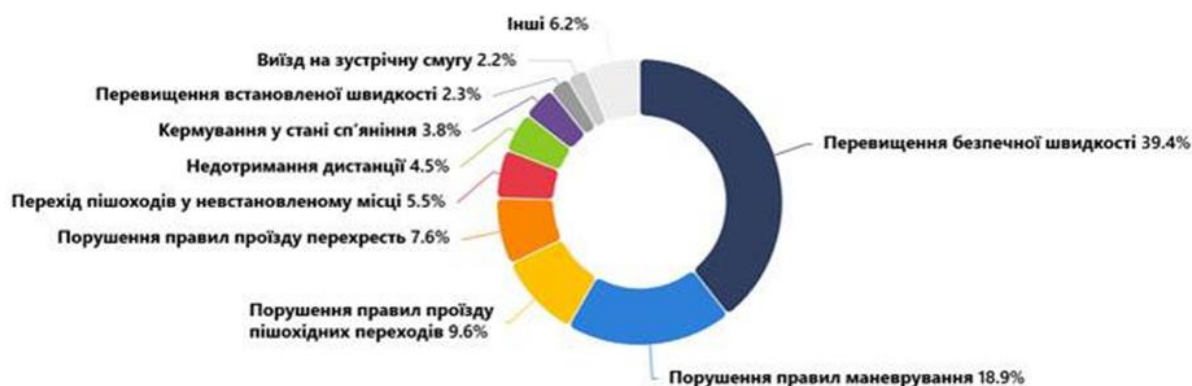


Рисунок 2 – Причини ДТП

Для того аби зменшити кількість ДТП, смертність та травмованість, а також покращити безпеку на дорогах потрібно взяти деякі заходи:

- Посилити дотримання правил дорожнього руху. А саме запровадження більш суворох правил, збільшення штрафів та відповідальності за серйозні порушення, а також контроль за дотриманням ПДР, що в перспективі допоможе усунути безвідповідальну поведінку на дорозі.

- Модернізувати дорожню інфраструктуру. Наприклад: використовувати сучасні матеріали для покриття дороги, електронні системи управління рухом, системи контролю швидкості; впровадити інтелектуальні транспортні системи, які забезпечують збір і обробку інформації про транспортні потоки, для того аби оптимізувати рух, надавати поради водіям та сповіщати в разі аварій.

- Покращити підготовку водіїв. Надання якісного навчання водіїв підвищить навички щодо дорожньої безпеки. Потрібно зосередитись на психологічній підготовці, що допоможе краще розуміти та керувати своїми емоціями на дорозі. Також, під час навчання водіїв, слід використовувати симулятори, які ще більше розвиватимуть навички та навчать реагувати на різні дорожні ситуації. Не менш важливою є якісна медична підготовка.

- Запровадити обов'язкові та регулярні перевірки всіх транспортних засобів. Це допоможе виявити несправності і вчасно їх усунути. Перевірка гальм, стану шин, керма, систем безпеки, світлових приладів значно знизить ризик нещасних випадків на дорогах.

Отже, проаналізувавши статистику ДТП, ми дійшли до висновку, що дотримання всіх вищезгаданих заходів допоможе значно зменшити смертність та кількість ДТП і зробить дорожній рух більш безпечним для всіх учасників.

#### Список використаних джерел

1. Вебпортал Патрульної поліції України. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>

2. Кищун В. Організація і безпека дорожнього руху: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.070101 Транспортні технології усіх форм навчання./ уклад. В. Кищун. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 200 с.

**Бережняк Іванна Андріївна** – студентка спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: berezhniak\_m21@nuwm.edu.ua.

**Дорошчук Вікторія Олександрівна** – старший викладач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування e-mail: v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua.

**Berezhniak Ivanna** – student of the specialty 275 "Transport technologies (on road transport)", National university of water and environmental engineering, e-mail: berezhniak\_m21@nuwm.edu.ua.

**Doroshchuk Viktoriia** – senior lecturer of the Department of Transport Technology and Technical Service National university of water and environmental engineering e-mail: v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua.

УДК 656.13:004.94

Н.О. Бикадорова, В.О. Колесніков, В.В. Бурдун, В.О. Балицька

**ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ТРАНСПОРТІ**

У роботі надано дані про важливість комп'ютерного моделювання для підвищення безпеки на дорозі, дозволяючи аналізувати сценарії пригод та розробляти запобіжні рішення. Комп'ютерне моделювання дорожньо-транспортних пригод є ключовим інструментом для цієї мети.

**Ключові слова:** транспорт, автомобіль, безпека руху, дорожньо-транспортна пригода комп'ютерне моделювання.

*This paper presents data on the importance of computer modeling for improving road safety by allowing to analyze accident scenarios and develop preventive solutions. Computer modeling of road accidents is a key tool for this purpose.*

**Keywords:** transport, car, traffic safety, traffic accident, computer modeling.

Для дослідження безпеки на дорогах і вивчення дорожньо-транспортних пригод використовують комп'ютерні симуляції та програмне забезпечення, наприклад, у США симулятори аварійних ситуацій використовуються для тестування транспортних засобів. Крім того, комп'ютерні програми дозволяють реконструювати пригоди та тестувати різні конструкції автомобілів. Технології машинного навчання дозволяють аналізувати дані з дорожніх датчиків для прогнозування та запобігання дорожньо-транспортним пригодам. Це також може знадобитись для розробки та створення програмного забезпечення для безпілотних автомобілів.

Симуляція аварії, один із найпоширеніших видів комп'ютерного моделювання дорожньо-транспортних пригод, використовує математичні моделі для передбачення ходу подій та наслідків аварії, враховуючи різні фактори, такі як швидкість та поведінка водія, та дорожні умови.

У «реконструкції аварії» використовують дані з реальних аварій для створення комп'ютерної моделі, що допомагає аналізувати та розуміти причини аварій та можливі шляхи запобігання їм. «Реконструкція аварії» корисна для аналізу низькошвидкісних зіткнень, де можна виявити фактори, що сприяли аварії, і розробити стратегії для їх запобігання.

Існує багато різних програм та інструментів для моделювання дорожньо-транспортних пригод і підвищення безпеки на дорогах. Нижче наведено декілька прикладів: *SIMON*, *PC-Crash*, *Multimodal Traffic Simulation Software*, *CarSim*, *PTV VISSIM*.

Для прикладу, *SIMON* був спеціально розроблений, щоб скористатися перевагами багатого набору функцій, доступних в середовищі моделювання *HVE*, включаючи конструктор гальм *HVE*, імітаційну модель *ABS*, модель водія, моделі «шина-земля», модель розриву шини й запатентовану модель 3-D зіткнення *DuMESH*. Цей програмний пакет використовується для реконструкції ДТП та моделювання динаміки транспортних засобів. Він дозволяє користувачам моделювати широкий спектр аварій, включаючи перекидання, наїзди на пішоходів та зіткнення кількох транспортних засобів. *HVE* включає різноманітні моделі для різних типів транспортних засобів, включаючи легкові та вантажні автомобілі, а також мотоцикли.

*PTV Vissim* – провідне програмне забезпечення для моделювання мультимодального руху, що відтворює схеми руху учасників дорожнього руху. Цей інструмент інженерами та планувальниками для оптимізації транспортних потоків та розв'язання проблем дорожнього руху, таких як затори та викиди шкідливих речовин. *VISSIM* – це програма, яка дозволяє імітувати транспортні потоки та аналізувати різні сценарії руху та оптимізації транспортних потоків.

*CarSim*. Програмний інструмент, який використовується для моделювання поведінки легкових і легких вантажівок під час різних сценаріїв водіння. Він включає моделі динаміки транспортного засобу, систем керування та поведінки водія і може імітувати різноманітні ситуації на дорозі, включаючи екстрені маневри, зміну смуги руху та гальмування.

*PC-Crash* – це інструмент для реконструкції та аналізу дорожньо-транспортних пригод, широко використовуваний офісами з реконструкції аварій, поліцією, страховими компаніями, автомобільною промисловістю та університетами. Він має документовані моделі та відкритий

вихідний код, що доступні для досліджень і моделювання різних типів зіткнень, включаючи автомобіль-автомобіль, автомобіль-пішохід і автомобіль-велосипед. Це популярне програмне забезпечення з більш ніж 6000 інсталяцій, що підтвержені численними краш-тестами та публікаціями за останні 20 років.

Комп'ютерне моделювання дорожньо-транспортних пригод є потужним інструментом для підвищення безпеки на дорозі, сприяючи розробці ефективних стратегій для запобігання аваріям і травматизму на дорогах.

#### Список використаних джерел

1. Marcillo, P.; Valdivieso Caraguay, Á.L.; Hernández-Álvarez, M. A Systematic Literature Review of Learning-Based Traffic Accident Prediction Models Based on Heterogeneous Sources. *Appl. Sci.* 2022, 12, 4529. <https://doi.org/10.3390/app12094529>. (дата звернення 04.10.2023).

2. Crash Simulation Vehicle Models. Дата оновлення: 07.07.2023. URL: <https://www.nhtsa.gov/crash-simulation-vehicle-models>. (дата звернення 04.10.2023).

3. Computer History Museum. Car crash simulation. Дата оновлення: 23.09.2023. URL: <https://www.computerhistory.org/makesoftware/exhibit/car-crash-simulation>. (дата звернення 04.10.2023).

4. Rachel Gordon. Deep learning helps predict traffic crashes before they happen. October 12, 2021. Дата оновлення: 12.10.2021. URL: <https://news.mit.edu/2021/deep-learning-helps-predict-traffic-crashes-1012>. (дата звернення 04.10.2023).

5. Balitskii, A.I.; Havrilyuk, M.R.; Balitska, V.O.; Kolesnikov, V.O.; Ivaskevych, L.M. Increasing Turbine Hall Safety by Using Fire-Resistant, Hydrogen-Containing Lubricant Cooling Liquid for Rotor Steel Mechanical Treatment. *Energies* 2023, 16, 535. <https://doi.org/10.3390/en16010535>.

6. Балицький Олександр, Балицька Валентина, Колесніков Валерій, Еліаш Яцек. Застосування комплексного підходу для оцінки якості стану матеріалу деталей та вузлів в енергомашинобудуванні та транспортних галузях для підвищення безпеки життєдіяльності. Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи: III Міжн. науково-практичн. конф., 20-21 березня 2023 року: матеріали. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 371-373. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.

7. Бикадорова Н.О., Бурдун В.В., Сидоренко Р.С. Комп'ютерне моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13-14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 38-42. ISBN 978-966-641-929-6.

8. Balitskii A.I., Ivaskevich L.M., Balitska V.O., Pudło T. Hydrogen infrastructure fire and explosion safety management due to current european union directives. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: зб. наук. праць Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю. 12-13 жовт. 2022 р. Львів: ЛДУ БЖД, 2022. С. 455-459. <https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/11068>.

9. Застосування комп'ютерно інтегрованого підходу для оцінки якості стану матеріалу деталей та вузлів в енергомашинобудуванні для підвищення безпеки життєдіяльності // В.О. Колесніков, К.Ф. Абрамек, Я. Хмель, Є.Б. Колеснікова // II Міжнародна науково-практична конференція. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності», 25-26 листопада 2021 року в м. Полтава, Україна. С. 98- 100.

10. Balitskii A., Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W., Kolesnikow W. Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórów w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących // *Obrobka skrawaniem – 10. – Obrobka skrawaniem podstawa rozwoju metrologii / Pod redakcją Jana Burka // X Szkoła Obrobki Skrawaniem, Rzeszów-Lancut, 2016. – S. 447-452.*

11. Застосування методів комп'ютерного зору для оцінки стану поверхневих та підповерхневих шарів заготовок під час механічної обробки з метою отримання більш якісної та безпечної продукції для енергомашинобудування // В.О. Колесніков, Я. Еліаш, М.Р. Гаврилюк, О.О. Ревякіна // II Міжнародна науково-практична конференція. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності», 25-26 листопада 2021 року в м. Полтава, Україна. С. 100 - 102.

12. Костира В. Приклад застосування CAE системи ABAQUS для моделювання пошкодження автомобіля під час ДТП. // Науковий пошук молодих дослідників: Збірник

наукових праць здобувачів вищої освіти, № 4 (2022). м. Полтава: Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»: Полтава, 2022. С. 115 – 124.

13. Бурдун В.В., Ревякіна О.О., Колеснікова Є.Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.

14. Гагаркін Я.О.; Колесніков В.О. Приклади застосування ігрового рушія Unreal Engine для створення зображень автомобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 64–74.

15. Angarita-Zapata JS, Maestre-Gongora G, Calderín JF. A Bibliometric Analysis and Benchmark of Machine Learning and AutoML in Crash Severity Prediction: The Case Study of Three Colombian Cities. *Sensors* (Basel). 2021 Dec 16;21(24):8401. doi: 10.3390/s21248401. PMID: 34960494; PMCID: PMC8708527.

16. Philippe Barbosa Silva, Michelle Andrade, Sara Ferreira. Machine Learning Applied to Road Safety Modeling: A Systematic Literature Review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering* (English Edition). 2020; 7(6):775-790. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.07.004>.

17. Narayana Raju, Haneen Farah, "Evolution of Traffic Microsimulation and Its Use for Modeling Connected and Automated Vehicles", *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2021, Article ID 2444363, 29 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/2444363>.

**Бикадорова Наталія Олексіївна** – ст. викладач кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [itottstar@gmail.com](mailto:itottstar@gmail.com).

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

**Бурдун Віктор Васильович** – к.пед.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [burdun\\_v\\_v@ukr.net](mailto:burdun_v_v@ukr.net).

**Балицька Валентина Олексіївна** – к.фіз.-мат.н., доцент кафедри фізики та хімії горіння інституту пожежної та техногенної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Львів, e-mail: [vbalitska@yahoo.com](mailto:vbalitska@yahoo.com).

**Bykadorova Natalia Oleksiivna** - Senior Lecturer, Department of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: [itottstar@gmail.com](mailto:itottstar@gmail.com).

**Kolesnikov Valerii Olexsandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of Strength of Materials and Structures in Hydrogen-Bearing Media, Karpenko physico-mechanical institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

**Burdun Viktor Vasilovich** – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: [burdun\\_v\\_v@ukr.net](mailto:burdun_v_v@ukr.net).

**Balitska Valentina Oleksiivna** – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Combustion Physics and Chemistry, Institute of Fire and Technogenic Safety, Lviv State University of Life Safety, Lviv, e-mail: [vbalitska@yahoo.com](mailto:vbalitska@yahoo.com).

УДК 656.078

В.В. Біліченко, Д.М. Матвійчук

## ОГЛЯД ТЕНДЕНЦІЙ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ТА НАГНІТАЧІВ, ЯК ЗАСОБУ ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Розглянуто доцільність використання примусової індукції для покращення об'ємної ефективності двигуна, що в свою чергу покращує його термодинамічну ефективність. Виконаний аналіз світових тенденцій у напрямку покращення ефективності та екологічності двигунів внутрішнього згорання. Проведено аналіз принципових схем актуальних примусових електричних систем індукції. Визначено переваги та недоліки даних систем.

**Ключові слова:** турбокомпресор з електричним приводом; система примусової індукції; високошвидкісна машина; гібридні електричні системи; транспортні засоби; гібридні електромобілі; турбокомпресор.

*The expediency of using forced induction to improve the volumetric efficiency of the engine, which in turn improves its thermodynamic efficiency, is considered. The analysis of global trends in improving the efficiency and environmental friendliness of internal combustion engines is carried out. The schematic diagrams of actual forced electric induction systems are analyzed. The advantages and disadvantages of these systems are determined.*

**Keywords:** electrically driven turbocharger; forced induction system; high-speed machine; hybrid electric systems; vehicles; hybrid electric vehicles; turbocharger.

Примусова індукція використовує енергію вихідних газів для покращення об'ємної ефективності двигуна, що дозволяє підвищити його термодинамічну ефективність. Оскільки норми паливної економічності та стандарти викидів відпрацьованих газів стають набагато суворішими в усьому світі, використання малолітражних двигунів з нагнітачами стисненого повітря в легкових автомобілях стало новою тенденцією в автомобілебудуванні [1]. Примусове впорскування аеродинамічної узгодженої паливної суміші за допомогою турбокомпресора з електричним приводом – це компроміс для перехідної характеристики двигуна при низьких рівнях енергії вихідних газів, що є загально відомою проблемою для двигунів з невеликими робочими об'ємами.

Останнім часом регуляторні органи по всьому світу встановили безпрецедентно високі стандарти економії пального та викидів CO<sub>2</sub>. Наприклад, США та Канада мають на меті досягти 56,2 (mpg) до 2025 року, що на 50% більше ніж у 2015 році [2]. ЄС запровадив ціль 56,9 (mpg) на минулий 2020 рік. За останні кілька років автомобільна промисловість впровадила ряд нових технологій, щоб відповідати цим новим правилам, такі як інтеграція легких матеріалів, системи зупинки і руху на холостому ходу, системи рекуперації енергії при гальмуванні системи гальмування з рекуперацією енергії [3], зменшення об'єму двигуна за допомогою системи примусової індукції (FIS) та гібридні або акумуляторні електромобілі [4-5]. Серед цих новітніх технологій, зменшення об'єму двигуна з використанням системи примусової індукції набуває все більшої популярності як життєздатне рішення. У порівнянні зі звичайною неелектричною системою примусової індукції (NFIS), представлена система електричної примусової індукції (EFIS) має ряд переваг. Це покращена перехідна характеристика (зменшений провал при малих обертах двигуна), покращена вихідна потужність двигуна, можливість рекуперації енергії.

Тенденції щодо використання високо форсованих двигунів малого робочого об'єму з механічними нагнітачами стисненого повітря, призводять до виникнення аеродинамічних перетинів, що ставить під загрозу чутливість на низьких обертах, відому як провал при наборі обертів двигуна. Електрифікація системи примусової індукції, а саме електрична система примусової індукції (EFIS) має численні переваги в залежності від її топології. Електрифікація EFIS може бути реалізована в 5 різних топологіях, як показано на рис. 1 де чорна тонка лінія – потік потужності, чорна товста лінія – шлях повітряного потоку з клапаном, синя лінія – потік впускного повітря двигуна, червона лінія – потік вихідних газів. В свою чергу дані топології



мають назву: (а) – турбокомпресор з електричним приводом (ЕАТ); (б) – електричний компресор (ЕК); (с) – турбокомпресор з електричним розділенням (ЕСТ); (д) – турбокомпресор з додатковим компресором з електричним приводом перед входом (ТЕДС); (е) – турбокомпресор з додатковим компресором з електричним приводом після нагнітання (ТЕДС)

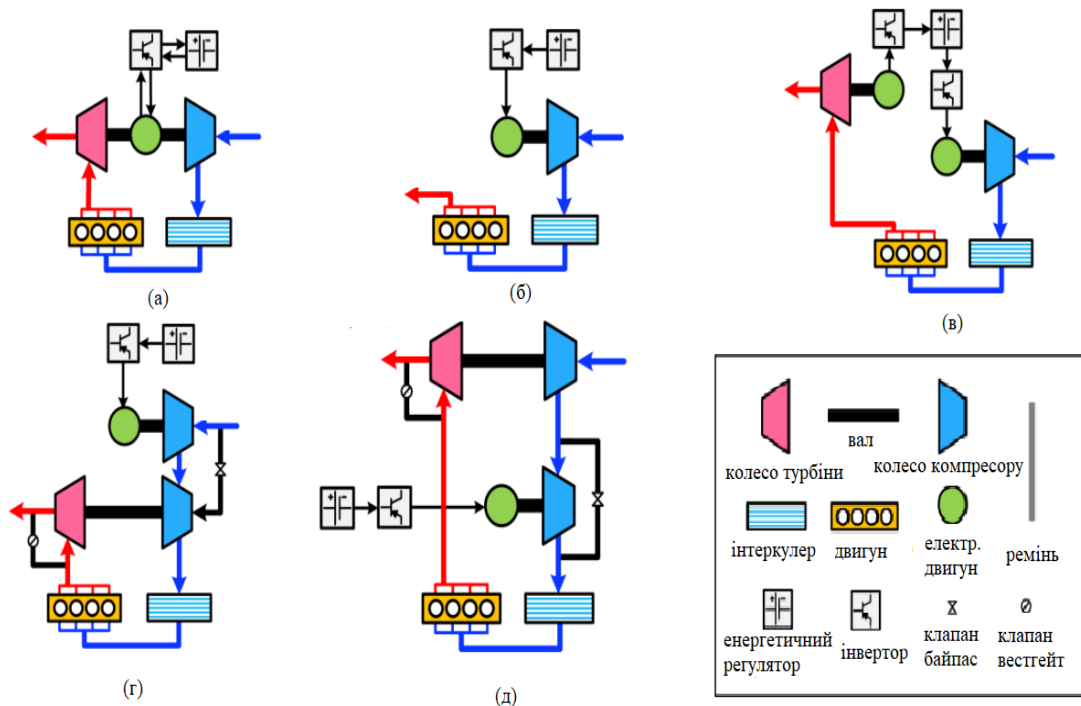


Рисунок 1 – Схематичне зображення топології системи електричної примусової індукції

Проведемо аналіз принципів схем:

1. Схема турбоагнітача (а) зображена на рисунку 1 з електричним приводом (ЕАТ). Між турбіною і компресором підключена високошвидкісна електрична машина з'єднана між турбіною і компресором. Коли частота обертання двигуна низька, електрична машина працює як двигун, забезпечуючи додатковий крутний момент на компресорі, створюючи вищий тиск наддуву з більш швидкою перехідною характеристикою. Коли частота обертання двигуна висока, електромашини генерує енергію, яка може бути передана до накопичувача енергії. Це може запобігти перевищенню турбіною обмеження обертів та наддуву відповідно. Однак, це може також спричинити ефект високого протитиску в ДВЗ, що може звести нанівець енергію, отриману з вихідних газів.

2. Електричний компресор (ЕК) зображений на рис. 1 (б). Енергія для роботи компресора забезпечується виключно зі сховища електричної енергії, що робить його більш гнучким з точки зору управління. Крім того, компресор може працювати в оптимальній робочій точці, що забезпечує високу ефективність. Електричні компоненти повинні мати високу вихідну потужність порівняно з іншими топологіями. Ця топологія не має можливості виробляти енергію, але система рекуперативного гальмування або інтегрований стартер-генератор (ISG) можуть бути об'єднані для забезпечення електричною енергією накопичувача енергії [5].

3. Третя топологія називається електрично розділеним турбокомпресором (ЕСТ), як показано на рис. 1 (в). У цій топології механічна енергія відпрацьованих газів не безпосередньо подається на компресор, а перетворюється на електричну енергію за допомогою генератора. Накопичена енергія використовується для приводу компресора та наддуву. Перевагами такої топології є можливість приводити в дію компресор з іншою швидкістю, ніж турбіна. Іншими перевагами цієї топології є менший температурний режим завдяки розділенню турбіни і компресора, а також відсутність додаткової інерції від турбіни.

4. Турбокомпресор з додатковим електричним приводом, компресором з електроприводом (ТЕДС) перед входом і після входу як показано на рис. 3 (г) і (д). Залежно від розташування електропривідного компресора, ТЕДС можна класифікувати на ТЕДС перед та після компресора.

У цій топології електрична машина працює незалежно від турбіни з приводом від вихлопних газів, а компресор з електричним приводом призначений для підвищення тиску повітря при низьких обертах двигуна. Таким чином, ця топологія значно покращує перехідну характеристику низькій частоті обертання двигуна, оскільки на роботу електродвигуна не впливає інерція турбіни або валу. Однак, електрична енергія повинна вироблятися від валу двигуна або від системи рекуперативного гальмування [5]. Основною перевагою такої топології є найшвидша перехідна характеристика при низькій частоті обертання ДВЗ [5]. Загалом TEDC, що знаходиться нижче за потоком, має швидшу перехідну характеристику ніж TEDC, що знаходиться вище за потоком та швидшу реакцію, ніж у TEDC перед входом, оскільки останній має більший об'єм для створення тиску. Інша перевага полягає в тому, що ця топологія вимагає мінімальних модифікацій для електрифікації.

#### Список використаних джерел

1. S. Chu and A. Majumdar, "Opportunities and challenges for a sustainable energy future," *nature*, vol. 488, no. 7411, pp. 294–303, 2012.
2. L. Hockstad and M. Weitz, "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emission and Sinks," U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC, Apr. 2015.
3. Global PV standards chart library [Online]. Available: <http://www.theicct.org/global-pv-standards-chart-library>.
4. J. R. Bumby, E. S. Spooner, J. Carter, H. Tennant, G. Ganio Mego, G. Dellora, W. Gstrein, H. Sutter, and J. Wagner, "Electrical machines for use in electrically assisted turbochargers," in *Proc. IEEE Power Electron., Machines and Drives*, 2004, pp. 344-349.
5. G. Tavcar, F. Bizjan, and T. Katrasnik, "Methods for improving transient response of diesel engines – influences of different electrically assisted turbocharging topologies," in *Trans. Journal of Automobile Engineering*, vol. 225, no. 9, pp. 1167-1185, Sep. 2011.

**Біличенко Віктор Вікторович** – д-р техн. наук, професор, ректор, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [bilichenko.v@gmail.com](mailto:bilichenko.v@gmail.com).

**Матвійчук Дмитро Миколайович** - аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [ndirir95@gmail.com](mailto:ndirir95@gmail.com).

**Bilichenko Viktor - Dr.Sc. (Eng.) Professor, Rector, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bilichenko.v@gmail.com](mailto:bilichenko.v@gmail.com).**

**Matvijchuk Dmytro** – — Post-Graduate Student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail [ndirir95@gmail.com](mailto:ndirir95@gmail.com).

УДК 656.13

В.В. Біліченко, О.В. Цимбал

## ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ РУХЛИВОСТІ НАСЕЛЕННЯ

Визначення величини рухливості населення необхідне як під час проектування транспортної мережі, так і при організації перевезення пасажирів. Незнання обсягів перевезень призводить до нерационального розподілу перевезень між видами транспорту, неправильного визначення потрібного рухомого складу, погіршення якості обслуговування, посилення дискомфорту поїздки, підвищення «транспортної втоми» тощо. Потреба населення у переміщенні залежить від багатьох чинників: соціальної структури суспільства, розвитку техніки, інформації та зв'язку, матеріального рівня населення, культурно-побутового та громадського способу життя.

**Ключові слова:** транспортна рухливість, міський пасажирський транспорт, якість перевезень.

*Determining the mobility of the population is necessary both during the design of the transport network and when organizing the transportation of passengers. Ignorance of transportation volumes leads to irrational distribution of transportation between modes of transport, incorrect determination of the required rolling stock, deterioration of service quality, increased discomfort of trips, increase of "transportation fatigue", etc. The population's need for relocation depends on many factors: the social structure of society, the development of technology, information and communication, the material level of the population, cultural and public lifestyle.*

**Keywords:** transport mobility, public passenger transport, quality of transportations.

Терміну «рухливість населення» часто надають різного змісту, що призводить до істотної зміни його кількісного вираження. На даний час в літературі [1, 2] розрізняють поняття потенційної, реалізованої, абсолютної, загальної, пішохідної, транспортної рухливості на автомобільному транспорті, облікової транспортної рухливості тощо. Найчастіше використовуються наступні різновиди поняття рухливості населення.

Рухливість населення – кількість пересувань, що здійснюються на транспорті та пішки одним мешканцем на рік.

Транспортна рухливість – кількість пересувань, що здійснюються на транспорті одним мешканцем на рік (без пішохідних).

Рухливість на автомобільному транспорті – кількість пересувань, що здійснюються на автомобільному транспорті одним мешканцем на рік.

Облікова транспортна рухливість – кількість переміщених пасажирів на всіх видах міського громадського пасажирського транспорту, що припадає на одного мешканця на рік (з урахуванням приїжджих та приміських пасажирів, пересадок з одного маршруту чи виду транспорту на інший).

Потенційна рухливість – кількість пересувань, що відповідає запиту населення і визначається його біологічною та суспільною потребою, соціально-економічними характеристиками епохи, виробничою необхідністю, способом життя, що історично склався, розвитком засобів інформації та зв'язку, культурними потребами.

Реалізована рухливість – фактична кількість пересувань у заданих умовах місця та часу.

Абсолютна рухливість – фактично реалізована кількість пересувань певної групи населення, що встановлюється натурними обстеженнями.

Загальна рухливість – кількість пересувань за одиницю часу (рік, добу, годину) всіма групами населення, які беруть участь у пересуванні, віднесена до числа жителів, які мешкають в адміністративних межах міста.

Представники різних соціально-вікових груп мають різну рухливість, яка залежить від професійно-ділової діяльності, позавиробничого спілкування, розміру сім'ї, віку, статі тощо.

Основним фактором, що визначає величину транспортної рухливості, є розподіл населення за соціальними категоріями – робітники, службовці, школярі, студенти, пенсіонери тощо, які служать базою для прогнозування кількісних показників загальної та транспортної рухливості.

Відповідно до традиційних способів організації міських пасажирських перевезень громадським транспортом, усі пересування мешканців міст можна поділити на:

1) пересування з трудовими цілями;

- 2) пересування з навчальними цілями;
- 3) пересування до видовищних та культурно-освітніх закладів (театрів, концертних залів, кінотеатрів, клубів, музеїв, бібліотек тощо.);
- 4) побутові пересування населення (до магазинів, ринків, кафе, ательє, дитячих садків, лікарень, майстерень тощо);
- 5) пересування з метою активного відпочинку.

Містоутворюючі та містообслуговуючі категорії населення мають стабільну трудову та культурно-побутову рухливість протягом усього року за винятком відпусток та днів звільнення від роботи через непрацездатність. Рухливість студентів з навчальними цілями стабільна за своєю величиною, але характеризується нерівномірним розподілом протягом року через відсутність регулярних занять у період залікових та екзаменаційних сесій та під час зимових та літніх канікул.

Студенти характеризуються найбільшою рухливістю серед структурних груп населення та специфічним розподілом поїздок за часом та у просторі. Концентрований потік студентів до своїх навчальних закладів у ранкові години пік створює значне додаткове навантаження на громадський транспорт. Рухливість з культурно-побутовими цілями у цій групі населення найбільша через пізнавальну активність, цікавість і вік.

Непостійною за величиною протягом року є транспортна рухливість несамодіяльного населення, зокрема пенсіонерів, безробітних та інших. Величину нетрудових пересувань цих трьох груп визначають шляхом натурних обстежень. Попередньою оцінкою обсягу їхніх пересувань можуть бути фактичні витрати громадського транспорту в інтервалі між ранковими та вечірніми піковими трудовими та навчальними перевезеннями.

Із загальної сукупності факторів, що впливають на транспортну рухливість населення, можна виділити чотири основні групи: соціально-економічні, територіальні, організаційні та природно-кліматичні.

До соціально-економічних факторів належать: матеріальний добробут населення; розміри доходів на душу населення; загальний культурний рівень населення; вартість проїзду; доступність сполучень; приналежність жителів до тієї чи іншої соціально-культурної групи тощо. Зростання життєвого рівня, зміна способу життя підвищує потребу в пересуванні.

До організаційних факторів належать: розгалуженість та щільність дорожньої мережі; зручність використання рухомого складу та поїздки; якість обслуговування; регулярність руху; час роботи; дотримання графіків та розкладів рухів; інтервал руху; швидкість перевезення пасажирів; витрати часу на пересування.

До територіальних факторів відносять: виробничо-господарське та історичне значення населеного пункту; кількість мешканців; площу міста; щільність забудови; планувальні особливості розміщення у них центрів тяжіння; просторово-часові характеристики зон тяжіння та проживання.

Пересування населення міст та великих населених пунктів здійснюються частково пішки, частково на транспорті. Відповідно до цього загальну рухливість ділять на пішохідну та транспортну, а транспортну – на рухливість на індивідуальному та на міському громадському транспорті. Нині враховується лише друга складова група пересування. Перша група (пішохідні пересування) розглядається тільки при врахуванні витрат часу на підхід до зупинки та об'єкта тяжіння при транспортних пересуваннях.

Перевезення пасажирів у містах виконують громадський, відомчий та приватний транспорт. Під приватним (особистим) транспортом розуміється автомобільний транспорт, що перебуває у приватній власності населення та не використовується за наймом.

Відомчий пасажирський транспорт виконує перевезення власних працівників юридичної особи чи підприємця задля забезпечення технологічних процесів виробництва.

Громадський пасажирський транспорт – це транспорт, який знаходиться у власності державних (муніципальних) підприємств, різних акціонерних компаній та у приватній власності, на який отримано ліцензію на право займатися перевезенням пасажирів.

Одна з проблем організації транспортного обслуговування населення великих міст – визначення ролі легкового автомобіля індивідуального користування в розподілі перевізної роботи між індивідуальним і громадським транспортом.

Приватний автомобіль має низку переваг порівняно з громадським транспортом. Основними перевагами використання легкових автомобілів для поїздок у містах є велика порівняно із

громадським транспортом швидкість пересування, комфорт та поїздка на ньому «від дверей до дверей».

У США 94,3% всіх поїздок здійснюються приватним автотранспортом і лише 5,7% – громадським [6]. У Великобританії 87,2% – приватним, 12,8% – громадським; у Франції – 94% і 6%, в Італії – 87% та 13% відповідно [6].

Темпи зростання приватного транспорту підвищуються, а громадського сповільнюються. Між рівнями розвитку цих двох секторів транспорту зростає розрив. Це призводить до неефективного використання енергії; утворення заторів на дорогах, а отже, до збільшення часу поїздки; зростання аварійності; забруднення довкілля; виникнення фінансового дефіциту у місцевих органах, пов'язаного з розвитком громадського транспорту, що призводить або до скорочення кількості послуг, або до зниження субсидій; зростання навантаження на дороги, а отже, збільшення витрат на їхнє будівництво та утримання.

В організації задоволення потреб населення у пасажирських перевезеннях курс на розвиток індивідуального транспорту вступає в протиріччя з земельним балансом, швидкістю руху та планувальною структурою міст.

Середня площа вулиці, яку займає один пасажир при русі рухомого складу зі швидкістю 30 км/год і шириною смуги руху 3,5 м, орієнтовно становить: у тролейбусі – 2,8 м<sup>2</sup>, трамваї – 3,0 м<sup>2</sup>, автобусі середньої місткості – 3,6 м<sup>2</sup>, у легковому автомобілі – до 40 м<sup>2</sup>.

Пропускна спроможність вулиць збільшується при використанні рухомого складу великої місткості та скорочується у 10 разів при використанні легкових автомобілів. У країнах Європи зростання парку приватного транспорту надзвичайно ускладнило завдання розвитку громадського транспорту навіть тоді, коли уряд широко бажав розширити сферу його діяльності. Експлуатація приватного транспорту ускладнює використання автобусного парку. До того ж, громадський транспорт втрачає своїх пасажирів.

Масова автомобілізація призводить до значного зростання рівня рухливості, у тому числі транспортної, одних груп населення та погіршення становища в інших соціальних чи вікових групах. До першої групи населення, яка відмовляється від послуг громадського транспорту на користь особистого, можна віднести активне доросле населення вищого середнього і заможного класу.

На сьогодні широке використання легкових автомобілів стало завдавати шкоди економіці, навколишньому середовищу та естетиці міст. Ідея обмеження використання легкових автомобілів шляхом удосконалення роботи масового маршрутного транспорту виявилася недостатнім заходом там, де користування легковим автомобілем стало звичним засобом пересування. Експеримент, проведений у Римі, який полягав у скасуванні плати за проїзд у громадському транспорті, не призвів до перерозподілу перевезень між громадським та приватним транспортом [3]. Потрібні були обмежувальні заходи, які вводяться з метою:

- зменшення заторів на дорогах, які знижують ефективність міської транспортної системи. Поки що не розроблено механізмів, за допомогою яких власники автомобілів оплачували б вартість заторів, які вони викликають. Невідомі механізми виникнення заторів, незрозумілий вплив кожної окремої поїздки на затор. Є дані, що показують, що масові затори виникають тоді, коли швидкості падають нижче 10 миль/год [3];

- економії енергоресурсів. Збільшення міських поїздок громадським транспортом може скоротити споживання енергії до 20%;

- захист навколишнього середовища від забруднення. Автомобіль – головне джерело забруднення повітря та середовища у місті. Підвищення вартості паркування дозволить скоротити обсяг викидів більш ніж на 10% [3], хоч і не зменшить шкідливого впливу від зносу шин.

Види обмежень стосовно використання легкових автомобілів досить різноманітні. Найпростіший вид обмеження – визначення заборонених зон, куди не дозволяється в'їзд автомобілям (знаками, що забороняють в'їзд деяким видам автомобілів, встановленням бар'єрів, прямим виключенням доріг з метою створення безавтомобільного середовища тощо). Створення безавтомобільної зони може бути пов'язане з перекриттям однієї або кількох вулиць для транзитного руху, але з дозволом для руху місцевого. Також застосовують метод ліцензування, що обмежує доступ деяких автомобілів за часом або простором. Контролювання руху обмежує в'їзд автомобілів на завантажені дороги шляхом переведення потоку автомобілів на менш завантажені ділянки дороги. Пріоритетне використання деяких доріг (наприклад, тільки для автобусів або легкових автомобілів з

великою кількістю пасажирів). Також використовують встановлення одного дня на тиждень, коли поїздки на приватних автомобілях заборонені тощо.

Слід зазначити, що такі переваги легкових автомобілів для міських поїздок, як велика швидкість пересування та комфорт поїздки, починають втрачати своє значення. Щоб поставити автомобіль на стоянку та взяти його звідти, необхідно витратити більше часу, ніж необхідно на підхід до зупинки громадського транспорту та відхід від неї.

З широким розвитком маршрутних таксомоторних перевезень губляться переваги комфорту поїздки. Необхідною умовою підвищення комфорту поїздки в міському маршрутному транспорті є зниження наповнюваності рухомого складу до норми – троє стоячих пасажирів на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги в години пік. Така норма забезпечує можливість поїздки на місцях для сидіння пасажирів, які здійснюють дальні поїздки, а не в години пік – для всіх пасажирів.

Слід зазначити, що у світі спостерігається активний поворот до громадського пасажирського транспорту. Це пов'язано, перш за все, з екологічними проблемами великих міст, особливо в їхній центральній частині, де зазвичай народжуються, перерозподіляються та гасяться пасажиропотоки.

Залежність рухливості населення від факторів, що на неї впливають, поки що досліджена недостатньо повно. У сучасних економічних умовах до основного фактора, що впливає на транспортну рухливість населення, додався ряд інших: склад населення за соціальними групами, доходи населення, тарифи на поїздки, щільність транспортної мережі, провізні можливості рухомого складу тощо. Прогнози не є офіційною точкою зору, проте прогнози, розроблені з урахуванням великих досліджень, дозволяють здійснювати правильну транспортну політику. Суспільство виходить із принципу оптимального та ефективного задоволення потреб у переміщенні. Завдання полягає у правильній постановці завдання раціонального та ефективного розподілу перевезень між окремими видами транспорту, між громадським (маршрутним) та індивідуальним транспортом.

#### Висновки

В ринкових умовах сучасного світу об'єктивність прогнозу залежить від якості вихідної інформації. Всі зв'язки всередині моделі будуть правильними лише за достовірної інформації.

При прогнозуванні потреб у пасажирських перевезеннях враховувалися такі чинники:

- очікувані чисельність, склад та територіальне розміщення населення, характеристика зайнятості;
- економічний розвиток, зростання життєвого рівня, очікувані зміни умов та способу життя;
- розвиток територіального поділу праці, населених пунктів, основні напрями розвитку міст та їхньої населеності;
- сучасний та перспективний рівні транспортного обслуговування, формування транспортних тарифів та витрат;
- очікуваний розвиток внутрішнього та іноземного туризму, поширення автомобілізації тощо.

#### Список використаних джерел

1. Біліченко В.В. Методика визначення базових параметрів автобусних маршрутів загального користування. / В.В. Біліченко, С.В. Цимбал // Вісник СевНТУ. Серія машинобудування та транспорт: збірник наукових праць. – Севастополь, 2012. - № 134. – С. 230-233.
2. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. О. М. Бекетова, 2015 – 257 с.
3. Проблеми ергономіки і логістики в транспортних системах міста: Монографія / Е. В. Гаврілов, Ю. О. Давідч, В. Ф. Марченко та ін.; ХНАМГ – Горлівка; ПП «Видавництво Ліхтар», 2009. – 516 с.
4. Доля В. К., Іванов І. Є. Дослідження розподілу транспортної рухливості населення міст між індивідуальним і суспільним транспортом. // Технологічний аудит и резерви виробництва – № 4/2(12), 2013., сс.31-34
5. Кучменко В. О. Аналіз механізму управління рухливістю населення в умовах використання міського пасажирського транспорту. // Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу, № ,2011, сс.160-168.

6. Іванов І. Є. Визначення корисності системи міського пасажирського транспорту / І. Є. Іванов, Р. Б. Рогальський // Scientific Journal «ScienceRise». – Харків, 2015. – № 6/2(11). – С. 30-33.

7. Іванов І. Є. Дослідження розподілу рухливості населення значних міст / І. Є. Іванов, Р. Б. Рогальський // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні 130 системи та комплекси. – Харків, 2015. – № 11(1120). – С. 170-177.

***Біліченко Віктор Вікторович, доктор технічних наук, професор, ректор Вінницького національного технічного університету, e-mail: bilichenko.v@gmail.com***

***Цимбал Ольга Василівна, асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: unicorn@ukr.net***

***Bilichenko Victor, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of Vinnytsia National Technical University, e-mail: bilichenko.v@gmail.com***

***Tymbal Olga, assistant of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: unicorn@ukr.net***

УДК 656.078

В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, С.С. Аданніков

## ОСОБЛИВОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Проаналізовано особливості вантажних перевезень в умовах військового стану.

**Ключові слова:** логістика, вантажні перевезення, митне оформлення.

*The peculiarities of freight transportation in the conditions of martial law are analyzed, packing list, invoice, TIR Carnet, CMR*

**Keywords:** logistics, cargo transportation, customs clearance.

Повномасштабна війна в Україні сильно вплинула на вантажні перевезення. Так, від 24 лютого для вантажних перевезень став недоступним авіапростір та морські порти. Перевозити товари стало можливим лише залізницею та автомобільним транспортом через пункти пропуску.

Розглянемо як повномасштабна війна вплинула на перевезення. Якщо порівнювати із минулими роками табл. 1 [1], то порівняно з 2022-им різниця відчутна. Щороку, і навіть у „ковідний“ період, починаючи від середини листопада та до завершення свят, були гіпернавантаження. Багато компаній у ці місяці закривають контракти і довиконують зобов'язання. Ці об'єми були відчутними, адже вони збільшувалися у порівнянні із середнім потоком вантажоперевезення. Часто митна служба не витримувала такого навантаження.

Таблиця 1 – Обсяг перевезення вантажів у проміжку 2021 – 2023 років

		Січень	Січень-лютий	Січень-березень	Січень-квітень	Січень-травень	Січень-червень	Січень-липень	Січень-серпень	Січень-вересень	Січень-жовтень	Січень-листопад	Січень-грудень
2021 рік													
Транспорт	млн.т	42,8	85,1	135,5	186,1	237,5	287,9	342,3	398,5	454,5	509,1	566,1	621,3
2022 рік													
Транспорт	млн.т	46,4	86,4	106,7	127,1	148,8	170,1	193,8	217,6	242,1	268,0	292,6	317,5
2023 рік													
Транспорт	млн.т	22,2	45,5	71,9	98,1	123,5	149,7						

Водночас, на сьогодні імпортери побоюються наповнювати свої склади в Україні товаром, адже не впевнені, що товар вціліє. Окрім того, через можливі масовані ракетні атаки по об'єктах енергетики в Україні знову можуть почати дію планові та аварійні відключення світла. Відтак, деякий вантаж без підтримки належної температури може просто зіпсуватися.



Також слід відзначити, що від 24 лютого одна зі змін у роботі вантажних компаній — це логістика перевезень. Зокрема, після початку повномасштабної війни компанії відмовилися перевозити вантажі через Білорусь та рф. Це вплинуло на терміни доставки вантажу, оскільки перевезення відбуваються через альтернативні маршрути, наприклад товар з Азії перевозиться через Азейбарджан-Грузію-Турцію-Болгарію-Румунію в Україну. Проте, загалом на ціну перевезення це не значно повпливало, однак вплинула ціна пального. Втім, собівартість перевезень залежить від багатьох факторів, а не лише від вартості пального, та постійно змінюється. Так, погодні умови, відсутність енергозабезпечення можуть значно вплинути на ціну. Вартість доставки вантажу за одним і тим самим маршрутом з кожним тижнем коливається.

Дещо спростило компаніям перевезення вантажів підписання Угоди про лібералізацію транзитних та двосторонніх міжнародних перевезень між Україною та ЄС. Зокрема, деякі компанії, щоб перевозити вантажі, змушені були купувати ліцензії на «сірому» ринку.

З 29 червня 2023 перевізники отримали змогу виконувати двосторонні перевезення Україна — ЄС без потреби отримання дозволів. Також водіям дозволили здійснювати поїздки країнами ЄС без міжнародного водійського посвідчення. Проте станом на сьогодні це призвело до певних дуже вагомих та негативних наслідків. Офіційно з 03.11.2023 польські перевізники строком на 2 місяці заблокують прикордонні пункти пропуску у напрямку Україна–Польща з вимогою відмінити Угоди про лібералізацію транзитних та двосторонніх міжнародних перевезень між Україною та ЄС, оскільки це негативно впливає на польських перевізників.

У зв'язку з цими подіями, на сьогоднішній день пропонується перегляд маршрутів перевезень. А саме перевезення через Молдову та Румунію до країн ЄС. Проте спрогнозувати який буде хоча б приблизний потік транспорту наразі важко, оскільки для перевезення товару через ці країни потрібна книга МДП (Carnet TIR, митний вантажосупровідний документ, який дає право перевозити вантажі через кордон держав в опломбованих митницею кузовах автомобілів чи контейнерах за спрощених митних процедур) [2], квота на які згідно даних АсМАП України закінчилась ще у серпні поточного року.

Не зважаючи на все вище сказане, за наявності усіх супровідних документів на вантаж та правильного їх митного оформлення, імпорт та експорт товарів все таки буде можливий, хоч і з великими часовими затримками.

Для здійснення вантажних перевезень за кордон необхідно мати митну декларацію та документи, які описують вантаж і спосіб перевезення вантажу. Таким є інвойс. У ньому зазначають назву товару, його кількість, ціну за одиницю, загальну вартість, продавця та покупця. Окрім того, має бути опис вантажу, митний код, загальна вага та фото товару. Серед іншого, необхідно мати packing list (пакувальний лист), який містить інформацію про кількість одиниць товару і вагу кожної з них, а також сертифікат якості. Документом, який описує спосіб перевезення вантажу, є автодорожня накладна (CMR), яку підписують відправник та перевізник. У документі вказується назва вантажу, дата його відвантаження, інформація про отримувача, терміни та вартість доставки.

Окрім того, серед документів обов'язково має бути вантажна митна декларація, яка подається митному органу. У ній повинна міститися інформація про товари, які переміщуються за кордон, митний режим, у який вони заявляються, тощо.

#### Список використаних джерел

1. Державна служба статистики України: <https://ukrstat.gov.ua/>
2. АСОЦІАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВІЗНИКІВ УКРАЇНИ, режим доступу: <http://www.asmap.org.ua/>

*Біліченко Віктор Вікторович – д-р техн. наук, професор, ректор Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: bilichenko.v@gmail.com;*

*Цимбал Сергій Володимирович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету Вінниця, e-mail: tsymbal\_s\_v@ukr.net;*

*Аданніков Сергій Сергійович – аспірант кафедри АТМ, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Iat.14b.b.adannikov@gmail.com.*

*Bilichenko Victor V. – Dr. Sciences, Professor, Rector of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bilichenko.v@gmail.com;*

*Tsybal Serhii V. – Ph.D., Head of the Department, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management of Vinnytsia National Technical University Vinnytsia, e-mail: tsybal\_s\_v@ukr.net;*

*Adannikov Serhii S. – post-graduate student of the ATM department, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lat.14b.b.adannikov@gmail.com.*

УДК 621.436

Д.В. Борисюк, В.І. Дибський

## РОСЛИННІ МАСЛА ЯК ПРИСАДКИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

*Розглянуто доцільність застосування рослинних масел як присадок до дизельного палива. Представлено фізико-хімічні властивості нафтового дизельного палива та рослинних масел.*

**Ключові слова:** дизельне паливо, рапсове масло, соняшникове масло, соєве масло, цетанове число, в'язкість.

*The expediency of using vegetable oils as additives to diesel fuel is considered. The physical and chemical properties of petroleum diesel fuel and vegetable oils are presented.*

**Key words:** diesel fuel, rapeseed oil, sunflower oil, soybean oil, cetane number, viscosity.

Завдання ефективного використання енергії в двигунах внутрішнього згорання, отриманої з мінеральної сировини викопних джерел, при забезпеченні високого рівня екологічних показників силових установок, з часом не лише не втрачає своєї актуальності, а, навпаки, стає одним з пріоритетних. Особливої значимості це завдання набуває за умов відсутності таких викопних джерел на території держави, що має дефіцит енергії, або за відсутності у останньої технологій чи можливостей їх видобутку та переробки, а також через їх велику собівартість.

Маючи високу паливну економічність, дизельні двигуни визначаються відносно високим рівнем викидів шкідливих речовин, що негативно впливає на людей і навколишнє середовище. В перспективі деякі із Європейських країн планують відмовитися від використання двигунів, що працюють на дизельному паливі, після 2030 року. Одним із варіантів використання даного типу двигунів є переведення їх на альтернативні палива з відновлювальних джерел енергії – рослинних масел (рапсове, соняшникове і соєве). До переваг рослинних масел відносять те, що при попаданні на землю вони через пару тижнів розпадаються. Завдяки незначній кількості сірки в рослинних оліях у відпрацьованих газах двигуна практично відсутні оксиди сірки. До позитивних екологічних факторів можна віднести зниження викидів в атмосферу оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ), оксиду вуглецю ( $\text{CO}$ ), вуглеводнів які не згоріли ( $\text{CH}_x$ ) та сажі ( $\text{C}$ ). Але необхідно відмітити, що використання палив на рослинній основі містить в собі проблеми, пов'язані із підготовкою палива, врахування його фізико-хімічних властивостей, правильною експлуатацією двигуна.

Проблемі використання різних масел як присадок до дизельного палива присвячено велику кількість робіт [1-5]. Це свідчить про те, що дослідження різних аспектів використання рослинних масел як моторного палива для дизелів залишається актуальним. При цьому можливе як безпосереднє використання рослинних масел у чистому вигляді, так і вироблення з нього біодизельного палива – складних метилових та етилових ефірів рослинних масел. Застосування рослинних масел у чистому вигляді доцільно для вирішення локальних енергетичних проблем. Прикладом такого їх використання є агропромислові комплекси, що спеціалізуються на тваринництві, у яких рослинні масла є побічним продуктом при виробництві кормів для великої рогатої худоби. У цьому випадку рослинні масла мають порівняно невисоку вартість, оскільки є продуктом комплексної переробки сільськогосподарської сировини. Крім того, відсутні транспортні витрати та витрати на закупівлю і реалізацію (продаж) рослинних масел.

Однією з проблем, що виникають при адаптації дизелів до роботи на маслах та їх похідних, є відмінності фізико-хімічних властивостей рослинних масел та їх похідних від аналогічних властивостей нафтового дизельного палива. Деякі фізико-хімічні властивості найбільш значимих для України рослинних масел наведені в таблиці 1. Слід зазначити високу в'язкість рослинних масел та їхню гіршу займистість. Так, якщо цетанове число нафтового дизельного палива становить 45 одиниць і більше, то цетанове число рослинних масел зазвичай коливається від 33 до 36 одиниць. Це призводить до збільшення періоду затримки запалювання, збільшення «жорсткості» згорання палива, збільшення утворення оксидів азоту в камері згорання двигуна.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості нафтового дизельного палива та рослинних масел

Фізико-хімічні властивості	Палива			
	Дизельне паливо	Ріпакове масло	Соняшникове масло	Сосево масло
Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	839	914	920	916
В'язкість кінематична, мм <sup>2</sup> /с при:	20 °С	3,8	75,0	65,2
	40 °С	3,3	34,6	30,7
	100 °С	2,5	8,1	7,4
Температура самозаймання, °С	280	318	320	321
Цетанове число	45	36	34	33
Теплота згорання, МДж/кг	42,5	37,3	37,1	37,0
Кількість повітря, що необхідне для згорання 1 кг речовини, кг	14,5	11,9	12,4	12,4
Вміст, % за масою	С	87,0	78,0	77,6
	Н	13,0	10,0	11,5
	О	0	12,0	10,9

Використання альтернативних палив рослинного походження дозволяє покращити екологічні показники двигунів. Також необхідно вказати на те, що використання рослинних масел в якості палива в силових енергетичних установках не дає можливості забезпечити техніко-економічні показники на рівні дизельного палива. Головним чинником тут виступає теплотворна здатність палива, яка у рослинного палива нижча ніж у дизельного на 10-15% [5].

#### Список використаних джерел

1. Naddaf A., Heris S.Z. Density and Rheological Properties of Different Nanofluids Based on Diesel Oil at Different Mass Concentrations. An experimental study. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2019. Vol. 135. P. 1229-1242.
2. Naddaf A., Heris S.Z. Experimental Study on Thermal Conductivity and Electrical Conductivity of Diesel Oil-Based Nanofluids of Graphene Nanoplatelets and Carbon Nanotubes. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2018. Vol. 95. P. 116-122.
3. Bowen Sa et al. Optimization of the Composition of Blended Biodiesel Fuels with Additives of Vegetable Oils. *International Journal of Energy for a Clean Environment*. 2019. Vol. 20. № 4. P. 303-319.
4. Karthikeyan S., Prathima A. Emission Analysis of the Effect of Doped Nano-Additives on Biofuel in a Diesel Engine. *Energy Sources. Part A: Recovery Utilization and Environmental Effects*. 2016. Vol. 38. Issue 24. P. 3702-3708.
5. Доценко С.М. Конвертація дизельних двигунів сільськогосподарської техніки для роботи на метиловому ефірі ріпакової олії. *Збірник наукових праць КНТУ*. 2007. Вип. № 37. С. 219-223.

**Борисюк Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Дибський Владислав Іванович** – магістрант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Borysiuk Dmytro** – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

**Dybskyi Vladyslav** – master's student of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

УДК 691.175

Д.В. Борисюк, В.Г. Наумов

**АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ПЛАСТМАСОВИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ**

Для виготовлення автомобільних деталей застосовуються пластмаси, отримані на основі як термопластичних, так і термореактивних смол або ж їх сумішей.

Представлено аналіз матеріалів, що використовуються під час виробництва пластмасових деталей автомобілів.

**Ключові слова:** автомобілебудування, автомобіль, деталь, пластмаса, термопласти, реактопласти, матеріалоемність.

*Plastics obtained on the basis of both thermoplastic and thermoset resins or their mixtures are used for the manufacture of automobile parts.*

*The analysis of materials used in the production of plastic car parts is presented.*

**Key words:** automotive industry, car, part, plastic, thermoplastics, reactive plastics, material capacity.

У конструкції сучасних автомобілів крім металів застосовується велика кількість різноманітних полімерів (рис. 1). За хімічною природою, використовувані полімерні матеріали, можна розділити на термопластичні та термореактивні. Термопластичні полімерні матеріали (термопласти) є високомолекулярними матеріалами, які розм'якшуються або плавляться при нагріванні. Термореактивні матеріали (реактопласти) вимагають незворотного перетворення низькомолекулярної базової смоли на полімеризовану структуру.

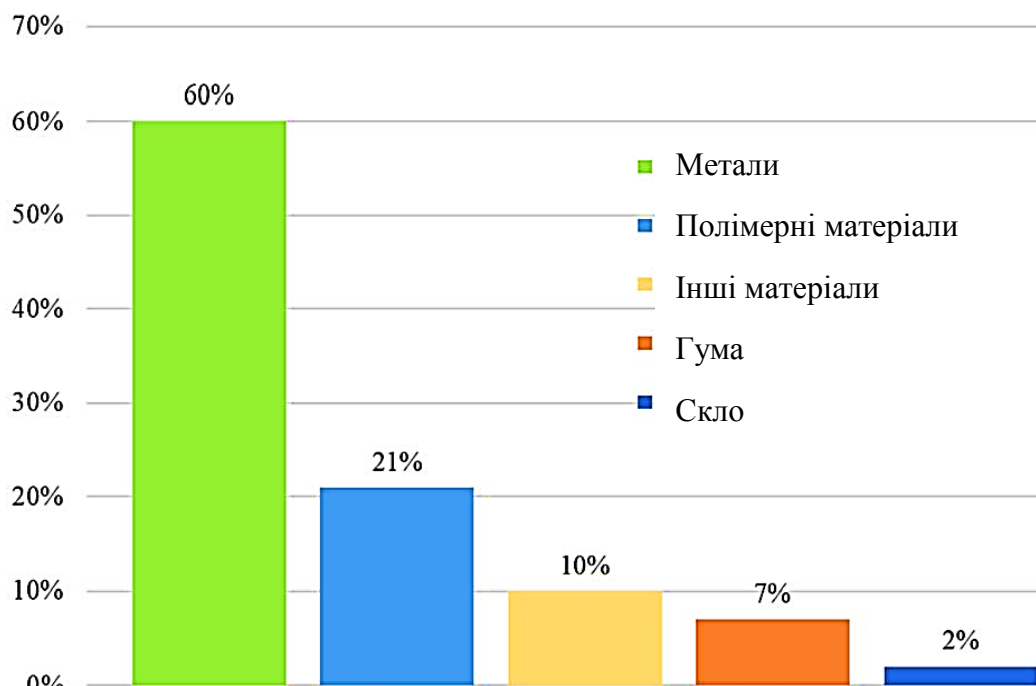


Рисунок 1 – Матеріали, що використовуються у автомобілебудуванні

Термопласти можна розділити на аморфні та кристалічні різновиди. В аморфних формах молекули орієнтовані випадковим чином. Типові аморфні термопласти включають поліфеніленоксид, полікарбонат та акрилонітрилбутадієнстирол. До переваг аморфних термопластів можна віднести:

- відносну стабільність розмірів;

- меншу усадку форми порівняно з кристалічними термопластами;
- можливість застосування як конструкційних пін.

До недоліків можна віднести:

- низьку стійкість до зносу, стирання та динамічних навантажень;
- низьку стійкість до втоми;
- збільшений час обробки порівняно з кристалічними термопластами.

У кристалічних термопластах є області регулярно орієнтованих молекул і розвиток цієї структури залежить від технології обробки, швидкості охолодження і т.д. Прикладами таких термопластів є: нейлон, поліпропілен та поліетилен. До переваг кристалічних термопластів можна віднести:

- високу розчинність, стійкість до втоми і зносостійкість;
- вищу деформацію, ніж у аморфних марок;
- високі термовластивості, що покращуються шляхом армування волокна.

До недоліків кристалічних термопластів можна віднести:

- потенційно високу та змінну усадку;
- з'єднання, що важко склеюється.

В загальному, застосування пластмас у конструкції автомобілів дозволяє знизити матеріалоємність, підвищити безпеку та надійність виробів, скоротити трудомісткість виготовлення за рахунок високої технологічності виробництва.

Наприклад, у складі автомобілів КамАЗ застосовується близько 250-380 кг пластмасових деталей залежно від комплектації автомобіля.

Для виготовлення килимів підлоги, термо-шумоізоляції підлоги та оббивок використовується формований пінополіуретан. Поручні, рульові колеса та підлокітники виготовляють із інтегрального пінополіуретану. Жорсткий пінополіуретан знайшов застосування у виробництві протисонячних козирків, панелей, кришок люка дверей.

Поліпропілен застосовується при виготовленні повітропроводів та повітрязабірників, а також в інтер'єрі панелей дверей, різного облицювання, панелей приладів.

Поліефірний склопластик, полідициклопентадієн та листовий компунувальний компаунд знайшли застосування в екстер'єрі дорожньо-будівельних машин, а саме при виготовленні крил, сонцезахисних козирків, панелей крила, бамперів, фар, обтічників. Також виготовлення цих деталей застосовується поліамід.

З поліетилену виготовляють задні крила, щитки, бачок склоомивача, пробки та заглушки.

ABS-пластик знайшов застосування у виробництві облицювань, накладок, окантовок, вкладишів знаків, а також корпусів дзеркал.

Поліметилметакрилат застосовується у виготовленні деталей світлотехніки. З термоеластопластів виготовляють ковпачки, прокладки, чохла для електротро обладнання.

Полівінілхлорид застосовується у виробництві трубок, а також у вигляді оздоблювальних плівок.

Найбільший обсяг застосування припадає на такі види пластмас як поліуретан та пінополіуретан, поліпропілен, листовий компунувальний компаунд.

В даний час на автомобілі встановлюються пластмасові деталі, що фарбуються і не фарбуються. Деталі, що фарбуються, використовуються в основному для елементів екстер'єру, таких як бампери, декоративні накладки. На деталях, що не фарбуються, які встановлюються у видимих зонах, як правило, зовнішня поверхня має візерунок. Прикладами таких деталей можуть бути бампери, корпуси дзеркал, оббивка дверей і боковин, облицювання стійок даху, панель приладів та ін.

Таким чином встановлено, що сучасні автомобілі використовують велику кількість різноманітних пластмас. Використання пластмаси в автомобілебудуванні можна вважати усталеною нормою з позитивною тенденцією розвитку. Широке застосування пластиків обумовлюється їх головними якостями, такими як корозійна стійкість, щільність, діелектричне опір. По цим і ряді інших показників пластики перевершують традиційні для автомобільної галузі матеріали.

Список використаних джерел

1. Кислик В.Ф., Луцик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
2. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: технологія: підручник. Київ : Вища школа, 2007. 527 с.

**Борисюк Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Наумов Валерій Геннадійович** – магістрант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Borysiuk Dmytro** – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

**Naumov Valeriy** – master's student of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

УДК 656.3

Д.В. Борисюк, О.Ю. Ширмівський

## БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

*На сучасному етапі розвитку автомобільного транспорту склалась ситуація, коли ефективність виробництва визначається ефективністю використання транспортного засобу, від якого залежить продуктивність праці, собівартість перевезень, величина прибутку та рівень рентабельності роботи автотранспортного підприємства. Але єдиного універсального критерію ефективності не існує, його вибір залежить від конкретних умов перевезень і задачі, що вирішується.*

*Представлено модель багатокритеріальної системи оцінки показників використання вантажних автомобілів.*

**Ключові слова:** система оцінки, показник використання, вантажний автомобіль, перевезення, коефіцієнт використання вантажопідйомності, продуктивність, витрати.

*At the current stage of the development of road transport, a situation has arisen when the efficiency of production is determined by the efficiency of the use of the vehicle, which depends on labor productivity, the cost of transportation, the amount of profit and the level of profitability of the operation of the motor vehicle enterprise. But there is no single universal efficiency criterion, its choice depends on the specific conditions of transportation and the problem being solved.*

*A model of a multi-criteria system for evaluating the indicators of the use of trucks is presented.*

**Key words:** evaluation system, utilization rate, truck, transportation, capacity utilization rate, productivity, costs.

Універсальність методу системного дослідження з одного боку забезпечує можливість широкого використання його на практиці, багаторівневого структурування процесу вирішення проблеми, а з іншого боку, необхідність конкретизації змісту понять, що використовуються при обґрунтуванні прийнятих рішень з урахуванням цілей та часу дослідження.

Встановлено, що необхідно розглядати три можливі стани експлуатації вантажних автомобілів [1-4]:

1. Вантажні автомобілі експлуатуються відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажопідйомності при перевезенні вантажів  $K_{ВВ} > 1$ , але з перевищенням нормативних осьових навантажень і повної маси автомобілів.

2. Вантажні автомобілі експлуатуються відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажопідйомності при перевезенні вантажів  $K_{ВВ} = 1$ , але з перевищенням нормативних осьових навантажень і повної маси автомобілів.

3. Вантажні автомобілі експлуатуються відповідно до нормативних осьових навантажень та повної маси автомобілів, що визначаються дорожніми умовами, але зі зменшенням технічно допустимих конструкцією автомобіля параметрів та  $K_{ВВ} < 1$ .

Дослідження системи має на меті опис системи. Але описати останню, означає представити її моделі. Моделювання як інструмент дослідження та побудови теорії, особливо важливе з урахуванням вимог щодо формалізації останньої. Це пояснюється такими перевагами моделі перед словесним (вербальним) описом як стислість і точність уявлення.

Вона робить зрозумілою загальну структуру об'єкта, що досліджується, розкриває важливі причинно-наслідкові зв'язки. З цієї причини будемо розглядати модель як засіб осмислення дійсності.

Особливості об'єкта, що досліджується, визначають форму опису моделі систематизованої оцінки показників використання вантажних автомобілів як системи оптимізації процесів у вигляді комплексу результативних показників [5]. Оптимальний стан системи визначається



поєднанням результатів за трьома критеріями. При цьому необхідно розглядати перелічені критерії у функціональній залежності від значення КВВ з урахуванням обмежень зовнішнього середовища по кожному з них при перевезенні вантажів [6-8]. Даний підхід дозволить формувати групу оптимальних значень КВВ при плануванні показників роботи вантажних автомобілів для розрахунку виробничої програми перевезень та оцінювати ефективність взаємовпливу елементів у системі «автомобіль-дорога» при реалізації багатокритеріального підходу:

1. продуктивність вантажних автомобілів максимізується:  $D(k_1) \rightarrow \max$ .
2. витрати на перевезення вантажів мінімізуються:  $D(k_2) \rightarrow \min$ .
3. збитки, що завдаються дорожньому покриттю та, відповідно, витрати на відновлення дорожнього покриття мінімізуються:  $D(k_3) \rightarrow \min$ .

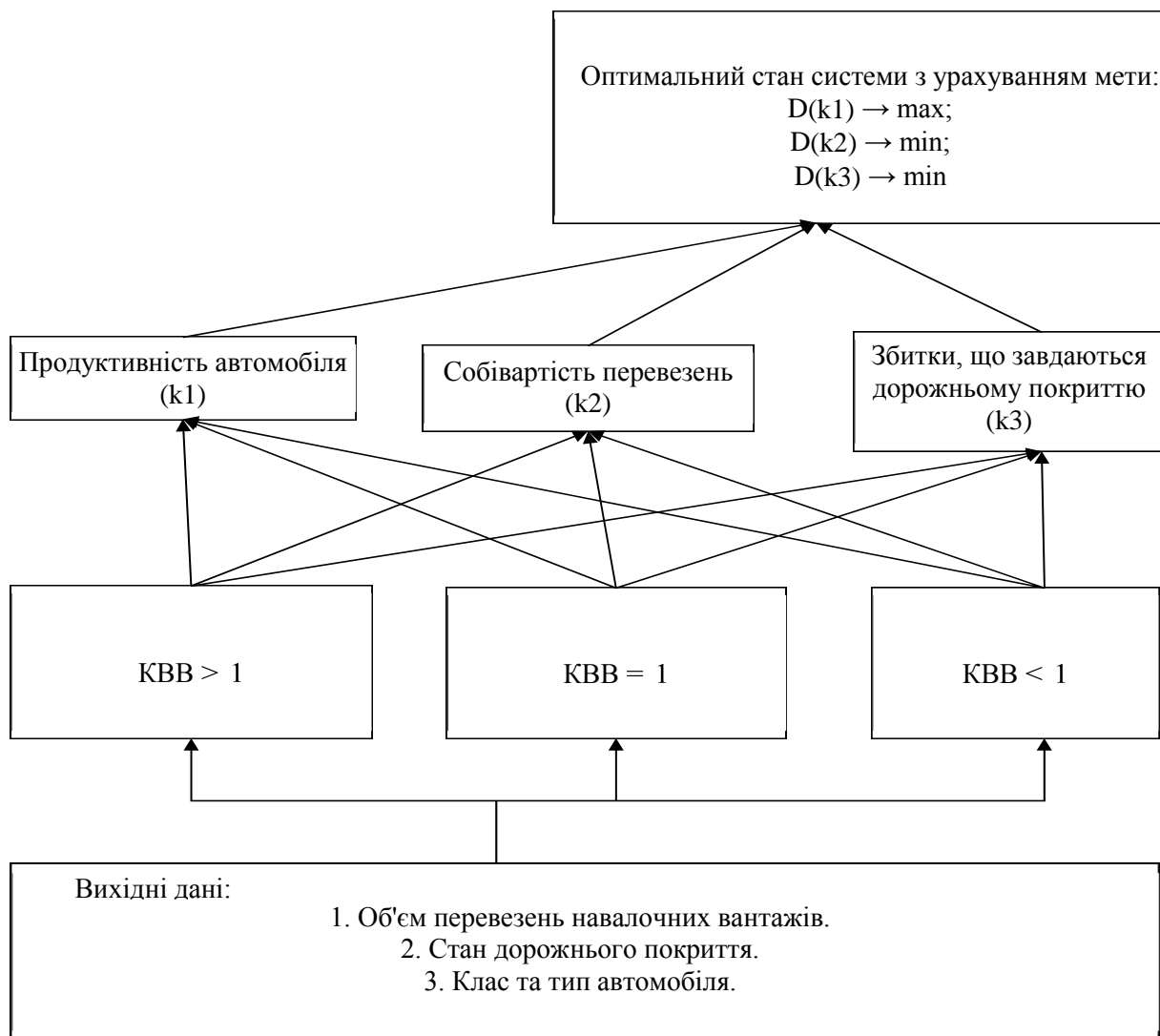


Рисунок 1 – Декомпозиція досліджуваної моделі систематизованої оцінки показників використання вантажних автомобілів

Декомпозицію досліджуваної у моделі систематизованої оцінки показників використання вантажних автомобілів наведено рис. 1.

#### Список використаних джерел

1. Борисюк Д.В., Зелінський В.Й., Равицький С.В. Економіко-математична модель вантажних перевезень автомобільним транспортом. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць, 2021. С. 41-43.*

2. Біліченко В. В. Виробничі системи на транспорті: стратегії розвитку : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2016. 268 с.
3. Гулько І. В., Гуцаленко О. В. Транспорт – актуальні проблеми та сьогодення. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2015. Випуск 2 (90). С. 98-103.
4. Огневий В.О., Смирнов Є. В., Борисюк Д.В. Вдосконалення методики оперативного планування міських вантажних перевезень. *Вісник машинобудування та транспорту*, Вінниця. 2022. №2(16). С. 81-87.
5. Дмитро Борисюк. Методика оперативного планування міських вантажних перевезень. *V Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання»: тези доповідей*, 23–24 березня 2023 року. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2023. С. 98-101.
6. Дмитриченко М.Ф., Яцківський Л.Ю., Ширяєва С.В., Докуніхін В.З. Основи теорії транспортних процесів і систем. Київ: Видавничий Дім «Слово», 2009. 336 с.
7. Чухрай Н., Гірна О. Формування ланцюга поставок: питання теорії та практики: монографія. Львів: Інтеллект-Захід, 2007. 232 с.
8. Маселко Т.Є., Шевченко С.Г. Проблеми управління транспортно-логістичними системами України та перспективи розвитку в контексті європейської інтеграції. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2017. Вип. 12. С. 301-305.

**Борисюк Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Ширмівський Олексій Юрійович** – магістрант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Borysiuk Dmytro** – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

**Shyrmivskiy Oleksiy** – master's student of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

УДК 339.92

Х. Бруннер, Г. Прокоп, В.А. Макаров

**ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ СПІВРОБІТНИЦТВА В СФЕРАХ НАУКИ ТА ОСВІТИ МІЖ ФАКУЛЬТЕТАМИ ТРАНСПОРТНИХ НАУК ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ДРЕЗДЕНА І МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ТРАНСПОРТУ ВІННИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Розглянуто доцільність і можливість співробітництва факультетів, які займаються підготовкою спеціалістів та науковців для галузі транспорту і розв'язують наукові завдання з діючою практикою сьогодення в ФРН та в Україні. Проведено аналіз бесід між науковцями означених університетів та вивчення різних корисних джерел інформації, що були видані в Дрездені або у Вінниці. Ураховано досвід сумісної участі представників університетів в науково-технічних конференціях, які були проведені за останні роки у Вінницькому національному технічному університеті (ВНТУ) та в ДержавотрансНДІ проекті в місті Києві.*

**Ключові слова:** сфера науки і освіти, технічний університет, автомобіль, транспорт, розвиток, співробітництво

*The expediency and possibility of cooperation of faculties engaged in the training of specialists and scientists for the field of transport and solving scientific tasks with current practice in Germany and Ukraine were considered. The analysis of conversations between scientists of the specified universities and the study of various useful sources of information, which were published in Dresden or Vinnytsia, were carried out. The experience of joint participation of university representatives in scientific and technical conferences, which were held in recent years at the Vinnytsia National Technical University (VNTU) and at the DerzhavotransNDI project in the city of Kyiv, is taken into account.*

**Keywords:** sphere of science and education, technical university, car, transport, development, cooperation.

Столиця Вільної Землі Саксонії відрізняється розробкою нових технологій і творчими дослідженнями 45 наукових центрів. Біля 45-ти тисяч студентів отримують прагнення для пізнання законів природи, техніки та суспільства у 7-ми університетах і вищих школах міста.

Технічний університет Дрездена (ТУД) має довгий життєвий цикл - біля 200 років. Він був заснований у 1828 році як "Королівський технічно-освітній заклад", який з 1890 року працював як "Королівська Саксонська вища школа". У 1945 році ТУД був майже повністю зруйнований. З 1946 року він працював як Технічна вища школа Дрездена. У 2012 році ТУД отримав статус елітного університету. Він організує освітні та наукові дослідження по 5-ти напрямам, які виконують 17 факультетів. Питання транспорту, будівництва та навколишнього середовища в ТУД розв'язує факультет "Транспортні науки".

В своїй книзі про Технічний університет Дрездена ректор професор Урсула М. Штаудінгер висвітлила свою точку зору на забезпечення прогресу в сфері науки і освіти в умовах теперішньої діяльності ТУД. За її думкою необхідно перманентно відстежувати глобальні зони тяжіння найбільш інноваційної роботи на планеті та одночасно розвивати успішні наукові "коріння", які були створені в умовах Дрездена. Таким чином, з нашими дослідженнями ми вносимо вагомий вклад для рішення глобальних значущих проблем. ТУД віднесено до провідних німецьких університетів, що створюють для молоді умови для отримання відповідних компетенцій і надають знання для життя.

Науковці університету проводять значущі дослідження за наступними великими темами: штучний інтелект і цифровізація, здоров'я, кліматична криза, зміни в суспільстві, мобільність.

В інтернаціональних напрямках досліджень ключ до нашої дослідницької сили знаходиться в сумісній роботі в наукових мережах, що функціонує між університетами.

Факультет транспортних наук ТУД розробляє значущу планетарну тему "мобільність". Розв'язання транспортних проблем виконує потужний колектив науковців, які працюють в історичних та нових корпусах "Янте бау" і дослідницького центру (рис. 1).



Рисунок 1 – Візуалізація фрагментів інформації, що характеризують підтримку наукової та освітньої діяльності факультету транспортних наук

На факультеті навчаються 962 студенти, яких обслуговують 250 працівників. Транспортні засоби та обладнання, що розглядаються в сферах науки і освіти наведено на рис. 2.



Рисунок 2 – Візуалізація палітри транспортних засобів та обладнання, які розглядаються та досліджуються при здійсненні учбового і наукового процесів

Факультет “Фрідріх Ліст” містить 7 інститутів: автомобільної техніки, авіаційної техніки і логістики, транспортної телематики, рейкового транспорту, господарства і транспорту, залізничного транспорту, транспорту.

Основні напрями досліджень факультету Транспортних наук наступні:

- всі опорні носії для транспортних засобів: дороги, рейки, повітря, вода;
- для кожного носія: інфраструктура, транспортний засіб, концепції використання;
- всі групи користувачів транспорту і транспортних засобів: пішоходи, велосипеди, автомобілі, засоби мікромобільності;
- персональний транспорт;
- економічне оцінювання та інструменти для майбутніх транспортних систем;
- методика дослідження: оптимізація, статистика, імітація тощо;
- автомобілі майбутнього та автоматизація транспорту;
- безпечність руху на дорогах та транспортні системи;
- мобільність і економія енергії;
- інноваційні проекти для мобільності.

Працівники та науковці автомобільного транспорту України вдячні за дієву участь колег з Дрездену в науково-технічних конференціях в Києві та Вінниці [1, 2].

#### **Висновки.**

1. Напрями досліджень факультетів Транспортних наук ТУД і машинобудування та транспорту ВНТУ мають багато спільних тем, що співпадають.
2. Обидва технічних університети прогнозують розвиток знань та освіти в інтернаціональних і міждисциплінарних дослідженнях.
3. Факультети Технічного університету Дрездена і ВНТУ погоджуються співпрацювати в розвитку наукового, академічного та культурного обміну в освіті та дослідженнях.

#### Список використаних джерел

1. Х. Бруннер, Т. Унгер, В. Макаров, «Про розвиток прогресу дослідження аварійності на дорогах Німеччини» Матеріали XI Міжнародної науково-технічної інтернет конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2023 року: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 338-340.
2. Х. Бруннер, Х. Лієрс, Т. Унгер, В. Макаров, Є. Смирнов, Т. Макарова. Про важливий досвід наукового дослідження та практичного зниження аварійності на автодорогах Німеччини “Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури”: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. С. 31-33.

**Хорст Бруннер** – доктор технічних наук, професор, Технічний університет Дрездена, e-mail: [Horst.Brunner@VUFO.de](mailto:Horst.Brunner@VUFO.de).

**Гюнтер Прокоп** – к.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільної техніки, Технічний університет Дрездена, e-mail: [guenther.prokop@tu-dresden.de](mailto:guenther.prokop@tu-dresden.de).

**Макаров Володимир Андрійович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua).

**Horst Brunner** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Technical University of Dresden, e-mail: [Horst.Brunner@VUFO.de](mailto:Horst.Brunner@VUFO.de).

**Gunter Prokop** – Ph.D., Professor, Head of the Department of Automotive Engineering, Technical University of Dresden, e-mail: [guenther.prokop@tu-dresden.de](mailto:guenther.prokop@tu-dresden.de).

**Makarov Volodymyr Andriyovych** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua).

УДК 656.078

І.В. Будниченко, С.А. Харламов

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ДОСКОНАЛОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОБУСА ТА ТРОЛЕЙБУСА З АВТОНОМНИМ ХОДОМ

Розглянуто нормативно правові акти України, які спряють збільшенню з кількості транспортних засобів з електричними тяговими установками для здійснення пасажирських перевезень в містах України. Запропонована математична модель для визначення ресурсу тягової акумуляторної батареї та математична модель для оцінювання енергоефективності електробуса та троллейбуса з автономним ходом

**Ключові слова:** електробус, троллейбус, автономний хід, показник енергоефективності, тягова акумуляторно батарея

*The normative legal acts of Ukraine, which will lead to an increase in the number of vehicles with electric traction units for carrying out passenger transportation in the cities of Ukraine, have been considered. The proposed mathematical model for determining the resource of the traction battery and a mathematical model for evaluating the energy efficiency of an electric bus and a trolleybus with autonomous operation*

**Keywords:** electric bus, trolleybus, autonomous drive, energy efficiency indicator, traction battery

Одним із напрямків покращення екологічного стану міст є зменшення використання на маршрутах автобусів з дизельними та бензиновими тяговими установками та заміна їх на електробуси та троллейбуси з автономним ходом. Прийнятий нещодавно нормативно –правовий акт [1] регламентує щоб до 2030 року на міських маршрутах до 2030 року перебувало не менше 25% від загальної кількості транспортних засобів електробусів та автобусів з газовими тяговими силовими установками.

На даний час відсутні стандартизовані методи обґрунтування енергетичної ємності тягових акумуляторних батарей (далі ТАБ) та критерії оцінки енергоефективності електробусів та троллейбусів з автономним ходом (далі АХ), які використовують для цього ТАБ.

За цих умов транспортне підприємство виконує вибір електробуса чи троллейбуса тільки за критерієм забезпечення заданого замовником обсягу транспортної роботи в км за добу, а виробник за цим критерієм на власний розсуд вибирає енергетичну ємність ТАБ.

Як правило, в основі методу обґрунтування необхідної енергетичної ємності ТАБ лежать статистичні дані щодо питомої витрати енергоносія в кВт\*год/км, які отримані за результатами статистичних спостережень за показами лічильників витрат електроенергії, які встановлені на усіх сучасних троллейбусах, що виготовляються в Україні.

Крім статистичного методу використовується і метод тягових розрахунків, що викладений в роботі [2] для визначення питомої витрати електроенергії на одиницю транспортної роботи.

Відповідно до аналізу типів ТАБ, які на даний час використовуються на троллейбусах з АХ, що перебувають в експлуатації у м. Вінниця та електробусів у м. Львів, визначено, що для забезпечення руху цих транспортних засобів використовуються ТАБ літій іонної групи. Цей тип ТАБ, як і інші відомі на даний час батареї, мають властивість втрачати з часом свою енергетичну ємність навіть за умов їх правильної експлуатації, що зобов'язує транспортне підприємство зменшувати тривалість перебування електробуса на маршруті або переводити на інший маршрут, щоб зменшити обсяг транспортної роботи. Аналогічно і троллейбус з АХ має бути випущений на інший маршрут, який має меншу за довжиною ділянку автономного ходу.

Отже постає задача обґрунтування періоду часу коли батарея не буде потребувати заміни або електробус чи троллейбус з АХ не буде потребувати зміни маршруту.

Для вирішення цієї задачі, пропонується використовувати математичну модель ресурсу ТАБ яка має такий вигляд:

$$E_{\text{п}} = \left( 1 + \frac{2 \cdot P_e \cdot L_{\text{бкм}}}{D_{\text{г}} \cdot V_{\text{сп}} \cdot T_{\text{рз}} \cdot k_{\text{бкм}} \cdot (1 - 0,5 \cdot k_{\text{од}})} k_{\text{роз}} \cdot E_{\text{н}} \right) \quad (1)$$

де  $P_e$  – кількість циклів розряду – зарядку, які допускає елемент ТАБ;  
 $L_{\text{БКМ}}$  – довжина ділянки руху із живленням від ТАБ;  
 $D_{\text{г}}$  – кількість днів у році, коли задіяний транспортний засіб на маршруті  
 $V_{\text{сп}}$  – швидкість сполучення на маршруті,  
 $T_{\text{рз}}$  – тривалість роботи транспортного засобу на маршруті, год;  
 $k_{\text{од}}$  – доля днів в році, коли транспортний засіб працює в одну зміну.  
 $k_{\text{БКМ}}$  – доля довжини ділянки маршруту без контактної мережі до загальної довжини маршруту, що регламентується виробником ТАБ ( $k_{\text{БКМ}} = 0,3$  для тролейбуса з АХ та  $k_{\text{БКМ}} = 1$  для елетробуса)

$k_{\text{роз}}$  – коефіцієнт щорічної втрати електричної ємності ТАБ, що приймає значення від 0,05 до 0,1;

$E_{\text{н}}$  – потрібна енергетична ємність ТАБ, яка необхідна для забезпечення руху транспортного засобу протягом однієї доби і визначається за окремою методикою.

Крім показника ресурсу ТАБ, який безумовно має бути використаний під час вирішення питання придбання електробуса чи тролейбуса з АХ, пропонується застосувати ще один показник, яким можна оцінювати енергоефективність транспортного засобу класу І з електричною тяговою установкою, а саме показник який обчислюють так:

$$K_t = \frac{W_p}{S} \quad (2)$$

де  $W_p$  – кількість енергоносія, яка була витрачена на створення кінетичної енергії електробуса чи тролейбуса з АХ під час його розгону до заданої швидкості, кВт\*год;

$S$  – площа салону, яка призначена для пасажирів, м<sup>2</sup>.

Універсальність цього показника полягає у тому, що чисельник є показником який характеризує досконалість конструкції транспортного засобу, бо його значення залежить від опору руху, коефіцієнту корисної дії тягової силової установки, маси транспортного засобу у спорядженому стані. Значення знаменника є базовою характеристикою яка залежить від габаритних розмірів транспортного засобу і є базовою характеристикою для обчислення його пасажиромісткості згідно європейськими правилами [3] та вимогами споживача.

Цей показник для транспортних засобів класу І визначається експериментальним методом за таких умов:

– швидкість розгону може бути обмежена 50 км/год, що визначено для міст Правилами дорожнього руху України;

– застосування стандартизованих датчиків струму, напруги та швидкості, які забезпечують невизначеність методу не більше 5%;

– наявності випробувальної ділянки довжиною не більше 100 м, в той час як для оцінювання показника енергоефективності, що запропонований європейськими правилами [4] для транспортних засобів категорії М1, необхідна довжина випробувальної ділянки не менше 1 км.

Що стосуються довжини ділянки, яка необхідна для виконання таких вимірювань, то її довжина не буде перевищувати 100 м за умови розгону з максимальним прискорення, що значно менше ніж для випробувань електромобілів категорії М1, для яких регламентований їздовий цикл європейськими правилами [5].

Даний показник дозволяє виконувати оцінювання енергоефективності систем, що забезпечують комфорт пасажирів, для цього необхідно виконати вимірювання як з вимкнутими так і задіяними системами забезпечення комфорту пасажирів та водія.

#### Список використаних джерел

1. Закон України «Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електророзрядної інфраструктури та електричних транспортних засобів». Затверджено президентом України 24 лютого 2023 року N 2956-IX.

2. Сорока К.О. Тягові розрахунки на основі аналізу процесів перетворення енергії: монографія / К.О. Сорока К.О. ; Харків. НАЦ. УН-Т Міськ.госп-ва ім. О.Н.Бекетова.– Харків: ХНУМГ ім.О.М.Бекетова, 2022.–243 с.

3. Regulation No. 107-05 Uniform provisions concerning the approval of category M2 or M3 vehicles with regard to their general construction (<https://unece.org/transport/vehicle-regulations-wp29/standards/addenda-1958-agreement-regulations-101-120>)

4. Regulation No. 101-03 Uniform provisions concerning the approval of passenger cars powered by an internal combustion engine only, or powered by a hybrid electric power train with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and/or the measurement of electric energy consumption and electric range, and of categories M1 and N1 vehicles powered by an electric power train only with regard to the measurement of electric energy consumption and electric range (<https://unece.org/transport/vehicle-regulations-wp29/standards/addenda-1958-agreement-regulations-101-120>)

***Будниченко Ігор Валерійович*** – аспірант кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [repair2006@ukr.net](mailto:repair2006@ukr.net).

***Харламов Станіслав Анатолійович*** – аспірант кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Національний транспортний університет, м. Київ, [stanyslav.kharlamov@gmail.com](mailto:stanyslav.kharlamov@gmail.com).

***Budnychenko Ihor Valeriyovych*** - graduate student of the Department of Technical Operation of Cars and Car Service, National Transport University, Kyiv, e-mail: [repair2006@ukr.net](mailto:repair2006@ukr.net).

***Kharlamov Stanislav Anatoliyovych*** - graduate student of the Department of Technical Operation of Cars and Car Service, National Transport University, Kyiv, [stanyslav.kharlamov@gmail.com](mailto:stanyslav.kharlamov@gmail.com).



УДК 629.08

Ю.В. Булік, В.І. Павлюк

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ «ВИСХІДНОГО» ТА «НИЗХІДНОГО» МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розглянуто методи тримірної моделювання для проектування збірних конструкцій та їх складових елементів. Обґрунтовано доцільність застосування «висхідного» та «низхідного» моделювання для проектування технологічного обладнання для технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

**Ключові слова:** проектування, технологічне обладнання, збірна одиниця, моделювання, скелетон.

*3D modeling methods for designing prefabricated structures and their constituent elements are considered. The expediency of using «Bottom Up» and «Top-Down» modeling for the design of technological equipment for the maintenance and repair of cars is substantiated.*

**Keywords:** design, technological equipment, prefabricated unit, modeling, skeleton.

Для проектування різноманітних конструкцій набуло широкого використання тримірне моделювання, що дозволяє візуалізувати процес і результат, застосувати переваги такі переваги як параметризація та асоціативність, суттєво підвищити якість і ефективність проектувальних робіт.

Залежно від вирішуваних задач, як правило, застосовуються два підходи моделювання зборок [1–3]:

- «висхідного» моделювання (Bottom Up Desing);
- «низхідного» моделювання (Top Down Desing).

Класичним підходом у проектуванні, яким користуються і до нині, є конструювання за методом «висхідного» моделювання (рис. 1 [2]), що передбачає попереднє моделювання деталей, створення підборок і лише після цього можливо приступити до загальної зборки виробу, тобто поетапний рух «знизу – доверху» для отримання зборки найвищого рівня на основі попередньо підготовлених моделей деталей та підборок.



Рисунок 1 – Схема «висхідного» моделювання

Передача інформації між компонентами під час «висхідного» та «низхідного» моделювання зображена на (рис. 2 а) [3]. Так під час «висхідного» моделювання проєктант розробляє окремі деталі незалежно від зборки. Після чого цими деталями наповнюються підборки, а на кінцевому етапі – загальна зборка виробу. Цей метод ефективний для проектування нескладних зразків технологічного обладнання з малою кількістю деталей (зйомники, немеханізовані стенди та ін.), коли проєктувальник всеціло уявляє конфігурацію і параметри усіх елементів, а також тих, що містять прості кінематичні схеми. Однак зі збільшенням кількості елементів зборки складніше усунути виникаючі проблеми пов'язані з некоректно-зіібраними компонентами, наприклад інтерференції. З'являються витрати часу на виправлення кожного компонента окремо.

Для роботи зі великими зборками, що містять корпусні деталі складної геометрії, або містять електромеханічні, пневматичні, гідравлічні та інші приводи, котрі потребують складних розрахунків (механізовані мийні установки, підйомно-транспортне обладнання, контрольно-діагностичне обладнання, механізовані стенди та ін.) доцільно застосовувати «низхідне» моделювання (рис. 2 б) [3].

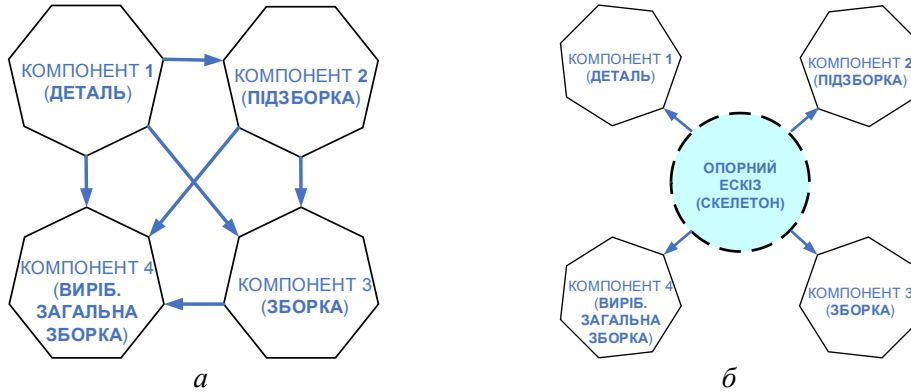


Рисунок 2 – Схема міжкомпонентних зв'язків: а – для «висхідного» моделювання; б – для «низхідного» моделювання

Використання методу «низхідного» моделювання, із застосуванням опорного ескізу «скелетона» (рис. 2 б) дозволяє створювати структуру збірки, організувати чіткі посилання на опорну геометрію та проводити гнучкі модифікації, а також організувати роботу декількох виконавців, котрі одночасно працюють над розподіленими частинами проекту під координуванням керівника групи (рис. 3). Це дає можливість розподілити об'єм роботи за кваліфікацією виконавців, здійснювати нагляд та поточний контроль у реальному часі та зменшити час виконання проекту. Такі інструменти доступні у програмних комплексах Catia, NX, Creo.

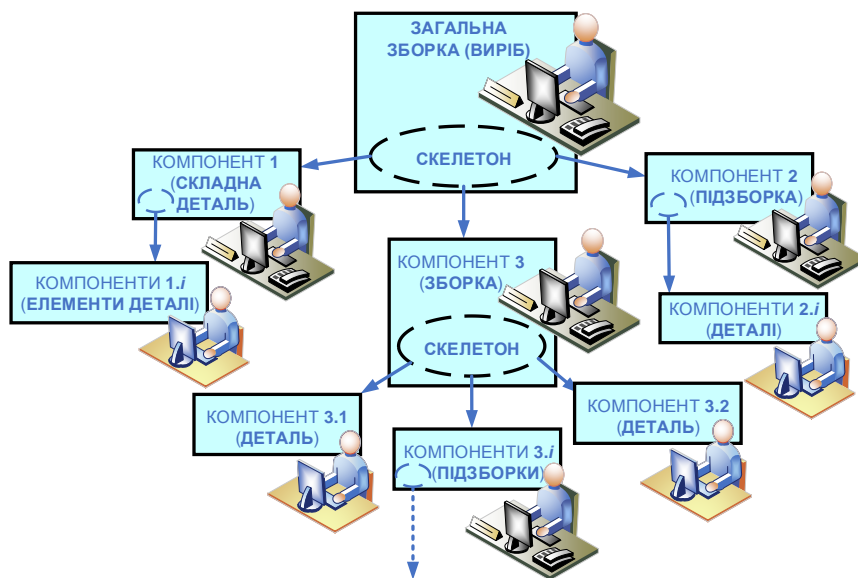


Рисунок 3 – Функціональна схема моделі «низхідного» проектування

Крім того, використання функціоналу скелетона дозволяє проводити кінематичний та силовий аналіз механізмів з метою оптимізації параметрів та характеристик конструкції. На рисунку 4 наведена схема для аналізу роботи автомобільного підйомника, ножичного типу.

Застосування такого методу дає проектувальнику:

- більшу гнучкість і контроль над структурою, дозволяє вносити зміни з впевненістю, що всі модифікації будуть автоматично поширені від скелетона до всіх компонентів збірки;

- швидко і ефективно змінювати варіанти виробу, згідно правок у технічному завданні, що можуть вноситись у процесі виконання проекту;
- здійснювати ефективний контроль та комунікацію між учасниками процесу проектування;
- можливість значно ефективніше організувати процес проектування технологічного обладнання для технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

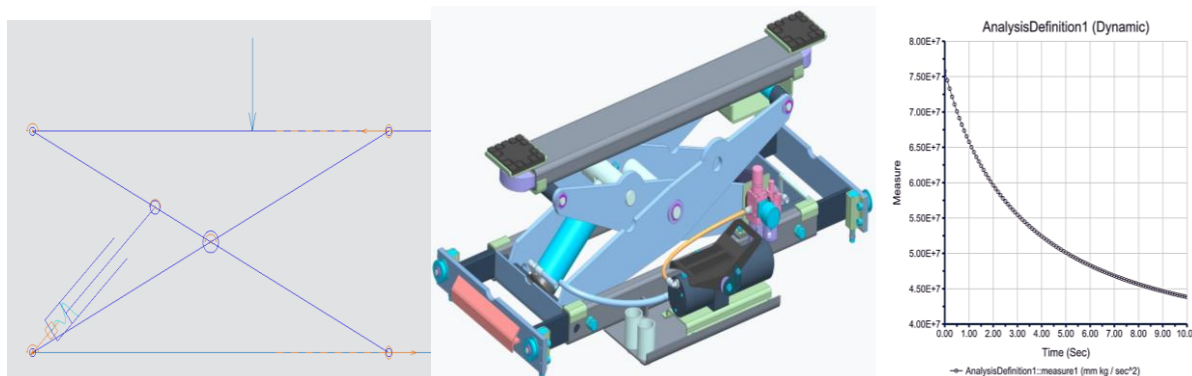


Рисунок 4 – Кінематичний та силовий аналіз конструкції ножичного автомобільного підійомника з використанням модуля «Motion skeleton» у програмному комплексі Creo

Зважаючи на переваги і недоліки та особливості функціоналу програмних комплексів доцільно: для нескладного технологічного обладнання використовувати підхід «висхідного» моделювання, а для складних систем – «низхідного».

Проаналізовано методи моделювання з застосуванням сучасних програмних комплексів для проектування технологічного обладнання для технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Наведено рекомендації щодо вибору методу моделювання залежно від складності об'єкту проектування. Слід відмітити важливість підготовки спеціалістів у галузі проектування, котрі можуть впроваджувати процес «низхідного» моделювання на виробництві.

#### Список використаних джерел

1. Корпорація Parametric Technology Corp. [Електронний ресурс]: офіційний сайт. URL: <https://www.ptc.com/>
2. Creo Parametric - Top Down Design (TDD) Overview. [Електронний ресурс]: Creo Parametric. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ycvaCOCResU>
3. Top Down Design in Creo. [Електронний ресурс]: PDSVISION. URL: <https://www.youtube.com/@PDSVISION-Take-Control>

**Булiк Юрiй Володимирович** – к.т.н., доцент кафедри автомобiлiв i транспортних технологiй, Луцький національний технічний університет, Луцьк, e-mail: [yurii.bulik@lutsk-ntu.com.ua](mailto:yurii.bulik@lutsk-ntu.com.ua)

**Павлюк Василь Іванович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобiлiв i транспортних технологiй, Луцький національний технічний університет, Луцьк, e-mail: [v.pavliuk@lutsk-ntu.com.ua](mailto:v.pavliuk@lutsk-ntu.com.ua)

**Bulik Yurii** – Ph.D., associate professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [yurii.bulik@lutsk-ntu.com.ua](mailto:yurii.bulik@lutsk-ntu.com.ua)

**Pavliuk Vasyi** – Ph.D., associate professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [v.pavliuk@lutsk-ntu.com.ua](mailto:v.pavliuk@lutsk-ntu.com.ua)

УДК 656.13:371.214.2:378:004.94

В.В. Бурдун, Л.О. Васецька, О.О. Ревякіна, А.Ю. Рожкова

## КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІН ПОВ'ЯЗАНИХ З АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

У роботі надано дані про важливість застосування комплексного підходу при викладанні дисциплін пов'язаних з автомобільним транспортом. Враховуючи сучасний розвиток науки та техніки запропоновано розширювати та впроваджувати технології пов'язані з комп'ютерним моделюванням, віртуальною реальністю (за можливістю), 3D друком, використанням сучасного програмного забезпечення.

**Ключові слова:** транспорт, автомобіль, навчання, дисципліна, комп'ютерне моделювання.

*The paper provides data on the importance of applying an integrated approach to teaching disciplines related to road transport. Given the current development of science and technology, it is proposed to expand and implement technologies related to computer modeling, virtual reality (if possible), 3D printing, and the use of modern software.*

**Keywords:** transport, car, training, discipline, computer modeling.

Застосування сучасних технологій при викладанні дисциплін пов'язаних з автомобільним транспортом може значно покращити якість освіти та готовність студентів до роботи в автомобільній галузі.

Наприклад, використання комп'ютерного моделювання, може допомогти при створенні віртуальних моделей автомобілів для аналізу та тестування. Також можна проводити моделювання динаміки руху автомобілів для вивчення їхньої поведінки на дорозі та використовувати комп'ютерні програми для аналізу взаємодії автомобілів з інфраструктурою доріг. Цей сегмент стрімко розвивається.

Якщо є така можливість, то можна використовувати технології віртуальної реальності (VR). Наприклад: використання VR-симуляторів для навчання студентів водінню та маневруванню; створення віртуальних тренажерів для навчання водіїв та реагуванню на різні дорожні ситуації. Також застосування VR можна використати для вивчення будови автомобілів. Враховуючи, що зараз існує велика кількість автомобільних марок, то для їх всіх мати натурне обладнання просто не реально.

Використання спеціалізованого програмного забезпечення застосовують для аналізу даних з датчиків автомобілів. Слід зауважити увагу на необхідності враховувати якість поверхневих шарів, що формуються під час роботи трибоз'єднань, для забезпечення безпечної експлуатації автомобіля, а це можна робити також за допомогою сучасного обладнання.

Студенти можуть вивчати такі комп'ютерні програми де можна робити дизайн та рестайлінг автомобілів.

Також існує широкий спектр комп'ютерних програм для оптимізації дорожньої інфраструктури та трафіку.

Поруч з традиційними технологіями литва та зварювання розвиваються технології 3D-друку. Які можна використовувати для створення деталей автомобілів як для навчальних цілей, так для практичного застосування. Також ці технології можуть допомогти при розробці прототипів та демонстраційних зразків нових автомобільних технологій.

Серед сучасних тенденцій слід відзначити впровадження технологій пов'язаних з електромобілями та водневими технологіями для транспорту.

Важливо також заохочувати студентів до практичних проектів та досліджень, що стосуються сучасних технологій в автомобільній галузі. Навчальні заклади можуть співпрацювати з автомобільними компаніями, лабораторіями та дослідницькими центрами для надання студентам можливості робити практику та долучатися до реальних проектів.

Загальний результат впровадження сучасних технологій при викладанні автомобільних дисциплін полягає в тому, що випускники будуть краще підготовлені до роботи в автомобільній індустрії, зможуть запропонувати та впроваджувати інновації та приймати обґрунтовані рішення у сфері автомобільного транспорту.

Список використаних джерел

1. Віктор Васильович Бурдун, Валерій Олександрович Колесніков, Наталія Олексіївна Бикадорова. Перспективи та необхідність застосування сучасних комп'ютерних програмних комплексів в навчальному процесі для підготовки фахівців в транспортній галузі. Міжнародна науково-технічна конференція. «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту-2023», Вінницький національний технічний університет. 01.06.2023 – 03.06.2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/schedConf/presentations>. (дата звернення 12.10.2023).
2. Балицький О.І., Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Абрамек К.Ф., Іваськевич Л.М., Гаврилюк М.Р., Колеснікова Є.Б. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту. XIV-та міжн. науково-практичн. конф., 25-27 жовтня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 22–25.
3. Колесніков В.О., Абрамек К.Ф., Колеснікова Є.Б., Ревякіна О.О. Застосування комплексного підходу при оцінці стану деградованого матеріалу деталей та вузлів в енергомашинобудуванні. Актуальні питання експертної та оціночної діяльності II-га міжн. науково-практичн. конф., 25–26 листопада 2021 р., м. Старобільськ – м. Полтава, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2021 – Харків: Вид-во Іванченка І. С. С. 96–98.
4. Бурдун В. В., Колесніков В. О. Сучасний науковий стан та деякі підходи для розробки навчальної дисципліни «Трибологія». Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 63–66. ISBN 978-966-641-929-6.
5. Колесніков В.О., Бурдун В.В. Комп'ютерне моделювання механічної обробки Ni-Co сплавів. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: XV-та міжн. науково-практичн. конф., 8–9 листопада 2022 р.: зб. наук. праць. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 76–78.
6. Балицький О.І., Колесніков В.О., Бикадорова Н. О., Рожкова А.Ю. Комп'ютерне моделювання ортогонального точіння жароміцного нікелевого сплаву. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: XV-та міжн. науково-практичн. конф., 8–9 листопада 2022 р.: зб. наук. праць. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 84–86.
7. Колесніков В.О., Абрамек К.Ф., Хмель Я., Колеснікова Є.Б. Застосування комп'ютерно інтегрованого підходу для оцінки якості стану матеріалу деталей та вузлів в енергомашинобудуванні для підвищення безпеки життєдіяльності. Актуальні питання експертної та оціночної діяльності. II-га міжн. науково-практичн. конф., 25–26 листопада 2021 р., м. Старобільськ – м. Полтава, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2021 – Харків: Вид-во Іванченка І. С. С. 98–100.
8. Бурдун В.В., Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Васецька Л.О., Колеснікова Є.Б. Використання сучасних комп'ютерних пакетів програм для моделювання механічної обробки модифікованих сталей та сплавів. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: XV-та міжн. науково-практичн. конф., 8–9 листопада 2022 р.: зб. наук. праць. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 78–80.
9. Колесніков В.О., Еліаш Я., Гаврилюк М.Р., Ревякіна О.О. Застосування методів комп'ютерного зору для оцінки стану поверхневих та підповерхневих шарів заготовок під час механічної обробки з метою отримання більш якісної та безпечної продукції для енергомашинобудування. Актуальні питання експертної та оціночної діяльності. II-га міжн. науково-практичн. конф., 25–26 листопада 2021 р., м. Старобільськ – м. Полтава, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2021 – Харків: Вид-во Іванченка І. С. С. 100–102.
10. Колесніков В.О., Балицький О.І., Гаврилюк М.Р., Ревякіна О.О. Концепція враховування структурно-фазового стану експлуатованих матеріалів в енергомашинобудуванні при проведенні ремонтів з застосуванням механічної обробки. II-га міжн. науково-техн. конф. «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021», 13 - 15 травня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 310–312.
11. Бикадорова Н. О., Бурдун В. В., Сидоренко Р. С. Комп'ютерне моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного

транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 38–42. ISBN 978-966-641-929-6.

12. Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Васецька Л.О., Колеснікова Є.Б. Моделювання мікроструктури сплавів для прогнозування залишкової напруги та широкого спектра механічних властивостей в програмному комплексі DEFORM. Актуальні питання, проблеми та перспективи розвитку науки та освіти: I Всеукраїнська міждисциплінарна науково-практичн. конф., 27-28 квітня 2022 р. Полтава: матеріали. Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2022. С. 218–222.

13. Колесніков В. О., Васецька Л. О., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Приклади застосування та впровадження нових технологій в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Частина 2. Застосування програмного комплексу ABAQUS. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 132–138.

14. Бурдун В. В., Бикадорова Н. О.; Хорошевський О. О. Приклад заміни ремня ГРМ на автомобілі Ford Escort. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 58–62. ISBN 978-966-641-929-6.

15. В.О.Колесніков, О.І. Балицький, М.Р. Гаврилюк, О.О. Ревякіна, Л.М. Іваськевич. Концепція врахування впливу водню на зміну властивостей та руйнування високоміцних важкооброблюваних сталей та сплавів в умовах тертя ковзання, кочення та за механічної обробки. Міжнародний симпозиум інженерів-механіків у Львові: 15-й міжн. наук.-техн. конф., 20–21 трав. 2021 р.: тези доповідей. Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2021. С.6–7.

**Бурдун Віктор Васильович** – к.пед.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: burdun\_v\_v@ukr.net.

**Васецька Лариса Олександрівна** – к.т.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: vasla@i.ua.

**Ревякіна Ольга Олександрівна** – к.т.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: olga.0509239777@gmail.com.

**Рожкова Анастасія Юрївна** – викладач кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: cracks2010@ukr.net

**Burdun Viktor Vasilovich** – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: burdun\_v\_v@ukr.net.

**Vasecka Larysa Oleksandrivna** - PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: vasla@i.ua.

**Reviakina Olga Olexandrivna** - PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: olga.0509239777@gmail.com.

**Rozhkova Anastasiia Yuriivna** - Lecturer at the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: cracks2010@ukr.net

УДК 371.214.2:378:629.331

В.В. Бурдун, В.О. Колесніков, Н.О. Бикадорова

## СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

Наведено деякі припущення стосовно того як динамічні зміни в сучасному світі (науці та техніці) впливають на викладання дисциплін пов'язаних з транспортною галуззю. Запропоновано для якісного викладання сучасних дисциплін викладачам проходити міні курси (вебінари, воркшопи тощо) на онлайн сервісах в інтернеті.

**Ключові слова:** транспорт, дисципліна, педагогіка, навчальний план, вебінар.

*Some assumptions are made about how dynamic changes in the modern world (science and technology) affect the teaching of disciplines related to the transport industry. It is proposed that for better teaching of modern disciplines, teachers should take mini-courses (webinars, workshops, etc.) on online services on the Internet.*

**Keywords:** transport, discipline, pedagogy, curriculum, webinar.

Проблема якісного викладання дисциплін, пов'язаних з транспортною галуззю, набуває особливої актуальності через постійний технологічний прогрес і зміни у сфері транспорту. Деякі основні аспекти цієї проблеми можуть включати наступне.

*Оновлення навчальних програм.* Нові технології, матеріали та транспортні моделі вимагають постійного оновлення навчальних програм (робочих планів, силабусів). Викладачі повинні бути постійно готові до інтеграції останніх розробок у транспортній галузі в освітній процес. Необхідно постійно підтримувати тісний зв'язок зі стейкхолдерами. Зовнішні стейкхолдери освітніх програм університету – це особи або організації які зацікавлені у якійсній підготовці фахівців закладами вищої освіти. Це перш за все роботодавці, випускники, представники органів державної та місцевої влади, громадські організації тощо.

*Екологічна трансформація.* Перехід на електромобілі та інші екологічні технології (водневий транспорт, застосування сонячної енергії, зеленого водню тощо) вимагає нового підходу до вивчення екологічних аспектів транспорту та їх впливу на довкілля.

*Мультидисциплінарний підхід.* Сучасна транспортна галузь об'єднує різні галузі науки, такі як інженерія, економіка, екологія та інші. Викладання дисциплін повинно враховувати цей мультидисциплінарний підхід.

*Спеціалізація.* Розвиток транспорту і нові технології вимагають вибору спеціалізацій для студентів. Важливо забезпечити їм можливість глибокого вивчення конкретних аспектів транспорту. Наприклад, зараз швидко розвивається електричний транспорт та транспортні технології пов'язані з воднем.

Постійне навчання викладачів. Викладачі повинні бути в курсі останніх тенденцій у сфері транспорту, щоб ефективно передавати цю інформацію здобувачам вищої освіти. Однією з можливостей є проходження викладачами онлайн вебінарів, в тому числі й англійською мовою. Наприклад, є такий сервіс, як платформа BrightTalk, де безкоштовно можна прослухати необмежену кількість вебінарів з отриманням сертифіката, де вказано назву та кількість хвилин.

Загальною відповіддю на ці виклики може бути створення гнучких навчальних програм, планів та силабусів які дозволять швидко адаптуватися до нових технологій та розвитку транспортної галузі.

### Список використаних джерел

1. Бурдун В. В., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.

2. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту // О.І. Балицький, В.О. Колесніков, О.О. Ревякіна, К.Ф. Абрамек, Л.М. Іваськевич, М.Р. Гаврилюк, Є.Б. Колеснікова // XIV

Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Присвячено дню працівників автомобільного транспорту і дорожнього господарства, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 25-27 жовтня 2021 року. С. 22 – 25.

3. Колесніков В. О., Бурдун В. В. Комп'ютерне моделювання механічної обробки Ni-Co сплавів. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: Зб. наук. праць Міжнар. наук.-техн. конф. 8-9 лист. 2022. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 76–78.

4. Бурдун В. В., Колесніков В. О., Ревякіна О. О., Васецька Л. О., Колеснікова Є. Б. Використання сучасних комп'ютерних пакетів програм для моделювання механічної обробки модифікованих сталей та сплавів. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: XV-та міжн. науково-практичн. конф., 8–9 листопада 2022 р.: зб. наук. праць. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 78–80.

5. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2018. 160 с.

6. Бикадорова Н. О., Бурдун В. В., Сидоренко Р. С. Комп'ютерне моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 38–42. ISBN 978-966-641-929-6.

7. Колесніков В. О. Індустрія 5.0. як вона вплине на транспортну галузь та енергомашинобудування? Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 172–174. ISBN 978-966-641-929-6.

**Бурдун Віктор Васильович** – к.пед.н., доцент, зав. кафедри технологій виробництва і професійної освіти, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: burdun\_v\_v@ukr.net.

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: kolesnikov197612@gmail.com.

**Бикадорова Наталія Олексіївна** – ст. викладач кафедри технологій виробництва і професійної освіти, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: itottstar@gmail.com.

**Burdun Viktor Vasylovych** - Ph.D., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Production Technologies and Professional Education, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: burdun\_v\_v@ukr.net.

**Kolesnikov Valerii Oleksandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of Strength of Materials and Structures in Hydrogen-Bearing Media, Karpenko Institute of Physics and Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of the Department of Production Technologies and Professional Education, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: kolesnikov197612@gmail.com.

**Bykadorova Natalia Oleksiivna** - Senior Lecturer, Department of Production Technologies and Professional Education, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: itottstar@gmail.com.



УДК 533.59

Л.О. Васецька

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ЯК ПЕРЕДУМОВА ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Розглянуто доцільність використання іонної імплантації для підвищення якості робочих поверхонь відповідальних деталей і вузлів як однієї з передумов ефективної роботи транспортних засобів. Досліджено вплив різних комбінацій «мішень – сталева підкладка» на механічні та хімічні властивості захисних покриттів. Запропоновано ефективну методику отримання високоякісних матеріалів для їх подальшого використання в транспортній галузі.*

**Ключові слова:** іонна імплантація, захисне покриття, сталева підкладка, зміцнення, термін служби, ефективність, транспортна послуга.

*The paper considers the expediency of using ion implantation to improve the quality of working surfaces of critical parts and assemblies as one of the prerequisites for the efficient operation of vehicles. The influence of various combinations of "target - steel substrate" on the mechanical and chemical properties of protective coatings is studied. An effective method of obtaining high-quality materials for their further use in the transportation industry is proposed.*

**Keywords:** ion implantation, protective coating, steel substrate, hardening, service life, efficiency, transportation service.

Якість життя населення, розвиток і конкурентоспроможність економіки значною мірою визначаються ефективністю функціонування транспортного комплексу України. Доступність безпечних та якісних транспортних послуг визначає ефективність функціонування та розвитку інших галузей економіки. Основою якісних транспортних послуг є його інфраструктура, вона поєднує виробництво зі споживачами, постачальниками, партнерами. Розвинута інфраструктура впливає не лише на ефективну та своєчасну доставку продукції, а й на скорочення витрат на транспортні послуги [1].

За своїм змістом транспортна послуга є поняттям комплексним, яке передбачає не лише фізичне переміщення певного об'єкта в просторі. Якщо брати за основу саме так окреслену послугу з перевезення, при плануванні комплексного обслуговування клієнтів транспортним підприємством слід враховувати той факт, що одними з основних вимог споживачів послуг в сегменті ринку вантажних перевезень і послуг інфраструктури є дотримання термінів доставки вантажів за договором і виконання графіка руху [2]. Отже, щоб забезпечити ефективний транспортний процес, підприємствами здійснюються великі ресурсні витрати на утримання транспортних засобів у технічно справному стані. Однією з передумов їх ефективної експлуатації і тривалішого використання без ремонту в даній роботі пропонується підвищення якості відповідальних деталей і вузлів транспортних засобів. Використання одного з сучасних напрямів, пов'язаних зі зміцненням робочих поверхонь, яким є іонна імплантація, дозволяє отримувати на виробках з більш дешевих матеріалів захисні покриття з гарними механічними і хімічними властивостями. Використання покриттів з високими захисними властивостями на робочих поверхнях виробів з більш дешевих матеріалів суттєво знижує витрати на їх придбання. У той же час існують труднощі з підбором комбінацій «мішень – сталева підкладка» та виявленням впливу різних комбінацій на механічні та хімічні властивості захисних покриттів. Такі труднощі пов'язані з недостатністю знань про процеси, що відбуваються при плазмовій обробці, і можливості управління цими процесами для зміни властивостей поверхні. Наукові дослідження, проведені в [3, 4], спрямовані на поліпшення поверхневих властивостей сталей і сплавів, які з самого початку мають хороші характеристики міцності. Той факт, що в роботах вивчається вплив легуючого елемента в основному тільки на механічні або хімічні властивості поверхні, не дає повної інформації про можливості застосування методів плазмової обробки для отримання високоякісних матеріалів. Робота за цими напрямками є актуальним завданням.

Розглянуто доцільність використання іонної імплантації для підвищення якості робочих поверхонь. Висвітлено можливості методу підвищення властивостей матеріалів, що захищають від зносу та корозії [5–6]. Знання, отримані в роботах, представляють великий інтерес для застосування в агресивних середовищах, але не можуть бути використані в повній мірі при зміні

умов. Це пов'язано з тим, що вплив імплантації на механічні властивості не досліджено і взаємозв'язок всіх поверхневих властивостей після модифікації недостатньо визначений. Результати досліджень в [7] підтвердили доцільність застосування іонної імплантації для поліпшення твердості і трибологічних характеристик підшипникових сталей. Слід зазначити, що автори не підтвердили ефективність даної технології для сталей різного класу і призначення, що представляє інтерес з практичної точки зору. У зв'язку з цим стає необхідним подальше накопичення теоретичної та експериментальної інформації. Поповнення масиву знань дозволить краще розуміти процеси, що відбуваються при обробці поверхні, контролювати ці процеси в потрібному напрямку.

В роботі були поставлені і виконані наступні задачі: на основі комплексного аналізу визначити матеріали в комбінаціях «мішень – підкладка»; обробити зразки шляхом іонної імплантації; виявити оптимальні параметри підвищення захисних властивостей поверхні; вивчити властивості оброблюваної поверхні; встановити взаємозв'язок між властивостями поверхні, отриманої після імплантації, і терміном служби оброблених виробів. Виконання поставлених задач дозволило поліпшити якість поверхні відносно недорогих сталевих виробів в умовах низькотемпературної імплантації і розширити межі представленого методу.

Матеріалами мішені були пластичні, корозійностійкі титан (Ti), хром (Cr) і цирконій (Zr). В якості матеріалів підкладки були обрані вуглецеві конструкційні сталі звичайної якості марки ВСтЗсп, легована конструкційна сталь марки 40Х і інструментальні сталі марок ХВГ і Р18, як одні з найбільш поширених сталей при виготовленні інструментів, деталей машин і механізмів. Азот використовувався як робочий газ для отримання нітридів мішені на сталевій підкладці. Сфери застосування нітридів дуже різноманітні в зв'язку з тим, що вони надають виробам твердість, термічну і корозійну стійкість [8-9]. Зразки обробляли в експериментальній іонно-плазмовій установці з інформаційно-реєструючою програмою для регулювання та контролю процесу імплантації [10]. Оптимальні параметри імплантації з використанням титанових, хромових і цирконієвих мішеней наведені в таблиці 1. Як видно з табл. 1, для досягнення найвищої ефективності процесу отримання високоякісних поверхонь при малих струмах розряду ( $I_p \sim 0,3-0,5$  А) у низькотемпературному середовищі оптимальними напругою та струмом, що подаються на сталеву підкладку, були  $U_n = 25$  кВ та  $I_n = 35$  мА. Для наочності в порівнянні і аналізі результати експериментальних досліджень зведені в таблицю 2.

Таблиця 1 – Оптимальні параметри іонної імплантації

Назва параметра імплантації	Мішень		
	Ti	Cr	Zr
Напруга розряду $U_p$ , В	400	430	410
Струм розряду $I_p$ , А	0,5	0,35	0,3
Напруга на мішень $U_m$ , В	2,0	1,2	2,1
Струм на мішень $I_m$ , мА	50	60	40
Напруга на підкладку $U_n$ , В	25	25	25
Струм на підкладку $I_n$ , мА	35	35	35
Доза іонів $D$ , см <sup>2</sup>	$2,0 \cdot 10^{16} \div 8,03 \cdot 10^{17}$	$6,69 \cdot 10^{16} \div 6,02 \cdot 10^{17}$	$6,69 \cdot 10^{16} \div 6,02 \cdot 10^{17}$

Таблиця 2 – Порівняння механічних і хімічних властивостей захисних покриттів, отриманих іонно-плазмовою обробкою, із зазначенням їх товщини

№	Властивості	Вуглецева сталь			Конструкційна легована сталь			Інструментальні сталі		
		Ti	Cr	Zr	Ti	Cr	Zr	Ti	Cr	Zr
1	Мікротвердість, ГПа	3,271	4,355	3,755	3,583	5,407	3,422	8,45	5,407	3,422
2	Величина адгезійно-когезійного зв'язку, ГПа	2,156	1,935	5,772	4,850	3,104	14,253	5,772	2,156	10,913
3	Корозійна стійкість, %	40	82	65	20	81	29	49	24	10
4	Шорсткість Ra, мкм	0,02	0,022	0,018	0,018	0,018	0,016	0,024	0,026	0,022
5	Зносостійкість, %	46	52	92	50	60	85	45	60	70
6	Товщина, мкм	0,85	0,76	1,02	0,63	0,89	1,51	0,63	0,94	0,82

Аналізуючи результати досліджень (табл. 2), встановлено, що найбільший приріст твердості і корозійної стійкості в роботі був отриманий на підкладках сталей ВСтЗсп і 40Х при імплантації нітриду Cr. Покриття ZrN на підкладках зі сталей 40Х і Р18 відрізняються максимальним значенням адгезійно-когезійного зв'язку і зносостійкістю. Поліпшення якості виробів безпосередньо пов'язане з підвищенням їх зносостійкості, тому покриття з нітриду цирконію є найбільш ефективним рішенням цього питання. Згідно з результатами досліджень, конструкційна легована сталь 40Х з модифікованим покриттям з нітриду цирконію володіє не тільки хорошими механічними і фізико-хімічними властивостями, але і є більш економічно вигідною, ніж інструментальні сталі (~ в 2,5 рази дешевше). Успішна апробація результатів експерименту була проведена на підприємствах по виробництву струн музичних інструментів, в'язального і швейного обладнання.

З теоретичної точки зору проведені дослідження представляють інтерес, так як дозволяють стверджувати, що отримано ефективний метод поліпшення механічних і хімічних властивостей захисних покриттів, що є перевагою даних досліджень. З практичної точки зору виявлено ефект зміцнення недорогих сталевих матеріалів, що дозволяє визначати різні комбінації «мішень – підкладка» для використання в технології виготовлення нових високоякісних матеріалів з метою їх подальшого використання в транспортній галузі.

#### Список використаних джерел

1. Комчатних О.В., Петровська С.І., Редько Н.О. Сучасний стан та перспективи розвитку транспортної інфраструктури в Україні // Причорноморські економічні студії. Одеса: ПУ «Причорноморський науково-дослідний інститут економіки та інновацій», 2021. Випуск 64. С. 11-16.
2. Гринів Н.Т., Подвальна Г.В. Транспортна послуга як об'єкт аналізу та управління // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Проблеми економіки та управління». Львів, 2015. С. 27-35.
3. Surface properties of Mg-Gd-Zn-Zr alloy modified by Sn ion implantation / Zhixin Ba and other // Materials Letters. 2017. Vol. 190. P. 90 – 94.
4. Surface mechanics and wear resistance of supermartensitic stainless steel nitrided by plasma immersion ion implantation / C. E. Bruna and other // Surface and Coatings Technology. 2018. [Vol. 353](#). P. 199 – 209.
5. Fangfang Wang, Chungeng Zhou, Lijing Zheng, Hu Zhang. Corrosion resistance of carbon ion-implanted M50NiL aerospace bearing steel // [Progress in Natural Science: Materials International](#). 2017. Vol. 27, Issue 1. P. 615 – 621.
6. The effect of nitrogen saturation on the corrosion behaviour of Ti-35Nb-7Zr-5Ta beta titanium alloy nitrided by ion implantation / P. Vlcek and other // Surface and Coatings Technology. 2019. Vol. 358. P. 144 – 152.
7. Jin Jie, Tianmin Shao. Graded Microstructure and Mechanical Performance of Ti/N-Implanted M50 Steel with Polyenergy // Materials. 2017. Vol. 10, Issue 10, 1204.
8. Sepitka J., Vlcek P., Horazdovsky T., Perina V. Nanomechanical Characterization of Titanium Alloy Modified by Nitrogen Ion Implantation // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Materials and Metallurgical Engineering. 2016. Vol.10, No 12, P. 1451 – 1454.
9. Surface mechanics and wear resistance of supermartensitic stainless steel nitrided by plasma immersion ion implantation / C. E. Bruna and other // Surface and Coatings Technology. 2018. Vol. 353. P. 199 – 209.
10. L. Vasetskaya. Analysis and comparison of mechanical and chemical properties of protective coatings obtained at different combinations of "target – substrate" // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkiv, 2019. – Vol. 2. – № 12 (98). – P. 19 – 27.

**Васецька Лариса Олександрівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій виробництва та професійної освіти, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, e-mail: [vasetska.larysa1@gmail.com](mailto:vasetska.larysa1@gmail.com).

**Vasetska Larysa Oleksandrivna** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Production Technologies and Professional Education, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, e-mail: [vasetska.larysa1@gmail.com](mailto:vasetska.larysa1@gmail.com).

УДК 629.3.01

О.С. Васильєв, А.І. Криворот, М.О. Скорик, М.В. Шаповал

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЯГОВОГО БАЛАНСУ АВТОМОБІЛЯ КрАЗ-6322 ІЗ РІЗНИМИ СИЛОВИМИ АГРЕГАТАМИ

Виконано порівняльний аналіз тягового балансу автомобіля КрАЗ-6322 із різними силовими агрегатами, якими він комплектувався. За результатами розрахунків визначено оптимальний силовий агрегат за тяговим балансом.

**Ключові слова:** КрАЗ-6233, тяговий баланс, сила опору кочення, сила опору повітря, приведений коефіцієнт опору кочення, сумарна сила опору.

*A comparative analysis the vehicle traction balance of the KrAZ-6322 with various power units with which it was equipped was performed. Based on the results of the calculations, the optimal power unit was determined based on the traction balance.*

**Keywords:** KrAZ-6233, traction balance, rolling resistance force, air resistance force, reduced rolling resistance coefficient, total resistance force.

Завод КрАЗ став частиною технологічного розвитку Української галузі автомобільного транспорту. Однією з найвідоміших моделей цього заводу є автомобіль КрАЗ-6322, який у теперішній час активно виконує завдання як на дорогах із твердим покриттям, так і в умовах повного бездоріжжя. Це модель-спадкоємець серії КрАЗ-260. Під час випуску автомобіль комплектувався двигунами ЯМЗ-238Д33 або ЯМЗ-238ДЕ2-29, але зараз для покращення технічних характеристик встановлено двигуни Cummins або Deutz TCD 2013 LO6 4V.

Метою дослідження є визначення найбільш ефективного силового агрегату для встановлення на автомобілі відповідно до умов його експлуатації, урахуваючи задані параметри експлуатації [1]. У деяких випадках кілька ДВЗ можуть мати дуже схожі характеристики, і в цьому випадку факт досвіду їх експлуатації може бути перевагою, якщо ресурси та ремонтпридатність є першочерговими. Це означає, що підходи до вибору двигуна різноманітні, але для такого типу автомобіля важливою характеристикою є не тільки динамічний фактор [2], а і тяговий баланс самого транспортного засобу.

У класичній теорії автомобіля [1] у випадку сталого руху ( $V = \text{const}$ ) колову силу на привідних колесах автомобіля можна визначити із залежності:

$$F_k = \frac{M_e \cdot u_0 \cdot u_{km} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (1)$$

де  $\eta_{mp}$  – ККД трансмісії;

$u_{km}$  – передаточне число передачі, на якій працює автомобіль.

Сила опору коченню викликана втратами на тертя в зоні контакту гуми протектора шини колеса з поверхнею дороги при деформаціях і ковзаннях (радіальних, тангенціальних і бічних)

$$F_f = f \cdot G_a, \quad (2)$$

де  $G_a$  – вага автомобіля, Н, для автомобіля КрАЗ-6322  $G_a = 124587$ ;

$f$  – коефіцієнт опору коченню.

Оскільки важко врахувати умови роботи окремо кожного колеса, то для розрахунків використовують середнє значення коефіцієнтів опору коченню різних коліс автомобіля, а приведений коефіцієнт опору кочення автомобіля визначається за формулою, Н [1]

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V^2}{2 \cdot 10^4}\right), \quad (3)$$

де  $f_0$  – коефіцієнт опору коченню колеса автомобіля на малих швидкостях, для асфальтобетонної дороги становить  $f_0=0,018$ , для ґрунтової –  $f_0=0,03$ ; для сухого піску та рихлого снігу –  $f_0=0,3$ ; для болотистої місцевості –  $f_0=0,05$ ;

$V$  – значення швидкостей автомобіля на різних передачах, км/год.,

$$V = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_k}{u_{km} \cdot u_0}. \quad (4)$$

Для визначення сумарного опору руху автомобіля потрібно знайти сила опору повітря  $F_n$ .

$$F_w = \frac{K \cdot F \cdot V^2}{13}, \quad (5)$$

де  $K$  – коефіцієнт обтікання форми,  $H \cdot c^2/m^4$ , для автомобіля КраЗ-6322 складає  $K = 0,6$ ;  $F$  – площа лобової поверхні,  $m^2$ , для автомобіля КраЗ-6322 складає  $F = 7,575$ .

Так як швидкості руху автомобіля на різних передачах перекриваються, то для зручності сприйняття вводимо поняття фактична швидкість  $V_f$  через певні інтервали.

Сумарна сила опору буде визначатись,  $H$ .

$$F_{f+w} = F_f + F_w. \quad (5)$$

Діаграма тягового балансу представляє залежності між сумарними силами опору і силою тяги на колесах на кожній передачі, що дає можливість визначити прискорення автомобіля і опір дороги (який транспортний засіб може подолати) при розганянні, а також значення максимальної швидкості. Тяговий баланс автомобіля КраЗ-6322 з різними двигунами, для наочності проведених досліджень, зобразимо у вигляді діаграм залежності сили тяги на відповідних передачах та сумарної сили опору на дорожніх покриттях різного типу до швидкості руху автомобіля (рисунки 1 – 3).

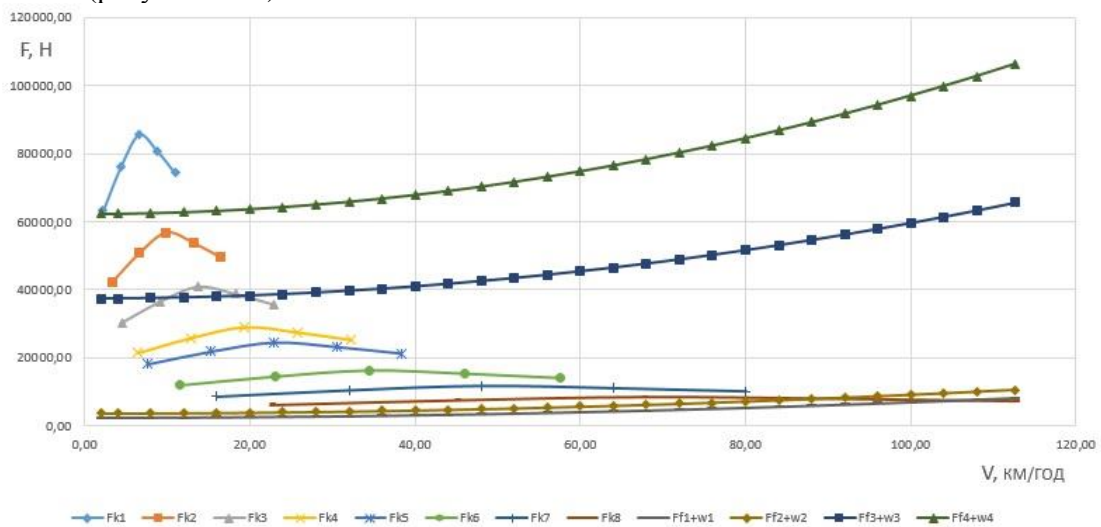


Рисунок 1 – Тяговий баланс автомобіля КраЗ-6322 з двигуном ЯМЗ-238ДЕ2-29

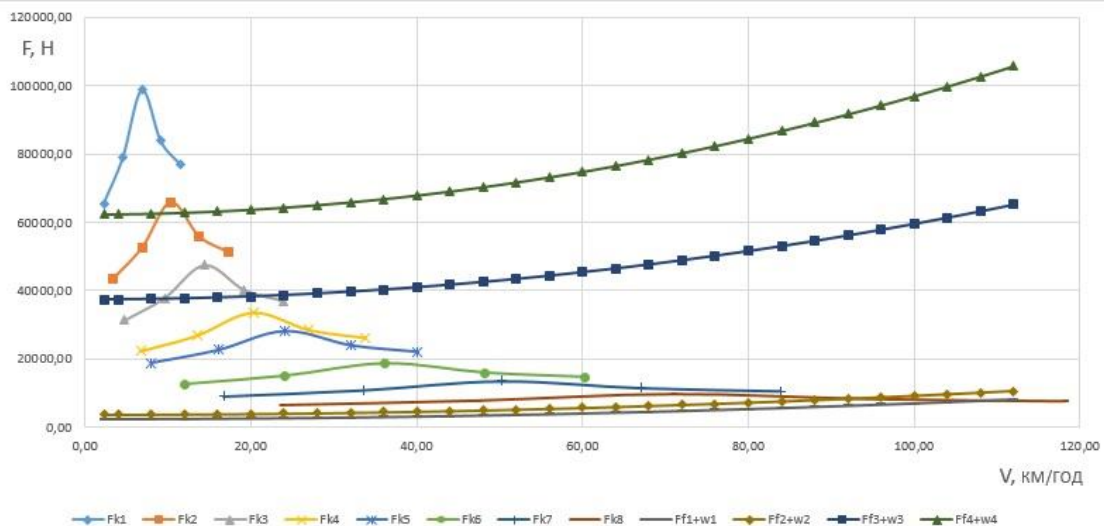


Рисунок 2 – Тяговий баланс автомобіля КраЗ-6322 з двигуном Cummins L360-2

Із рисунків 1 – 3 видно, що тяговий баланс автомобіля КраЗ-6322 при залишенні стандартної трансмісії із різними силовими установками відрізняється. Детальний аналіз показує, що на різних передачах залежно від двигуна його значення може суттєво відрізнятися,

але якщо взяти усереднене значення, то двигун Cummins L360-2 є лідером по тягових характеристиках, особливо на перших трьох передачах.

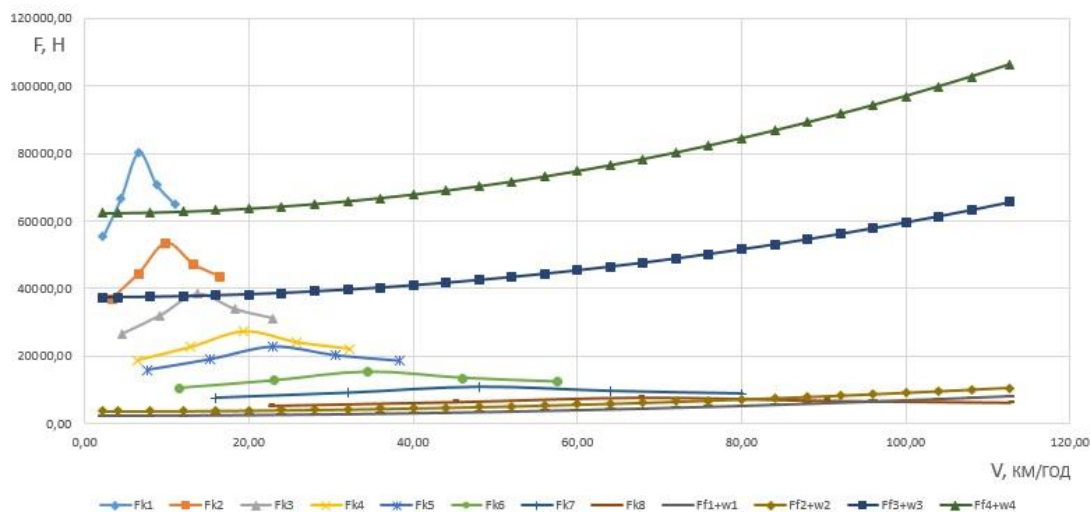


Рисунок 3 – Тяговий баланс автомобіля КрАЗ-6322 з двигуном Deutz TCD 2013 L06 4V

#### Список використаних джерел

1. Автомобілі. Теорія : навчальний посібник / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков [та ін.] – Одеса : Військова академія, 2017. – 414 с.

2. Залежність зміни динамічного фактору автомобіля КрАЗ-6322 з різними типами силового агрегату / О.С. Васильєв, А.І. Криворот, М.О. Скорик, М.М. Шпилька // Інноваційні аспекти систем безпеки праці, цивільного захисту та захисту інтелектуальної власності : матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. (Полтава, 23-24 бер. 2023 р.). – Полтава : ПДАУ, 2023. – С.182-185.

**Васильєв Олексій Сергійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, e-mail: [a.s.vasiliev.76@gmail.com](mailto:a.s.vasiliev.76@gmail.com).

**Криворот Анатолій Ігорович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, e-mail: [anatoliikryvorot@gmail.com](mailto:anatoliikryvorot@gmail.com).

**Скорик Максим Олексійович** –старший викладач кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, e-mail: [maxym.skoryk@gmail.com](mailto:maxym.skoryk@gmail.com).

**Шаповал Микола Віталійович** – к.т.н., доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, e-mail: [nvshapoval75@ukr.net](mailto:nvshapoval75@ukr.net).

**Vasyliiev Oleksii Serhiyovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, e-mail: [a.s.vasiliev.76@gmail.com](mailto:a.s.vasiliev.76@gmail.com).

**Kryvorot Anatolii Ihorovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, e-mail: [anatoliikryvorot@gmail.com](mailto:anatoliikryvorot@gmail.com).

**Skoryk Maksym Oleksiyovych** – senior lecturer of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, e-mail: [maxym.skoryk@gmail.com](mailto:maxym.skoryk@gmail.com).

**Shapoval Mykola Vitaliyovych** – Ph.D., associate professor of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, e-mail: [nvshapoval75@ukr.net](mailto:nvshapoval75@ukr.net).

УДК 069:378.8

О.В. Вдовиченко, Д.О. Галушак

## ВІННИЦЬКИЙ МУЗЕЙ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТУ, РЕТРОТЕХНІКИ, КОЛЕКЦІЙ ТА МІНІАТЮР У ПРОФОРІЄНТАЦІЇ ТА ВИХОВНОМУ ПРОЦЕСІ МОЛОДІ

*У даній роботі представлено приклад створення нового технічного музею, а саме єдиного в Україні музею моделей транспорту у м. Вінниця та його роль у виховному процесі студентів.*

**Ключові слова:** музей, автомобільний транспорт, ретротехніка, виховний процес, військова техніка.

*This work presents an example of the creation of a new technical museum, namely the only museum of transport models in Ukraine in the city of Vinnytsia and its role in the educational process of students.*

**Keywords:** museum, automobile transport, retro equipment, educational process, military equipment.

Музей моделей транспорту, ретротехніки, колекцій та мініатюр створено за ініціативи, під керівництвом і на основі особистої колекції співавтора доповіді О.В. Вдовиченка. Слід зауважити, що керівництво міської влади в особі міського голови досить позитивно віднеслося до ідеї створення подібного музею. Для підвищення туристичної привабливості міста в самому центрі на вул. Соборній № 64 музею було надано частину першого поверху колишнього Будинку побуту. Було здійснено ремонт приміщень, оснащення музею виставковими вітринами (всього 45 одиниць) та інше.

Збирати власну колекцію масштабних моделей О.В. Вдовиченко розпочав ще в 1973 р. Захоплення колекціонуванням, посприяло в виборі майбутньої професії. Автор закінчив Вінницький політехнічний інститут за фахом «Автомобілі та автомобільне господарство», а згодом став в ньому ж викладати. До речі, колекція масштабних автомобілів розпочалася з придбанної моделі легковика Фіат-125 (М 1:43). Згодом купувалися або обмінювалися все нові і нові моделі. Незабаром власна квартира стала справжнім музеєм і вже скоро не могла вмістити всю колекцію.

В 2017 р. музей мав орендоване приміщення (30 м<sup>2</sup>) в районі фонтанного комплексу. Проте, незабаром стало зрозумілим, що цієї площі недостатньо. Музей було переведено в нове приміщення в центрі міста на вул. Соборній.

Офіційною датою заснування Вінницького музею моделей транспорту є 27 квітня 2018 р. (рис. 1). А напередодні, 24.04.2018 р. було зафіксовано Рекорд України в номінації «Найбільша кількість моделей транспорту» - 5037 од. в одній колекції.



Рисунок 1 - Відкриття Вінницького музею моделей транспорту

Загальна площа приміщень музею – 380 м<sup>2</sup>. В закслених виставкових вітринах якісного дизайну наразі експонується понад 8 тис. експонатів. Серед них моделі автомобілів: легкових, вантажних, спецтехніки, пожежних, швидкої допомоги, поліції, громадського транспорту, військової техніки, літаків, кораблів, потягів та інші, як зарубіжних так і вітчизняних (рис. 2). Виготовлені вони в певних масштабах 1:87, 1:72, 1:43 (60%), 1:24, 1:18 та 1:8.



Рисунок 2 - Виставкові зали музею

Є в колекції й моделі залізниці: паротяги, тепловози, електровози та пасажирські і вантажні вагони. Морські судна і морська техніка в масштабі 1:200 (рис. 3).



Рисунок 3 - Моделі морських суден та морської техніки

Частина виставкових експонатів доповнена тематичними масштабними фігурками (Warhammer 40000). Серед колекції транспорту є й такі, що вже стали самі по собі пам'ятками історії: англійські (лондонські) двоповерхові автобуси (так звані «Даблдекери»), або легковики різних часів і епох, що перевозили й визначних осіб і диктаторів. Є в колекції й моделі дво- і триколісного транспорту: велосипеди, мопеди, мотоцикли, трицикли та інші. Також родзинкою колекції є модель першого автомобіля Карла Бенца в масштабі 1:8.

В музеї частина приміщення виділена під бібліотеку з літературою переважно транспортного напрямку (3000 екз.) та учбову залу для занять зі студентами, майстер класів та презентацій. В музеї також є зразки автотранспортної техніки: двигуни, редуктори, мости, коробки передач, світлотехніка. Є цікава колекція фотопортретів і біографій видатних конструкторів автомобілів: Форд, Мерседес-Бенц, Феррарі, Ламборджині, Бугатті та інші, що вже стали легендою світового автомобілебудування.

У вересні 2020р. на базі діючого музею було відкрито «Виставку колекцій та мініатюр», де представлена діюча модель залізничної станції Вінниця (рис. 4), з відтворенням вокзальної площі, звукових та світлових сигналів та інше (період 60-х -80-х рр. ХХ ст.). Для здійснення



цього задуму міська влада додала музею ще приміщення. Для збільшення зацікавлення відвідувачів, в музеї будуть влаштовуються періодичні тематичні виставки з транспорту та з інших галузей.



Рисунок 4 - Модель залізничної станції Вінниця 60-х - 80-х рр. XX ст.

В квітні 2023 в залі мініатюр була відкрита нова експозиція, присвячена транспортній інфраструктурі міста Карлсруе (Німеччина), яке стало містом-побратимом Вінниці (рис.5).



Рисунок 5 - Модель транспортної інфраструктури німецького міста-побратима Карлсруе

#### Список використаних джерел

1. Вінниця.info. Нові експозиції у Вінницькому музеї моделей транспорту. - Режим доступу: <https://vinnitsa.info/article/miniatura-karlsruhe-pershyu-v-sviti-avtomobil-ta-kolektsiya-komakh-novi-ekspozytsiyi-u-vinnytskomu-muzei-modeley-transportu>.

2. Суспільне. Новини. - Режим доступу: <https://suspilne.media/63073-vinnica-v-miniaturi-maket-mista-70-h-rokiv-stvorili-v-muzei-transportu/>.

**Вдовиченко Олександр Володимирович** – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [avtomuzeum@ukr.net](mailto:avtomuzeum@ukr.net).

**Галушчак Дмитро Олександрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [galuschak.d@gmail.com](mailto:galuschak.d@gmail.com).

**Vdovichenko Oleksandr** – Assistant of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: [avtomuzeum@ukr.net](mailto:avtomuzeum@ukr.net)

**Halushchak Dmytro** – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: [galuschak.d@gmail.com](mailto:galuschak.d@gmail.com)

УДК 378, 65.01

І.В. Віштак, Л.О. Майданевич

## ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ СПЕЦІАЛІСТІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

*Розглянуто доцільність застосування цифрових технологій в навчальному процесі підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою в галузі автомобільного транспорту. Висвітлено переваги використання таких технологій в навчальному процесі.*

**Ключові слова:** цифрові технології, освітній процес, освітнє середовище.

*The feasibility of using digital technologies in the educational process of training specialists with higher technical education in the field of road transport is considered. The advantages of using such technologies in the educational process are highlighted.*

**Keywords:** digital technologies, educational process, educational environment.

На сьогоднішній день ефективність роботи багатьох галузей економічного розвитку нерозривно пов'язане з формуванням транспортної системи. У свою чергу ця система стимулювала розвиток початкової професійної та вищої освіти. Сучасний етап розвитку інноваційної економіки та технологічної модернізації пов'язаний з діджиталізацією, що означає широке впровадження цифрових технологій у всі сфери діяльності

У транспортній освіті при підготовці спеціалістів з вищою технічною освітою в галузі автомобільного транспорту реалізуються три форми навчання: денна, заочна та дистанційна. Для всіх цих форм навчання існують різні моделі організації навчального процесу та подання навчальних матеріалів.

Під час очної форми навчання самостійна робота студента займає не більше 60 % усього часу, під час заочної та заочної форми навчання займає до 80 % усього навчального часу. Незважаючи на переваги самостійного характеру навчальної діяльності, існує проблема організації та контролю цієї діяльності, яку можна вирішити за допомогою інформаційно-освітнього середовища.

Створення освітнього середовища підкреслює важливість навчання, забезпечує засвоєння комплексних знань, умінь, формування та розвиток компетентностей. Освітнє середовище сприяє реалізації всіх функцій навчання, засвоєнню всіх елементів змісту освіти. Важливою підсистемою розвиваючого освітнього середовища є освітньо-технічне середовище професійно-особистісного саморозвитку студентів [1, 2].

Сучасну молодь часто називають «цифровими аборигенами», їй не важко отримати будь-яку інформацію з Інтернету. Але інформація сама по собі не є знанням. Завдання вчителя перетворити цю інформацію на знання. Єдиного підходу на цьому шляху немає, щоразу перед викладачем постає завдання вибору різних моделей електронних освітніх ресурсів з урахуванням завдань підготовки фахівців певної спеціальності.

Сьогодні освітній простір наповнений різноманітними відкритими освітніми ресурсами (онлайн-курсами), існує формат МООС (Massive Open Online Courses), що дозволяє здійснювати мережеву взаємодію учасників освітнього процесу. Широкі можливості для забезпечення та контролю самостійної роботи студентів надає електронна система Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment). Ця система є безкоштовним веб-додатком, який дозволяє створювати сайти для онлайн-навчання. Використовуючи систему Moodle, можна створювати веб-сторінки, де вчителі можуть розміщувати тексти, малюнки, відео та аудіоінформацію.

Для підвищення ефективності електронних форм навчання необхідне інтерактивне інформаційне освітнє середовище. Ця теза передбачає використання програм навчання та моніторингу. Складання таких програм забезпечить їх успішне застосування, якщо ці електронні форми будуть враховувати індивідуальні здібності та можливості учнів, уміння вчителя розставляти навчальні завдання за ступенем складності, відсутність важких завдань з великими часовими витратами, можливість мати кілька відсотків можливих помилок і можливість знайти відповіді на завдання та детальні пояснення. Усі ці фактори дозволяють сподіватися, що студенти зможуть працювати самостійно. Якщо при цьому є двосторонній зв'язок з викладачем (може

бути і електронний: електронна пошта, Skype або інші месенджери), то ймовірність складання екзамену чи іншого контрольного завдання буде близькою до 100 %.

У Вінницькому національному технічному університеті розроблено та використовується модульне середовище організації та підтримки навчального процесу JetIQ. Можливості даної платформи доступні лише зареєстрованим учасникам (викладачам, співробітникам та здобувачам даного закладу), що зберігає конфіденційність інформації та розробок [2].

Підсумком даного дослідження є наступні твердження:

1. Цифрові форми навчання (он-лайн навчання) підвищують ефективність навчання за рахунок швидкості, індивідуалізації навчального процесу та об'єктивності оцінювання студентів.

2. Перехід на цифрові форми навчання є неминучим у зв'язку з широким, більш доступним і прискореним поширенням електронних форм взаємодії.

3. Для підвищення ефективності електронних форм навчання необхідно створювати нові та вдосконалювати існуючі інтерактивні інформаційні освітні середовища.

4. Доступність, відносна простота користування, дуже швидкий контроль і можливість одразу отримати заохочення за добре виконане завдання сприяє зростанню мотивації до навчання.

#### Список використаних джерел

1. О. Берназюк. "Адміністративні електронні послуги: поняття та умови впровадження в Україні", Інформаційне право, № 5, с. 196–199, 2019, doi: 10.32849/2663-5313/2019.5.36. Дата звернення: 13 лист. 2022. [Онлайн]. Доступно: <http://pgp-journal.kiev.ua/archive/2019/5/37.pdf>

2. Концепція сучасного університету на основі інструментів електронної екосистеми управління освітніми процесами JETIQ ВНТУ [Електронний ресурс] : наукова доповідь загальним зборам НАПН України «Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи», 18 листопада 2022 р. / Р. Н. Кветний, Є. А. Паламарчук, О. В. Бісікало, о. О. Коваленко // Вісник Національної академії педагогічних наук України. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Т. 4, № 2. – Режим доступу: <https://visnyk.naps.gov.ua/index.php/journal/article/view/314>.

**Віштак Інна Вікторівна** – канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [innavish322@gmail.com](mailto:innavish322@gmail.com).

**Майданевич Леонід Олександрович** – канд. філос. наук, адвокат, Рада адвокатів Вінницької області, Вінниця.

**Vishtak Inna V.** – Ph. D. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of Department of Safety of Life and Safety of Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [innavish322@gmail.com](mailto:innavish322@gmail.com).

**Maidanevych Leonid O.** – Ph. D. (Philos.), Lawyer, Vinnytsia Bar Council, Vinnytsia.

УДК 629.351, 629.3.021.21

С.В. Войтків

## АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ

**Анотація:** Проведений аналіз вантажопідйомності, питомої потужності, максимальної швидкості та величини автономного пробігу сучасних моделей електромобілів малої вантажопідйомності категорій L7 та N1, створених за компоновальними схемами на основі застосування кабін водія капотного і вагонного типів.

**Ключові слова:** електромобіль малої вантажопідйомності, питома потужність, тяговий електродвигун, категорія електромобіля.

**Abstract:** An analysis of the carrying capacity, specific power, maximum speed and autonomous mileage of modern models of low-capacity electric vehicles of the L7 and N1 categories, created according to layout schemes based on the use of hooded and wagon-type driver's cabins, was carried out.

**Key words:** low-load electric vehicle, specific power, traction electric motor, electric vehicle category.

У травні 2023 року на виставці комерційного та спеціального транспорту "ComAutoTrans 2023" був презентований перший електромобіль малої вантажопідйомності (МВ) вітчизняного виробництва моделі EN31 "Карпати". Процес сертифікації дослідного зразка на завершених етапах. Дрібносерійне виробництво вантажного електромобіля категорії N1 передбачається на виробничих площах заводу "СтрийАвто" (Львівська обл.).

Під час огляду та ознайомлення з технічними параметрами електромобіля майже у всіх зацікавлених осіб виникали запитання стосовно малої потужності тягового електродвигуна (ЕД) (19,0 кВт), малої максимальної швидкості руху (56 км/год.) та малого середнього автономного пробігу (80-100 км).

Мета даної роботи полягає у визначенні терміну "електромобіль МВ" та аналізі їх основних експлуатаційних параметрів.

Отже, електромобіль МВ – це специфічний за конструкцією та основними експлуатаційними параметрами вантажний електромобіль, який здатний використовуватися не тільки як суто транспортний, але і як спеціальний, який за своєю конструкцією та обладнанням призначений для виконання спеціальних робочих функцій. Це, перш за все, електромобілі для комунальної сфери, для ремонтних робіт, для фермерських господарств тощо. Конструкція таких електромобілів характеризується застосуванням принципів модульного проектування, створенням базових шасі та застосуванням систем швидкої заміни кузовів різного функціонального призначення. Виробництвом таких транспортних засобів займаються достатньо малі спеціалізовані підприємства з невеликими річними обсягами у порівнянні навіть з вантажними автомобілями або автобусами.

Саме тому, сучасні моделі електромобілів МВ характеризуються відносно малою потужністю тягових ЕД, малими максимальними швидкостями руху на скромним автономним пробігом. Хоча, величина автономного пробігу залежить від енергоємності тягових акумуляторних батарей (АКБ) і може бути доволі різною – від 50 км до 300 км і більше. Адже це електромобілі "місцевої" експлуатації, тобто з малим добовим автономним пробігом, який, наприклад, для міських розвізних електромобілів навіть у великих містах США становить лише 35-40 км.

На даний час проектуванням і виробництвом саме таких "специфічних" електромобілів МВ займається кілька десятків європейських та американських підприємств. Їх конструкція характеризується наявністю рами лонжеронного типу та кабінні каркасно-панельного типу. Азіатські ж виробники вантажних електромобілів категорій L7 та N1 створюють їх на основі застосування технологій легкового автомобілебудування.

Електромобілі МВ створюються за двома компоновальними схемами – з кабінами водія капотного або вагонного типу на основі застосування колісних формул 4x2.1 (здебільшого) та 4x4.1 (значно рідше). Основні технічні параметри електромобілів МВ, обладнані кабінами капотного типу наведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Основні технічні параметри електромобілів МВ з кабінами капотного типу

Модель електромобіля	Selvo S2.DCH	eBlesk N1-Wolv	Melex M50L	EVUM aCar-3	Goupil G6
Колісна формула				4x4.1	4x2.1п
Розмірні параметри, м:					
- довжина	3,485	3,954	3,833	4,075	5,068
- ширина по кабіні	1,28	1,6	1,313	1,562	1,704
Параметри мас, кг:					
- повна маса	1270	2245	1850	2600	
- вантажопідйомність	500	1000		1100	1185
Номінальна потужність тягового ЕД, кВт	5,0	30,0	8,0	20,0	35,0
Енергоємність тягових АКБ, кВт·год.	9,0/ 12,0	30,0	10,24	16,5	15,4/ 28,8
Автономний хід, км	75/ 115	200	-	80,0	89/ 153
Максимальна швидкість, км/год.	45	85	50	70	60/ 80

Таблиця 2 - Основні технічні параметри електромобілів МВ з кабінами капотного типу

Модель електромобіля	Elion T20L	МК 2020	Tragger PRO LCX	ETLander	Enviel
Колісна формула	4x2.1з/ 4x4.1		4x2.1з		4x4.1
Розмірні параметри, м:					
- довжина	4,084	4,082	3,484	3,713	4,65
- ширина по кабіні	1,365	1,274	1,247	1,51	1,74
Параметри мас, кг:					
- повна маса	2510	3500	2160	2700	3500
- вантажопідйомність	1115	1750	995	1000	1500
Номінальна потужність тягового ЕД, кВт	15,0/ 2x8,0	15,0/ 2x10,0	7,4/ 13.55	10,0	2x36,0
Енергоємність тягових АКБ, кВт·год.	20,0	19,2/ 51,2	8,64	15,8	60,0
Автономний хід, км	130	-		60	250
Максимальна швидкість, км/год.	45	30	20/ 40	40	100

Основні технічні параметри електромобілів МВ, обладнані кабінами вагонного типу наведені у табл. 2.

Для оцінки основних експлуатаційних характеристик електромобілів МВ застосовуються наступні показники:

- коефіцієнт вантажопідйомності;
- питома потужність;
- коефіцієнт відносного автономного пробігу;
- коефіцієнт відносної максимальної швидкості.

Коефіцієнт вантажопідйомності електромобілів МВ визначається за відомим виразом

$$k_G = \frac{M_g}{M_n}, \quad (1)$$

де  $M_g$  – маса вантажу (вантажопідйомність), кг;  $M_n$  – повна конструктивна маса електромобіля, кг.

Питома потужність – це відношення номінальної потужності тягового ЕД до повної конструктивної маси

$$\Delta N_{ed} = \frac{N_{ed}}{0,001M_n}, \quad (2)$$

де  $N_{ed}$  – номінальна потужність тягового ЕД або сумарна номінальна потужність тягових ЕД, кВт.

Одним з найважливіших оцінюючих показників технічної досконалості електромобілів МВ являється коефіцієнт відносного автономного пробігу, який пропонується визначати за виразом

$$k_{L_{an}} = k' \times \frac{L_{an} \times 0,001 M_e}{W_{акб}}, \quad (3)$$

де  $k'$  – розмірний коефіцієнт, км·кг/кВт·год.;  $L_{an}$  – величина автономного пробігу, км; енергоємність тягових АКБ, кВт·год.

Коефіцієнт відносної максимальної швидкості електромобілів МВ, оскільки їх експлуатація відбувається фактично у межах міст та інших населених пунктів, пропонується визначати за виразом

$$k_{V_{max}} = \frac{V_{max}}{50}, \quad (4)$$

де  $V_{max}$  – максимальна швидкість руху електромобіля МВ, км/год.; 50 – максимальна регламентована швидкість руху транспорту у населених пунктах, км/год.

Розрахункові показники основних експлуатаційних параметрів електромобілів МВ сучасних моделей наведені у табл. 3.

Таблиця 3 - Розрахункові показники основних експлуатаційних параметрів електромобілів МВ

Модель електромобіля	Selvo S2.DCH	eIBlesk N1-Wolv	Melex M50L	EVUM aCar-3	Goupil G6
Коефіцієнт вантажопідйомності, $k_G$	0,394	0,445	0,541	0,423	0,456
Питома номінальна потужність, $\Delta N_{\dot{a}\dot{a}}$ , кВт/(1000 кг)	3,94	13,36	4,32	7,69	13,46
Коефіцієнт відносного автономного пробігу, $k_{L_{\dot{a}\dot{a}}}$	4,17/ 4,79	6,67	-	5,33	6,85/ 6,29
Коефіцієнт відносної максимальної швидкості руху, $k_{V_{max}}$	0,9	1,7	1,0	1,4	1,2/ 1,6
Модель електромобіля	Elion T20L	MK 2020	Tragger PRO LCX	ETLander	Enviel
Коефіцієнт вантажопідйомності, $k_G$	0,444	0,5	0,461	0,37	0,429
Питома номінальна потужність, $\Delta N_{\dot{a}\dot{a}}$ , кВт/(1000 кг)	5,98/ 6,37	4,28/ 5,71	3,43/ 6,27	3,7	20,57
Коефіцієнт відносного автономного пробігу, $k_{L_{\dot{a}\dot{a}}}$	7,25	-		3,8	6,25
Коефіцієнт відносної максимальної швидкості руху, $k_{V_{max}}$	0,9	0,6	0,4/ 0,8	0,8	2,0

На основі аналізу розглянутих експлуатаційних показників для проектування вітчизняних перспективних моделей електромобілів МВ рекомендовані наступні їх величини:  $k_G = 0,4-0,5$ ;  $\Delta N_{e0} = 6,5-7,5$  кВт/(1000 кг);  $k_{L_{\dot{a}\dot{a}}} = 5,5-6,5$ ;  $k_{V_{max}} = 1,0-1,2$ . Якщо ж основна експлуатація електромобілів МВ передбачається на міжміських дорогах, то рекомендований  $k_{V_{max}} = 1,8-2,0$ .

**Войтків Станіслав Володимирович**, к.т.н., генеральний конструктор, Заслужений машинобудівник України, ТОВ Науково-технічний центр "Автополіпром", м Львів, [voytkivsv@ukr.net](mailto:voytkivsv@ukr.net).

**Voytkiv Stanislav**, PhD (Tech), General designer, The deserved machine engineer of Ukraine, Scientific and technical Center "Autopoliprom" Ltd., Lviv, [voytkivsv@ukr.net](mailto:voytkivsv@ukr.net).

УДК 629.341

С.В. Войтків

ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
МІСЬКИХ ЕЛЕКТРОБУСІВ РІЗНИХ КЛАСІВ ЗА ДОВЖИНОЮ

**Анотація:** На основі аналізу номінальної пасажиромістимості міських електробусів типу ОНС різних класів за габаритною довжиною наведена оцінка доцільності їх застосування для перевезень пасажирів на міських маршрутах з урахуванням економічності експлуатації.

**Ключові слова:** автобус I-го класу, номінальна пасажиромістимість, довжина електробуса, ефективність електробуса.

**Abstract:** The based on the parameters of the nominal passenger capacity of the 1st class electric buses of different classes in terms of overall length, the feasibility of their use for transporting passengers on city routes was assessed, taking into account the economic efficiency of their operation.

**Key words:** 1-st class bus, nominal passenger capacity, length of the electric bus, efficiency of the electric bus.

На нинішній час у представників міських керівних органів, журналістів і, навіть, фірм-перевізників все ще домінує теза щодо припинення експлуатації міських автобусів малого класу довжиною 7,5-8,0 м із заміною їх автобусами великого класу з довжиною кузовів біля 12,0 м. Ця теза автоматично стала напрямком розвитку та застосування електробусів для перевезень пасажирів на міських маршрутах. Тому не дивно, що провідні виробники виготовляють понад 90 % саме таких міських електробусів. Хоча, ще у 2021 році у Львові поширилась інформація щодо придбання електробусів довжиною біля 10,5 м. Цікаво, що про електробуси середнього класу з кузовами довжиною 8,0 -10,0 м майже взагалі не йдеться.

З огляду на те, що, наразі, найбільшого поширення набули електробуси типу ОНС, які обладнані тяговими акумуляторними батареями (АКБ) великої енергоємності для забезпечення необхідного добового автономного пробігу без їх заряджання, яке, зрештою, здійснюється у нічний час, і які все ще мають велику масу, їх пасажиромістимість суттєво менша у порівнянні з міськими автобусами. Адже з виразу

$$N_{i\bar{i}} = \frac{[M_i] - (M_{\bar{m}}^{\hat{a}\hat{e}\hat{a}} + m_{\hat{a}\hat{a}} + m_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}})}{m_{i\hat{a}\bar{n}}}, \quad (1)$$

де  $[M_i]$  – допустима регламентована повна конструктивна маса електробуса, кг;  $M_{\bar{m}}^{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}$  – споряджена маса електробуса без маси тягових АКБ, кг;  $m_{\hat{a}\hat{a}}$  і  $m_{i\hat{a}\bar{n}}$  – маса, відповідно, водія і пасажирів, кг;  $m_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}$  – маса тягових АКБ, кг,

видно, що частина корисної маси електробусів витрачається на тягові АКБ.

Споряджена маса міських електробусів, обладнаних тяговими мостами з незалежною підвіскою коліс визначається за виразом [1]

$$M_{\bar{m}}^{\hat{a}\hat{e}\hat{a}} = M_{\bar{m}}^0 + m_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}, \quad (2)$$

де  $M_{\bar{m}}^0$  – споряджена маса кузовів міських електробусів без урахування мас керованого і тягових мостів з колесами і підвісками та інших складових частин тягового приводу, кг;

$$M_{\bar{m}}^0 = \Delta m_{\hat{e}\hat{o}\hat{c}} \times L_{\hat{e}\hat{o}\hat{c}} + \sum m_i, \quad (3)$$

де  $\Delta m_{\hat{e}\hat{o}\hat{c}}$  – питома маса кузова електробуса без урахування мас керованого і тягових мостів з колесами і підвісками та інших складових частин тягового приводу, кг;  $L_{\hat{e}\hat{o}\hat{c}}$  – довжина кузова електробуса, м;  $\sum m_i$  – маса складових частин тягового приводу тощо, кг.

Для більшості сучасних міських електробусів  $\Delta m_{\hat{e}\hat{o}\hat{c}} = 650-680$  кг/м. Маса складових керованого і тягового мостів з колесами та незалежними підвісками, тягового електродвигуна та інших частин тягового приводу становить  $\sum m_i = 3070-3100$  кг.

Вплив довжини кузовів електробусів на їх номінальну пасажировмістимість при прийнятих величинах  $\Delta m_{e\delta c} = 680$  кг/м і  $\sum m_i = 3100$  кг наведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Вплив довжини кузова електробуса на номінальну пасажировмістимість

Довжина кузова електробуса, $L_{e\delta c}$ , м	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Маса спорядженого кузова електробуса, $M_{\bar{m}}^0$ , кг	5440	6120	6800	7480	8160
Маса інших складових частин, $\sum m_i$ , кг	3100				
Маса спорядженого електробуса без маси АКБ, $M_{\bar{m}}^{\delta e\delta}$ , кг	8540	9220	9900	10580	11260
Втрата маси пасажирів, кг	-	680	1360	2040	2720
Зменшення номінальної пасажировмістимості за рахунок більшої довжини кузова електробуса при $m_{i\delta n} = 68$ кг, чол.	-	10	20	30	40

З аналізу отриманих результатів цілком зрозуміло, що чим більша довжина кузовів міських електробусів тим, при інших однакових умовах, менша їх номінальна пасажировмістимість, яка пропорційно зменшується на 10 чол./м.

Окрім того, як було встановлено за виразом (1), номінальна вмістимість міських електробусів зменшується ще й за рахунок маси тягових АКБ. Маса тягових АКБ на етапі розроблення ескізних пропозицій визначається за спрощеною формулою

$$m_{\delta e\delta} = \frac{\Delta w_m \times [M_i]}{k_{\delta} \times \rho_{\delta e\delta}^w} L_{i\delta}, \quad (4)$$

де  $\Delta w_m$  – питома витрата електроенергії тягових АКБ при перевезенні пасажирів за масою електробуса та пробігом, кВт·год./кг·км;  $L_{i\delta}$  – задана величина денного автономного пробігу, км;  $k_{\delta}$  – коефіцієнт допустимого розрядження тягових АКБ;  $\rho_{\delta e\delta}^w$  – питома енергопотужність тягових АКБ, кВт·год./кг.

Тобто, чим більша довжина кузова електробуса, тим більша його споряджена маса з урахуванням маси тягових АКБ і тим більша повна конструктивна маса.

Оскільки регламентована допустима повна маса електробусів становить 19500 кг, для забезпечення їх денного пробігу не менше 200 км необхідна велика енергоємність тягових АКБ. Маса тягових АКБ при прийнятих величинах параметрів  $\Delta w_m = 0,075 \cdot 10^{-3}$  кВт·год./кг·км,  $k_{\delta} = 0,85$  та  $\rho_{\delta e\delta}^w = 0,10$  кВт·год./кг сягає 3440 кг. Тобто, номінальна пасажировмістимість електробусів з довжиною кузовів біля 12,0 м і повною конструктивною масою зменшується на 50 чол. за рахунок великої маси тягових АКБ.

Розрахункова пасажировмістимість міських електробусів, створених за однаковою компоувальною схемою (рис. 1), у залежності від довжини їх кузовів, наведена у табл. 2.

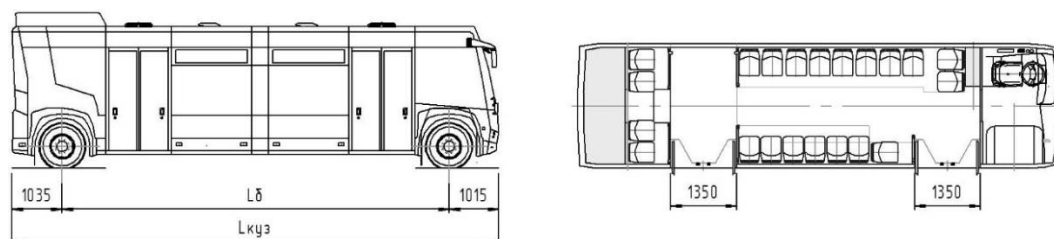


Рисунок 1 - Компоувальна схема міських електробусів різних класів за довжиною кузовів

Розрахункова пасажировмістимість електробусів за допустимою повною конструктивною масою, визначена за формулою (1), наведена у табл. 3.



Таблиця 2 - Розрахункова вмістимість міських електробусів за площею пасажирського салону

Довжина кузова електробуса, $L_{\text{eoc}}$ , м	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Розрахункова вмістимість за площею салону, чол	64	74	83	92	104

Таблиця 3 - Розрахункова вмістимість міських електробусів за повною конструктивною масою

Довжина кузова електробуса, $L_{\text{eoc}}$ , м	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Розрахункова вмістимість за допустимою повною конструктивною масою $[M_{\text{r}}]=19500$ кг, чол.	123	113	101	91	76

Для оцінки експлуатаційної ефективності міських електробусів різних класів за довжиною кузовів та доцільності їх застосування для перевезень пасажирів пропонуються коефіцієнт питомої маси та питомої енергоємності тягових АКБ

$$k_{m_{\text{aeá}}} = \frac{m_{\text{aeá}}}{N_{\text{ii}}}, \quad (5)$$

$$k_{w_{\text{aeá}}} = \frac{W_{\text{aeá}}}{N_{\text{ii}}}. \quad (6)$$

Розрахункові величини коефіцієнтів питомої маси та питомої енергоємності тягових АКБ міських електробусів з кузовами різної довжини наведені у табл. 4.

Таблиця 4 - Коефіцієнти питомої маси та питомої енергоємності тягових АКБ міських електробусів у залежності від довжини їх кузовів

Довжина кузова електробуса, $L_{\text{eoc}}$ , м	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Номинальна вмістимість, $N_{\text{ii}}$ , чол.	64	74	83	91	76
Маса тягових АКБ, $m_{\text{aeá}}$ , кг	2560	2840	3090	3440	
Енергоємність тягових АКБ, $W_{\text{aeá}}$ ,	256	284	309	344	
Коефіцієнти експлуатаційної ефективності:					
- $k_{m_{\text{aeá}}}$ , кг/пас.	40,0	38,4	37,2	37,8	45,3
- $k_{w_{\text{aeá}}}$ , кВт·год./пас.	4,0	3,84	3,72	3,78	4,53

Отже, найбільш доцільними для перевезень пасажирів на міських маршрутах видаються електробуси, створені за запропонованою компоувальною схемою, довжина кузовів яких становить 10,0-11,0 м. Проте, із врахуванням середньоденної чисельності перевозимих пасажирів, яка завжди менша їх номінальної вмістимості і може сягати величини  $0,3-0,4 N_{\text{ii}}$ , для електробусів з  $L_{\text{eoc}}=10,0$  м і  $L_{\text{eoc}}=11,0$  м при середній завантаженості, наприклад, 40 чол., перевагу матиме електробус з  $L_{\text{eoc}}=10,0$  м (відповідно,  $k_{m_{\text{aeá}}}=71$  кг/пас. проти  $k_{m_{\text{aeá}}}=86$  кг/пас.).

## Список використаних джерел

1. Войтків С. В. [Оцінка доцільності проектування, виробництва та експлуатації інноваційних міських електробусів середнього класу](#). Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: Електронне наукове спеціалізоване видання. Харків : ХНАДУ, 2022. 23. С. 15-26. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2023.23.0.2>.

**Войтків Станіслав Володимирович**, к.т.н., генеральний конструктор, Заслужений машинобудівник України, ТОВ Науково-технічний центр "Автополіпром", м Львів, [voytktivsv@ukr.net](mailto:voytktivsv@ukr.net).

*Voytkiv Stanislav*, PhD (Tech), General designer, The deserved machine engineer of Ukraine, Scientific and technical Center "Autopoliprom" Ltd., Lviv, [voytktivsv@ukr.net](mailto:voytktivsv@ukr.net).

УДК 629.113

Ю.І. Войчишин, К.Е. Голенко, О.З. Горбай

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В ЗОНІ ПІДВИЩЕНОГО ВИДІЛЕННЯ ТЕПЛОТИ В САЛОНІ МІСЬКОГО АВТОБУСА

Враховуючи важливість створення комфортних умов перевезень пасажирів, потрібно досліджувати дану проблему як на етапах проектування, так і під час випробувань. У представленій роботі проведено експериментальні дослідження мікроклімату частини салону автобуса, де розташовується мотовідсік. У зв'язку з виділенням теплоти від ДВЗ автобуса, в таких зонах салону можливі значні підвищення температури повітря.

**Ключові слова:** температура повітря, вологість, мікроклімат, ДВЗ, міський автобус.

Considering the importance of creating comfortable conditions for passenger transportation, it is necessary to investigate this problem both at the design stages and during tests. In this work, experimental studies of the rear part of the bus, where the motor compartment is located, were carried out. Due to the release of heat from the internal combustion engine of the bus, significant increases in air temperature are possible in such areas of the bus compartment.

**Key words:** air temperature, humidity, microclimate, ICE, city bus.

При значному відхиленні параметрів мікроклімату в салоні КТЗ можливий негативний вплив як на пасажирів, так і на водія. У разі порушення параметрів мікроклімату, може знизитись різкість реакції водія, підвищитись роздратованість чи втомлюваність (сонливість), в результаті чого може бути спричинене ДТП під час руху на маршруті [1].

Розглянувши існуючі компоновки двигунів міських автобусів, можна констатувати, що найбільш популярним є розташування двигуна автобуса в задньому звісі [2] зі зміщенням вліво. Деякі моделі таких автобусів, які виготовляються та є популярними у країнах східної Європи, наведено на рис. 1.



Електрон А18501



Богдан А71302



МАЗ-203



Solaris Urbino 12



Autosan M12LE



SOR NB12

Рисунок 1 - Міські автобуси типу city low-floor

В салоні автобуса зазвичай перегрів відбувається в місцях розміщення мотовідсіку [3]. Експериментально було визначено значення температур та вологості в салоні міського автобуса Електрон А18501. Вимірювання проводились влітку при температурі зовнішнього повітря приблизно 25-26°C під час руху автобуса по маршруту Скнилів (АТП №1)-Левандівка-Рясне 1 (Завод Електронмаш) у м. Львові. Схема вимірювання наведена на рис. 2.

Для зручності вимірювань салон автобуса було поділено на 4 умовні зони. В нашому випадку ми розглядатимемо результати вимірів в зонах III та IV.

В зоні III датчики температури та вологості були розміщені на рівні голови (1), голови сидячого пасажирів зліва та справа (2, 3) та на рівні ніг справа (4). В зоні IV датчики температури і вологості були розміщені на рівні голови зліва (1), рівні голови справа (2, 4) та ніг (3).

Результати вимірювань температури та вологості наведені на рис. 3а та 3б.

Температурні вимірювання проводились при сприятливій вентиляції салону, тобто, кватирки та вентиляційні люки були так відрегульовані, щоб пасажир, який знаходиться в салоні,

почував себе комфортно.

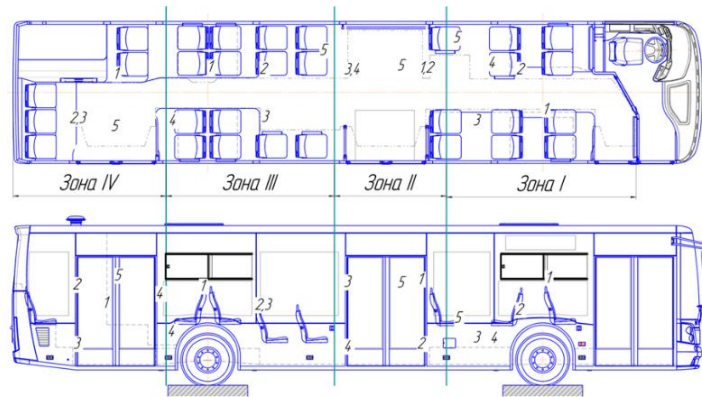


Рисунок 2 - Зони та точки розміщення вимірювальної апаратури

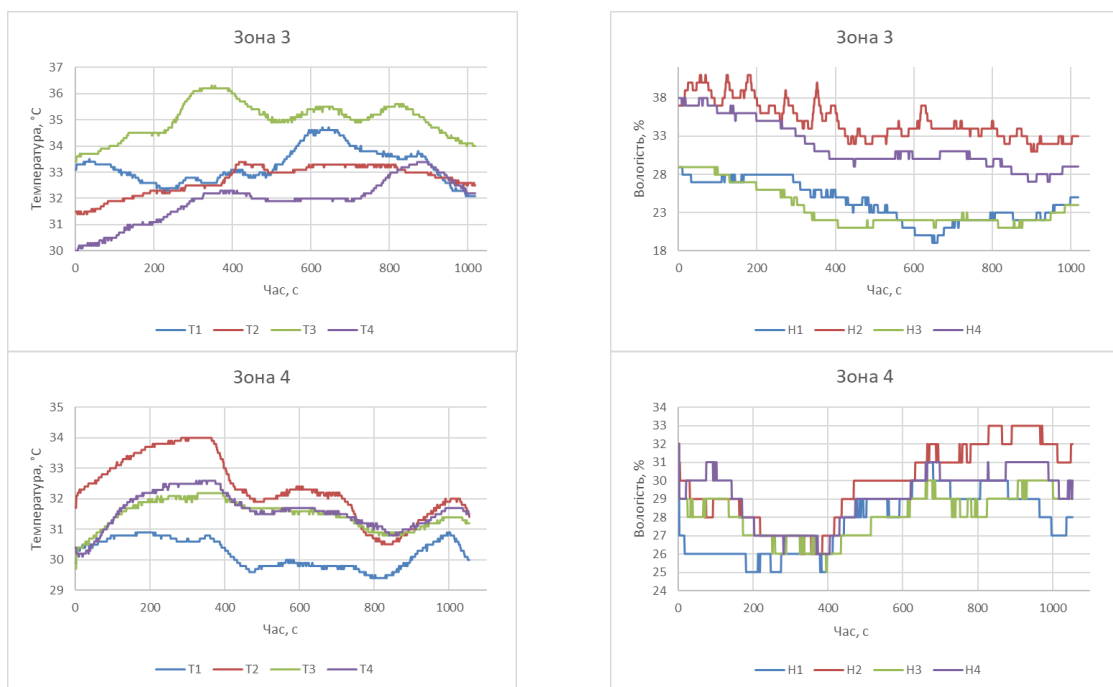


Рисунок 3 - Результати вимірювання температури і вологості

Як бачимо із рис. 3, температура повітря в зонах III та IV ні в одній точці не відповідає нормативним значенням згідно [4, 5] (становить 30-36 °С), тобто при сприятливій для пасажирів вентиляції, охолодження салону автобуса не відбувається потрібним чином, що може свідчити про недосконалість системи теплоізоляції двигуна. Вологість повітря теж не відповідає нормативним значенням й коливається в межах 25-35 %, а в деяких ділянках салону значення опускається до  $\pm 20\%$ , що є значним перевищенням норм [4, 5].

Попередній аналіз ефективності вентиляції досліджуваного автобуса типу low-floor було проведено у розрахункових середовищах Ansys Fluent та Ansys Steady State Thermal з моделюванням зон внутрішнього простору салону та так званих “input / output” вентиляційних каналів. За результатами натурної імітації руху повітряних мас визначено швидкість ламінарних потоків у характерних локаціях салону та оптимізовано архітектуру його внутрішнього простору.

Виходячи із результатів експерименту, можна зробити висновок, що даний автобус слід укомплектовувати кондиціонером та удосконалити систему природньої вентиляції, а саме: збільшити кількість кватирок та розмістити вентиляційні люки на даху автобуса, а також потрібно аналізувати теплоізоляцію мотовідсіку.

Список використаних джерел

1. Войчишин Ю.І., Круць Т.І., Зінько Р.В., Горбай О.З. Дослідження мікроклімату салону міського автобуса. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, №1 (14), 2020. С. 49-57.
2. Горбай О.З. Міцність та пасивна безпека автобусних кузовів: монографія / О.З. Горбай, К.Е. Голенко, Л.В. Крайник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки., 2013. – 276 с.
3. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Теплообмін у ДВЗ» для студентів спеціальності 142 Енергетичне машинобудування / Уклад. В.О. Пильов, О.Ю. Ліньков. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. с.
4. ASHRAE Standard 55, Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta, GA, USA, (2004).
5. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 (EN ISO 7730:2005, IDT). Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту, 2011, 74 с.

**Войчишин Юрій Іванович**, аспірант, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, [Yurii.I.Voichyshyn@lpnu.ua](mailto:Yurii.I.Voichyshyn@lpnu.ua).

**Голенко Костянтин Едуардович**, к.т.н., старший викладач, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, [kgolenko@gmail.com](mailto:kgolenko@gmail.com).

**Горбай Орест Зенонович**, професор, д.т.н., Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, [orest\\_60@yahoo.ca](mailto:orest_60@yahoo.ca).

**Yurii Voichyshyn**, postgraduate, Lviv Polytechnic National University, Lviv, [Yurii.I.Voichyshyn@lpnu.ua](mailto:Yurii.I.Voichyshyn@lpnu.ua).

**Kostyantyn Holenko**, PhD, Senior Lecturer, Khmelnytsky National University, Khmelnytsky, [kgolenko@gmail.com](mailto:kgolenko@gmail.com).

**Orest Horbay**, professor, Doctor of Engineering, Lviv Polytechnic National University, Lviv, [orest\\_60@yahoo.ca](mailto:orest_60@yahoo.ca).

УДК 629.113.004

В.П. Волков, І.В. Грицук, В.П. Кужель, Т.В. Волкова

## ІСНУЮЧІ І ПЕРСПЕКТИВНІ МОДЕЛІ ПІДТРИМКИ РОБОТОЗДАТНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Розглянуто стан і основні системні проблеми автомобільного транспорту в Україні на сучасному етапі розвитку. Показано особливості застосування стратегій і тактик сучасної системи технічної експлуатації автомобілів на автомобільному транспорті загального користування. Викладено основні принципи адаптивної системи технічного обслуговування і ремонту автомобільного транспорту. На прикладі існуючих систем на транспорті запропоновано нові технології створення інформаційних систем організаційно-функціональної підтримки процесів технічної експлуатації автомобілів на стадіях життєвого циклу.*

**Ключові слова:** *автомобільний транспорт, транспортний засіб, технічна експлуатація автомобілів, технічне обслуговування і ремонт, адаптивна система, індивідуальне технічне обслуговування, інформаційні системи.*

*The state and main systemic problems of road transport in Ukraine at the current stage of development are reviewed. Features of the application of strategies and tactics of the modern system of technical operation of cars on public road transport are shown. The main principles of the adaptive system of maintenance and repair of road transport are outlined. Using the example of existing systems in transport, new technologies for creating information systems for organizational and functional support of the processes of technical operation of cars at the stages of the life cycle are proposed.*

**Ключові слова:** *motor transport, technical operation of cars, maintenance and repair, adaptive system, individual maintenance, information systems..*

В теперішній час автомобільний парк України нараховує понад 14 млн. одиниць автомобілів (транспортних засобів (ТЗ)). Раніше і зараз роботоздатний стан ТЗ підтримувався за допомогою існуючої моделі - планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Принципові основи даної моделі підтримки ТЗ в технічно справному стані сформувалися в 1929-1933рр. у вигляді розробки та реалізації системи планово-попереджувальних ТО і Р, який неодноразово коректувався з урахуванням досвіду його застосування, зміни умов експлуатації, вдосконалення конструкції автомобіля і науково-дослідних робіт.

Сутність цієї моделі полягає в тому, що технічне обслуговування ТЗ носить профілактичний характер і здійснюється за планом, а ремонт - за потребою. Діюча модель сформувалася на базі спрощеної моделі функціонування транспортної інфраструктури: ТЗ в основному працює з прив'язкою до власного підприємству.

Поступовий розвиток нових видів перевезень призвів до збільшення часу перебування ТЗ далеко від основної виробничої бази, і, внаслідок цього, підвищувалася роль профілактичного ТО автомобілів. Тому створення гнучкої "адаптивної" системи контролю та управління технічним станом ТЗ з елементами індивідуального підходу до кожного конкретного автомобіля стало першочерговим завданням [1].

У зв'язку з застосуванням на ТЗ вбудованої бортової системи діагностування, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних технологій з'явилася можливість здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану ТЗ, що цілком дозволяє реалізувати практично будь-які завдання по виявленню та прогнозуванню його технічного стану. Це в свою чергу дозволяє перейти до адаптивної системи ТО і Р ТЗ, ключовим моментом якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і бази прогнозних моделей, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від ТЗ, її обробку і вироблення коригувальних впливів [2].

Новим прийомом сфері підтримки роботоздатного стану ТЗ є створення моделей інформаційних систем організаційно-функціональної підтримки процесів їх експлуатації, за допомогою інформаційної інтеграції: по-перше, стадій життєвого циклу ТЗ, по-друге систем

контролю його технічного стану. Це завдання може бути вирішено використанням наприклад, «систем з повною відповідальністю», типу *FADEC* (Full Authority Digital Electronic Control system) [2]. Концепція *FADEC* спрямована на створення єдиної структури з бортових систем управління робочими процесами вузлів і агрегатів, систем контролю і діагностування, систем організаційно-функціональної підтримки процесів експлуатації ТЗ, що дозволяє формувати інформаційні системи організаційно-функціональної підтримки (збору, аналізу та управління потоками інформації) процесів експлуатації, тобто дозволяє реалізувати на практиці ІПВ / CALS / PLM-технології в рамках інтелектуальних транспортних систем (*ITS*).

Прикладом використання такої моделі може бути програма *Torque*, як основа «автомобільної» концепції *FADEC*, що представляє собою перший крок до системи *FRACAS* і, відповідно ІПВ/CALS/PLM-технологій, які призначені для отримання і відображення діагностичної інформації бортової системи самодіагностування. Сьогодні вона вже «вміє» відображати поточні параметри роботи двигуна, інших систем, вузлів і агрегатів, відображати і розшифровувати «коди помилок», «стирати помилки» з електронного блоку управління, автоматично відправляти значення величин параметрів, що контролюються датчиком, в інтегроване електронне інформаційне метапространство, де протягом півроку можна подивитися не тільки поточні значення контрольованих величин в різний час, але і побачити на електронній карті весь маршрут ТЗ за цей період [3].

Для визначення рівня роботоздатності ТЗ, оцінювання спектра умов експлуатації транспорту і раціонального керування експлуатацією ТЗ в умовах *ITS*, розроблено наступне програмне забезпечення у вигляді інтелектуальних програмних комплексів (ІПК): «Віртуальний механік «*HADI-12*», «Service Fuel Eco «*NTU-HADI-12*», «MonDiaFor «*HADI-15*» і «IdenMonDiaOperCon «*HNADU-16*»».

Основні функції ІПК «Віртуальний механік «*HADI-12*» умовно поділяється на три групи: функції моніторингу, функції керування і функції зберігання інформації в умовах інформаційних можливостей *ITS* (рис.1). Він працює в межах віртуального підприємства «ХНАДУ-ТЕСА» для отримання і оцінки діагностичних параметрів ТЗ і визначення їх працездатності при експлуатації в умовах інформаційних можливостей *ITS*.

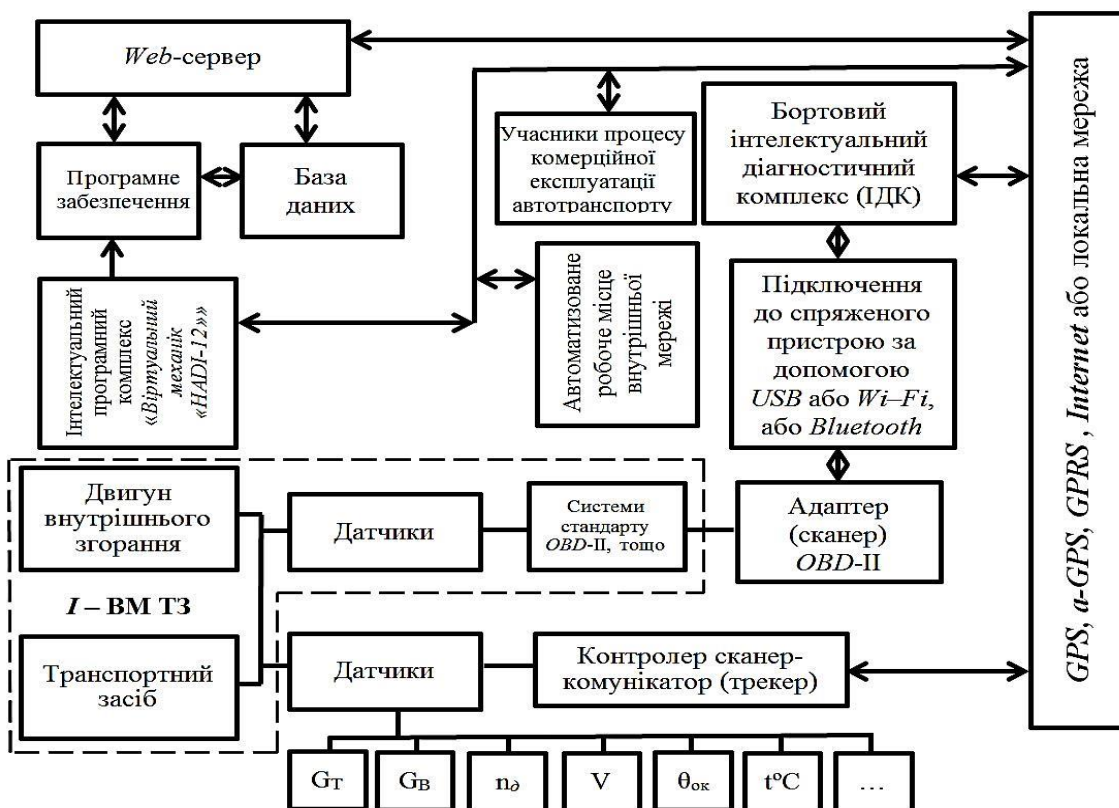


Рисунок 1 – Схема інформаційного обміну між елементами ІПК

ІПК «Service Fuel Eco «NTU-HADI-12» має повний набір функціональних можливостей ІПК «Віртуальний механік «HADI-12», а також додаткові можливості з розрахунку «Екологічних показників при експлуатації ТЗ». В основу цього ІПК покладені дослідження, які спрямовані на покращення показників паливної економічності та екологічної безпеки ТЗ.

ІПК «MonDiaFor «HADI-15» використовується при дослідженні впливу конструктивних і технологічних факторів на процеси формування оптимального температурного стану двигуна внутрішнього згорання і ТЗ „Комплексний комбінований прогрів двигуна і ТЗ”, а також моніторингу, діагностування, прогнозування параметрів технічного стану ТЗ в умовах ІТС.

Доповнений функцією прогнозування ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» використовується при здійсненні ідентифікації, моніторингу параметрів технічного стану, діагностування і прогнозування, ідентифікації умов експлуатації ТЗ в умовах ІТС [4-5].

При формуванні останньої моделі оцінки роботоздатності ТЗ покладено загальний підхід до дослідження системи «автомобіль – водій – умови експлуатації – інфраструктура експлуатації автомобіля (транспортна і автомобільних доріг), який включає в себе системну взаємодію складових компонентів моніторингу: автомобіля (ТЗ) з водієм і бортовим інформаційним комплексом (БІНК); умов експлуатації ТЗ (дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови і культура праці); транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг.

Процес моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації є процесом формування єдиної інформаційної функції, що описує взаємодію ТЗ, у вигляді параметрів технічного стану ТЗ, отриманих за допомогою БІНК; водія, що пов'язана з процесом трансформації інформації про параметри технічного стану і процесами, що залежать від фізіологічних можливостей водія, технічних даних ТЗ і ступеня їх протидії негативним впливам зовнішнього середовища; умов експлуатації ТЗ та взаємодії моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг.

#### Список використаних джерел

1. Моніторинг технічного стану автомобіля в життєвому циклі: підручник / В.П. Волков, В.П. Матейчик, І.В. Грицук та ін.; за заг. ред. проф. В.П. Волкова. – Харків : ХНАДУ, 2017. – 301 с.
2. Волков В.П. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Волков [та інш.]; – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
3. Оперативний контроль технічного стану транспортних засобів : монографія / І.В. Грицук, В.П. Волков, І. В. Худяков, Т.В. Волкова, В.П. Кужель– Харків – Херсон – Вінниця: Едельвейс і К, 2022. – 197 с. ISBN 978-617-7417-00-1.
4. Грицук І. В. Інформаційна система оперативного забезпечення нормування показників експлуатації транспортного засобу / І. В. Грицук, В. П. Волков, Є. О. Український, М. В. Володарець, В. П. Кужель, Т. В. Волкова, В. Ю. Рижова // Вісник машинобудування та транспорту 2(16) 2022 - С. 16-22.
5. Волков В.П. Стан і втілення інноваційних технологій в технічну експлуатацію транспортних засобів / Волков В.П., Грицук І.В., Кужель В.П., Волкова Т.В., Плехова Г.А. // Вісник машинобудування та транспорту 1(15) 2022 - С. 23-33.

**Волков Володимир Петрович** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: volf-949@ukr.net

**Грицук Ігор Валерійович** – д-р техн. наук, професор, професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net

**Кужель Володимир Петрович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel\_v@vntu.edu.ua

**Волкова Тетяна Вікторівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: wolf949@ukr.net

**Volkov Volodymyr** - Dr. Tech. Sciences, professor, head of the department of technical operation and service of cars, Kharkiv National Automobile and Highways University, e-mail: [volf-949@ukr.net](mailto:volf-949@ukr.net)

**Hrytsuk Ihor** - Dr. Tech. Sciences, professor, professor of the Department of Operation of Ship Power Plants, Kherson State Maritime Academy, e-mail: [gritsuk\\_iv@ukr.net](mailto:gritsuk_iv@ukr.net)

**Kuzhel Volodymyr** - Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kuzhel2017@gmail.com](mailto:kuzhel2017@gmail.com), [kuzhel\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kuzhel_v@vntu.edu.ua)

**Volkova Tetyana** - Ph.D., associate professor, associate professor of Transport Technologies, Kharkiv National Automobile and Highways University, e-mail: [wolf949@ukr.net](mailto:wolf949@ukr.net)



УДК 656.137.076:656.7(043.3)

О.А. Воронков

## ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИТРАТ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗБІЖЖЯ

Розглянуто доцільність застосування методології інженерного менеджменту застосування автотранспортних засобів при перевезенні збіжжя з урахуванням можливості оцінки ефективності технологічного процесу за енерговитрати. Запропоновано принципову схему оцінки ефективності використання автомобільних транспортних засобів при відвезенні збіжжя від комбайна.

**Ключові слова:** транспорт, засіб, збіжжя, менеджмент, енерговитрати.

*The expediency of applying the methodology of engineering management of the use of motor vehicles in the transportation of grain is considered, taking into account the possibility of evaluating the efficiency of the technological process in terms of energy consumption. A principle scheme for evaluating the efficiency of the use of motor vehicles when transporting grain from the combine is proposed.*

**Keywords:** transport, means, grain, management, energy costs.

Основне завдання будь-якого технологічного процесу у сільському господарстві – виробництво продукції з найменшими енерговитратами [1]. Досягнення цієї мети можливі різні шляхи. Технологія рослинництва передбачає певний перелік послідовних операцій, необхідні отримання кінцевого результату. Відмінною особливістю виробництва сільськогосподарської продукції є те, що існує низка обов'язкових операцій, що виконуються у суворій послідовності та виключення яких неможливе [2]. При цьому слід зазначити, що технологічний процес виробництва сільськогосподарської продукції має відбуватися в строго певні проміжки часу. Недотримання цієї вимоги призводить до того, що врожайність сільськогосподарських культур різко знижується й у кінцевому випадку робить продукцію не конкурентоздатною.

Одним із критеріїв оцінки ефективності технологічного процесу є енерговитрати [3]. З цією метою необхідно прагнути до того, щоб технологія, що використовується (пропонована) повинна бути більш ефективною, ніж існуюча, тобто. має виконуватися умова:

$$E_p = \Delta E_f = E_t - E_k \rightarrow \max, \quad (1)$$

де  $\Delta E_f$  – економія енергозатрат, МДж;  $E_t$  – енергозатрати перевезення існуючої технології виробництва сільськогосподарської продукції, МДж;  $E_k$  – енергозатрати перевезення інноваційної технології виробництва сільськогосподарської продукції, МДж.

Як зазначалося раніше технологічний процес виробництва сільськогосподарської продукції передбачає необхідний перелік операцій, виконуваних у певній послідовності. Виконання умови  $E_p \rightarrow \min$  можливе за рахунок використання транспортних засобів, здатних поєднувати одночасно ряд операцій, що зрештою обмежується лише потужністю транспортного засобу. В загальному випадку баланс потужності  $N_e$  довольного автотранспортного засобу, як енергетичного засобу, можна визначити за наступним виразом:

$$N_e = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \quad (2)$$

де  $N_1$  – тягова потужність, кВт;  $N_2$  – потужність, яка витрачається на механічні втрати в трансмісії;  $N_3$  – потужність, яка витрачається на буксування, кВт;  $N_4$  – потужність, яка витрачається на подолання опору руху автотранспортного засобу, кВт.

При цьому складові балансу потужності можна визначити:

- потужність, яка витрачається на подолання опору руху автотранспортного засобу, кВт, дорівнює:

$$N_4 = 10^{-4} \cdot f \cdot G_t \cdot V_{tr} \cdot (1 - \delta), \quad (3)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору коченню;  $G_t$  – вага автотранспортного засобу, Н;  $V_{tr}$  – швидкість автотранспортного засобу, м/с;  $\delta$  – коефіцієнт буксування.

- потужність, яка витрачається на механічні втрати в трансмісії при постійному завантаженні двигуна, прийнято вважати величиною постійною:

$$N_2 = N_e \cdot (1 - \eta_{tr}), \quad (4)$$

де  $\eta_{tr}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії.

- потужність, яка витрачається на буксування можна визначити за наступним виразом:

$$N_3 = N_e \cdot \delta, \quad (5)$$

З виразу (1) випливає, що виконання зазначеної умови можливе за:

$$N_1 = N_e - N_2 - N_3 - N_4 \rightarrow \max, \quad (6)$$

Збільшення тягової потужності  $N_1$  можна досягти рахунок зниження потужності, витрачається на буксування, тобто. рахунок підвищення тягово-зчіпних властивостей транспортного засобу. Загалом оцінку використання транспортного засобу з погляду енерговитратності зробимо через запровадження коефіцієнта ефективності використання транспортного засобу (рис. 1).

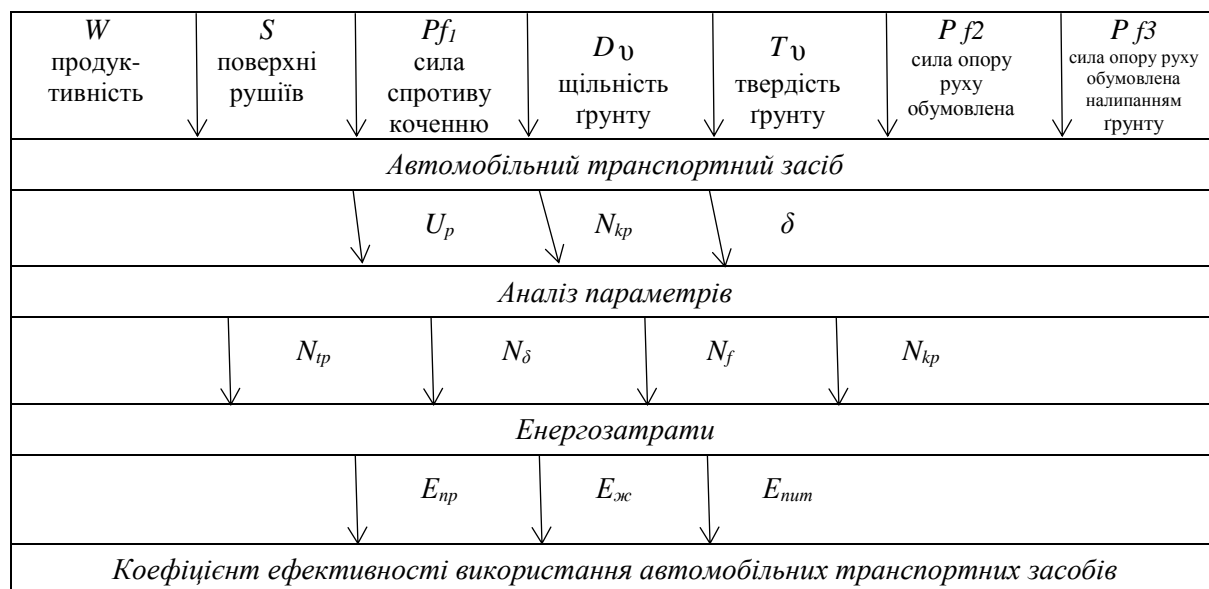


Рисунок 1 – Схема оцінки ефективності використання автомобільних транспортних засобів при відвезенні збіжжя від комбайна

Таким чином, використання інноваційних підходів механізмів інженерного менеджменту застосування автотранспортних засобів при перевезенні збіжжя в технології виробництва сільськогосподарських культур за ефективністю буде виправдано за умови дотримання (6).

#### Список використаних джерел

1. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Troyanovskaya I. P., Sokolova V. A. (2021). Change of technical condition and productivity of grain harvesters depending on term of operation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 720, pp. 012110. doi.org/10.1088/1755-1315/720/1/012110.
2. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Berezova L. V., Timofeev E. V., Kalimullin M. N., Sokolova V. A. (2021). Conceptual bases of system technology of designing of logistic schemes of harvesting and transportation of grain crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 723, pp. 032032. doi.org/10.1088/1755-1315/723/3/032032.
3. Kuzmich I. M., Rogovskii I. L., Titova L. L., Nadtochiy O. V. (2021). Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 677, pp. 052002. doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002.

**Воронков Олексій Андрійович** – аспірант, Відокремлений структурний підрозділ "Фаховий коледж інженерії, управління та землевпорядкування Національного авіаційного університету», м. Київ, e-mail: voronkov.oleksii@kitz.nau.edu.ua.

**Voronkov Oleksiy Andriyovych** – post graduate student, Separate Structural Division "Specialist College of Engineering, Management and Land Management of the National Aviation University", Kyiv, e-mail: voronkov.oleksii@kitz.nau.edu.ua.

УДК 629.113.52

О.О. Галушак, Д.О. Галушак, В.О. Кириченко

## ПОЛПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНІВ МУНІЦИПАЛЬНИХ АВТОБУСІВ ВИКОРИСТАННЯМ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

*Використання біодизельного палива або його суміші з дизельним дає можливість функціонування автомобільних перевезень України в умовах дефіциту імпортованого палива. В роботі наведено вплив використання біодизельного палива на робочі процеси в циліндрах двигуна. Наведена доцільність використання суміші дизельного та біодизельного палива для муніципальних автобусів міста Вінниця.*

**Ключові слова:** біодизель, дизель, паливна суміш, паливо, автобус, робочі процеси.

*Ukraine in conditions of shortage of imported fuel. The effect of the use of biodiesel fuel on the working processes in the engine cylinders is given in the paper. The expediency of using a mixture of diesel and biodiesel fuel for municipal buses of the city of Vinnytsia is indicated.*

**Keywords:** biodiesel, diesel, fuel mixture, fuel, bus, working processes.

В умовах війни впровадження альтернативних видів палив, виробництво яких можливе безпосередньо в Україні стає досить актуальним. Це дає можливість бути незалежним в питаннях забезпечення паливом. Сировиною для виробництва біодизельного палива є різні олії, зокрема відпрацьовані рослинні олії та тваринні жири. Тому, можна сказати, що сировина розосереджена по всій країні. Для підвищення ефективності використання біодизельного палива доцільно створювати на базі великих споживачів палива власні виробництва, що надасть можливість створення нових робочих місць та зменшить залежність від імпортованих енергоносіїв.

Для підвищення експлуатаційних показників двигунів встановлених на муніципальні автобуси, доцільно обирати біодизельне паливо або його суміш з дизельним. Автобуси з дизельними двигунами складають близько 75% від усього автопарку, який експлуатується на маршрутах громадського транспорту Вінниці, а саме Богдан А70130, Богдан А70110, Богдан А70132 та ЛАЗ-А183 D1. Це свідчить про великий потенціал використання біодизельного палива на підприємстві.

При використанні біодизельного палива необхідно забезпечувати ефективне протікання робочих процесів в циліндрах двигуна, що дасть можливість покращити його експлуатаційні показники. Біодизельне паливо відноситься до екологічних видів палива, при використанні якого значно зменшується кількість шкідливих викидів відпрацьованих газів: CO – на 12 %, CnHm – на 35 %, PM – на 36 %, сажа – на 50 %. Тому з екологічної точки зору, доцільно використовувати біодизельне паливо в міста, де велика густина населення. Ефективним є використання на великих транспортних засобах, які експлуатуються в межах міста, зокрема на муніципальних автобусах.

Розглянемо вплив використання біодизельного палива на протікання робочих процесів дизеля. Аналіз фізико-хімічних властивостей біодизельного палива показав, що вони практично не впливають на такти впуску, стиснення та випуску; найбільший вплив здійснює на такт згоряння і розширення.

На такті стиснення створюються сприятливі умови для займання робочої суміші. У дизелях температура в кінці стиснення забезпечується на рівні 600 – 700°C. Таким чином, в циліндрах двигуна створюються сприятливі умови для гарантованого займання біодизельного палива.

Під час такту згоряння і розширення відбувається згоряння паливо-повітряної суміші та розширення продуктів згоряння. Тривалість такту можна розділити на декілька фаз: період утворення зон горіння, або період затримки самозаймання; період розповсюдження полум'я по об'єму горіння, або період швидкого горіння; період горіння, або період повільного горіння; розширення робочих газів.

Для визначення впливу фізико-хімічних властивостей біодизельного палива на такті згоряння і розширення потрібно проаналізувати особливості протікання кожної фази такту окремо. Процес зміни тиску в циліндрі двигуна, залежно від кута п.к.в., наведено на розгорнутій індикаторній діаграмі (рис. 1).

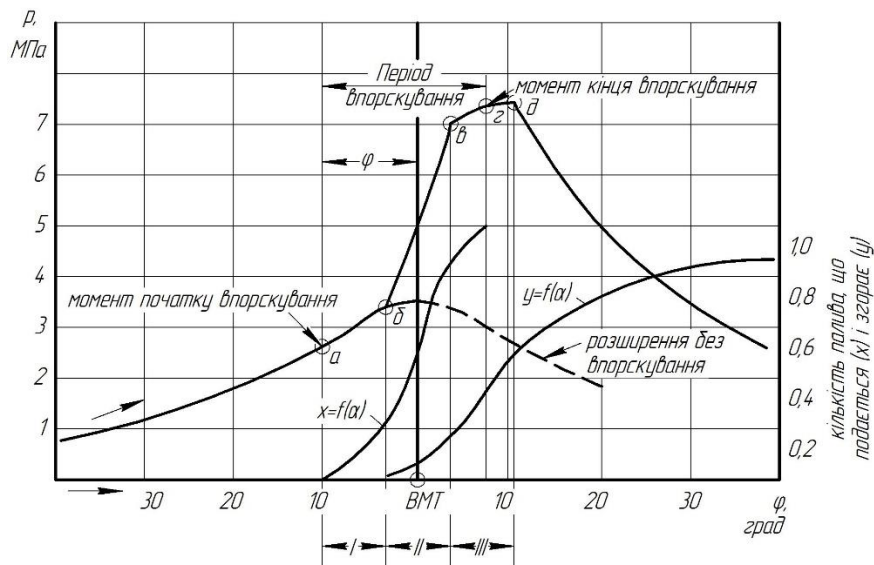


Рисунок 1 – Розгорнута індикаторна діаграма дизеля

На діаграмі наведені фази протікання такту згорання і розширення:

1. перша фаза (від точки *a* до точки *б*) – період утворення зон горіння, або період затримки самозаймання;
2. друга фаза – (від точки *б* до точки *в*) – період розповсюдження полум'я по об'єму горіння, або період швидкого горіння;
3. третя фаза – (від точки *в* до точки *д*) – період горіння, або період повільного горіння;
4. четверта фаза – (від точки *д* до початку відкриття випускних клапанів) – період розширення робочих газів.

При використанні біодизельного палива період передполуменевої підготовки зменшується, кількість палива, що пройшло передполуменеву підготовку, також зменшується. Використання біодизельного палива зумовлює погіршення дрібності розпилювання, відповідно, і тривалість протікання періоду швидкого згорання палива збільшиться.

Середній діаметр крапель впорскуваного біодизельного палива збільшується, що зумовлює збільшення періоду повільного згорання. Частина палива догорає в процесі розширення: чим довше воно догорає, тим гірші характеристики двигуна (збільшується доля тепла, що передається в системи охолодження та випуску відпрацьованих газів).

Отже, з проведеного аналізу протікання робочих процесів дизеля видно, що тривалість горіння палива є основним показником, який змінюється при переведенні двигуна автомобіля на роботу на біодизельному паливі або його суміші з дизельним.

Було встановлено, що для забезпечення ефективного протікання робочих процесів в циліндрах двигунів, без внесення будь-яких змін в конструкцію муніципальних автобусів доцільно використовувати суміш дизельного та біодизельного палива з вмістом біодизельного палива до 25%. В такому випадку зростання витрати суміші палив складає до 11,3 %, а економія коштів на придбання палива до 21 %.

#### Список використаних джерел

1. Поляков А. П. Математична модель системи «Двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив» / А.П. Поляков, О.О. Галушак // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ" – Луцьк, 2014. – Випуск №45. – С. 438-443.
2. Мельник, В. М. Дослідження впливу кута розпилення на експлуатаційні показники роботи двигуна при використанні біодизельного палива / В. М. Мельник, Т. Й. Войцехівська, М. М. Штих // Нафтогазова енергетика. - 2021. - № 1. - С. 60-66.
3. Атамась А.І. Підвищення екологічних показників дизельного автомобіля під час використання біодизельного палива / А.І. Атамась, В.Ф. Шапко, С.В. Шапко // Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. – Кременчук, 2012. – №3. – С. 126-130.

*Галушак Олександр Олександрович* – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [galushchak.gs@vntu.edu.ua](mailto:galushchak.gs@vntu.edu.ua).

*Галушак Дмитро Олександрович* – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [galuschak.d@gmail.com](mailto:galuschak.d@gmail.com).

*Кириченко Владислав Олегович* – студент гр. 2АТ-22м, кафедра автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [kyrytchenko.vlad@gmail.com](mailto:kyrytchenko.vlad@gmail.com).

*Oleksandr HALUSHCHAK* – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [galushchak.gs@vntu.edu.ua](mailto:galushchak.gs@vntu.edu.ua).

*Dmytro GALUSHCHAK* – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [galuschak.d@gmail.com](mailto:galuschak.d@gmail.com).

*Vladyslav KYRYCHENKO* - student of 2AT-22m, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kyrytchenko.vlad@gmail.com](mailto:kyrytchenko.vlad@gmail.com).

УДК 656:338

## Д.В. Голуб, В.В. Аулін, А.С. Замуренко, Р.П. Кічура, О.В. Ювженко, А.В. Плечун

### ПОБУДОВА ТЕОРЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЬНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ

Розглянуто в загальному вигляді властивості і відповідні реакції транспортної системи. З'ясовано, що підтримка стійкого стану системи буде найважливішою функцією управління. Наведено опис стану і наповнення інфраструктури транспортної системи. Виділено чотири основних складові управління транспортною системою та наведено їх опис.

**Ключові слова:** транспортна система, управління, модель, стійкий стан, рухомий склад, транспортний потік.

*The properties and corresponding reactions of the transport system. It was found that maintaining a steady state of the system will be the most important function of management. A description of the state and filling of the infrastructure of the transport system is given. Four main components of transport system management are identified and their description is provided.*

**Keywords:** transport system, management, model, steady state, rolling stock, transport flow.

Відомо, що управління створює нові системні властивості - динамічні резерви. По суті, ефективність управління можна оцінювати розміром сумарних динамічних резервів [1]. Проте, якщо давати визначення транспортної системи (ТС) як об'єкту, який АКТИВНО підтримує себе при руйнівній дії зовнішнього середовища, зрозумілим є те, що підтримка стійкого стану буде найважливішою функцією управління. Розглянемо в загальному вигляді цю властивість і відповідні реакції ТС, управління в якій значною мірою спрямоване на підтримку її стійкого стану.

У загальному випадку стан  $S(t)$  описується як:

$$S(t) \equiv (\tilde{S}(t), \bar{S}(t)), \quad (1)$$

де  $\tilde{S}(t)$  - стан інфраструктури;

$\bar{S}(t)$  - наповнення інфраструктури, тобто потоки в мережі і рухомий склад (РС) в міжопераційних простоях.

Транспортна система, може бути представлена в загальному вигляді з каналів і бункерів [2]. У цій потоковій моделі відображені основні етапи руху транспортних потоків (рис. 1).

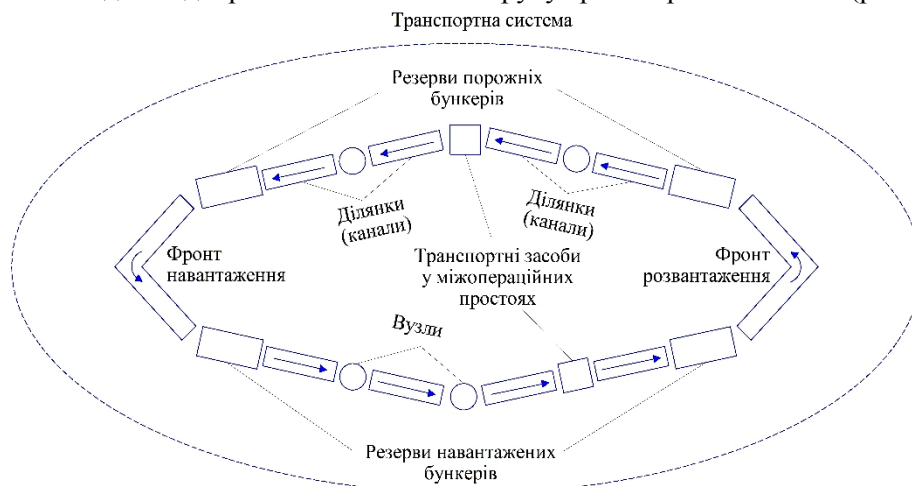


Рисунок 1 - Представлення потокової моделі ТС у вигляді мережі з каналів і бункерів

Стан і наповнення інфраструктури може бути описані таким чином:

- стан інфраструктури

$$\tilde{S}(t) \equiv (\{U_i(t)\}, \{Q_j(t)\}), \quad (2)$$

де  $U_i(t)$  - пропускна спроможність каналу у момент  $t$ ;

$Q_j(t)$  - місткість бункера.

- наповнення інфраструктури

$$\vec{S} \equiv (\{u_i(t)\}, \{q_j(t)\}), \quad (3)$$

де  $u_i(t)$  - потік в  $i$ -му каналі;

$q_j(t)$  - наповнення  $j$ -ого бункера.

Стійкий стан ТС розумітимемо в звичайному для теорії управління сенсі, коли мала дія не призводить до великих відхилень стану і не веде до катастрофічних наслідків [3,4]. Тобто стійкий стан - це точка в  $n$ -мірному просторі, задана  $n$  параметрами (позначимо їх із зірочкою "\*\*").

$$S^*(t) \equiv (\{U_i^*(t)\}, \{Q_j^*(t)\}, \{u_i^*(t)\}, \{q_j^*(t)\}), \quad (4)$$

У стійкому стані система працює з погодженими технологічними параметрами (величина потоків і число рухомого складу (РС), шляхів сполучення та ін.) в стійкому стані  $S^*(t)$  параметри системи знаходяться досить далеко від «небезпечних» меж.

а) для інфраструктури:

$$\begin{aligned} \forall i | \underline{U}_i \leq U_i \leq \bar{U}_i, \\ \forall j | \underline{Q}_j \leq Q_j \leq \bar{Q}_j. \end{aligned} \quad (5)$$

б) для наповнення:

$$\begin{aligned} \forall i | \underline{u}_i \leq u_i(t) \leq U_i(t), \\ \forall j | \underline{q}_j(t) \leq q_j(t) \leq Q_j(t). \end{aligned} \quad (6)$$

Стан інфраструктури визначається сукупністю станів її елементів.

$$U_i(t) \equiv (\{s_i^{шлях}(t)\}, \{s_i^{авт}(t)\}, s_i^{зочн}(t)), \quad (7)$$

де  $s_i^{шлях}(t)$  - стан шляхового господарства;

$s_i^{авт}(t)$  - стан облаштувань автоматики і зв'язку;

$s_i^{зочн}(t)$  - стан праку РС, включаючи розташування транспортних засобів (ТЗ) в резерві.

$$Q_i(t) \equiv (\{s_i^{шлях}(t)\}, \{s_i^{авт}(t)\}). \quad (8)$$

Враховуючи попередній матеріал, можна підійти до розуміння реакцій ТС на відхилення її стану від стійкого. По суті, управління в цілому матиме чотири основних складових:

1)  $\tilde{Y} \equiv \{\tilde{y}_k\}$  - спрямоване на підтримку стану інфраструктури, близького до стійкого,

де  $\tilde{y}_k$  - рішення по підтримці, відповідно, шляхового господарства, облаштувань автоматики і зв'язку, парку РС, у тому числі перекидання ТЗ з резервів.

2)  $\tilde{Y} \equiv \{\tilde{y}_n\}$  - рішення по підтримці ритмів роботи мережі шляхів сполучення.

3)  $\tilde{Y} \equiv \{\tilde{y}_m\}$  - рішення по управлінню вантажопотоками. Бо  $u_i(t) \equiv \{\tilde{u}_i^i(t)\}$ ,

де  $\tilde{u}_i^i(t)$  - струмінь вантажопотоку. Так що при одному і тому ж потоці  $u_i(t)$  на ділянці безліч вантажних струменів  $\tilde{u}_i^i(t)$  може бути різним.

4)  $\tilde{Y} \equiv \{\tilde{y}_p\}$  - управління потоками порожнього РС, оскільки даний потік  $u_i(t)$  може

складатися з різних струменів ТЗ  $u_q^i(t)$ , тобто:  $u_i(t) \equiv \{u_q^i(t)\}$ .

Таким чином, знаючи параметри стійкого стану і спостерігаючи в процесі моніторингу істотне відхилення від нього за деякими параметрами у бік «небезпечних» меж, можна чекати керуючої реакції ТС по віддаленню її стану від них. Аналіз може показати наскільки в цьому

плані є успішною диспетчеризація, а також наскільки широкий спектр реакцій, тобто технологічних прийомів для забезпечення необхідної адаптивності системи в динамічних умовах.

Список використаних джерел

1. Голуб Д.В. Теоретична модель транспортної системи як сукупності взаємодіючих і взаємоперетворюючих елементів та підсистем. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. Вип. 5(36). Ч.2 С. 324-334.
2. Голуб Д.В. Підвищення ефективності управління технологічним процесом доставки на основі аналізу статичних та динамічних резервів транспортної системи. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. Вип. 7(38). Ч.1. С. 214-221.
3. [Makarova I.](#), [Khabibullin R.](#), [Belyaev E.](#), [Mavrin V.](#) Increase of City transport system management efficiency with application of modeling methods and data intellectual analysis. Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives, 2016. Vol. 32. P. 37-80.
4. Дивак М.П., Порплиця Н.П., Дивак Т.М. Ідентифікація дискретних моделей динамічних систем з інтервальними даними: монографія. – Тернопіль: ВПЦ «Економічна думка ТНЕУ», 2018. – 220 с.

*Голуб Дмитро Вадимович* – к.т.н., доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [Dimchik529@gmail.com](mailto:Dimchik529@gmail.com)

*Аулін Віктор Васильович* – д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [AulinVV@gmail.com](mailto:AulinVV@gmail.com)

*Замуренко Артем Сергійович* – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [artemzamurenko@gmail.com](mailto:artemzamurenko@gmail.com).

*Кічура Руслан Петрович* – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [romnik83@ukr.net](mailto:romnik83@ukr.net).

*Ювженко Олександр Володимирович* – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [40101001@gmail.com](mailto:40101001@gmail.com).

*Плечун Андрій Володимирович* – магістрант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [ap84373@gmail.com](mailto:ap84373@gmail.com).

*Golub Dmitry* – Ph.D. Assoc. Prof, Associate Professor, Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [dimchik529@gmail.com](mailto:dimchik529@gmail.com).

*Aulin Viktor* – Dr. Prof., Professor, Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [AulinVV@gmail.com](mailto:AulinVV@gmail.com).

*Zamurenko Artem* – getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [artemzamurenko@gmail.com](mailto:artemzamurenko@gmail.com).

*Kichura Ruslan* - getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [romnik83@ukr.net](mailto:romnik83@ukr.net).

*Yuvzenko Oleksandr* - getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [40101001@gmail.com](mailto:40101001@gmail.com).

*Plechun Arii* – getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [ap84373@gmail.com](mailto:ap84373@gmail.com).



УДК 656.072

П.Ф. Горбачов, М.В. Прохорчук

**АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ СПЕЦІАЛЬНОЇ АВТОБУСНОЇ СМУГИ НА ЗАГАЛЬНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТ**

*Розглянуто дослідження впливу спеціальної автобусної смуги на характеристики загального транспортного потоку. Виявлено її вплив на загальний транспортний потік в залежності від значення рівня завантаження. Запропоновано підхід до зниження негативного впливу впровадження автобусної смуги на рух інших транспортних засобів*

**Ключові слова:** спеціальна автобусна смуга, рівень завантаження, транспортний потік, середня швидкість, затримки в русі на перехресті

The study considers the impact of a dedicated bus lane on the characteristics of the general traffic flow. It shows its influence on the general traffic flow, depending on the loading level of traffic. An approach to reducing the negative impact of a dedicated bus lane on the movement of other vehicles is proposed.

**Keywords:** dedicated bus lane, load level, traffic flow, average speed, traffic delays at the intersection

З огляду на сучасні темпи зростання міст в Україні, існує потреба в підвищенні ефективності роботи громадського транспорту. Одним із можливих підходів до покращення роботи системи пасажирських перевезень є використання відокремлених автобусних смуг. Відокремлені смуги надають автобусам можливість уникати заторів і конфліктів з іншими транспортними засобами на звичайних смугах та підвищують надійність автобусного сполучення. Впровадження цих смуг може допомогти підвищити привабливість громадського транспорту для потенційних користувачів, тим самим заохочуючи перехід від використання приватних транспортних засобів до автобусів. Але в окремих ситуаціях пріоритет громадського маршрутного транспорту занадто обмежує дорожні ресурси для інших транспортних засобів, що може призводити до перевантаженості дорожньої мережі у відповідні періоди. Тож при облаштуванні проїзної частини автобусною смугою слід враховувати можливість виникнення заторів на загальних смугах руху.

Вплив впровадження автобусної смуги на ефективність роботи транспортної системи міста є об'єктом дослідження багатьох вчених. Результати досліджень висвітлюють як позитивний, так і негативний ефект від впровадження автобусної смуги. Аналіз проведених досліджень свідчить про те, що отримання позитивного ефекту від впровадження автобусної смуги досягається лише при дотриманні певних умов. Так, наприклад, в роботі вчених американського університету в Шардже ОАЕ [1] було досліджено транспортні потоки на перехресті при введенні автобусної смуги. В дослідженні було розглянуто варіанти з низьким, помірним, високим та дуже високим рівнем завантаження, прийняті різні відсотки для наскрізних і поворотних рухів ліворуч, починаючи від 70% прямо – 20% ліворуч до 40% прямо – 50% ліворуч з фіксованим коефіцієнтом 10% правого повороту. Дослідження було виконане в програмі VISSIM, яка дозволяє розробити модель руху транспортного потоку [2]. Модель дозволила дослідити вплив автобусної смуги на швидкість руху автобусів та інших транспортних засобів, затримки на перехресті. Результати свідчать про те, що при низькому рівні завантаження автобусна смуга майже не впливає на рух інших транспортних засобів, але по мірі зростання коефіцієнта завантаження за наявності автобусної смуги рух на інших полосах починає сповільнюватись та збільшується час затримок на перехресті. Вплив автобусної смуги на швидкість руху на інших полосах та затримки на перехресті проілюстровано на рис. 1, 2 [1].

Вплив автобусної смуги на середню швидкість інших транспортних засобів на суміжних смугах наведено на рис. 1. Середня швидкість транспортних засобів у змішаному потоці починає значно зменшуватись, коли рівень завантаження дорівнює 0,95 або більше, оскільки транспортні засоби намагаються маневрувати з однієї смуги на іншу для об'їзду інших транспортних засобів. За наявності автобусної смуги на основній проїзній частині середня швидкість починає

знижуватись при значенні коефіцієнта завантаження 0,75 або більше, що ілюструє негативний ефект впровадження автобусної смуги на загальний транспортний потік. Це падіння відбувається з набагато вищою швидкістю через зменшення доступного простору для маневрів, і як результат інші транспортні засоби рухаються з дуже низькою швидкістю.

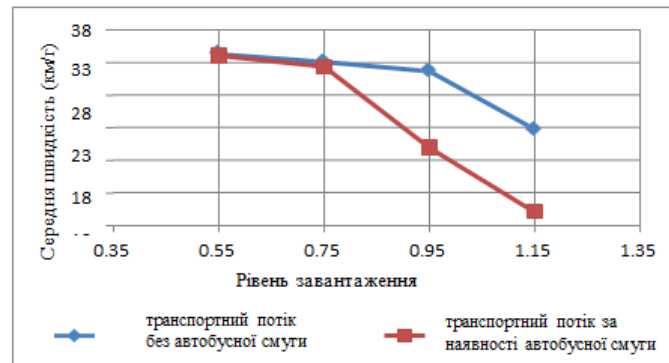


Рисунок 1 – Вплив автобусної смуги на середню швидкість загального транспортного потоку

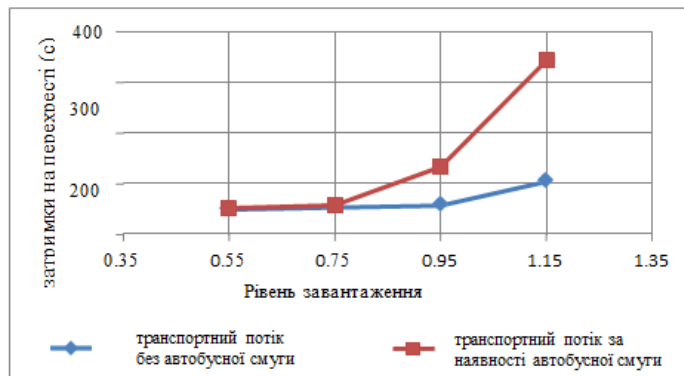


Рисунок 2 – Вплив автобусної смуги на затримки транспортних засобів на перехресті

Аналогічна ситуація спостерігається і з затримками в русі при проїзді перехрестя. При незначному рівні завантаження автобусна смуга майже не впливає на час затримок інших транспортних засобів, але коли рівень завантаження досягає значень, близьких до 1, час затримки збільшується майже втричі (рис. 2).

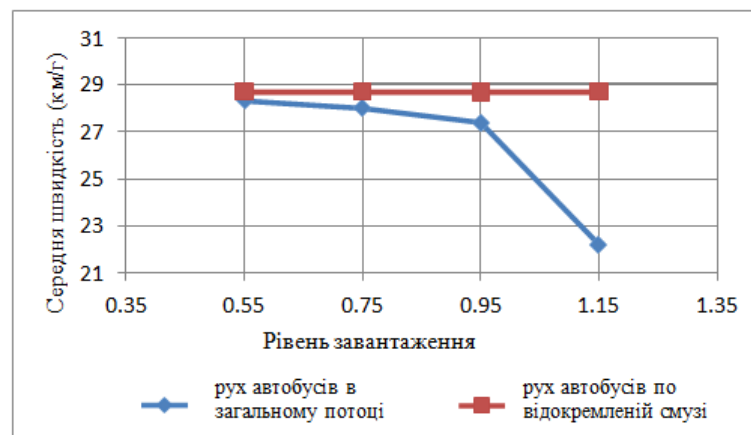


Рисунок 3 – Середня швидкість автобусу в загальному транспортному потоці та на окремії смугі

Однак для руху пасажирського транспорту впровадження окремої смуги має однострійно позитивний ефект. Максимальне скорочення часу подорожі автобуса при різних значеннях рівня завантаження досягає 20 хвилин [1], це відбувається за рахунок того, що при різних значеннях рівня завантаження середня швидкість автобусів по відокремленій полосі не змінюється. Залежність середньої швидкості автобусів від рівня завантаження у змішаному потоці та на окремій полосі наведена на рис. 3.

Таким чином, з огляду на сучасні дослідження, можна зробити висновок, що при впровадженні на проїзній частині окремих смуг для пасажирського транспорту слід враховувати їх можливий негативний вплив на загальний транспортний потік. Одним з варіантів рішень для запобігання заторів на дорогах з автобусною смугою може бути обмеження часу її дії в години пік, але цей захід вимагає застосування динамічних дорожніх знаків і високого рівня дисципліни від водіїв, що може стати на заваді його застосування в нашій країні. Іншим шляхом зниження негативного впливу окремих смуг пасажирського транспорту на пропускну спроможність мережі є обмеження їх застосування в зоні перехресть. Так як вони є критичними елементами вулично-дорожньої мережі міст, які забезпечують взаємодію конкуруючих транспортних і пішохідних потоків, підвищення їх пропускну спроможності означає покращення умов руху на мережі в цілому. Для цього необхідно детально дослідити взаємодію громадського і індивідуального транспорту в зоні регульованих перехресть та обґрунтувати раціональні параметри їх планування.

#### Список використаних джерел

1. Akmal Abdelfatah, Amro R. Abdulwahid American University of Sharjah Impact of exclusive bus lanes on traffic performance in urban areas, 2017.
2. Вікович, І. А. Моделювання попиту на індивідуальний та громадський транспорт з використанням програмного забезпечення VISUM [Текст] / І. А. Вікович, Р. М. Зубачик // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля: науковий журнал. – 2012. – № 6 (177), Ч. 1. – С. 193–203.

**Горбачов Петро Федорович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харківській національній автомобільно-дорожній університету, м. Харків, e-mail: gorbachov.pf@gmail.com

**Прохорчук Марина Володимирівна** – викладач спецдисциплін, Відокремлений структурний підрозділ «Житомирський автомобільно-дорожній фаховий коледж» Національного транспортного університету, м. Житомир, e-mail: maribel.dictu@gmail.com

**Peter Horbachov** – Ph.D, professor, the head of Department of Transport Systems and Logistics, Faculty of Transportation Systems, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: gorbachov.pf@gmail.com

**Marina Prochorchuk** – teacher, Separate structural unit “Zhytomyr Automobile and Highway Professional College of National Transport University», Zhytomyr e-mail: maribel.dictu@gmail.com

УДК 656.13

В.М. Дембіцький, О.В. Клехо

## АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СТАНЦІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Здійснено аналіз структури станцій технічного обслуговування автомобілів, з врахуванням сучасних підходів та технологій в сфері надання послуг з технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Запропоновано шляхи формування раціональної структури станцій технічного обслуговування, забезпечення високої якості надання послуг та високого рівня задоволеності замовників.

**Ключові слова:** станція технічного обслуговування, автомобіль, структура, приміщення, клієнти.

*An analysis of the structure of car maintenance stations was carried out, taking into account modern approaches and technologies in the field of car maintenance and repair services. Ways of forming a rational structure of technical service stations, ensuring high quality of service provision and a high level of customer satisfaction are proposed.*

**Keywords:** service station, car, structure, premises, customers.

Протягом останніх кількох років в Україні досить великими темпами розвиваються мережі різноманітних автосервісних підприємств, в тому числі активно розвиваються станції технічного обслуговування автомобілів (СТО). За даними [1], у 2019 році в Україні нараховувалося близько 12000 СТО, але це без врахування гаражних пунктів технічного обслуговування, які, здебільшого працюють напівлегально. У роботах [2, 3] відмічається, що кількість станцій технічного обслуговування в Україні є вкрай малою, порівняно з країнами Європи. В основному в Україні переважають малі та середні СТО. Також варто відзначити, що якість виконуваних робіт на таких підприємствах, є досить низькою, оскільки не належним чином фінансується матеріально-технічна база, підвищення кваліфікації персоналу, тощо. У роботі [4] автор розглядає різні фактори, які впливають на функціонування СТО (рис. 1).

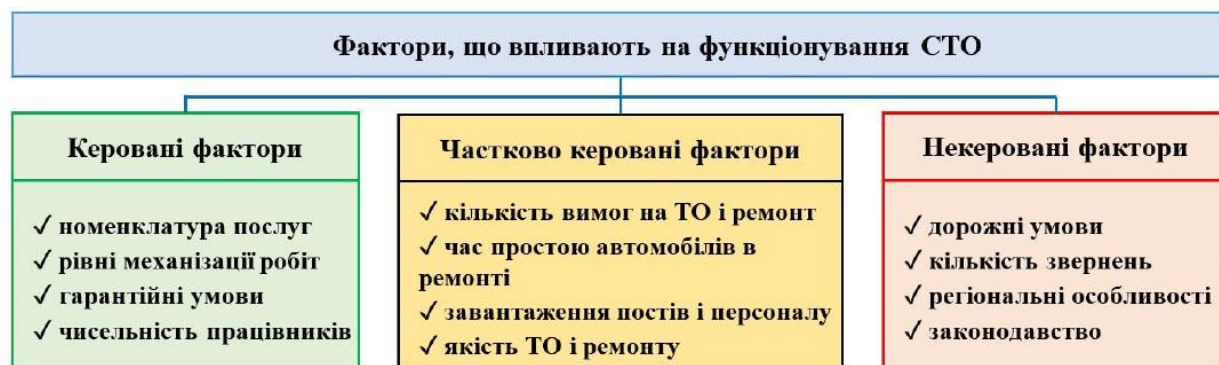


Рисунок 1 – Розподіл факторів, які впливають на функціонування СТО, згідно [4]

Аналіз факторів, наведених на рисунку 1 демонструє, що фактично дві групи факторів: керовані та частково керовані взаємопов'язані зі структурою станції технічного обслуговування автомобілів.

Структура сучасної станції технічного обслуговування автомобілів складається з трьох груп підрозділів (рис. 2):

- виробничі підрозділи, в які входять виробничі та допоміжні пости, виробничі відділення, дільниці;
- адміністративні підрозділи – приміщення для адміністрації підприємства, працівників відділів, служб;
- сервісні приміщення – склади, приміщення для клієнтів, технічні приміщення, побутові приміщення.

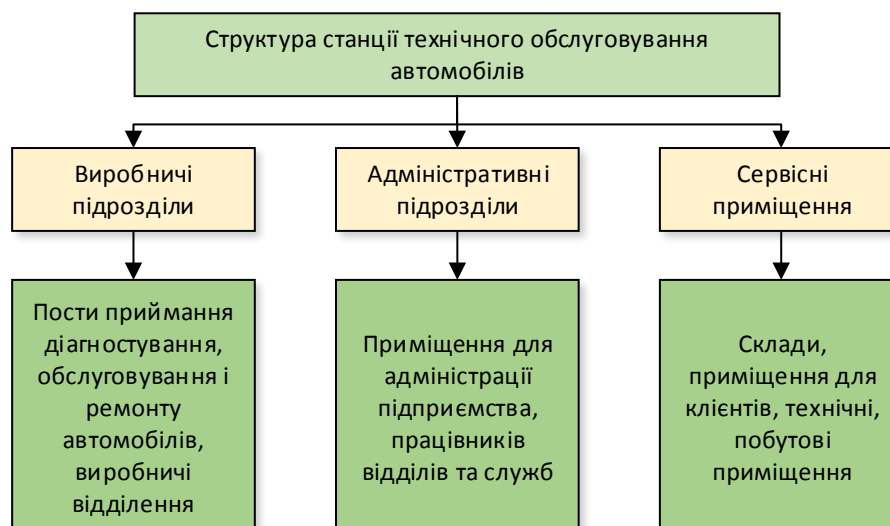


Рисунок 2 – Структура сучасної СТО

Площі виробничих приміщень безпосередньо залежать від кількості заявок на обслуговування і ремонт, часу простою автомобілів в черзі, ТО, ремонті, номенклатури та виду послуг. З іншої сторони, нормативи на проектування станцій технічного обслуговування є застарілими та не враховують особливостей технологічних процесів технічного обслуговування і ремонту сучасних автомобілів, застосовуваного обладнання, тощо. Фактично визначення раціональних площ даної групи приміщень повинно базуватися саме на технологічному процесі до якого підібране все необхідне устаткування. Наприклад: визначення площ виробничих відділень можливе двома методами: за кількістю працівників або за площею устаткування. Саме обладнання для ремонту є визначальним в даному випадку, оскільки більшість вузлів, систем та агрегатів ремонтується заміною елементів, тому процес ремонту фактично зводиться до виконання розбирально-збиральних робіт.

Площі для групи адміністративних приміщень визначаються виключно залежно від кількості працівників та структурної схеми управління підприємством. В свою чергу структурна схема управління підприємством визначається розподілом функцій та обов'язків між окремими підрозділами або відповідальними працівниками.

Найбільш цікавою з точки зору оптимізації площі є група сервісних приміщень. Площі складських приміщень залежать від номенклатури товарів, які повинні в них зберігатися, з іншої сторони, дослідження, проведені на СТО м. Луцьк, свідчать, що фактично станції технічного обслуговування на складах зберігають мінімальну кількість найбільш ходового товару, або запасні частини, які використовуються під час нетрудомістких робіт. Це зумовлено розвитком ринку постачання запасних частин в Україні. Наприклад, в межах обласного центру, запчастина до 90 % автомобілів можуть бути доставлені протягом однієї години.

Приміщення для клієнтів передбачаються площею 9...12 м<sup>2</sup> на один робочий пост для міських СТО [2]. Тобто станція технічного обслуговування з кількістю постів 10 повинна мати приміщення для клієнтів площею 90...120 м<sup>2</sup>, а з кількістю постів 20 – 180...240 м<sup>2</sup>. Разом з тим, на міську СТО замовник зазвичай прибуває планово, тому можна розраховувати на кожен автомобіль одну...дві людини. Окрім того, кількість клієнтів, які очікуватимуть завершення ремонту залежить від:

- часу ремонту автомобіля. Клієнт готовий очікувати свій автомобіль до двох годин.
- організації роботи приймання замовлень. Підтримання ефективного телефонного зв'язку з клієнтом, надання додаткових послуг для забезпечення мобільності клієнта, окрім підвищення рівня його задоволеності, призводить до мінімізації часу, який він проводить на станції технічного обслуговування.

Оскільки площі приміщень та їх склад визначаються на завершальному етапі технологічного розрахунку підприємства, то розгляд питання раціональної структури станції технічного обслуговування автомобілів повинен починатися на етапі вибору та формування

вихідних даних. У роботі [2] пропонуються методи розрахунку потужності СТО: розрахунок на базі пропускної потужності поста, розрахунок на базі трудомісткості, розрахунок на базі терміну знаходження автомобіля на посту, розрахунок потужності на основі продуктивності виробничого персоналу, розрахунок на основі попиту, розрахунок на основі бізнес-плану. Застосувавши будь який з наведених методів в результаті можна отримати кількість постів СТО та перелік робіт, які надаватиме станція.

На основі даних отриманих в результаті спостережень на СТО м. Луцьк, встановлено:

- 20...30 % клієнтів очікують завершення ремонту на станції, тобто фактично користуються кімнатою для клієнтів. В основному це стосується замовників, які приїхали з віддалених населених пунктів;
- замовник готовий очікувати завершення ремонту в середньому не більше 1 години;
- щодо часу виконання замовлення, клієнта здебільшого цікавить точний час прибуття для отримання автомобіля, а не час виконання робіт.

Таким чином отримані дані є основою для створення раціональної структури станції технічного обслуговування автомобілів, яка повинна враховувати не лише типові методики розрахунку, а й сучасні технології, які застосовуються на підприємствах з метою підвищення рівня задоволеності замовників, методи роботи з клієнтами, процес підбору, замовлення, постачання запасних частин.

Аналіз структури сучасних станцій технічного обслуговування автомобілів демонструє можливість їх раціоналізації, з врахуванням процесів роботи з клієнтами, постачання запасних частин, вибору ефективного методу розрахунку потужності підприємства, а також сучасних підходів до діяльності таких підприємств. Проведені дослідження демонструють шляхи формування раціональної структури станцій технічного обслуговування, забезпечення високої якості надання послуг та високого рівня задоволеності замовників.

#### Список використаних джерел

3. Автосервісні мережі 2019. Дата оновлення: 21.10.2019. URL: <https://www.automaster.net.ua/artykuly/avtoservisni-merezhi-2019,52344?wyslij=52344> (дата звернення 05.10.2023).

4. Марков О.Д., Матейчик В.П., Волков В.П. Інжиніринг систем автосервісу: підручник / О.Д. Марков, В.П. Матейчик, В.П. Волков. – Харків.: ХНАДУ, 2021. – 508 с.

5. Водолазський, О. О., Семенов, С. О., Казанов, Д. В., Антоненко, Є. О. Аналіз особливостей роботи станцій технічного обслуговування // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конф., 4 листопада 2021 р., м. Северодонецьк (Луганська обл.) / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. – Северодонецьк: СНУ ім.В.Даля, 2021. – с. 16 – 19.

6. Хаврук В Загальна характеристика факторів, що впливають на функціонування станцій технічного обслуговування автомобілів // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті 2 (19), 2022. С. 203-213.

**Дембіцький Валерій Миколайович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [dvm@meta.ua](mailto:dvm@meta.ua).

**Клехо Олег Васильович** – магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [klexo00@ukr.net](mailto:klexo00@ukr.net).

**Dembitskyi Valerii Mykolayovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Motor Cars and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [dvm@meta.ua](mailto:dvm@meta.ua).

**Kleho Oleh Vasylyovych** – master's student of the Department of Motor Cars and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [klexo00@ukr.net](mailto:klexo00@ukr.net).

УДК 629.113

О.В. Диха, В.О. Дитинюк, К.Е. Голенко

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСЬОВОГО ОТВОРУ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН СТАЛЕВИХ КОВПАЧКІВ ТРОСІВ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ

Сталеві ковпачки є частиною багатьох складових вузлів та агрегатів в автомобілебудуванні, наприклад, тросів дистанційного керування, що слугують для передачі навантажень від керуючого органу до керованого. Проблема задачі полягає в тому, що будучи доцентрово обтиснутими, ковпачки (початковою заготовкою виступає трубка) повинні мати певний допустимий діапазон напружень у зоні осьового отвору, щоб знаходитися у межах пружності матеріалу виготовлення.

**Ключові слова:** сталевий ковпачок, трубка, пластичні деформації, напруження по Мізесу, Ansys Static Structural.

Steel clamps are part of many components and assemblies in the automotive industry, for example, in remote control cables that serve to transfer loads from the control body to the controlled. The problem of the problem is that, being centrifugally compressed, the clamps (the initial blank is a tube) must have a certain permissible range of stresses in the zone of the axial hole in order to be within the limits of the elasticity of the manufacturing material.

**Key words:** steel clamp, tube, plastic deformations, von Mises stress, Ansys Static Structural.

Задача аналізу міцності ковпачка (для якого трубка початково слугує технологічною заготовкою) у складі троса дистанційного керування (рис. 1) є простою, на перший погляд, проте насправді виявляється наповненою рядом потенційно можливих проблем та викликів:

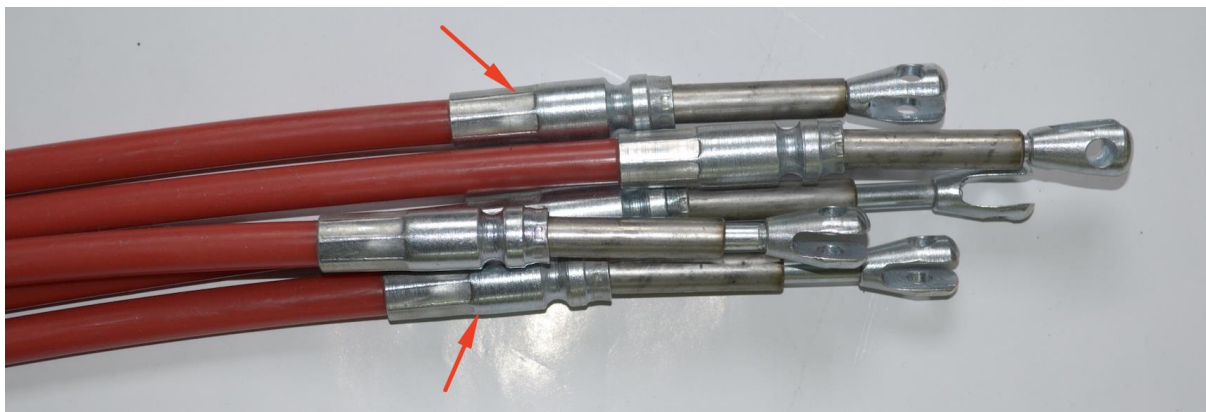


Рисунок 1 - Фото тросів дистанційного керування з обтиснутими ковпачками

- ковпачок повинен з достатньою силою обтискати кожух (червоний полімер на рис.1), щоб не зісковзнути з нього (нормоване осьове навантаження в залежності від типу троса складає від 100 кгс). Це неодмінно означає появу пластичних деформацій на його поверхні;
- водночас ковпачок не повинен своєю внутрішньою деформацією перетиснути тіло кожуха, отвір котрого має бути незмінним і достатнім для вільного руху сердечника (основного передавального органу у складі троса дистанційного керування). В інакшому випадку трос має підвищений ризик заклинювання, що небезпечно для експлуатації транспортного засобу. Тут слід розуміти, що збереження внутрішнього діаметра ковпачка (його отвору) є можливим лише за

умов недосягнення напружень текучості матеріалу виготовлення. Інакше кажучи, деформації в даній локації мають бути пружними в межах закону Гука.

Фактичний технологічний процес обтискання ковпачка, встановленого на кожух, складається з осьового (доцентрового) обтискання пресом з 8-ми елементів. Для матеріалу Structural Steel задано нелінійність матеріалу типу «Bilinear Isotropic Hardening». В рамках наших досліджень проаналізуємо дві Ansys-моделі ковпачка:

- суцільна модель у вигляді прутка діаметром 20 мм (рис.2а);
- трубчата модель ковпачка з діаметром отвору 12 мм (рис.2б).

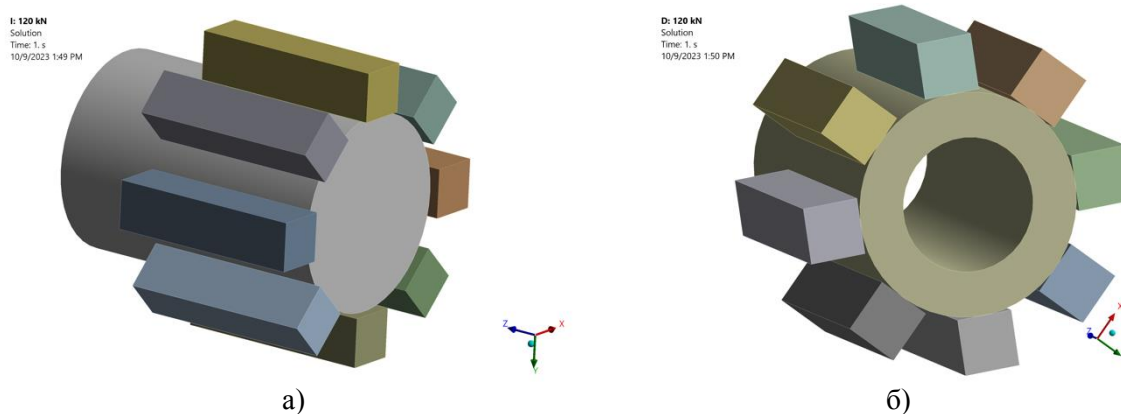


Рисунок 2 - Solid-моделі ковпачка з обтискними елементами преса:  
а) модель типу «пруток»; б) модель типу «трубка»

Проаналізуємо найбільш критичний випадок – обтискання елементами преса під дією навантаження 120 кН. В результаті досліджень карти деформацій бачимо, що модель типу «пруток» отримала максимальні значення 2.1 мм (рис. 3а), а модель «трубка» - 6.3 мм (рис. 3б). В обох випадках екстремум приходить на центральну (осьову) частину моделі, що випучується вперед (вздовж осі тіла обертання) – це очевидно, адже кінцевий об'єм заготовки залишається умовно незмінним (тема пластичних деформацій є предметом окремих більш ґрунтовних досліджень), але змінюється форма, займаючи положення з мінімальною енергією стану спокою. На поверхні величина деформацій дещо нижча, ніж у серцевині, й складає 0.92-0.97 мм та 4.7-4.9 мм відповідно.

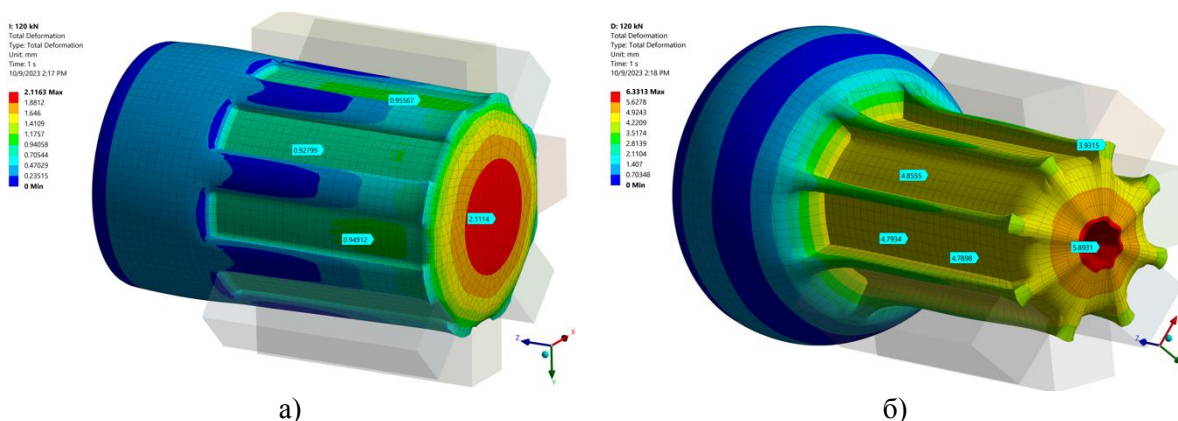


Рисунок 3 - Карта деформацій Ansys Static Structural:  
а) модель типу «пруток»; б) модель типу «трубка»

Характер поведінки деформацій успадковується при аналізі напружень досліджуваних моделей – центральна частина «трубки» значно більш напружена (понад 1400 МПа – рис. 4б) за суцільну модель типу «пруток» (понад 440 МПа – рис. 4а). При цьому в обох випадках зафіксовано тенденцію до скорочення напружень на торці моделі. Так, модель «пруток» взагалі отримала 76-95 МПа в даній області, що повністю знаходиться у межах пружності матеріалу, а



отже, є зачіпкою для майбутніх досліджень щодо оптимізації структури й міцності моделі (збереження нездеформованим внутрішнього отвору ковпачка типу «трубка»).

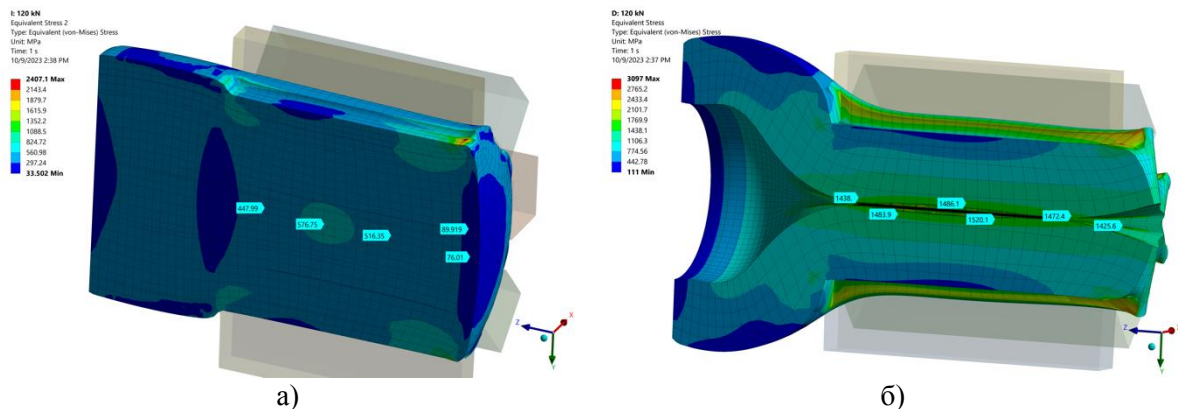


Рисунок 4 - Карта напружень по Мізесу Ansys Static Structural:  
а) модель типу «пруток»; б) модель типу «трубка»

#### Список використаних джерел

- Rodriguez-Guerrero, Carlos & Grosu, Victor & Grosu, Svetlana & Leu, Adrian & Ristic-Durrant, Danijela & Vanderborght, Bram & Lefeber, Dirk. (2015). Torque Control of a Push-Pull Cable Driven Powered Orthosis for the CORBYS Platform. 10.1109/ICORR.2015.7281170.
- Grosu, Svetlana & Rodriguez-Guerrero, Carlos & Grosu, Victor & Vanderborght, Bram & Lefeber, Dirk. (2018). Evaluation and Analysis of Push-Pull Cable Actuation System Used for Powered Orthoses. Frontiers in Robotics and AI. 5. 10.3389/frobt.2018.00105.
- Agrawal, V.; Peine, W. J. & Yao, B. (2008), Modelling of a closed loop cable-conduit transmission system. ICRA, IEEE, pp. 3407-3412.
- Holenko, K.; Koda, E.; Kernytskyi, I.; Babak, O.; Horbay, O.; Popovych, V.; Chalecki, M.; Leśniewska, A.; Berezovetskyi, S.; Humeniuk, R. Evaluation of Accelerator Pedal Strength under Critical Loads Using the Finite Element Method. Appl. Sci. 2023, 13, 6684. <https://doi.org/10.3390/app13116684>.
- Голенко К.Е., Диха О.В., Рудик О.Ю. (2022). Аналіз міцності елементів кріплення механічної педалі з тросовим приводом. Вісник НТУ "ХПІ" № 1 (2022): Серія "Динаміка та міцність машин". С. 67-73.

**Диха Олександр Володимирович**, д.т.н., завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, [tribosenator@gmail.com](mailto:tribosenator@gmail.com)

**Дитинюк Володимир Олександрович**, викладач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, [kvdytynyuk@gmail.com](mailto:kvdytynyuk@gmail.com)

**Голенко Костянтин Едуардович**, к.т.н., старший викладач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, [kgolenko@gmail.com](mailto:kgolenko@gmail.com)

**Oleksandr Dykha**, Prof. dr., Head of the Department of Tribology, Automobiles and Materials Science, Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, [tribosenator@gmail.com](mailto:tribosenator@gmail.com)

**Volodymyr Dytyniuk**, lecturer at the Department of Tribology, Automobiles and Materials Science, Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, [kvdytynyuk@gmail.com](mailto:kvdytynyuk@gmail.com)

**Kostyantyn Holenko**, PhD, senior lecturer of the department of tribology, automobiles and materials science, Khmelnytskyi national university, Khmelnytskyi, [kgolenko@gmail.com](mailto:kgolenko@gmail.com)

УДК 656.078

В.А. Дяченко, О.Ф. Дяченко

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ELECTUDE ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІН ТРАНСПОРТНОГО СПРЯМУВАННЯ

Розглянуто використання системи ELECTUDE при вивченні дисциплін транспортного спрямування. Описано переваги використання системи ELECTUDE при вивченні дисциплін транспортного спрямування.

**Ключові слова:** система дистанційного навчання, технічні симуляції, ELECTUDE.

The use of the ELECTUDE system in studying the disciplines of transport direction is considered. The advantages of using the ELECTUDE system when studying the disciplines of transport direction are described.

**Keywords:** distance learning system, technical simulations, ELECTUDE.

Для того, щоб процес навчання став більш ефективним, актуальним і змістовним, а стосовно кожного студента був застосований індивідуальний підхід, викладачі у вищих, професійно-технічних навчальних закладах, автошколах, тренери та інструктори в навчальних центрах при підприємствах зацікавлені у використанні інструментів електронного інтерактивного навчання, інтернет-технологій.

Принципово нові можливості, що відкриваються за допомогою e-learning - навчання із застосуванням Інтернету і мультимедіа давно не підлягають сумніву, а вперше цей термін був вжитий восени 1999 року на семінарі SVT Systems в США.

БФКТБ НТУ в особливості ОПП «Обслуговування та ремонт автомобілів і двигунів» використовує провідну світову систему інтерактивного навчання ELECTUDE (<https://bfkbtntu.electude.su/>).

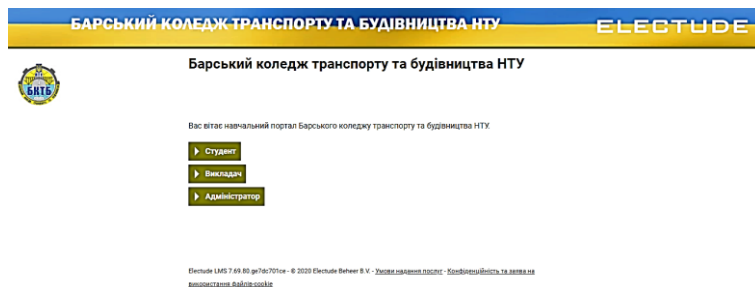


Рисунок 1 – Головна сторінка системи інтерактивного навчання ELECTUDE

Система електронного навчання ELECTUDE - система дистанційного інтерактивного навчання, перевірки знань і онлайн-тестування. Дана система є автомобільним електронним навчанням, заснованим на Інтернет технологіях, яке дозволяє викладачам і тренерам призначати, створювати, керувати і оцінювати вправи, завдання і тести.

Наявні наступні розділи: автомобільні основи, електричний привід, вантажний транспорт і спеціалізований симулятор.

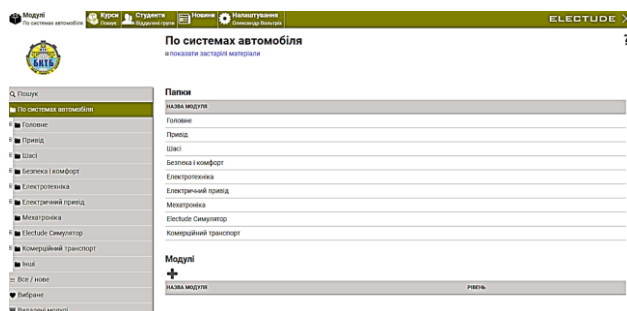


Рисунок 2 - Розділ "Основи автомобіля" (Automotive Essentials)

Навчальна програма з основ автомобіля. Система дистанційного навчання ELECTUDE замінює стандартне стаціонарне навчання на модульне дистанційне. Таке навчання особливо цікаво для студентів, так як дозволяє вивчити детальну роботу всіх систем, механізмів, процесів експлуатації та обслуговування сучасних транспортних засобів.

Інформація в системі структурована. Розділ "Автомобільні основи" розділений на ряд підрозділів.

Розділ включає в себе фундаментальні знання будови, принципу роботи систем і вузлів транспортних засобів, порядку застосування спеціалізованого діагностичного обладнання, установок та інструменту.

У змісті навчання виділено кілька рівнів: Базовий, Високий, Спеціаліст.

Зміст навчання включає в себе усі теми вивчення будови, обслуговування і діагностування автомобіля.

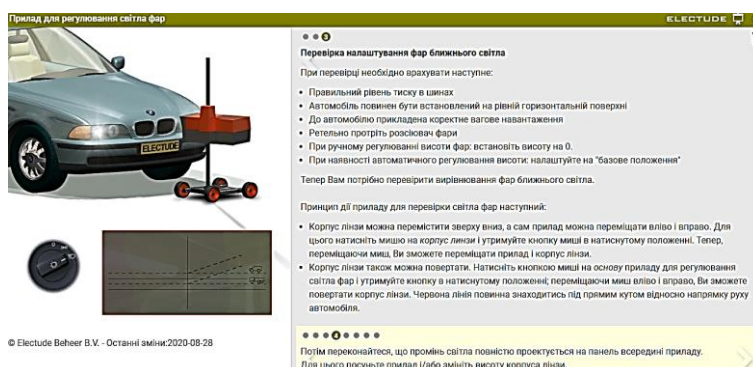


Рисунок 3 - Розділ "Електричний привід" (Electric drive)

Система дистанційного навчання ELECTUDE допомагає отримати систематизовані знання з питань, пов'язаних з електричним приводом.

Модульне навчання включає наступні напрямки: перезавантаження системи, запобіжні вимикачі, робота з високою напругою. Комплексне введення в термінологію системи і компоненти, включаючи трансмісію, електродвигуни, системи зарядки, системи безпеки і АКБ. Інтерактивне моделювання дає студентам можливість практичного тестування діагностики систем і компонентів.

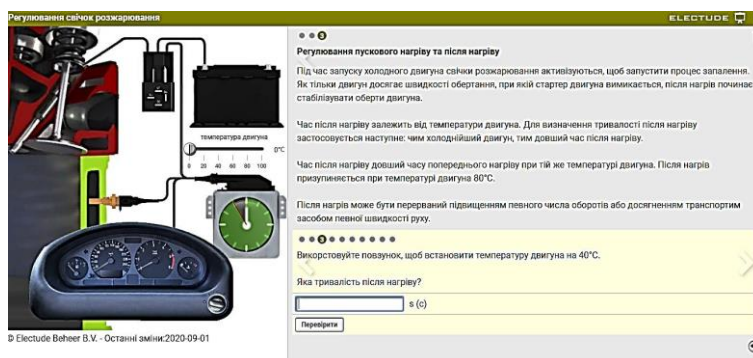


Рисунок 4 - Технічні симуляції

ELECTUDE відкриває доступ до навчального курсу по системам і компонентам електротранспорту і гібридних рішень

Користувачам доступні більше 100 уроків, професійні симуляції, потужна система для перевірки і оцінки знань.

Система базується на Інтернет технологіях і не прив'язана до конкретного місця роботи студентів.

Викладачі можуть безперешкодно не просто призначати, створювати заняття, а й керувати ними, бачити прогрес кожного.

Система дистанційного навчання ELECTUDE - сучасний формат електронного навчання, з яким суттєво економиться час на засвоєння знань і їх перевірку.

Розділ "Електричний привід" включає в себе фундаментальні знання будови, принципу роботи систем і вузлів електромобілів, порядку застосування спеціалізованого діагностичного обладнання, установок та інструменту.

Зміст навчання включає наступні теми:

- Компоненти.
- Електродвигуни.
- Гібридні системи.
- Система зарядки.
- Система безпеки.
- Система управління акумуляторною батареєю.

Розділ "Вантажний транспорт" (Heavy Vehicle).

Доступ до модулів і тестів LCMS з усіх важливих тем, які стосуються комерційного транспорту - вантажного транспорту (Heavy Vehicle), включаючи електрику та електроніку, рульове керування, підвіску, гальма і опалення, вентиляцію, кондиціонування повітря.

HVS (Heavy Vehicle Solutions) - інтерактивний гейміфікований контент навчання по вантажному транспорту. Електронна програма навчання складається більш ніж з 2300 навчальних модулів.

В системі передбачені модулі тестування, які дозволяють перевірити отримані знання в ході виконання різних навчальних завдань в модулях

Головними перевагами курсу "Вантажний транспорт" є:

- Детально проілюстрована 3D-графіка і анімація.
- Інтерактивна взаємодія з навчаються.
- Аналітика прогресу при проходженні курсу.

Доступ до симулятора управління двигуном ELECTUDE дозволить вам практикувати діагностичні навички в реалістичною змодельованій середовищі.

Engine Management Simulator ефективний як для студента, так і працівника сервісу. Симулятор для автомеханіків, автоелектриків, автомехатроніків дозволяє розширити професійну компетентність, знайти можливість освоїти більш складну і цікаву спеціалізацію.

Представлений набір практичних завдань різного рівня складності:

На першому етапі самостійної роботи треба навчитися виконувати діагностику і ремонт нескладних несправностей вузлів автомобілів. Шлях усунення зазначений в замовленні-наряді.



Рисунок 5 – Розділ "Симулятор управління двигуном"

Наступний крок - освоєння діагностики несправностей за скаргою клієнта, коли у вашому розпорядженні буде повний набір необхідного обладнання: від манометра для вимірювання тиску в паливній рампі, до скануючого обладнання і осцилографа. Крім того, ви зможете отримати точне уявлення про види сигналів, що формуються різними датчиками, про способи управління виконавчими пристроями різного типу.

Більш складні завдання, де в замовленні-наряді буде приведена лише скарга клієнта і вас обмежать у використанні сканера. Такі випадки часті в повсякденній роботі на автосервісі: «не бачить» сканер блоку керування двигуном і доводиться самому будувати так зване «Дерево

проблем», або алгоритм пошуку несправності, включаючи критичне мислення і логіку міркувань «якщо - то».

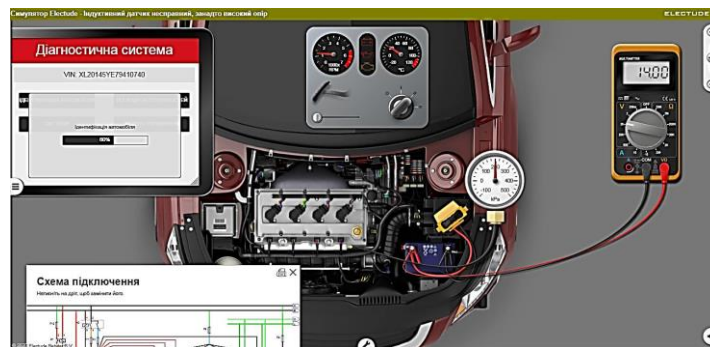


Рисунок 6 - Симуляційне навчання та демонстрація інструменту

Для викладача симулятор відкриває можливість демонстрації використання інструменту, не виходячи з аудиторії, моделювати різні ситуації і реакцію діагностичного обладнання на введені несправності.

Цікавою опцією є «Рахунок». У цьому документі автоматично відображаються витрати на ремонт в реальному часі. Він реєструє час, який вам потрібно на знаходження несправності, і розраховує вартість заміненних деталей. Він також підраховує додатковий час, який треба було б для установки і демонтажу компонентів в реальному часі. Для цього і призначений курс навчання по Engine Management Simulator, який поділений на базовий, високий і спеціальний курс.

Базовий курс дає уявлення про те, що є певний компонент і які він виконує функції. Високий рівень включає відомості про те, як працює певний компонент, і що відбувається, якщо він не хоче працювати в повну силу. Спеціальний курс призначений для поглибленого розуміння всіх процесів, їх зв'язок з дисциплінами природничо-наукового циклу.

Дистанційне (змішане) навчання не є проблемою, якщо воно забезпечується високим рівнем педагогічної майстерності викладачів спеціальних дисциплін і, звичайно ж, бажанням студентів отримувати знання сучасного рівня.

#### Список використаних джерел

1. Биков В. Ю. Сучасні завдання інформатизації освіти / В.Ю. Биков // Інформаційні технології і засоби навчання –2010 –N 1(15) –С.5-8
2. Гавенко Д. І., Пригодій А. В. Використання інформаційно-комунікаційних технологій при підготовці фахівців з автосправи/ Д.І. Гавенко, А.В. Пригодій // Вісник–2016.–N 137.–С.11–14
3. Гетта В.Г. Методика навчання будови автомобіля: [навчальний посібник] / В.Г. Гетта, А.М. Білан. – Чернігів, 2012. –333 с.

**Дяченко Володимир Анатолійович** – спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, Відокремлений структурний підрозділ «Барський фаховий коледж транспорту та будівництва Національного транспортного університету», м. Бар, e-mail: d\_w\_a@ukr.net

**Дяченко Оксана Федорівна**– спеціаліст вищої категорії, Відокремлений структурний підрозділ «Барський фаховий коледж транспорту та будівництва Національного транспортного університету», м. Бар, e-mail: diachenkoof@gmail.com

**Dyachenko Volodymyr Anatoliyovych** - specialist of the highest category, teacher-methodologist, Separate structural unit "Bar Vocational College of Transport and Construction of the National Transport University", Bar, e-mail: d\_w\_a@ukr.net

**Dyachenko Oksana Fedorivna** – specialist of the highest category, Separate structural division "Bar Vocational College of Transport and Construction of the National Transport University", Bar, e-mail: diachenkoof@gmail.com

УДК 629.083

О.В. Захарчук, Д.А. Алендар, Б.І. Козловський, В.М. Касьян

**ЯКІСНА ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА – ЗАПОРУКА ЕФЕКТИВНОЇ ТА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*Транспортні засоби (ТЗ) є джерелом підвищеної небезпеки, їх несправності впливають на безпеку дорожнього руху. Діагностика технічного стану ТЗ дозволяє своєчасно виявивши серйозні дефекти у вузлах, механізмах, агрегатах та деталях без їх зняття, усунути несправності і довести їх технічні показники до норми.*

**Ключові слова:** транспортні засоби, технічна діагностика, безпека дорожнього руху

*Vehicles are a source of increased danger, their malfunctions affect road safety. Diagnostics of the technical condition of vehicles allows timely detection of serious defects in nodes, mechanisms, aggregates and parts without removing them, timely elimination of malfunctions and bringing their technical indicators to normal.*

**Keywords:** vehicles, technical diagnostics, road safety

Однією з найважливіших економічних та соціальних проблем нашої держави є безпека дорожнього руху (БДР). Наслідки дорожньо-транспортних подій (ДТП) стосуються кожного учасника дорожнього руху, адже їх виникнення безпосередньо залежить від дотримання Правил дорожнього руху. Швидке зростання парку ТЗ нашої країни та збільшення кількості ДТП потребують безперервного спостереження за динамікою аварійності та впровадження економічно обґрунтованих заходів із покращення організації та забезпечення БДР [1].

Питанням забезпечення транспортної безпеки в Україні поки що приділяється недостатня увага. Зокрема, не прийняті основні нормативні документи в цій сфері: стратегія та концепція транспортної безпеки, закон про транспортну безпеку. А заходи, що вживаються, як правило, відрізняються невисокою ефективністю [2]. Разом з тим забезпечення належного рівня транспортної безпеки є одним з основних завдань сучасної держави. Це підтверджується увагою, що приділяється сьогодні у розвинених країнах світу питанням БДР, а також зумовлено величезним значенням транспорту для будь-якої сучасної країни. Зважаючи на необхідність інтеграції в європейське та світове співтовариство, Україна приречена приділяти питанням транспортної безпеки пильну увагу [2].

Згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 року №2174 р., [5] метою Стратегії, щодо розвитку автотранспорту є підвищення БДР та енергоефективності шляхом затвердження та виконання Державної та цільової програми підвищення рівня БДР; посилення вимог до автомобільних перевізників та контролю за дотриманням ними вимог законодавства щодо безпеки перевезень; удосконалення системи технічного регулювання допуску ТЗ до участі в дорожньому русі, періодичного технічного контролю та технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р) ТЗ; організація випробувального центру визначення відповідності ТЗ, двигунів і систем нейтралізації відпрацьованих газів вимогам державних і міжнародних стандартів; запровадження міжнародних екологічних норм ЄВРО-3...ЄВРО-6 для ТЗ та моторних палив [4].

Незважаючи на всі ці заходи, Міністерство інфраструктури України [5] повідомило, що стан БДР в Україні продовжує залишатись серйозною соціально-економічною проблемою, а рівень аварійності на шляхах України все ще залишається високим. У зв'язку з цим, Міністерство інфраструктури планує наближення законодавства в цій сфері до норм законодавства Європейського Союзу.

Стан БДР і наслідки ДТП в Україні є одними з найгірших у Європі. В Україні відношення кількості загиблих у ДТП на 1 млн. автомобілів у 7-10 разів більше, ніж в ЄС і США і у 10 разів більше, ніж в Японії. Кількість загиблих на 1 млрд автомобілекілометрів в Україні – 97, в Німеччині – 14, в Швеції – 8 [6].

Забезпечення БДР пов'язане з багатьма факторами, серед яких можна виокремити такі: підвищення якості конструкції ТЗ; підвищення рівня їх конструкційної безпеки; підтримання автомобілів в справному стані; удосконалення дорожніх умов і організації руху; покращення

проекування, будівництва, реконструкції і утримання доріг; підвищення культури та транспортної дисципліни учасників дорожнього руху.

Одним із суттєвих факторів є підвищення конструктивної безпеки, активної та пасивної безпеки, технічної надійності ТЗ. Велика кількість автомобілів експлуатується з порушенням вимог технічної характеристики, з порушенням правил переобладнання, без проведеного технічного огляду [7].

В таблиці 1.1 наведено розподіл кількості ДТП за видами технічних несправностей ТЗ.

Таблиця 1.1 – Розподіл кількості ДТП за видами несправностей ТЗ

Несправність	Кількість ДТП, %
Гальмівна система	47,1
Рульове керування	16,4
Шини	13,9
Прилади освітлення і сигналізації	7,4
Ходова частина	6,2
Дзеркала заднього огляду	1,9

Тому забезпечення якісного державного контролю за технічним станом ТЗ є актуальною задачею, яка забезпечить покращення БДР в нашій державі.

На сьогоднішній день в Україні проводиться обов'язковий технічний контроль (ОТК) для певних категорій ТЗ на державних та приватних підприємствах. Для ТЗ ОТК проводиться із певною періодичністю. Якісно та об'єктивно перевірити стан систем ТЗ, які впливають на безпеку руху на сьогоднішній день можливо лише у при використанні сучасних ліній інструментального контролю (ЛІК) [8].

Підприємство, під час проведення ОТК, керується наказом Міністерства інфраструктури України від 26 листопада 2012 року № 710, «Про затвердження Вимог до перевірки конструкції та технічного стану колісного транспортного засобу, методів такої перевірки» [9], ДСТУ 3649:2010 [10], ДСТУ 4277: 2004 [11], ДСТУ 4276: 2004 [12] ДСТУ 7013:2009, ДСТУ ГОСТ ISO 4100:2005, та правил Європейської економічної комісії ООН з поправками Регламентів, Директив, Рішень ЄС щодо затвердження конструкції ТЗ, за якими визначають еквівалентними Правила СЕК ООН; Зведеної резолюції стосовно конструкції транспортних засобів (СР.3) - (ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2).

При проведенні діагностування експлуатаційної безпеки ТЗ перевіряються механізми та системи, які забезпечують БДР ТЗ (гальмівні механізми, механізми керування, пристрої освітлення і світлової сигналізації, токсичність відпрацьованих газів двигуна та ін.) [13].

Процес перевірки експлуатаційної безпеки ТЗ на ЛІК поєднує чітко визначені операції діагностування та органолептичного огляду. Отримана в результаті такого поєднання технологія визначає і взаємно доповнює або об'єднує органолептичні та кількісні перевірки відомими інструментальними методами. Цей процес контролю відрізняє діагностування з метою підтвердження безпеки експлуатації ТЗ від тих форм діагностування, які раніше використовувались в Україні. Такий вид діагностування можна класифікувати як інструментально-органолептичний контроль експлуатаційної безпеки ТЗ [14].

Таким чином, завданням державного контролю за технічним станом ТЗ є своєчасне виявлення несправностей, що виникають під час експлуатації автомобілів для забезпечення їх БДР та експлуатаційної надійності.

#### Список використаних джерел

1. Бойків М.В. Аналіз причин виникнення дорожньо-транспортних подій в Україні / М.В. Бойків, О.В. Житенко, О.В. Діхтяр // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. – №2, 2018. – С.290–294.
2. Сапронов О. Основні напрями забезпечення транспортної безпеки України / О. Сапронов // Вісник Національної академії державного управління. – №4, 2009. – С. 87–95.
3. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 року №2174 р., «Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року».

4. Степанов О.В. Безпека автомобільного транспорту в транспортній галузі / О.В. Степанов // Вісник ХНАДУ, №70, 2015. – С. 137-141.
5. Положення про Міністерство інфраструктури України: Затверджено Указом Президента України від 12 травня 2011 р. № 581/2011.
6. Концепція Державної програми підвищення безпеки дорожнього руху: затв. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.10.2008 р. №1384-р // 2008. - №84. – С. 77.
7. Скороходов Д.А. Проблемы безопасности транспорта / Д.А. Скороходов, А.Л. Стариченков // Транспортная безопасность и технологии. 2005, №2(3), - С.24-27.
8. Канарчук В.Є. Основи технічного обслуговування і ремонту / Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. – К.: «Вища школа», 1994. – 599 с.
9. Про затвердження Вимог до перевірки конструкції та технічного стану колісного транспортного засобу, методів такої перевірки. Наказ №710 Міністерства інфраструктури України [Електронний ресурс]: <https://ips.ligazakon.net/document/RE22481?an=1>.
10. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання: ДСТУ 3649 – 2010. Введ. 2011. – К.: Держспоживстандарт, 2010. – 28 с.
11. Норми і методи вимірювання оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі: ДСТУ 4277 – 2004. Введ. 2004. – К.: Держспоживстандарт, 2004. – 8 с.
12. Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями: ДСТУ 4276 – 2004. Введ. 2004. – К.: Держспоживстандарт, 2004. – 14 с.
13. Захарчук О.В. Технічне обслуговування та ремонт АТЗ: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.В. Захарчук. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – 140 с.
14. Шаша І.К. Технологічне забезпечення контролю експлуатаційної безпеки транспортних засобів національної гвардії України / І.К. Шаша, Р.О. Гончар, В.О. Темніков, В.В. Єманов // Збірник наукових праць Національної гвардії України. – 2016. - №2(28). – С. 62-66.

**Захарчук Олег Вікторович** - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [Zaharchukov205@gmail.com](mailto:Zaharchukov205@gmail.com).

**Алендар Дмитро Андрійович** - магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [volynavtovl@ukr.net](mailto:volynavtovl@ukr.net).

**Козловський Богдан Ігорович** - магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [bkozlovskiy200@gmail.com](mailto:bkozlovskiy200@gmail.com).

**Касьян Владислав Миколайович** - магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [vladkasan2001@gmail.com](mailto:vladkasan2001@gmail.com).

**Zaharchuk Oleg** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [Zaharchukov205@gmail.com](mailto:Zaharchukov205@gmail.com).

**Alendar Dmutro** – master student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [volynavtovl@ukr.net](mailto:volynavtovl@ukr.net).

**Kozlovskiy Bogdan** – master student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [bkozlovskiy200@gmail.com](mailto:bkozlovskiy200@gmail.com).

**Kasian Vladuslav** – master student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [vladkasan2001@gmail.com](mailto:vladkasan2001@gmail.com).



УДК 621.317

В.І. Захарчук, Д.І. Бойчук, Ю.В. Жеребецький, К.І. Шевела

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ

*Оцінено короткострокові та довгострокові перспективи виробництва біопалив другого покоління з біомаси та інших джерел. Коротко проаналізовані сучасні технології та технології, що знаходяться на стадії розробки. Біопаливо другого покоління має хороше майбутнє. Таким чином, завдання полягає в тому, щоб суттєво збільшити виробництво біопалива за рахунок використання інноваційних процесів і технологій.*

**Ключові слова:** біопалива, перше покоління, друге покоління, технології використання

*The short-term and long-term prospects for the production of second-generation biofuels from biomass and other sources are assessed. Current technologies and technologies under development are briefly analysed. Second-generation biofuels have a good future. Thus, the challenge is to significantly increase biofuel production through the use of innovative processes and technologies.*

**Keywords:** biofuels, first generation, second generation, utilisation technologies

Альтернативні палива для транспорту вже існують у вигляді біоетанолу для бензинових двигунів, одержуваного при ферментації цукру або крохмалю і біодизелю для дизельних двигунів, що одержується при трансестерифікації (утворенні складних ефірів рослинних олій або тваринних жирів). Часто ці палива називають першим поколінням біопалива.

Біопалива 1-го покоління, в основному, одержують із відновлюваної сировини рослинного походження. Однак, переваги, які вони пропонують, на жаль, обмежені. Вихід палива із гектара (га) землі відносно малий. Наприклад, в Англії річне споживання палива транспортом становить близько 40 мільйонів тонн. Для повного заміщення мінерального палива біопаливом потрібно близько 20 мільйонів га за наявності 6,5 міл. га придатних для обробітку. Така сама картина й у багатьох країн Європи та світу [1].

Зниження викидів парникових газів при застосуванні біопалив, залежить від ряду факторів і в багатьох випадках дуже скромне, якщо розглянути весь цикл виробництва біопалив: виробництво та внесення добрив, збирання, обробки та транспортування величезного обсягу рослинного матеріалу для отримання відносно скромної кількості біопалива [2].

Крім того, біопалива першого покоління не можуть запропонувати довгострокове вирішення проблеми зростаючої кількості викидів парникових газів. Однак етанол і біодизель (жирні кислоти рослинних ефірів) можуть бути отримані за відносно простими та доступними технологіями. Біопалива першого покоління мають незаперечні переваги перед викопними паливами – відсутність сірки, покращення змащувальних властивостей біодизелю при використанні в сучасних дизельних двигунах, високі антидетонаційні властивості спиртів, що дуже важливо для двигунів з іскровим запалюванням, суттєве зниження оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) (крім біодизеля) оксиду вуглецю (CO) у викидах і т.д.

Біопалива першого покоління можуть сприйматися як перші кроки просування альтернативних палив: створення ринку, привернення уваги громадськості, аналіз комплексу питань пов'язаних із стимулюванням науково-дослідних робіт, розвиток та впровадження інноваційних біотехнологій, створення відповідної інфраструктури зберігання, транспортування та розподілу біопалива, досягаючи важливої мети – зменшення викидів CO<sub>2</sub>.

Проведені дослідження європейською комісією з енергетики показали, що більшість експертів та фахівців вважають, що друге покоління біопалив має низку переваг у порівнянні з першим і очікують, що через декілька років розпочнеться їхній активний етап комерціалізації [3].

До основних видів біопалива цього класу належать біоетанол (з целюлози), біодизель (вироблений за методом Фішера-Тропша), біометанол, біо-МТБЕ, біо-ДМЕ, біоводень, біо-ЕТБЕ, НТУ-дизель. Ці палива кращі з погляду балансу парникових газів. Целюлозний етанол може скоротити викиди CO<sub>2</sub> майже на 75% порівняно з бензином. Дизельне синтетичне паливо – біомаса в рідину зменшує емісію парникових газів на 90% порівняно з паливом з олії [4].

Біопалива другого покоління вимагають менше землі. Використовуючи сучасні біотехнології з одного гектара землі, можна отримати в 2..3 рази більше біопалива [5]. Принципова різниця між біопаливом другого покоління та біопаливом першого покоління – можливість використання ширшого спектру біомас, у тому числі відносно дешевих. Ці джерела включають нехарчову біомасу, призначену для одержання енергії рослини, та інші ресурси з біомаси: солома та відходи лісозаготівель та деревообробки тощо.

Біопалива другого покоління можуть відрізнитися за хімічним складом від альтернативного біопалива першого покоління і є всі підстави вважати, що вони будуть не гіршими. Наприклад, синтетичне дизельне паливо за основними експлуатаційними властивостями (цетанове число, стабільність, вміст сірки тощо) перевершує біодизель першого покоління або продукти, які отримують при перегонці нафтохімії; проте біоетанол другого покоління (лінгоцелюлоза) хімічно ідентичний тому, що доступне сьогодні [6].

В даний час зростає інтерес до використання біобутанолу як транспортного палива. Біобутанол можна виробляти із зернових культур, цукрової тростини, цукрових буряків тощо. Але його можна виробляти і з целюлозної сировини. Основними перевагами біобутанолу є те, що він дозволяє виробити більше енергії на літр, і практично може використовуватися замість бензину. Його вміст у суміші може становити близько 85%, тоді як частка біоетанолу часто не перевищує 20-25%. Суміші 85% бутанолу та бензину можуть використовуватись у немодифікованих бензинових двигунах. Його можна транспортувати існуючими бензопроводами.

Термохімічні технології мають переваги, дозволяючи виробляти вуглеводні, які є абсолютно сумісними з існуючими паливами, що дуже важливо для розвитку інфраструктури та створення паливних сумішей (традиційне паливо + альтернативне). Крім того, термохімічні процеси дозволяють виробляти синтетичні бензин та дизель [7].

Термохімічні технології виробництва біопалива другого покоління включають:

- газифікація біомаси для створення синтетичного газу;
- піроліз, миттєвий піроліз для виробництва біомасел чи сумішей як носіїв енергії;
- гідротермальна обробка сирової біомаси;
- синтез Fisher-Tropsch вуглеводнів із синтетичного газу з відповідними процесами перегонки та обробки.

Також можливим є синтез метанолу з подальшим синтезом бензину та/або дизеля за допомогою технології метанол в дизель або метанол у бензин.

Крім того до біопалив другого покоління відносять так званий відновлюваний дизель HVO. Для його вироблення використовується непряма харчова сировина (наприклад, тваринні жири, відпрацьована олія тощо). Лідером виробництва даного виду біопалива є компанія Neste Oil, яка по суті розробила процес NexVTL для виробництва дизельного палива, що відновлюється. На сьогоднішній день компанія має 4 заводи (2 у Фінляндії та по 1 у Сінгапурі та Роттердамі), які можуть виробляти палива з широкого спектру масел.

Тобто ця технологія є високоефективною. Вона дозволяє виробляти високоякісне паливо і бути дуже ефективними з погляду економіки. Для порівняння: при звичайній етерифікації, навіть якщо умовно з 1 л масла зробити 1 л палива, то за вартості, припустимо, ріпакової олії близько 1300 дол/т отримається дизельне паливо мінімум по 1,20 євро. І це ще без податків та націнки роздрібних мереж. Тобто на сьогоднішній день за таких високих цін на рослинні олії це просто не вигідно.

Значні перспективи мають також такі палива, як біометан та синтез газ. Біометан отримується очищенням біогазу від домішок, а синтез-газ є продуктом переробки твердих відходів рослинництва та лісозаготівель.

Висновки. Біопалива другого покоління мають низку ключових переваг над традиційним викопним паливом та над біопаливом першого покоління. Ці переваги включають здатність досягти суттєвого зменшення викидів парникових газів, а також значні зменшення земельних вимог.

#### Список використаних джерел

1. Bioethanol and the Ethanol Industry today. US. DOE. Biomass Program: <http://www.DOE Biomass Publications.htm>.

2. Biofuels for transport: <http://www.IEA.org/books>.
3. Biofuels for Sustainable Transportation: <http://www.IEA.org>.
4. Интернет ресурс: <http://altfuel.com>.
5. 7 Biofuels in the European Union a vision for 2030 and beyond. Final draft report of the Biofuels Research Advisory Council .2006 31p
6. Biofuels; the Next Generation. EU news <http://euractiv.com/en/energy/biofuels>
7. Second generation transport biofuels report of a DTI global watch mission. March 2006.

**Захарчук Віктор Іванович** - доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [viktorzakharchuklntu@gmail.com](mailto:viktorzakharchuklntu@gmail.com)

**Бойчук Дмитро Іванович** - магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [avalario.inc@ukr.net](mailto:avalario.inc@ukr.net)

**Жеребецький Юрій Володимирович** - магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [zhebetskyi.iurii@gmail.com](mailto:zhebetskyi.iurii@gmail.com)

**Шевела Костянтин Іванович** - магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, e-mail: [avarcom.k@ukr.net](mailto:avarcom.k@ukr.net)

**Zakharchuk Viktor Ivanovich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [viktorzakharchuklntu@gmail.com](mailto:viktorzakharchuklntu@gmail.com)

**Boychuk Dmytro Ivanovich**, -master's student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [avalario.inc@ukr.net](mailto:avalario.inc@ukr.net)

**Zhebetsky Yuri Volodymyrovych** - master's student of the Department of Automobile and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, [zhebetskyi.iurii@gmail.com](mailto:zhebetskyi.iurii@gmail.com)

**Shevela Kostyantyn Ivanovych** - master's student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, e-mail: [avarcom.k@ukr.net](mailto:avarcom.k@ukr.net)

УДК 621.311.41: 621.472

А.В. Йовченко, І.А. Шльончак

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАРЯДЖАННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

*Розглянуто доцільність використання відновлюваних джерел енергії на станціях заряджання електромобілів. Запропоновано використовувати гібридні енергетичні комплекси, що поєднують в один технологічний процес генератори теплової та електричної енергії різних типів*

**Ключові слова:** електричні автомобілі, відновлювані джерела енергії, енергія сонця, енергія вітру.

*The expediency of using renewable energy sources at charging stations for electric vehicles is considered. It is proposed to use hybrid energy complexes that combine heat and electric energy generators of various types into one technological process*

**Keywords:** electric cars, renewable energy sources, solar energy, wind energy.

З кожним роком зростає кількість електротранспортних засобів, що веде до збільшення кількості зарядних станцій або станцій заміни акумуляторних батарей. При використанні мережевих зарядних станцій ефект від використання електромобілів зменшується, оскільки зростають викиди від теплових електростанцій. Тобто, електричні транспортні засоби покращують екологічний стан тільки в тих районах, де вони використовуються. При цьому, де розташовуються теплові електростанції кількість викидів зростає [1].

Набувають поширення зарядні станції, що працюють від відновлюваних джерел енергії (від енергії сонця та вітру), які позбавлені даного недоліку, оскільки електроенергія виробляється з використанням чистих енергоресурсів. Використання відновлюваних джерел енергії покращить енергобезпеку та енергонезалежність зарядних станцій. У випадку виходу з ладу традиційних електростанцій, зарядні станції, що будуть працювати на ВДЕ, зможуть постачати електроенергію не тільки електромобілям, а й іншим об'єктам [2].

Зарядні електростанції, що працюють з використанням відновлюваних джерел енергії – це гібридні енергетичні комплекси, що включають в собі споживачів, виробників та перетворювачів різних видів енергії і забезпечують його функціонування.

Гібридні енергетичні комплекси – це технічні системи, що поєднують в один технологічний процес генератори теплової та електричної енергії різних типів, акумулятори енергії, засоби передачі та перетворення теплової й електричної енергії, придатної для використання споживачами електричної і теплової енергії [2, 3].

Робота подібних комплексів ускладнена нестабільністю енергопостачання. Для вирішення даної проблеми в системах передбачено наявність наступного: резервних джерел живлення (електричної мережі, дизельних електроустановок), запасу акумуляторних батарей для зарядних станцій, запасу акумуляторних батарей електромобілів для їх заміни на станціях. До складу даних комплексів також входять зарядні пристрої, з використанням яких здійснюється заряджання електротранспорту [3].

Станції заміни акумуляторних батарей відмінно підходять для використання на віддаленні від населених пунктів та ліній електропередач. Обслуговування електромобілів займає близько 5 хв, на відміну від зарядних станцій, де час заряджання становить 30-40 хв. Станції заміни АКБ підходять для обслуговування автомобільних парків різних підприємств, компаній, таксі. У такі автопарки входять однотипні електроавтомобілі, в результаті чого змінні акумуляторні батареї зможуть підійти до будь якого електротранспорту. Окрім основного призначення, АКБ електромобілів можуть використовуватися для зберігання надлишкової енергії ВДЕ. Максимальна кількість АКБ, які знаходяться в таких зарядних станціях, не повинна бути меншою деякого мінімального значення, що необхідне для правильного функціонування. Тобто, мінімальна кількість АКБ повинна дорівнювати кількості повністю заряджених батарей на випадок відсутності можливості їх заряджання (недостатнє вироблення електроенергії від ВДЕ, частина електроенергії використовується для інших потреб). Також необхідно врахувати, що деяка кількість електроенергії витрачається на обслуговування самої електростанції [4, 5].

Власні потреби такої станції містять в собі не тільки навантаження на опалення та кондиціонування приміщення, у якому розміщуються змінні акумуляторні батареї, але також навантаження АЗС та супутніх сервісів. Це пов'язано з тим, що автономна станція заміни АКБ розташовується на значному віддаленні від лінії електропередач. Вводити її до складу вже діючих автозаправних станцій, як це було із зарядними станціями, немає сенсу. До складу пришляхових АЗС входять наступні супутні сервіси: компресори для підкачування шин, туалетні кімнати, цілодобові магазини повсякденного попиту, заклади швидкого харчування тощо [6].

До складу пришляхових АЗС можуть входити магазини повсякденного попиту, навантаження яких значно вище навантаження інших сервісів.

Крім цього на станціях заряджання АКБ, в якості резерву, можуть використовуватись дизельні енергоустановки. Потреби дизельних енергоустановок складаються з навантаження по періодичному електроопаленню контейнера в зимових умовах (2 кВт·год) та підігріву робочої рідини агрегату протягом всього року (3 кВт·год). Дані системи вмикають по чергово на одну годину через кожні 2 години, що дозволяє рівномірно розподілити навантаження за часом.

Висновки:

1. Збільшення кількості електромобілів і гібридних автомобілів від загальної кількості автомобілів дозволить знизити вміст токсичних речовин в атмосфері та рівень шуму великих міст. Для підзарядки акумуляторів електричних транспортних засобів доцільно використовувати електроенергію, отриману відновлюваними джерелами енергії.

2. Використання гібридних енергетичних комплексів на основі відновлюваних джерел енергії, що включають у себе станції підзарядки акумуляторних батарей електромобілів, дозволить підвищити енергобезпеку та енергонезалежність районів країни, а також збільшити частку ВДЕ в енергобалансі України.

3. Станції заміни акумуляторних батарей дозволять скоротити час на обслуговування електромобілів з 40 до 5 хв. за рахунок заміни розряджених АКБ на заряджені.

Список використаних джерел

1. Всесвітня карта електростанцій. URL: [www.plugshare.com](http://www.plugshare.com)
2. Концепція розвитку ринку електростанцій. URL: [https://cdn.regulation.gov.ua/d8/cf/1d/fc/regulation.gov.ua\\_El.car-conception-1.pdf](https://cdn.regulation.gov.ua/d8/cf/1d/fc/regulation.gov.ua_El.car-conception-1.pdf)
3. Кількість електрокарів в Україні: <https://autogeek.com.ua/kilkist-elektromobilivv-ukraini-zroslo-do-35-763-odnyts-statystyka/>
4. Принцип роботи сонячних батарей URL: <http://elektrik.info/main/news/401-kak-%20ustroeny-i-rabotayut-solnechnyebatarei.html>
5. Принцип роботи інверторів URL: <http://electricalschool.info/electronica/1889-%20chto-takoe-invertor-naprjazhenija-kak.html>
6. Розвиток інфраструктури для електромобілів: <https://opendatabot.ua/analytics/electocars> 2022

**Шльончак Ігор Анатолійович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м.Черкаси, e-mail: [igor\\_shlionchak@ukr.net](mailto:igor_shlionchak@ukr.net), [i.shlionchak@chdtu.edu.ua](mailto:i.shlionchak@chdtu.edu.ua)

**Йовченко Алла Василівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м.Черкаси, e-mail: [a.yovchenko@chdtu.edu.ua](mailto:a.yovchenko@chdtu.edu.ua)

**Shlionchak Ihor Anatoliyovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of automobiles and technologies of their operation, Cherkassy State Technological University, Cherkassy, e-mail: [igor\\_shlionchak@ukr.net](mailto:igor_shlionchak@ukr.net)

**Yovchenko Alla Vasyliyva** – Ph.D., associate professor of the Department of automobiles and technologies of their operation, Cherkassy State Technological University, Cherkassy, e-mail: [a.yovchenko@chdtu.edu.ua](mailto:a.yovchenko@chdtu.edu.ua)

УДК 621.4: 629.113.01

А.В. Ільченко

## ПОЛПШЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ МОТОРНИХ ПАЛИВ ТЕПЛОВИМ ВИТРАТОМІРОМ

Обґрунтовано необхідність та запропоновано шляхи підвищення точності вимірювання витрат моторних палив за допомогою теплового витратоміра, що полягають в використанні певних матеріалів трубок витратоміра, розширенні діапазону вимірювання витрат, визначенні кращого розподілу температур (швидкостей) в потоці палива.

**Ключові слова:** двигун внутрішнього згорання, моторне паливо, тепловий витратомір, радіальний тепловий потік, осьовий тепловий потік, термоперетворювач, нагрівач

*The need is substantiated and ways of increasing the accuracy of motor fuel flow measurement using a thermal flowmeter are provided, which consist in using certain materials of the flowmeter tubes, expanding the range of flow measurement, and determining a better distribution of temperatures (velocities) in the fuel flow.*

**Keywords:** internal combustion engine, motor fuel, heat flowmeter, radial heat flow, axial heat flow, heat converter, heater

Клас точності вимірювального приладу – це узагальнена характеристика, що визначається границями його допустимих основних і додаткових похибок, а також іншими характеристиками, що впливають на його точність, значення яких регламентуються стандартами. Для встановлення похибок засобу вимірювання він періодично перевіряється зразковими засобами, які вищі за класом точності.

В залежності від обраної класифікаційної ознаки існують різні класифікації похибок вимірювання. Для приладів, що не мають верхню межу вимірювання (так звану «нескінченну шкалу») оцінювати клас точності необхідно на умовно обраній межі. Це може бути відомий їздовий цикл, прийнята порівняльна ділянка руху тощо. Для витратомірів моторних палив, які мають зберігання інформації про витрату палива сучасними мікропроцесорними засобами, умовно обрана межа може бути різною і, таким чином, клас точності витратоміра не буде виражений однаковою величиною.

Вимірювання витрат моторних палив необхідно проводити в реальному часі безпосередньо в процесі експлуатації і оперативно реагувати на їх зміну. Засоби вимірювання витрати моторного палива, що сьогодні встановлюють на транспортних засобах, назвати витратомірами палива можна лише наближено, оскільки вони розраховують витрату палива через облік часу відкриття робочого органу системи живлення двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ).

На транспортних ДВЗ можна використовувати витратоміри палив різних принципів дії, але особливості їх експлуатації пред'являють багато вимог до витратомірів, що пов'язано не тільки з надійністю їх роботи, а й з необхідною точністю вимірювання. Такі витратоміри неповною мірою адаптовані для умов роботи транспортних засобів і не завжди здатні забезпечити бажану точність вимірювання витрат моторних палив. З великого різноманіття витратомірів для використання на транспорті вважаються найбільш привабливими витратоміри за принципом реєстрації тепла, що переноситься паливом, витрата якого вимірюється, так звані теплові витратоміри (ТВ) [1, 2].

Важливим недоліком ТВ є відносно вузький діапазон виміру витрат. Вони як правило орієнтовані на стаціонарні витрати і не здатні охопити весь можливий діапазон витрат моторного палива ДВЗ транспортного засобу. ТВ мають непостійну похибку виміру витрат на різних швидкостях потоку палива, що реєструються. Тому важливою є наукова задача розробки шляхів підвищення точності вимірювання витрат моторних палив ДВЗ за допомогою ТВ.

ТВ складається з трубки 1, по якій протікає паливо, нагрівача 2 та термоперетворювачів (ТП) 3 (рис. 1.). Розміри трубки 1 можуть бути різними і обираються в залежності від максимально можливої витрати, що вимірюється, та необхідної міцності матеріалу. Для ДВЗ транспортного засобу під час вибору конструкції ТВ необхідно враховувати товщину стінки трубки для заданих значень тиску, що створює паливних насос системи живлення ДВЗ, та достатньої пропускної спроможності з врахуванням максимального споживання палива

конкретним двигуном транспортного засобу (максимально можливої витрати). Дані параметри враховують на етапі розробки ТВ і вони, як правило, наводяться в технічному паспорті на вже готовий виріб. Трубка 1 може виготовлятися з різних матеріалів, але в процесі розробки і виготовлення ТВ треба врахувати теплопровідність матеріалу, зручність його механічної обробки для подальшого приєднання до системи живлення ДВЗ. Матеріал трубки буде впливати на величину радіального теплового потоку (РТП). Оскільки кількість тепла на різних режимах витрати, яка при цьому буде відведена в атмосферу буде різною, також різною буде і похибка вимірювання витрати моторного палива. Для зменшення теплообміну між трубкою ТВ і навколишнім середовищем бажано обирати матеріал трубки з меншою теплопровідністю, що зменшить варіації РТП і втрати тепла в атмосферу для різних величин витрат палива, а це в свою чергу поліпшить точність вимірювання.

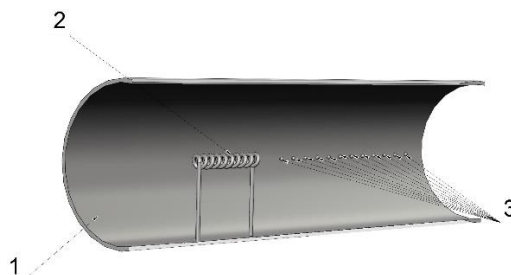


Рисунок 1 – ТВ: 1 – трубка; 2 – нагрівач; 3 – ТП

В процесі вибору матеріалу трубки також необхідно враховувати його коефіцієнт лінійного розширення. Транспортні засоби працюють в широкому діапазоні температур, при цьому трубка не повинна змінювати геометричні розміри [2].

Для зменшення РТП в трубці можна рекомендувати її теплоізоляцію, яку можуть забезпечити різні матеріали. Але, вони також повинні відповідати певним вимогам, наприклад, бути стійкими до агресивного впливу палива. Пропонується для теплоізоляції трубки використовувати фторопласт Ф-4 (температура плавлення кристалітів 327 °С).

Для врахування зміни теплового потоку в трубках ТВ з різних матеріалів і для виміру витрат різних палив необхідно аналізувати їх властивості передавати тепло, тобто коефіцієнти теплопровідності. Відомо, що коефіцієнти теплопровідності палив мають значно менші значення, ніж матеріали трубки і/або її ізоляції. Щоб максимально виключити вплив теплопровідності матеріалу трубки ТВ на РТП, і відповідно на похибку вимірювань витрат палива, необхідно знайти матеріали з таким коефіцієнтом теплопровідності, при якому можна повністю виключити передачу тепла в радіальному напрямку, що можливо лише теоретично.

Нагрівач підігріває потік палива до певної температури, яка за умов безпеки не повинна перевищувати температури спалаху даного моторного палива. Бензинові фракції мають температуру спалаху до -40 °С, газові - понад 28 °С, масляні від 130...350 °С. Фактично температура спалаху - це температура початку горіння. Сучасні українські стандарти встановлюють межу температури спалаху 61 °С, нижче якої палива відносять до легкозаймистих, вище - до горючих рідин.

В трубці ТВ відсутнє повітря і утворення паливо-повітряної суміші практично неможливе. Паливо завжди знаходиться під певним тиском, тому можна брати до уваги температуру спалаху в закритому тиглі і/або кипіння. Для дизельного палива температура кипіння знаходиться в межах 170...380 °С, оскільки ці значення визначено для нормальних атмосферних умов, вважається за можливе підігрівати дизельне паливо в ТВ максимум до 170 °С.

Нагрівач може мати різну геометричну форму, частіше це спіралі різних радіусів, що також впливає на величину теплового потоку. Як правило він виготовляється з дроту високого питомого опору (ніхрому) і встановлюється аксіально з віссю трубки.

ТП також в більшості випадків розташовано по осі трубки. Вони можуть бути різного принципу дії та типу і реєструють температури палива в процесі його протікання вздовж осі трубки на певних відстанях від нагрівача. Вказаний розподіл температур є підставою для розрахунку швидкості руху палива і, відповідно, його об'ємної витрати, які зв'язані відомою

залежністю, з якої слідує, що для заданої величини витрати зі зміною площі перетину трубки витратоміра змінюється швидкість потоку палива. Це дає можливість корегувати розподіл температур для різних значень швидкостей потоку.

Кількість ТП та відстані між ними, відстань від нагрівача до першого ТП впливають на загальну картину розподілу температур, що реєструється, для даної конкретної витрати палива. Ці параметри залежать від діапазону швидкостей (діапазону можливих витрат), що вимірюються. Для автомобільного ДВЗ цей діапазон може бути великим – від нуля (відсутня подача палива в ДВЗ), наприклад в режимі примусового холостого ходу до максимального значення, що відповідає максимальній миттєвій витраті палива даного ДВЗ (наприклад, для витрати палива від 0,05...0,25 м<sup>3</sup>/год швидкість руху палива в трубках діаметрами 0,01...0,1 м буде складати 1,77...884,6 мм/с). Такий широкий діапазон швидкостей вимагає розробки конструктивних рішень щодо можливості реєстрації миттєвих значень температур палива в заданий момент часу.

Також неважко дійти до висновку, що параметри процесу перенесення тепла в радіальному та в осьовому напрямках в трубці ТВ на різних швидкостях палива будуть суттєво відрізнятися і це не завжди дасть можливість визначити різниці температур між точками розташування ТП. Наприклад, якщо при збільшенні швидкості руху палива буде зареєстровано температуру, яка мало або практично не відрізняється від температури, що зареєстровано двома послідовно встановленими ТП, то це означає, що швидкість потоку палива досягла критичного значення, вище якого її визначення неможливе. Для зменшення похибки вимірювання витрати палива на даному режимі роботи ДВЗ треба брати до уваги температури, що виміряно двома сусідніми ТП з більшою різницею показань (для всіх послідовно встановлених ТП). Тоді, в процесі вимірювання необхідно впливати (змінювати в необхідному діапазоні) швидкість потоку палива для конкретного значення (діапазону) його витрат. Дані міркування наводять на думку щодо використання трубки ТВ з іншим діаметром.

Розширення діапазону виміру витрат палив ДВЗ (покращення точності вимірювань) можна досягти використанням декількох послідовно встановлених трубок різних діаметрів, кількість яких залежить від діапазону витрат палива, що вимірюються. Вибором діаметрів трубок можна досягти перекриття широкого діапазону можливих витрат палива.

Зі збільшенням швидкості потоку палива в трубці ТП будуть реєструвати все більш однакову температуру, а після встановлення швидкого теплоперенесення показання ТП не будуть суттєво відрізнятися. Зменшення різниці показань між сусідніми ТП погіршує точність визначення температури. Тоді можна запропонувати зменшити швидкість палива, що в нашому випадку може спостерігатись в трубках більшого діаметра. І навпаки, зі зменшенням швидкості руху палива ТП можуть зареєструвати несуттєву зміну температури. Тоді необхідно збільшити швидкість палива, що може спостерігатись в трубках меншого діаметра. Таким чином розширюється діапазон виміру витрат моторного палива і поліпшується точність їх вимірювання.

**Висновки:** Запропоновано шляхи підвищення точності вимірювання витрат моторних палив для ДВЗ транспортних засобів за допомогою ТВ, які полягають в розширенні діапазону вимірювання витрат, визначенні кращого розподілу температур (швидкостей) в потоці палива, використанні матеріалів трубок ТВ з певними фізичними властивостями.

#### Список використаних джерел

1. Безвесільна О.М. Методи вимірювання витрат рідини та конструкції витратомірів / О.М. Безвесільна, А.В. Ільченко, А.Г. Ткачук, С.О. Пархоменко // Вісник Інженерної академії України, 2013, Випуск 3-4, - с. 216-222.
2. Korobiichuk I., Ilchenko A. Optimal Design Parameters of Thermal Flowmeter for Fuel Flow Measurement. Sensors 2022, 22, 8882, 2022. <https://doi.org/10.3390/s22228882>

**Ільченко Андрій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: [avi\\_77@ukr.net](mailto:avi_77@ukr.net)

**Ilchenko Andrii** - Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering and Technical Service, Polis National University, Zhitomir, e-mail: [avi\\_77@ukr.net](mailto:avi_77@ukr.net)



УДК 378.147.018.43

М.К. Канчуга

## ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ

*Розглянуто кроки по впровадженню новітніх технологій в автомобілебудуванні для військових формувань з урахуванням іноземного досвіду, а також вплив сучасних світових тенденцій та проведено роботу вітчизняних підприємств та їх досягнень. Проаналізовано перспективи подальшого розвитку безпілотних технологій у військовій автомобільній техніці.*

**Ключові слова:** *військова автомобільна техніка, безпілотні технології, іноземний досвід, автомобілі майбутнього.*

*The steps to implement the latest technologies in the automotive industry for military formations, taking into account foreign experience, as well as the influence of modern world trends and the work of domestic enterprises and their achievements, were considered. The prospects for the further development of unmanned technologies in military automotive equipment are analyzed.*

**Keywords:** *military vehicles, unmanned technologies, foreign experience, automobiles of the future.*

Розвиток автомобілебудування в державі має безпосередній вплив на розвиток та успішність інших індустрій, в тому числі на розвиток військової компоненти. Сучасні бойові дії, які мають дуже високу інтенсивність та динаміку змін, дають зрозуміти важливість автомобільного транспорту для забезпечення потреб війська. Основним способом доставки зброї та боєприпасів, матеріальних засобів та продовольства до підрозділів які активно просуваються, залишається саме військові автомобілі. Формуються величезні колони військових вантажівок, які здатні досить швидко та у великих об'ємах здійснити підвіз необхідних засобів за підрозділами. Проте є значущий недолік застосування таких колон в умовах сучасної війни, а саме, такі автомобільні колони забезпечення є дуже помітними під час пересування, і відповідно, стають важливою ціллю для противника. Зрозуміло, що коли підрозділи не отримують вчасно зброї, боєприпасів та інших матеріальних засобів, вони не зможуть продовжувати ведення бойових дій. Саме це і є ключем до успіху в будь яких сучасних військових операціях, позбавити противника можливості здійснювати забезпечення його підрозділів.

Проаналізувавши військові конфлікти та війни минулого століття можна зробити висновок про важливість використання автоколон, і єдине що вагомо змінилося з тих часів, це умови в яких відбувається підвезення матеріальних засобів до позицій передових підрозділів. У воєнних конфліктах минулого століття військові колони рухались далеко від лінії зіткнення, відносно безпечнішими дорогами. Сучасна війна більш технологічна, більш інтенсивніша та більш небезпечніша для автомобільних колон. Противник застосовує різноманітні способи та засоби для виявлення колон забезпечення та спроби їх знешкодження. Широко застосовуються проникаючі малі диверсійно-розвідувальні групи, ударні БПЛА та «дрони-камікадзе», далекобійні засоби артилерії та армійської авіації, які досить ефективно знешкоджують автомобільні колони. Незважаючи на небезпеку, це поки єдиний можливий спосіб, який дозволяє забезпечити об'єми апетиту передових підрозділів. Проте, необхідно пам'ятати про збереження життя особового складу та способи підвищення його живучості. Адже людський ресурс зараз чи не най проблематичніший.

Сучасна війна показує нам, без перебільшення, безпрецедентне залучення великої кількості роботизованих та дистанційно керованих комплексів. Що стосується автомобілебудування, то вже достатньо багато світових автовиробників довели що автомобіль може цілком самостійно, без участі людини, пересуватися по дорогах загального користування і робити це цілком безпечно. Що ж стосується військової сфери діяльності, то тут також є певні результати роботи.

Як приклад, можна розглянути напрацювання американських компаній, які значно просунулись в опануванні цієї ідеї, можливості здійснювати підвезення матеріальних засобів автомобільними колонами без залучення водіїв. Отже, автомобільну колону очолює автомобіль,

який управляється водієм, а от решта транспортних засобів, використовуючи спеціалізоване обладнання (без водіїв), слідує за автомобілем-лідером. Безпілотним вантажівкам, які слідуватимуть позаду, потрібно триматися стежки, не покладаючись на вуличні знаки, розмітку смуг, тротуар чи GPS. Вони можуть навіть не мати чіткої видимості до автомобіля попереду, який може повернути за поворот у місті або зникнути в хмарі пилу, їдучи по пересіченій місцевості. Орієнтиром для системи в дистанційно-керованому автомобілі може бути практично будь-який твердий, нерухомий і характерний об'єкт: дерево, телефонний стовп, камінь, ділянка бордюру, навіть вибоїна. Коли людина веде лідируючий автомобіль по маршруту, його система автономності виявляє потенційні орієнтири на шляху, перевіряє їхне розташування за допомогою кількох датчиків, а далі передає дані наступним. Потім, коли кожен автомобіль-слідувач по черзі наближається до орієнтира, він використовує свої датчики, щоб виявити його та підтвердити власне положення, за потреби коригуючи свою інерціальну навігаційну систему. Якщо наступний транспортний засіб пройшов на 1,9 метра ліворуч від певного телефонного стовпа, то слідує автомобіль виявляє, що він проходить на відстані 1,8 метра, він знає, що попередній відхилився на 10 сантиметрів праворуч, і відповідно виправляє свій курс. Перші тестування таких дистанційно-ведених автоколон показали вражаючі результати. Автомобілі рухались у колоні один за одним, слідує по маршруту за першим автомобілем-лідером, проїжджали перехрестя та складні ділянки місцевості, оминали припарковані автомобілі та раптово виникаючі перешкоди. Водій, котрий управляє першим автомобілем, має змогу обирати найбільш вигідне та безпечне місце розташування на дорозі чи під'їзних шляхах, реагуючи на раптові зміни в обстановці під час руху. При цьому, перший автомобіль-лідера повинен бути максимально захищеним, оскільки при наїзді на придорожні вибухові пристрої чи при нападі на колону, акцент на ураження спрямований саме на перший автомобіль у колоні. Що стосується інших автомобілів, які рухаються за автомобілем-лідером, то в них такий елемент як кабіна, фактично перестає бути потрібним, або може бути набагато спрощеним, що призведе до покращення тактико-технічних характеристик таких транспортних засобів.

Вітчизняні автовиробники, які забезпечують наше військо вантажними та спеціалізованими автомобілями, також мають певні напрацювання в цьому напрямку. Створені перші прототипи безпілотних автомобілів, керування якими здійснюється дистанційно з пульта управління, з можливістю впливу на органи керування автомобіля на відстані в радіусі від 10 до 50 км. Звичайно, війна внесла свої корективи у продовження розвитку таких технологій, але однозначно вектор подальшого розвитку повинен відповідати сучасним тенденціям і потребам.

Безпілотні технології розвиваються дуже стрімко і значно зменшують залучення людського ресурсу. Використання автомобільних колон в умовах сучасної війни залишається і ще довго залишиться основним способом забезпечення підрозділів, адже використання боєприпасів відбувається досить інтенсивно і у великих кількостях, тому їх потрібно швидко й вчасно поповнювати щоб зберігати бойову міць війська. Враховуючи застосування противником високоточної зброї для знищення автоколон забезпечення, варіант використання дистанційно-ведених автоколон виглядає модерним та перспективним, а що важливіше, дасть змогу вчасно виконувати завдання та щонайважливіше, вберегти людський ресурс.

#### Список використаних джерел

1. [https://www.army.mil/article/249257/the\\_future\\_is\\_now\\_at\\_jrtc\\_modernizing\\_the\\_force\\_with\\_tactical\\_wheeled\\_vehicle\\_leader\\_follower\\_technology](https://www.army.mil/article/249257/the_future_is_now_at_jrtc_modernizing_the_force_with_tactical_wheeled_vehicle_leader_follower_technology)
2. Durst, PJ; Goodin, CT; Bethel, CL; Anderson, DT; Carruth, DW; Lim, H (2018) A Perception-Based Fuzzy Route Planning Algorithm for Autonomous Unmanned Ground Vehicles UNMANNED SYSTEMS Том: 6 Випуск: 4 DOI: 10.1142/S2301385018500073
3. <http://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/novini-ta-media/news/item/2839-pershyyi-bezpilotnyi-kraz-pershyyi-rozumnyi-ukrainskyi-avtomobil>

**Канчуга Мар'ян Казимирович**, викладач кафедри водіння бойових машин та автомобілів, Національна академія сухопутних військ, Львів, [mkanchuga4@gmail.com](mailto:mkanchuga4@gmail.com)

**Kanchuha Marian**, teacher, department of driving combat vehicles and automobiles, National Academy of Land Forces, Lviv, [mkanchuga4@gmail.com](mailto:mkanchuga4@gmail.com)

УДК 656.073

А.А. Кашканов, В.В. Буряк, М.Л. Москалюк

## АСПЕКТИ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

*Проаналізовано стан логістичної інфраструктури в Україні та її місце в загальносвітовому рейтингу. Виявлено проблемні питання та сприятливі фактори розвитку логістики в Україні як рушія підвищення конкурентоспроможності української продукції та інтеграції підприємств країни до світового ринку.*

**Ключові слова:** логістичне забезпечення, виробничі процеси, транспортна система, автомобільний транспорт.

*The state of logistics infrastructure in Ukraine and its place in the world ranking are analyzed. Problematic issues and favorable factors for the development of logistics in Ukraine as a driver of increasing the competitiveness of Ukrainian products and the integration of the country's enterprises into the world market have been identified.*

**Keywords:** logistic support, production processes, transport system, road transport.

В сучасних умовах ефективність діяльності транспортних компаній можна покращити за рахунок підвищення ефективності використання основних засобів виробництва (у даному випадку транспортних засобів); прискорення реагування на запити клієнтів; розширення спектра пропонованих послуг; зниження експлуатаційних витрат; підвищення безпеки і зниження ризику матеріальних втрат як від неправильних рішень персоналу, зроблених на основі недостовірної інформації, так і від крадіжок майна при транспортуванні [1].

Логістичний підхід змінює пріоритети в управлінні господарською діяльністю. Використання логістичного потоку в якості об'єкта дослідження надає можливість розглядати всі стадії проходження продукту (видобуток сировини, виготовлення матеріалів, комплектуючих, складання виробів, виготовлення кінцевої продукції, транспортування й збуту) як єдиний процес трансформації й руху продукту праці й пов'язаної з ним інформації та здійснювати інтегроване управління господарською діяльністю підприємств, що беруть участь в цьому процесі.

Логістична діяльність підприємства відбувається у взаємодії з ринком логістичних послуг. Узагальнюючи думки фахівців, можна виділити такі тенденції розвитку міжнародного ринку логістичних послуг [2, 3]: посилення позицій підприємств, що володіють розвинутими логістичними мережами; розвиток аутсорсингу логістики для зосередження зусиль підприємств на основних видах діяльності; регіоналізація логістичних мереж; скорочення логістичного ланцюга та оптимізація логістичних витрат; скорочення життєвого циклу продукту та нові підходи до його дистрибуції; зростання ролі інновацій у логістичних процесах; зростання транспортних витрат (через зростання цін на паливо, тарифів, збільшення частоти перевезень).

Логістика в Україні розвивається відповідно до світових тенденцій, але незважаючи на позитивну динаміку та значний потенціал, вона перебуває на етапі формування та консолідації. В рейтингу Світового банку Logistics Performance Index (LPI) у 2023 році Україна 79 місце з 160 країн щодо логістичної ефективності (табл. 1, рис. 1) [4].

Рейтинг LPI містить 6 критеріїв, за якими виконане дослідження. У 2023 році за цими критеріями Україна посіла такі місця (мала індекси): митні процедури - 90 (2,4); інфраструктура - 89 (2,4); міжнародне транспортування вантажів - 75 (2,8); логістична компетентність - 92 (2,6); відстеження вантажів - 94 (2,6); своєчасність доставки - 76 (3,1). Наведені значення критеріїв свідчать про необхідність в Україні в першу чергу вирішення проблеми з організацією та виконанням митних процедур та розвитком інфраструктури, логістичної компетентності провайдерів, системи відстеження вантажів.

Офіційні статистичні дані [4, 5] показують, що в Україні частка транспорту, складування, поштової та кур'єрської діяльності від загальної вартості ВВП протягом десятирічного періоду не перевищувала 8%. Це підтверджує, що ситуація на логістичному ринку є стабільною і не зазнає значного погіршення. Проте ці показники не дають інформації про реальний стан логістичного ринку.

Таблиця 1 - Logistics Performance Index 2023

Місце	Країна	LPI	Місце	Країна	LPI
1	Сінгапур	4,3	9	САР Гонконг, Китай	4,0
2	Фінляндія	4,2	10	Канада	4,0
3	Швейцарія	4,1	...	...	...
4	Нідерланди	4,1	78	Аргентина	2,8
5	Німеччина	4,1	79	Україна	2,7
6	Данія	4,1	80	Парагвай	2,7
7	Об'єднані Арабські Емірати	4,0	...	...	...
8	Швеція	4,0	160	Афганістан	1,9

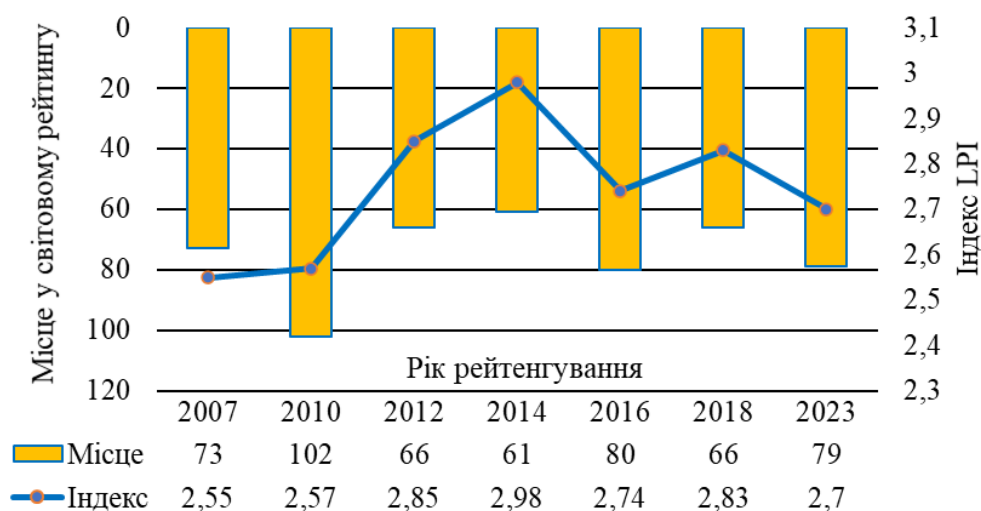


Рисунок 1 – Тенденції зміни рейтингу України та її індексу LPI за останні роки

Ринок логістичних послуг розвивається за рахунок аутсорсингу частини функцій компаній клієнтів. У світі на логістичний аутсорсинг з 2012 р. передається більше половини обсягу логістичних послуг у вартісному вираженні [3]. Виробники товарів і послуг прагнуть передати непрофільну діяльність спеціалізованим логістичним провайдерам (рис. 2) та сконцентруватись на своїх ключових компетенціях. Сучасною світовою тенденцією в логістиці є трансформація логістичних провайдерів у логістичних інтеграторів та віртуальних надавачів логістичних послуг. В Україні ж найбільше 2PL-провайдерів, які надають традиційні послуги з транспортування та складування.

Потенціал логістики дозволить будь-якому підприємству досягти суттєвого скорочення витрат зважаючи на те, що за оцінками фахівців, питома вага логістичних витрат в собівартості продукції в Україні на даний момент сягає 30-50% [2]. Однак є ряд труднощів, що заважають розвитку логістики в Україні. Окрім низки негативних факторів, спричинених військової агресією Росії, слід виділити такі: нестача організованих оптових товарних ринків; недостатній рівень розвитку систем зв'язку і телекомунікацій; нестача фахівців відповідної кваліфікації; поганий стан автомобільних доріг; недостатня кількість вантажних терміналів, а також їх низький техніко-технологічний рівень; високий ступінь фізичного і морального зносу рухомого складу транспорту; слабкий рівень механізації і автоматизації складських робіт; недостатнє виробництво сучасної тари і упаковки тощо.

Сприятливими факторами розвитку логістики в Україні виступають: вигідне географічне положення України; зростання обсягів роздрібною та оптовою торгівлі; перевищення попиту над пропозицією логістичних послуг; велика ємність ринку логістичних послуг; вихід на ринок України міжнародних торгових операторів, що використовують логістичні послуги; низькі витрати будівництва складських приміщень порівняно з іншими об'єктами нерухомості тощо.

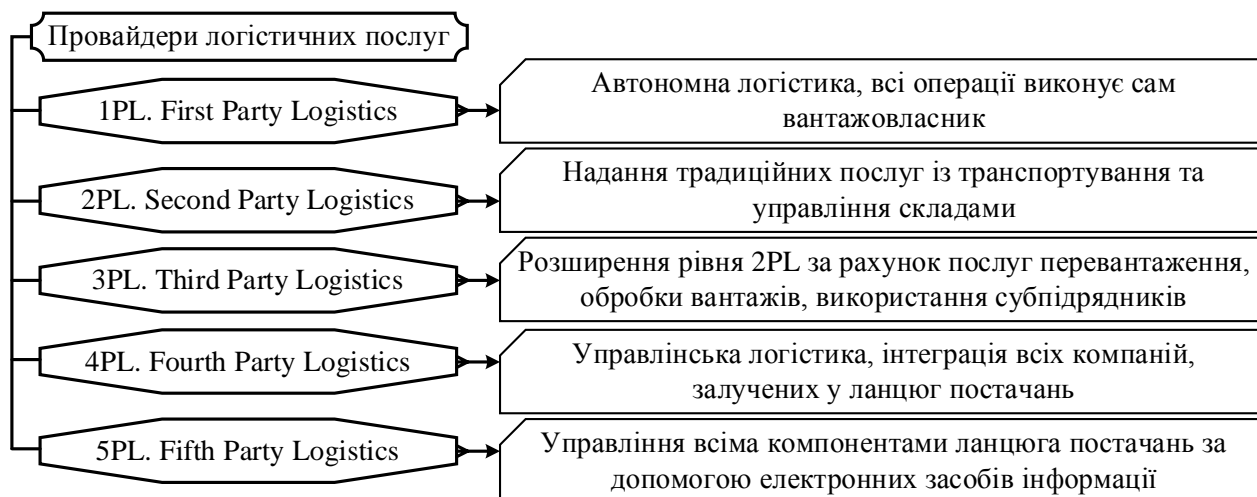


Рисунок 2 – Класифікація провайдерів логістичних послуг

**Висновок.** Ефективність функціонування економіки України значною мірою залежить від рівня розвитку логістичної інфраструктури, логістичного аутсорсингу та ступеня відповідності виконуваних логістичних функцій та операцій міжнародним стандартам і нормам. Відповідність виконуваних логістичних функцій міжнародним стандартам сприятиме підвищенню конкурентоспроможності української продукції, створенню сприятливих умов для її експорту, інтеграції підприємств України до світового ринку.

#### Список використаних джерел

1. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Кушель В. П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті. Навчальний посібник, Вінниця : ВНТУ, 2020. 104 с.
2. Науково-технічні дослідження у галузі транспорту: колективна монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. 2022. Т1, Т2. 433 с.
3. Abele, E., Boltze M., Pfohl H.-C. Dynamic and Seamless Integration of Production, Logistics and Traffic: Fundamentals of Interdisciplinary Decision Support. Springer International Publishing, 2017. 207 p.
4. Global Rankings 2023. URL: <https://ipi.worldbank.org/international/global>
5. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)

**Кашканов Андрій Альбертович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [a.kashkanov@gmail.com](mailto:a.kashkanov@gmail.com)

**Буряк Валерій Володимирович** – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницький національний технічний університет, e-mail: [btr.vl@i.ua](mailto:btr.vl@i.ua)

**Москалюк Микола Леонідович** – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницький національний технічний університет, e-mail: [moskalyuk255@gmail.com](mailto:moskalyuk255@gmail.com)

**Kashkanov Andrii** – Dr.Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [a.kashkanov@gmail.com](mailto:a.kashkanov@gmail.com)

**Buriak Valerii** – post-graduate student, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [btr.vl@i.ua](mailto:btr.vl@i.ua)

**Moskaliuk Mykola** – post-graduate student, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [moskalyuk255@gmail.com](mailto:moskalyuk255@gmail.com)

УДК 656.13

А.А. Кашканов, О.В. Пальчевський

## ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ФАЗАМИ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

*Кількість автомобілів на дорогах України продовжує зростати, тим самим погіршуючи вже складну ситуацію із автомобільними заторами, яку прийнято вирішувати методами розширення транспортної мережі. Проте існують і інші, не менш дієві, але більш прості за реалізацією підходи. В даній роботі йдеться про методи адаптивного управління фазами світлофорного регулювання, ефективність таких методів, та експериментальна перевірка їх принципів на потенційно придатному для оптимізації перехресті.*

**Ключові слова:** адаптивне управління світлофорами, автомобільні затори, PTV Vissim, мікроскопічне моделювання, транспортна система.

*The number of cars on the roads of Ukraine continues to grow, thereby exacerbating the already challenging situation with traffic jams, which is traditionally addressed by expanding the transportation network. However, there are equally effective but simpler to implement approaches. This paper discusses methods of adaptive control for traffic light phases, the effectiveness of such methods, and the experimental verification of their principles at a potentially suitable intersection for optimization.*

**Keywords:** adaptive traffic signal control, traffic congestion, PTV Vissim, microscopic modeling, transportation system.

Дорожні затори в містах очевидно є суттєвою проблемою, яка, головним чином, негативно впливає на продуктивність міста в цілому. Однак затори також призводять до збільшення споживання палива та забруднення повітря і можуть негативно впливати на фізичне та психічне здоров'я міських жителів [1].

Загальноприйняті підходи із усунення заторів, такі як розширення транспортної інфраструктури чи заходи по обмеженню кількості приватних автомобілів на дорогах міста є дорогими або ж несправедливими по відношенню до його мешканців. Альтернативою цим підходам є адаптивне управління фазами світлофорів, що є менш популярним та поширеним методом, однак може потенційно підвищити пропускну здатність перехрестя.

Так в роботі [2] було проведено серію експериментів на основі моделювання 100 найбільших міст Китаю, з метою дослідження впливу застосування адаптивного методу управління світлофорними фазами на продуктивність транспортної системи. В результаті було з'ясовано, що такий метод управління має великий потенціал для зменшення заторів та відзначається варіативністю застосування. Так в 97 зі 100 міст середня швидкість в потоці в годину пік зросла на 1% і більше, а в 49 зі 100 міст зафіксоване зростання на 10% і більше. Також було розраховано зміну часу в дорозі на годину для кожного міста та виявлено, що час у дорозі скоротиться на 11% для годин пік. У інші ж години доби очікується скорочення часу у дорозі на 8%. Характерним є те, що потенціал адаптивних методів зі зниження обсягу заторів швидше вичерпується в мегаполісах, коли в менших містах цей потенціал є менш вичерпним.

В іншому ж дослідженні [3], яке присвячене розгляду адаптивних методів, було розглянуто алгоритм адаптивного управління перехрестями в режимі реального часу з урахуванням сумарного часу подорожі (CTR), якому надавали доступ до даних про транспортні засоби (ТЗ) в мережі. При перевірці на моделі ізольованого перехрестя, алгоритм показав покращення таких показників як загальний час поїздки, середня швидкість на ділянці та пропускна спроможність мережі на 34%, 36% та 4% відповідно, у порівнянні із класичною фіксованою фазою регулювання при повній завантаженості транспортної мережі.

В статті [4] було розглянуто метод адаптивного управління сигналами світлофорів на основі нечіткого управління, з метою підвищення ефективності перехрестя в умовах значного перевантаження транспортної системи. Він складається з двох модулів – адаптивного управління фазами та управління по запобіганню утворенню заторів. Проведений авторами багатофакторний аналіз показав, що розроблений метод значно покращує ефективність перехрестя: скорочує затримку руху ТЗ на 51,1% і 18,0%, та зменшує максимальну довжину

затору на 30,8% і 11,0%, в порівнянні із одним тільки адаптивним управлінням та адаптивним управлінням зі стратегією пропуску фаз відповідно.

Важливо відзначити, що серед цілого переліку видів адаптивного управління світлофорними фазами [5] є й такі, що не вимагають значного ускладнення принципів роботи вже існуючої системи. До таких можна віднести «контроль по активації» та «координований контроль по активації». *Контроль по активації* дозволяє регулювати роботу фаз і тривалість зеленого у відповідь на зміну щільності трафіку. При повній автономії даного виду управління, всі фази ініціалізуються та регулюються послідовно, з можливістю пропуску фаз, що не мають попиту. Тобто дозвільний сигнал світлофора змінюється відповідно до попиту. Даний принцип управління не передбачає фіксованої тривалості циклу, але містить ефективну тривалість, яка визначається внаслідок тривалості фази, згідно до правил принципу. При *координованому контролі по активації* управління здійснюється за допомогою скоординованого сигналу, за тією самою структурою, що й керування з фіксованим часом циклу, але тривалість фаз регулюється за допомогою принципу активації, з урахуванням обмежень, які підтримують синхронізацію. Ротація вже скоординованих фаз є незмінною для контролера, через що він не може пропустити скоординовані фази та завершити їх.

На основі досвіду з розглянутих та опрацьованих раніше методів адаптивного управління фазами світлофорного регулювання було проведено експеримент, який дозволив імітувати результат від застосування такого методу, а саме координованого контролю по активації.

Було вирішено провести імітацію в мультимодальному програмному середовищі мікроскопічного моделювання транспортного потоку – PTV Vissim. В якості об'єкта моделювання було обрано перехрестя Хмельницького шосе та вул. 600 – річчя, в місті Вінниця. Вибір обумовлено складною ситуацією на ньому та зручністю дослідження транспортних потоків. При оцінці транспортного руху на перехресті фактично було визначено, що затори простягаються на 1-1,5 квартали. При подальшому дослідженні було зібрано дані про рух та затори в ранкову та вечірню годину пік. Ситуація у вечірню годину пік виявилась помітно складнішою, через що було обрано даний проміжок часу, а саме 17:50 - 18:50. Інтенсивність транспортних потоків представлено на рис. 1.

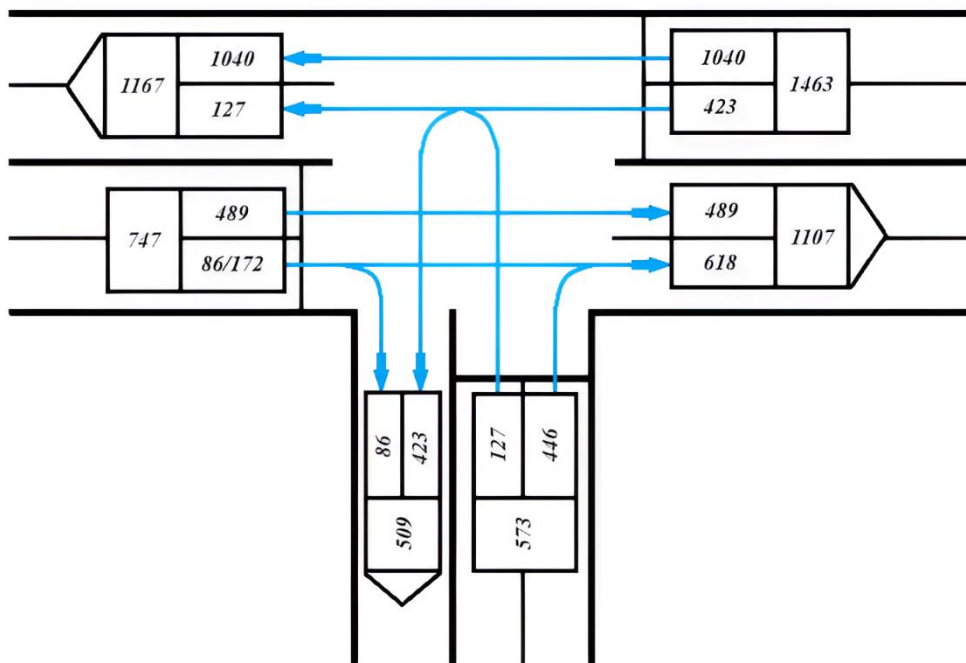


Рисунок 1 – Інтенсивність транспортних потоків в годину пік

За цими даними було змодельовано рух на даному перехресті в імітаційному середовищі PTV Vissim, що показало на самому навантаженому напрямку середньостатистичну довжину затору рівною 51,5 м, а найбільшу довжину затору рівною 140,5 м.

Відштовхуючись від існуючої програми фаз світлофорного регулювання на перехресті, було здійснено її оптимізацію у відповідності до основних принципів координованого контролю по активації, які дозволили перерозподілити час серед фаз більш раціонально. Результати цієї оптимізації подано на рис. 2. Вони свідчать про скорочення середньої та максимальної довжини затору на 55% та 20% відповідно.

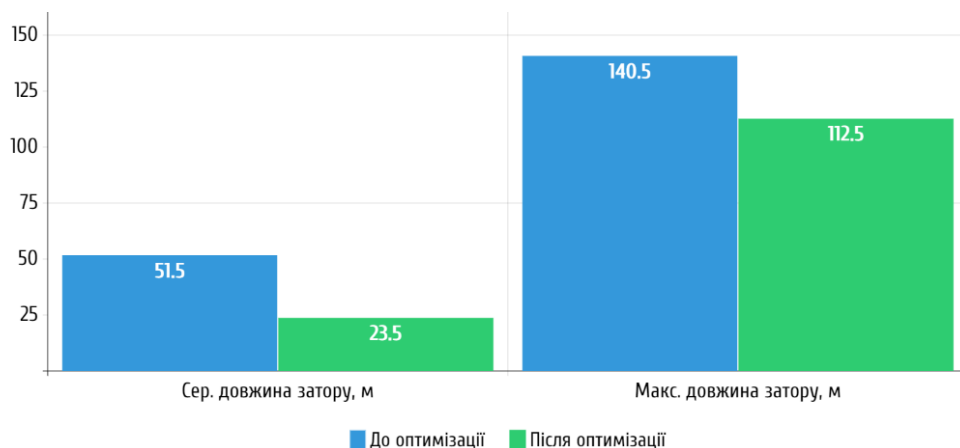


Рисунок 2 – Вплив оптимізації фаз світлофорного регулювання на параметри заторів

**Висновок.** Посилаючись на досвід авторів розглянутих робіт, принципи адаптивного координованого управління роботою світлофорів та результати дослідження впливу такого підходу на пропускну здатність перехрестя Хмельницьке шосе – вул. 600-річчя, в місті Вінниця можна рекомендувати продовжити подальші експерименти з іншими перехрестями з метою напрацювання програми заходів зі зменшення заторів в транспортній мережі нашого міста.

#### Список використаних джерел

1. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.
2. B. Gu, K. Wu, J. Ding, J. Lin, G. Zheng, Q. Huang, T. Xu & Y. Zhu, “Cost-effective mitigation of urban congestion with adaptive traffic signal control,” *Research Square*, 2023. doi: 10.21203/rs.3.rs-3176883/v1.
3. P. Jing, H. Huang & L. Chen, “An Adaptive Traffic Signal Control in a Connected Vehicle Environment: A Systematic Review,” *Information*, no. 8. 2017. doi: 10.3390/info8030101.
4. T. Yao, C. Zhang, J. Zhao, A. Gupta, & S. Mondal, “Adaptive Signal Control for Overflow Prevention at Isolated Intersections Based on Fuzzy Control,” *Transportation Research Record*, no. 2677, pp. 1387-1401. 2023. doi: 10.1177/03611981221143380.
5. A. Shams, T. Emtenan & C. Day, *A Taxonomy of Adaptive Traffic Signal Control*. Ames, USA, 2023.

**Кашканов Андрій Альбертович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

**Пальчевський Олег Вадимович** – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницький національний технічний університет, e-mail: palchevskiy.o@gmail.com

**Kashkanov Andriy Albertovych** – Dr.Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

**Palchevskiy Oleh Vadymovych** – post-graduate student, Faculty of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: palchevskiy.o@gmail.com



УДК 656.11

В.А. Кашканов, Д.В. Василик

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛИЦЬ 600-РІЧЧЯ - КЕЛЕЦЬКА МІСТА ВІННИЦЯ

В публікації наведено результати дослідження транспортного потоку на звантаженому перехресті міста Вінниця у рамках роботи наукового гуртка «Транспортне моделювання» Вінницького національного технічного університету.

Ключові слова: перехрестя, транспортний потік, вулично-дорожня мережа, картограма транспортного потоку, діаграма транспортного потоку.

The publication presents the results of a study of the traffic flow at a busy intersection in the city of Vinnytsia within the framework of the work of the "Transport Modeling" research group of the Vinnytsia National Technical University.

Key words: intersection, traffic flow, street-road network, traffic flow cartogram, traffic flow diagram.

Швидке зростання автомобільного парку як в Україні в цілому, так і в м. Вінниця, привело до значного збільшення інтенсивності дорожнього руху і як наслідок, навантаження на вулично-дорожню мережу (ВДМ) міст [3]. Вже сьогодні ВДМ м. Вінниця не відповідає вимогам щодо організації і безпеки дорожнього руху, оскільки вона функціонує на межі пропускної здатності, а в деяких місцях перевищує цю межу. На перехресті вулиці 600-річчя та вулиці Келецька протягом останніх років спостерігаються періодичні затори, особливо у години «пік», підвищена кількість дорожньо-транспортних пригод, що сприяє погіршенню якості міського транспортного обслуговування.

Дослідження транспортного потоку на даному перехресті виконувалось на прохання Департаменту транспорту та міської мобільності Вінницької міської ради та роботи наукового гуртка «Транспортне моделювання» Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) в рамках Меморандуму про співпрацю між ВНТУ та Вінницькою міською радою. Облік руху проводився з метою отримання об'єктивних даних про інтенсивність і склад руху транспортних потоків, що проходять по перехрестю вулиць 600-річчя-Келецька. Реєстрація транспортного потоку виконувалась під час ранішньої години «пік» (з 8.00 по 9.00) 8 грудня 2022 року. Для визначення інтенсивності і складу руху застосовано метод візуального обліку руху.

Інтенсивність руху транспортного потоку визначають [4]:

- у транспортних одиницях з виділенням типів транспортних засобів: легкові автомобілі, вантажні автомобілі, автобуси, тролейбуси;
- в одиницях приведених до легкового автомобіля;
- по складу автомобільного парку (за марками автомобілів), що рухаються по автомобільній дорозі.

При визначенні інтенсивності руху та складу транспортного потоку було заповнено картку обліку транспортних засобів за рекомендаціями [5], яка дала можливість побудувати діаграму складу транспортного потоку на перехресті вулиць 600-річчя-Келецька (див. рис. 1).

Склад потоку транспорту – це вміст певних видів транспорту певного типу в транспортному потоці який виражають зазвичай у відсотках. Він грає важливу роль під час формування умов руху на дорозі. Наприклад, якщо транспортний потік буде складатись переважно тільки з легкових або вантажних автомобілів, то режим руху буде значно відрізнятись. Під час організації дорожнього руху їх поділяють на п'ять груп: автобуси, легкові автомобілі, вантажні, автопоїзди, мотоцикли. Важливим є те, яку площу займає транспортний засіб на дорозі та його габарити під час руху.

За даними з рис. 1, можна спостерігати склад потоку, що рухається через досліджуване перехрестя, в такому відсотковому співвідношенні: легкові автомобілі – 73 %, мікроавтобуси та вантажні автомобілі з вантажопідйомністю до 2т – 13%, вантажні автомобілі з вантажопідйомністю 2-6т – 5%, вантажні автомобілі з вантажопідйомністю 6-12т – біля 1%, автобуси та тролейбуси – 3%, мотоцикли та мопеди – 4%, трактори та автопоїзди – менше 1%. Склад наведеної діаграми приводить до висновку, що легкові автомобілі є переважаючими і у складі 73 % транспортний потік через досліджуване перехрестя – легковий.

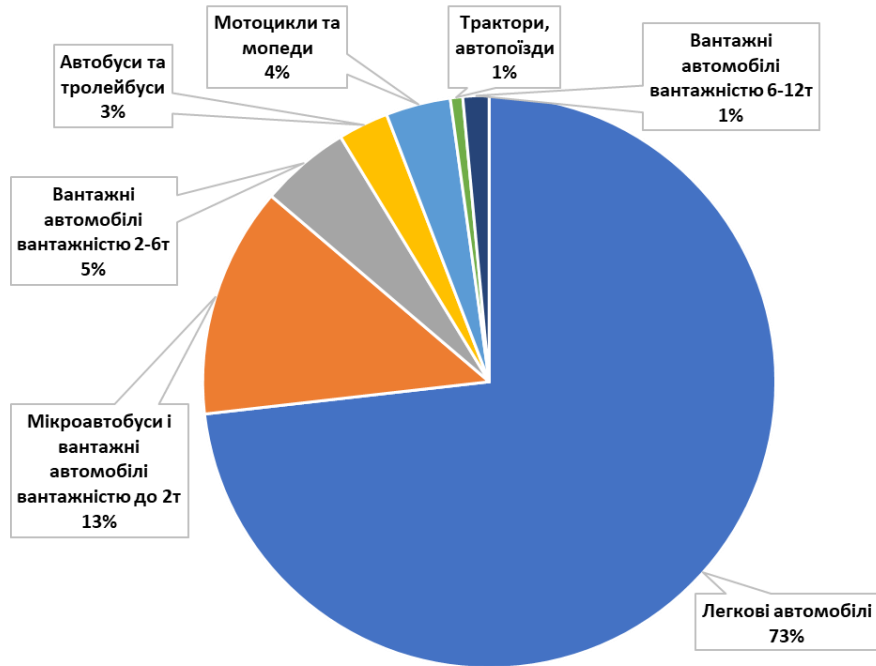


Рисунок 1 – Діаграма складу транспортного потоку

Результати дослідження представлені також у вигляді картограми інтенсивності транспортного потоку на рис. 2.

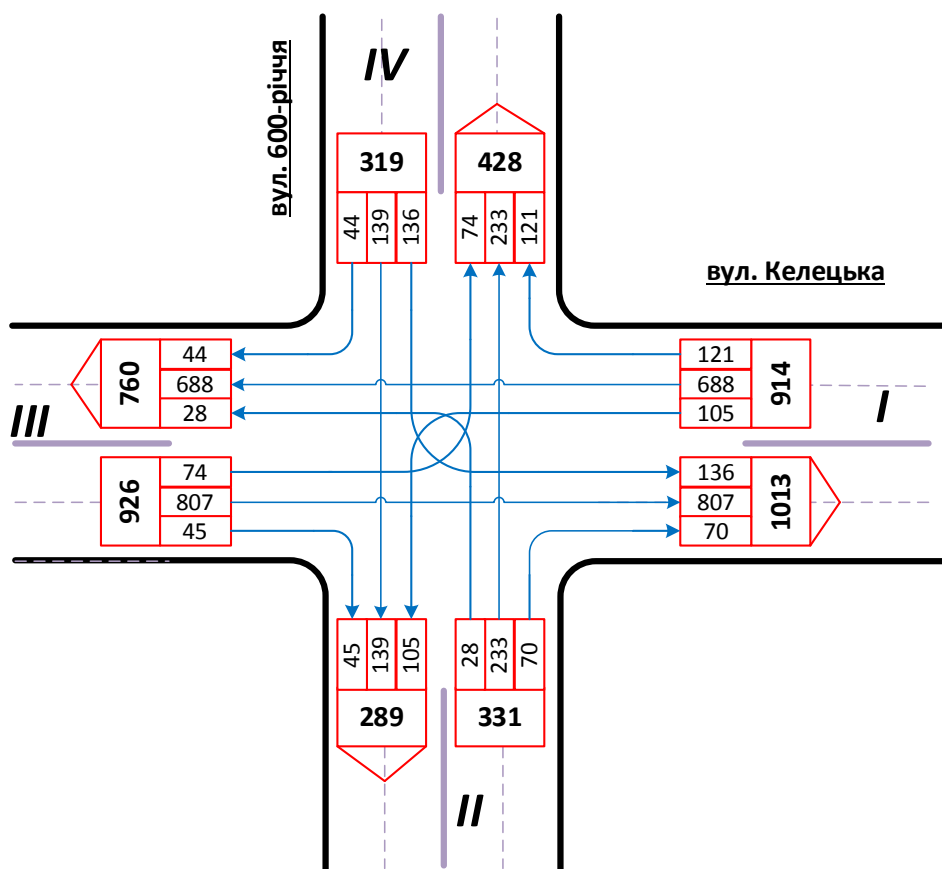


Рисунок 2 – Картограма інтенсивності транспортного потоку перехресті вулиці 600-річчя та вулиці Келецька м. Вінниця (прив. авт./год)

На картограмі наведено розподіл транспортних потоків за напрямками руху та сумарно вхідні та вихідні потоки на перетинах I-IV. На рис. 2 наведені значення у приведених одиницях авт./год. З наведеної картограми видно, що найбільш завантаженим перетином перехрестя є III перетин, оскільки з даного напрямку рухається значний транспортний потік у ранішню годину пік в напрямку до центру міста по вулиці Келецькій, якає однією з магістральних вулиць міста Вінниця.

Незважаючи на велику кількість засобів імітаційного моделювання транспортних потоків, коло програм для використання в некомерційних цілях вельми обмежений. Одним з найбільш популярних програмних рішень для виявлення факторів, що впливають на зародження і формування транспортних проблем і знаходження оптимальних шляхів їх врегулювання, залишається PTV Vissim [1, 2]. Особливістю даної програми є безкоштовна студентська версія, що спрощує і прискорює процес її освоєння студентами. Варто зазначити, що студентська версія відрізняється від комерційної обмеженням розміру ділянки ВДМ і часу імітації. У той же час, функціонал програми залишається повноцінним, що дозволяє використовувати її у закладах вищої освіти при підготовці фахівців автомобільного профілю [1, 2].

Отримані результати дослідження транспортного потоку використовуються студентами кафедри автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ для розробки імітаційної моделі та надання пропозицій щодо покращення організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті в рамках роботи наукового гуртка «Транспортне моделювання» ВНТУ, а здобуті навички можуть використовуватися ними при підготовці кваліфікаційних робіт.

#### Список використаних джерел

1. Кашканов В. А. Актуальність використання програм з імітаційного моделювання транспортних потоків для підготовки фахівців автотранспортної галузі. *Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 20-21 березня 2023 року)*. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 403-407.
2. Кашканов В.А., Лужанський Д.М. Необхідність покращення ефективності організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міст. *Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць*. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 95-97.
3. Кашканов В.А., Осьмірко С.О. Дослідження руху транспортного потоку на вулично-дорожній мережі міста. *Матеріали X-ої міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2022 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс]*. Вінниця: ВНТУ, 2022. (PDF 331 с.) URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/683/1213/2431-1>
4. Потійчук О. Б., Піліпака Л. М. Транспортні розв'язки : навч. посібник. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2020. 263 с.
5. ДБН В.2.3-4:2015 «АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ Частина I. Проектування Частина II. Будівництво». URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3074920736381470676?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074920736381470676?doc_type=2)

***Кашканов Віталій Альбертович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kash\_2004@ukr.net***

***Василик Дмитро Вадимович – студент групи ІТТ-22мс, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kralotheroi@gmail.com***

***Kashkanov Vitaliy Albertovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: kash\_2004@ukr.net***

***Vasylyk Dmytro Vadymovych - student of group ІТТ-22ms, Vinnytsia National Technical University, e-mail: kralotheroi@gmail.com***

УДК 621.317

В.А. Кашканов, Б.В. Мартошенко

## ПРОГРАМНИЙ ПРОЦЕС НАЛАШТУВАННЯ ЧАСУ ВПРИСКУВАННЯ ПАЛИВА ГАЗОВИХ ФОРСУНОК

В даній роботі розглянуто процес програмного налаштування часу впорскування палива газових форсунок. Метою є визначення найбільш точного налаштування часу впорскування палива, що збереже, а, можливо, і покращить динаміку автомобіля, збереже ресурс двигуна та зменшить період окупності ГБО.

*Ключові слова:* ДВЗ – двигун внутрішнього згорання, ГБО – газобалонне обладнання, паливна карта, час впорскування палива, паливна суміш.

*This work will consider the process of software adjustment of fuel injection time of gas injectors. The goal is to determine the most accurate setting of the fuel injection time, which will preserve and possibly improve the dynamics of the car, save the engine resource and reduce the autogas payback period.*

*Key words:* ICE - internal combustion engine, autogas, fuel map, fuel injection time, fuel mixture.

У сучасних умовах паливного ринку України, з поверненням ПДВ 20% та довоєнних акцизів на всі види палива 1 липня 2023р. [1], що призвело до підняття цін на рідке паливо в середньому на 8-10 грн, на газ ціни піднялись на 2-4 грн. - виріс попит на встановлення ГБО на автомобілі, що вимагає відповідних сервісів та спеціалістів. Не правильно встановлене чи налаштоване ГБО може призвести до помилок в роботі ДВЗ, втрати потужності та зменшення ресурсу двигуна.

Існує декілька методів програмного налаштування часу впорскування палива газовими форсунками, розглянемо їх на прикладі блоку керування STAG QMAX BASIC.

Перший метод полягає в створенні бензинової та газової паливної карти та в подальшому ручному коригуванні [2].

При підключеному ноутбучі до блоку керування (для зручності спостереження за побудовою паливних карт), виконується заїзд до 10 км, спочатку на бензині, потім на газу. При цьому необхідно дотримуватись таких правил:

- Рівномірний рух, без різких прискорень та гальмувань;
- Підвищена передача.

Під часу руху на бензині з'являтимуться сині точки на паливній карті, по яких буде побудована крива, після цього необхідно змінити тип палива на газ та повторити маршрут, в такому ж режимі для побудування газової паливної карти [Рисунок 1] .

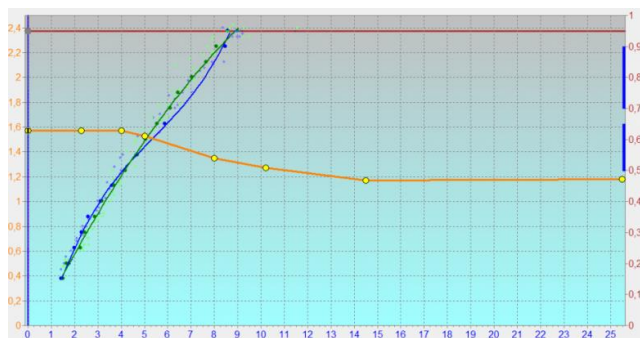


Рисунок 1 – Паливні карти

Цей метод має як переваги, так і недоліки, до переваг можна віднести:

- Легкість налаштування;
- Не займає багато часу;
- Потребує небагато обладнання;
- Не потребує особливих знань.

Недоліки:

- Неточне налаштування карт;
- Можливість перебудови паливних карт, що може призвести до помилок в роботі ДВЗ;
- Втрата потужності ДВЗ.

Для точного налаштування часу впорскування палива газовими форсунками, я рекомендую метод, що базується на отриманих даних системи діагностики OBD-II. Він полягає в ручному налаштуванні часу впорскування палива газовими форсунками в залежності від стану паливної суміші на різних обертах роботи ДВЗ.

Для даного методу необхідні ноутбук, кабель для діагностики системи OBD-II та кабель для налаштування блоку керування ГБО. Власник автомобіля виконує заїзд на різних обертах роботи ДВЗ на газовому паливі та в різних режимах руху : плавний розгін, плавне гальмування, стрімкий розгін і т.д., спеціаліст у цей час слідкує за допомогою кабелю для діагностики системи OBD-II та відповідного програмного забезпечення за станом паливної суміші. Якщо відхилення становлять до 10%, це вважається нормою, при відхиленні показника більше ніж на 10% - необхідно корегувати час впорскування палива газовими форсунками, якщо суміш збагачена, то зменшуємо час впорскування, а якщо збіднена, то навпаки збільшуємо. [ Рисунок 2 ].

rpm (RPM)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3000	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	0
2500	5	3	3	3	1	1	1	1	1	1	3	3	0
2000	9	7	6	6	1	1	1	1	1	1	5	5	0
1500	9	7	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	5	5	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 2 – Меню налаштування часу впорскування палива в залежності від обертів ДВЗ

Завдяки вище описаному методу можна зберегти динаміку автомобіля на газовому паливі, запобігти проблемам із ДВЗ, які можливі при русі на збідненій чи збагаченій паливній суміші та зробити ГБО ще більш економічно вигідним.

#### Список використаних джерел

1. Повернення ПДВ на паливо з 1 липня. 2023. URL: <https://www.unian.ua/economics/energetics/povernennya-pdv-na-palivo-z-1-lipnya-yak-rist-cin-vpline-na-ukrajinskih-agrarijiv-12312246.html>
2. Процедура налаштування ГБО 4-го покоління – як виконати своїми руками. 2022. URL: <https://motorstate.com.ua/ua/info/protsedura-nalashuvannia-hbo-4-ho-pokolinnia-iak-vykonaty-svoimy-rukamy>
3. В. І. Ерохов. Газобалоні автомобілі. Конструкція, розрахунок, діагностика, 600 ст.

**Кашканов Віталій Альбертович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [kash\\_2004@ukr.net](mailto:kash_2004@ukr.net)

**Мартошенко Богдан Віталійович** – магістрант, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [martoshenko65@gmail.com](mailto:martoshenko65@gmail.com)

**Kashkanov Vitaliy Albertovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Automobile and Transport Management, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [kash\\_2004@ukr.net](mailto:kash_2004@ukr.net)

**Martoshenko Bohdan Vitaliyovych** – magistrant, group IAT-22m, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [martoshenko65@gmail.com](mailto:martoshenko65@gmail.com)

УДК 629.08

В.А. Кашканов, В.В. Мельник

## ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

*У сучасній світовій економіці глобалізація визначає розвиток національних економік та має значний вплив на транспортні відносини. Зростання обсягів перевезень, як внутрішніх, так і міжнародних, є типовим явищем глобалізації, однак Україна стикається з численними проблемами у сфері вантажних перевезень, зокрема у логістиці цього процесу. Ця стаття зосереджується на вивченні існуючих проблем у сфері транспортної логістики вантажних перевезень в Україні та визначає їх як основну мету дослідження.*

*Ключові слова: глобалізація, транспортна логістика, вантажні перевезення, ефективність, проблеми, Україна, національна економіка.*

*In the modern world economy, globalisation determines the development of national economies and has a significant impact on transport relations. The growth of traffic volumes, both domestic and international, is a typical phenomenon of globalisation, but Ukraine faces numerous problems in the field of freight transport, in particular in the logistics of this process. This article focuses on studying the existing problems in the field of freight transport logistics in Ukraine and identifies them as the main objective of the research.*

*Keywords: globalisation, transport logistics, freight transport, efficiency, problems, Ukraine, national economy.*

**Постановка проблеми.** Розвиток світової економіки супроводжується швидкими процесами глобалізації, які суттєво впливають на національні економіки та роблять транспорт важливою складовою. У цьому контексті ключові завдання транспорту полягають у прискоренні обороту матеріальних цінностей, доставці готової продукції та перевезенні людей. Глобальний досвід підтверджує зростання обсягів перевезень та вантажних потоків, включаючи транзитні. Україна також стикається із численними проблемами у сфері вантажних перевезень, зокрема, у логістиці цього процесу, що вимагає подальших реформ.

**Вивченість проблеми.** Багато вчених звертали увагу на проблеми транспорту, його ефективне функціонування та логістику перевезень. У своїх дослідженнях присвячених цій темі вони розглядали різні аспекти цього питання. Серед цих дослідників були С. Гриценко [2], Ю. С. Іванов [3], В. Кутирев [7], І. Лебідь [7], Т. Маселко [4], В. Наумов [5], А. Пасічник [7], О. Соколова [6], В. Швець [11-12]. Деякі наукові роботи, зокрема ті, які належать М. Бабій [8], Н. Гаман [1], В. Дзюрі [8], П. Поповичу [8], П. Чуваєву [10], О. Шевчуку [8] і Н. Трушкіній [9], вивчають проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту, аналізують логістичну діяльність підприємств і ринок автоперевезень, а також забезпечення транспортних вантажних потоків географічними картами. Незважаючи на обширні дослідження у цій галузі, проблеми транспортної логістики, зокрема вантажних перевезень, все ще потребують подальших наукових розробок. Це обумовило вибір даної теми для цього дослідження та його спрямованість.

**Цілі статті.** Мета цього дослідження полягає в ідентифікації наявних проблем у сфері транспортної логістики вантажних перевезень в Україні.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У сучасний період існує значна кількість проблем у сфері транспортної логістики, які потребують негайного та найважливішого вирішення. По-перше, це високий рівень зношеності основних засобів інфраструктурних об'єктів, що може викликати аварійні ситуації та, в кінцевому підсумку, призводити до неефективності економіки та становити загрозу для національної безпеки країни. Низька якість транспортної інфраструктури призводить до додаткових непродуктивних витрат, які насправді сповільнюють зростання реального ВВП.

Аналіз стану транспортної логістики виявив основні проблеми у цій області:

1. Неєфективне використання маршрутів доставки товарів від виробника до споживача.
2. Незадовільний стан автомобільних доріг та слабка інфраструктура транспорту.

3. Недостатня кількість вантажних терміналів, а також їх низький технічний рівень.
4. Відсутність сучасних транспортних засобів, що відповідають світовим стандартам, на практиці у всіх видів транспорту.
5. Високий рівень фізичного та морального зносу рухомого складу транспорту.
6. Неефективне використання власного і найманого рухомого складу.
7. Втрати через простій в очікуванні завантаження/розвантаження транспортних засобів.
8. Втрати від неефективної роботи, такі як умисне розкрадання паливно-мастильних матеріалів або навіть вантажів, "ліві рейси", низька продуктивність транспортної сфери через слабку систему мотивації та/або низьку кваліфікацію персоналу тощо.

*Неефективне використання маршрутів доставки продукції від виробника до споживача*

Багато транспортних компаній використовують неефективні маршрути для доставки продукції від виробника до споживача. Керівництво цих підприємств часто не приділяє великої уваги оптимізації цього процесу, що призводить до низької оперативності та якості послуг, що надаються. Для пошуку найкоротшого шляху та складання оптимальних маршрутів доставки використовуються неповністю автоматизовані методи, які не завжди приносять оптимальні результати. Але деякі підприємства вже інвестують у програмне забезпечення, яке може автоматизувати цей процес і забезпечити пошук найбільш раціональних маршрутів руху. Також деякі компанії звертаються до зовнішніх перевізників для побудови оптимальних маршрутів доставки.

У цьому випадку найефективніше звернутися до логістичного оператора — компанії, яка має навички та досвід у оптимізації процесу транспортування. Ці оператори можуть здійснювати збір консолідованого вантажу від різних відправників, складати оптимальні маршрути руху та використовувати більш ефективні види транспорту на різних етапах маршруту. Це допомагає зменшити витрати та збільшити продуктивність доставки.

Незадовільний стан автомобільних доріг; слабка інфраструктура транспорту; недостатня кількість вантажних терміналів, а також їх низький техніко-технологічний рівень.

Проблема поганого стану автомобільних доріг не турбує лише перевізників, але й кожного громадянина України. Розв'язання цієї проблеми повинно бути головним завданням держави. Національна транспортна стратегія до 2030 року, відома як "Drive Ukraine 2030", визначає напрямки у цьому плані.

Ця стратегія має амбітні цілі і спрямована на повну модернізацію транспортної інфраструктури. Одна з ключових ідей - позбутися застарілих доріг і звернутися до докорінних змін, адже постійне латання або модернізація застарілих транспортних засобів, які служать вже понад 40 років, є неефективним.

Повністю реалізуються угода про асоціацію з ЄС і утвориться єдина транспортна та інфраструктурна мережа з Європою. Це сприятиме створенню конкурентоспроможної та ефективної транспортної системи, інноваційному розвитку галузі та забезпеченню наявності безпечного, екологічно чистого та енергоефективного транспорту.

Відсутність практично на всіх видах транспорту сучасних транспортних засобів, що відповідають світовим стандартам; високий рівень фізичного і морального зносу рухомого складу транспорту

Рано чи пізно будь-яка техніка зазнає зносу, тому важливо точно визначити момент, коли вигідніше продати її або використати в інших операціях для оптимізації витрат. Існує безліч методів розрахунку амортизації, і вибір конкретного залежить від завдань і потреб кожного підприємства-перевізника. Також важливо врахувати можливості щодо придбання нового транспорту, який відповідатиме потребам сучасності.

Надзвичайно важливо, що Україна приєдналася до розробки транспорту нового покоління, що забезпечить вантажним та пасажирським перевезенням небачену швидкість та революційні технології. Якщо країна зможе забезпечити свою галузь транспорту такою інноваційною технікою, це буде вигідно як виробникам, так і підприємствам-перевізникам.

*Неефективне використання власного і найманого рухомого складу*

Керівництво підприємства-перевізника часто уникає «зв'язування» з декількома відправниками, оскільки боїться такого складного процесу. Це призводить до неефективного використання вантажності транспортних засобів, призначених для перевезень. Однак перевезення збірних вантажів може суттєво збільшити прибуток підприємства-перевізника. Іноді

це навіть дозволяє знизити ціни для відправників, що позитивно впливає на репутацію компанії. Зрозуміло, що цей вид транспортування вимагає більше уваги, але високий рівень управління є важливим аспектом будь-якого успішного бізнесу.

*Втрати від простою в очікуванні завантаження-розвантаження транспортного засобу*

Найбільш трудомісткою складовою частиною транспортного процесу є вантажно-розвантажувальні роботи, особливо при автомобільних перевезеннях. Низький рівень механізації навантаження-розвантаження вантажів, недостатня координація дій різних підприємств під час перевантаження в транспортних вузлах та інші фактори часто призводять до затримок автомобілів під час цих процесів або у їх очікуванні.

При ефективному логістичному підході оптимізація навантаження-розвантаження розпочинається з раціональної організації робіт на складах як при видачі вантажу від відправника, так і при його прийманні на складі отримувача. Це означає, що вантаж повинен бути готовий до транспортування, включаючи відповідну тару та упаковку, і його розташування на складі повинно бути легко знайденим без додаткових пошуків. Партії вантажу або контейнери повинні бути складені з урахуванням вантажності транспортного засобу, і засоби для навантаження-розвантаження повинні бути готові до проведення цих операцій. Для уникнення затримок і непродуктивних періодів очікування вантажу, відправник повинен укласти договір на всі види робіт, включаючи навантаження-розвантаження.

Втрати від неефективної роботи (умисне розкрадання паливно-мастильних матеріалів або навіть вантажів, «ліві рейси», низька продуктивність транспортної сфери через слабку систему мотивації та/або низьку кваліфікацію персоналу тощо).

Однією з найважливіших проблем у транспортній логістиці є забезпечення цілісності та безпеки вантажу, що не завжди вдається здійснити. Для зменшення подібних ризиків необхідно страхувати вантаж. Однак важливо враховувати його реальну вартість, а не обмежуватися мінімальними страховими сумами. Щоб позбутися інших негативних аспектів, пов'язаних із низькою продуктивністю транспортної галузі, можна використовувати різні методи. З одного боку, це може бути матеріальне заохочення за сумлінну роботу. З іншого боку, необхідно встановлювати невідворотні покарання за будь-які порушення, які можуть включати не лише штрафні санкції, а й можливість звільнення або навіть заборону працювати в сфері транспорту.

Часто проблеми транспортної логістики виникають у випадках, коли необхідно організувати взаємодію різних видів транспорту. У таких ситуаціях терміни доставки можуть значно збільшуватися, а контроль за перевезенням ускладнюється через можливі форс-мажорні обставини на будь-якому етапі перевезення.

Вибудовування маршруту перевезення може бути вкрай складним завданням, оскільки потрібно враховувати безліч чинників, і не завжди можна знайти найшвидший і найзручніший шлях для доставки товару. Стеження за вантажем є критично важливим, хоча навіть сучасні комп'ютерні розробки в цій галузі ще не можуть повністю вирішити цю проблему транспортної логістики. Це стосується всіх аспектів, включаючи відстеження стану вантажу, зв'язок з водієм і точне розташування транспортного засобу.

Щодо використання сучасних технологій у транспортній логістиці, то важливо відзначити відсутність достатньої інформації про відповідне програмне забезпечення. Спеціалізованих програм не так багато, і неможливо знайти об'єктивну аналітику щодо їх переваг і недоліків. З урахуванням високої вартості цих програм, не дивно, що підприємства-перевізники рідко їх придбають. Розв'язання цієї проблеми транспортної логістики в першу чергу залежить від розробників програмного забезпечення. Вони повинні не лише створювати якісний продукт, але й ефективно просувати його переваги порівняно з аналогічними програмами.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження виокремлені ключові проблеми, які виникають у сфері транспортної логістики. Однак, надавши належну увагу цим проблемам, можна зазначити, що вирішення їх вимагає комплексного підходу до логістичних розрахунків. Цей комплексний підхід може забезпечити надійність та ефективність вантажоперевезення, сприяючи уникненню непередбачених ризиків та зменшенню витрат.

Основною метою вирішення цих проблем є досягнення оптимальності у кожному логістичному рішенні. Це можливо завдяки застосуванню сучасних технологій, автоматизації процесів та ретельному аналізу логістичних показників. Такий підхід дозволяє знизити витрати, скоротити терміни доставки та підвищити загальну ефективність транспортної логістики.



Список використаних джерел

1. Гаман Н.О. Картографічне забезпечення транспортних логістичних потоків в Україні. URL: [http://maptimes.inf.ua/CH\\_04/8.pdf](http://maptimes.inf.ua/CH_04/8.pdf).
2. Гриценко С.І. Можливості маркетингу та логістики в сталому розвитку регіонів України. *Вісник економічної науки України*. 2017. № 1 (32). С. 36—39.
3. Іванов С.В. Транспортно-логістичні кластери в контексті розвитку транспортної системи України та окремо взятого економічного району. *Економічний вісник Донбасу*. 2018. № 1 (51). С. 15-22.
4. Маселко Т.Є. Проблеми управління транспортно-логістичними системами України та перспективи розвитку в контексті європейської інтеграції. URL: [http://www.nbu.gov.ua/portal/chem\\_biol/nvnltsu/17\\_2/3\\_01\\_Maselko\\_17\\_2.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnltsu/17_2/3_01_Maselko_17_2.pdf).
5. Наумов В.С., Вітер Н.С. Методика формування альтернативних транспортно-технологічних систем доставки вантажів. *Східно-європейський журнал передових технологій. Математика і кібернетика - фундаментальні та прикладні науки*. 2011. № 5/4 (53). С. 16-19. Соколова О.Є.
6. Теоретико-методологічні основи формування транспортно-логістичної системи України. URL: [http://www.lib.nau.edu.ua/Journals/3\\_27\\_2010/Sokolova.pdf](http://www.lib.nau.edu.ua/Journals/3_27_2010/Sokolova.pdf).
7. Пасічник А.М., Лебідь І.Г., Кутирев В.В. Транспортно-логістична інфраструктура України: проблеми та перспективи розвитку. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. К., 2012. Вип. 10. С. 192—198.
8. Попович П.В., Шевчук О.С., Бабій М.В., Дзюра В.А. Аналіз ринку автотранспортних перевезень України. *Вісник машинобудування і транспорту*. 2017. № 2(6). С. 124-130.
9. Трушкіна Н.В. Статистичний аналіз динаміки показників логістичної діяльності підприємств. *Сучасні тенденції розвитку регіонів, підприємств та їх об'єднань*. Дніпро: Пороги, 2018. С. 271—283.
10. Чуваєв П.І. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту України. *Вісник Сев-НТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт*. 2013. Вип. 143. С. 196—198.
11. Швець В.Я., Жаран К.С. Розвиток логістичного потенціалу як ключовий фактор удосконалення діяльності промислових підприємств. *Наука й економіка*. 2012. №4 (28). Т. 2. С. 233—237.
12. Швець В.Я., Кочерга А.В. Основні проблеми та удосконалення методів логістичного аудиту на підприємстві. *Вісник сертифікації залізничного транспорту*. 2013. № 12 (6). С. 9—14.

***Кашканов Віталій Альбертович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [kash\\_2004@ukr.net](mailto:kash_2004@ukr.net)***

***Мельник Владислав Вячеславович – магістрант групи 1ТТ-22м, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: [g0d4p30pl3@gmail.com](mailto:g0d4p30pl3@gmail.com)***

***Kashkanov Vitalii Albertovych - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [kash\\_2004@ukr.net](mailto:kash_2004@ukr.net)***

***Melnyk Vladyslav Vyacheslavovych – magisrants, group 1TT-22m, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [g0d4p30pl3@gmail.com](mailto:g0d4p30pl3@gmail.com)***

УДК 656.11

В.А. Кашканов, С.О. Осьмірко

## АКТУАЛЬНІСТЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА ВІННИЦЯ

*В публікації наведено сучасний стан проблеми функціонування транспортних систем великих міст України та актуальність вдосконалення організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міста Вінниці. Описано підхід щодо розробки заходів з підвищення ефективності організації дорожнього руху на «проблемних» ділянках вулично-дорожньої мережі міста.*

*Ключові слова: організація дорожнього руху, вулично-дорожня мережа, транспортний потік, транспортна мережа міста, автомобілізація.*

*The publication presents the current state of the problem of the functioning of transport systems in large cities of Ukraine and the urgency of improving the organization of traffic on the street and road network of the city of Vinnytsia. The approach to the development of measures to improve the efficiency of traffic management on "problem" sections of the city's street and road network is described.*

*Key words: organization of traffic, street and road network, traffic flow, city transport network, motorization.*

Проблеми, пов'язані з погіршенням функціонування вулично-дорожньої мережі (ВДМ), які в основному вже стали закономірними у великих містах України, суттєво впливають на роботу всього транспортного комплексу міста [1-3]. Затримки транспорту в процесі руху, виникнення заторів, які характеризуються збільшенням часу на переміщення, погіршення транспортного обслуговування, підвищення рівня забруднення міського середовища шкідливими викидами і рівнем шуму, збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод – все це говорить про невідповідність ВДМ міста сучасному стану автомобілізації в країні.

Вже сьогодні вулично-дорожня мережа великих міст України не відповідає вимогам щодо організації і безпеки дорожнього руху. Існуюча інфраструктура будь-якого міста України не відповідає загальноєвропейським принципам і була побудована для значно меншого рівня автомобілізації. Наслідками цього є: мала питома щільність магістральних вулиць та нерозвинена мережа місцевих вулиць; низька пропускна здатність вулиць, сполучений рух масового пасажирського транспорту, легкового і вантажного руху; застосування для регулювання руху застарілих методів та технічних засобів; відсутність системи інформаційного забезпечення міського руху; відсутність спеціалізованих доріг для руху вантажних автомобілів. Все це призводить до утворення заторів.

Історія розвитку транспортних мереж багатьох міст починалася з незмінного перехрестя двох доріг. Потім на цьому перехресті ставало тісно, і з'являлися паралельні шляхи та нові перехрестя. У світі існує велика кількість міст, транспортна мережа яких є хрестом. Генеральні плани подібних міст, як і Вінниці, незмінно йшли шляхом розвитку цього хреста. В світі таких міст багато. На перший погляд, треба розширювати міські дороги, збільшувати пропускну спроможність цих основних магістралей. Але наскільки? Де межа цього розширення? Скільки потрібно смуг руху – 4 чи 24? Як почуватиметься громадський транспорт на такій дорозі, пішоходи та взагалі всі люди, які мешкають у такому місті [4]?

Гігантське дорожнє будівництво породжує гігантські автомобільні затори. Жодному місту світу не вдалося вирішити свої транспортні проблеми простими екстенсивними методами щодо збільшення транспортної пропозиції. Попит завжди буде попереду. Крім того, до нескінченності збільшувати пропускну здатність опорної мережі не можна через різні обмеження. Місто має минуле – його історія, архітектура, пам'ятники. У міста є сучасне – пробки та погіршення якості життя внаслідок необдуманого експлуатації автомобіля, спочатку покликаною якраз цю якість життя підвищити. Місто також має майбутнє. Можливо, зовсім без автомобіля.

Обстеження дорожньо-транспортних потоків у м. Вінниця показує, що ВДМ функціонує на межі пропускної здатності, а в деяких місцях перевищує цю межу. Основною причиною такої транспортної ситуації є невідповідність рівня автомобілізації м. Вінниця зі щільністю ВДМ. Результати моніторингу завантаження та швидкості транспортних потоків показують, що

інтенсивність руху на міській мережі зростає нерівномірно. У центрі міста вона практично незмінна та стабілізувалася на рівні пропускної спроможності центральних вулиць, на периферії – зростає [1-3]. Не менш важливу роль в підвищенні ефективності функціонування ВДМ має організація дорожнього руху та управління ним. Існують випадки, коли при відповідності пропускної здатності магістралі інтенсивності транспортних потоків на ній, неефективне світлофорне регулювання на перехрестях призводить до утворення заторів [5].

Слід зазначити, що поведінка водіїв відноситься до факторів непорядкованого та небезпечно руху на автомобільних дорогах. Останнім часом збільшується частка недосвідчених водіїв, що викликано темпами автомобілізації. Тобто, в складі учасників дорожнього руху присутня певна кількість учасників, які порушують правила дорожнього руху (ПДР), використовують агресивну манеру водіння, здійснюють незрозумілі маневри, що в комплексі може призводити до нестабільності транспортного потоку та підвищення аварійності на елементах ВДМ. Тобто, необхідно враховувати ступінь впливу людського фактору і створювати заходи для мінімізації його негативного впливу на ефективність функціонування елементів ВДМ.

Для підвищення ефективності функціонування елементів ВДМ м. Вінниця необхідний аналіз впливу перерахованих вище факторів. У першу чергу, необхідно здійснити оцінку зміни пропускної здатності на ділянках вулиць, потім проаналізувати організацію руху на окремих елементах ВДМ, подивившись, наскільки ефективно організовано рух по смугах, чи раціональні заборони маневрів і т. д. У подальшому, важливо також оцінювати ефективність регулювання руху по всій протяжності магістралі, а не тільки на окремому елементі ВДМ, та визначити, наскільки скоординовано управління рухом.

#### Список використаних джерел

1. Кашканов В. А. Актуальність використання програм з імітаційного моделювання транспортних потоків для підготовки фахівців автотранспортної галузі. *Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 20-21 березня 2023 року)*. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 403-407.
2. Кашканов В.А., Лужанський Д.М. Необхідність покращення ефективності організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міст. *Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць*. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 95-97.
3. Кашканов В.А., Осьмірко С.О. Дослідження руху транспортного потоку на вулично-дорожній мережі міста. *Матеріали X-ої міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2022 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс]*. Вінниця: ВНТУ, 2022. (PDF 331 с.) URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/683/1213/2431-1>
4. Потійчук О. Б., Піліпака Л. М. Транспортні розв'язки : навч. посібник. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2020. 263 с.
5. Форнальчик Є. Ю., Могила І. А., Трушевський В. Е., Гілевич В. В.. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах : монографія / за заг. ред Є. Ю. Форнальчика. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 236 с.

**Кашканов Віталій Альбертович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kash\_2004@ukr.net**

**Осьмірко Сергій Олександрович – магістрант, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sergiyosmirko@gmail.com**

**Kashkanov Vitaliy Albertovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Automobile and Transport Management, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: kash\_2004@ukr.net**

**Osmirko Serhiy Oleksandrovych – magisrtrant, group ITT-22m, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: sergiyosmirko@gmail.com**

УДК 656.13

А.А. Кашканова

## НАДІЙНІСТЬ ВОДІЯ ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ МІСТА

Здійснено аналіз стану, проблем та перспектив покращення безпеки руху як складової формування безпекового простору міста та передумови забезпечення стійкого розвитку його транспортної системи.

Ключові слова: надійність водія, безпековий простір, транспортна система міста, ефективність сполучення, організація та безпека дорожнього руху.

*The analysis of the state, problems and prospects of improving traffic safety as a component of the formation of the city's safe space and prerequisites for ensuring the sustainable development of its transport system was carried out.*

Keywords: driver reliability, safe space, city transport system, communication efficiency, organization and road safety.

На сьогоднішній день забезпечення безпеки та ефективності дорожнього руху є одним із найважливіших завдань. Транспортна галузь активно розвивається, і з кожним роком кількість одиниць транспорту, що виходить на дороги, зростає. Внаслідок цього відбувається насичення автомобільних шляхів та ускладнення умов руху. Для розробки заходів, які підвищують ефективність забезпечення безпеки дорожнього руху, необхідно враховувати фактори, що впливають на неї.

Під надійністю водія розуміється здатність своєчасно та безпомилково приймати та обробляти інформацію про стан транспортних засобів (ТЗ), дорожні умови, а також приймати та реалізовувати адекватні рішення з управління ТЗ протягом заданого проміжку часу з допустимими рівнями напруженості праці та ризиками виникнення конфліктної ситуації, дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та надзвичайних ситуацій [1]. Про важливість забезпечення надійності водія свідчать статистичні дані патрульної поліції щодо аварійності на дорогах України [2], оскільки близько 80% ДТП з потерпілими відбуваються в наслідок порушення надійності функціонування водіїв.

Транспортна система міста є людино-машинною системою, яка повинна мати високий рівень надійності функціонування та безпеки руху [3]. Множина основних факторів, які визначають безпеку функціонування транспортних систем міст, подана на рис. 1.

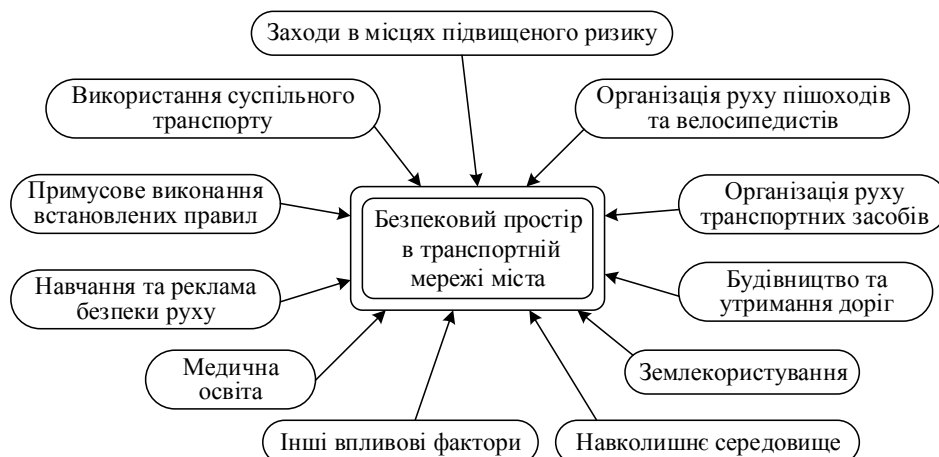


Рисунок 1 – Фактори, які формують безпековий простір в транспортній мережі [5]

Як видно з рис. 1, забезпечення високого рівня надійності водіїв з метою підвищення безпеки дорожнього руху в містах повинно базуватись на принципах стратегії управління безпекою як такою, яка:

формулює стратегію безпеки для міської території в цілому;  
 інтегрує безпеку з іншими міськими стратегіями (наприклад, розвиток муніципального транспорту, планування землекористування, безпечніші маршрути до шкіл);  
 враховує всі види учасників дорожнього руху;  
 розглядає функції різних видів доріг;  
 інтегрує існуючі заходи щодо зменшення травматизму під час функціонування вулично-дорожньої мережі;  
 використовує можливості там, де можуть допомогти інші напрямки та стратегії підвищення безпеки (наприклад, підвищення безпеки в рамках проекту реконструкції міста);  
 заохочує всі професійні групи допомагати досягати цілей безпеки;  
 захищає від можливого несприятливого впливу на безпеку інших заходів, реалізованих в рамках розвитку міста;  
 заохочує мешканців та всіх учасників дорожнього руху бути відповідальними;  
 відстежує прогрес у досягненні цілей безпеки.  
 На надійність водія, що керує транспортним засобом, впливає ціла низка різних факторів (рис. 2):

зовнішні чинники (чинники довкілля): конструкційні особливості дороги, умови руху, дорожні умови;  
 внутрішні фактори (чинники внутрішнього середовища): умови на робочому місці водія;  
 фактори, що належать до оператора (особливості водія): стаж, вік, кваліфікація, стан здоров'я, нервова організація, настроїв, втома, алкоголь, ліки [1].

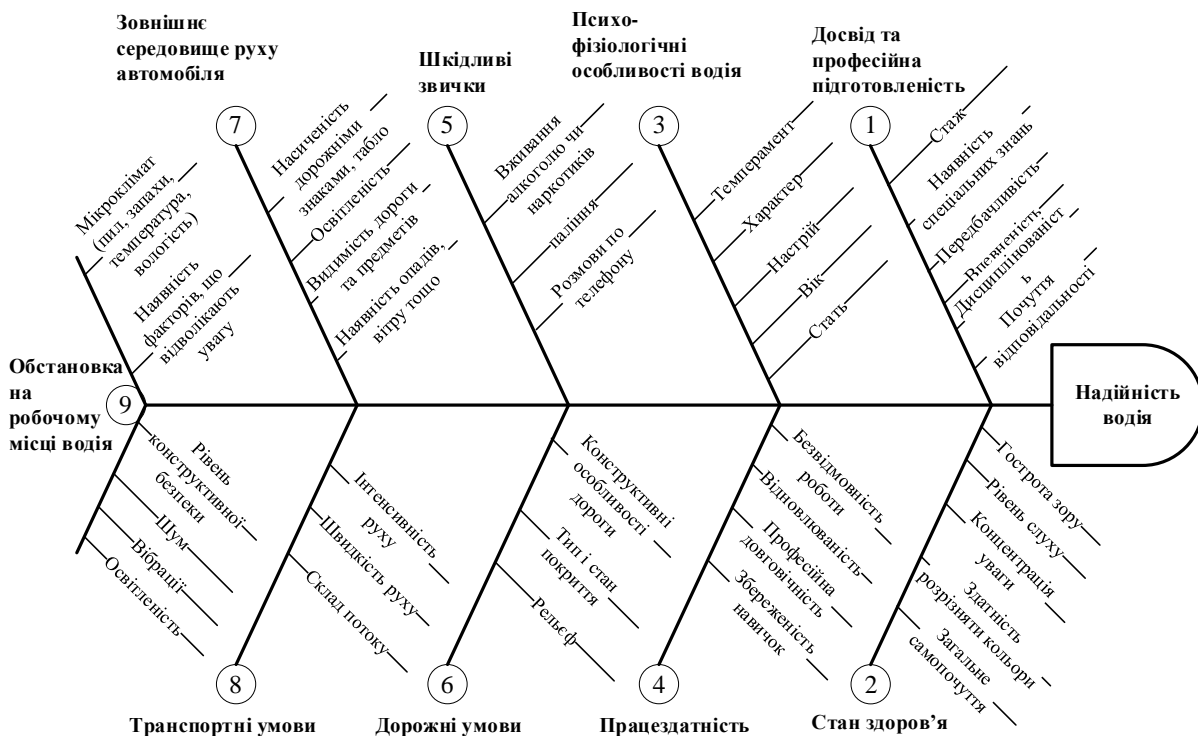


Рисунок 2 – Фактори, що впливають на надійність водія

Ранжування факторів, які впливають на надійність водія, пропонується здійснювати на основі нечіткої когнітивної карти [3], що подана на рис. 3.

Носієм моделі надійності (рис. 3) є орієнтований граф зі зв'язаними дугами. На основі єдиного графа враховуються різномірні кількісні та якісні фактори, з якими пов'язані причини відмов системи. Підхід дозволяє оцінити індекси важливості елементів системи забезпечення надійності водія та розробити на цій основі заходи з підвищення безпеки руху.

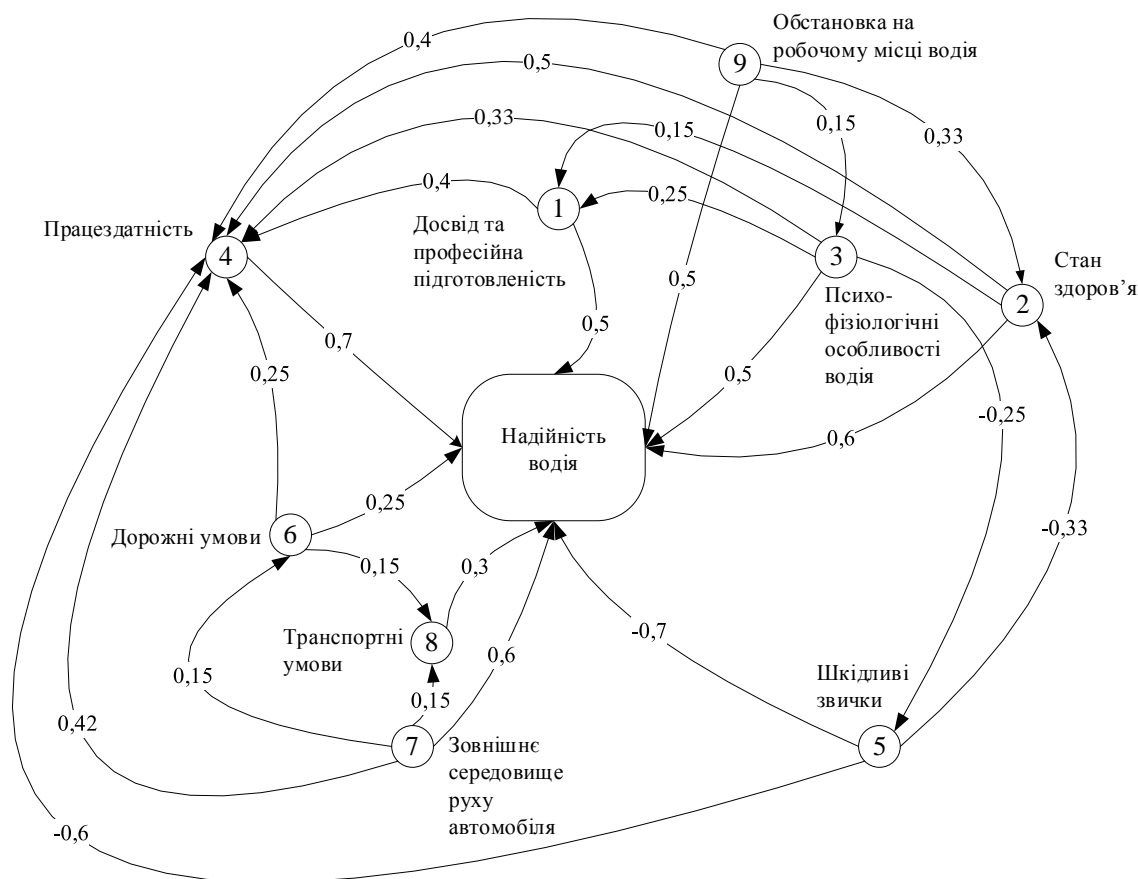


Рисунок 3 – Нечітка когнітивна карта системи забезпечення надійності водія

Список використаних джерел

1. Гюлев Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія: навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2012. 185 с.
2. Статистика. Патрульна поліція України. Дата оновлення: 04.10.2021. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення 04.10.2023).
3. Rotshtein A., Katielnikov D. & Kashkanov A. A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. Cybernetics and Systems Analysis. Vol. 55, No. 6, November, 2019. P. 958-966. DOI: 10.1007/s10559-019-00206-8
4. Кашканова А. А., Кашканов А. А., Біліченко В. В. Інтелектуальні транспортні технології як засіб покращення безпеки дорожнього руху / Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 19-20 жовтня 2022р. Рівне : НУВГП, 2022. С. 202-204.

**Кашканова Анастасія Андріївна** – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kashkanov9a@gmail.com.

**Kashkanova Anastasia** – Postgraduate student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: kashkanov9a@gmail.com

УДК 625.33.027.512.:531.4

Е.С. Клімов, А.П. Солтус, С.М. Черненко

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ОПОРУ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ ТРАЄКТОРІЇ**

Визначено закономірності зміни опору руху двовісного колісного транспортного засобу по криволінійній траєкторії, який враховує опір прямолінійному руху та додатковий опір, спричинений закручуванням тіла шини та боковим зміщенням диска колеса відносно відбитка шини. Отримано аналітичну залежність додаткового опору руху по криволінійній траєкторії від конструктивних особливостей трансмісії, розміщення шин та їх характеристик.

**Ключові слова:** еластичне колесо, криволінійний рух, опір руху, радіус кривизни, контактний відбиток, кінематичний кут відведення, збільшення коефіцієнта опору руху.

*The regularities of changes in moving resistance of a two-axle wheeled vehicle along a curved trajectory are determined, which takes into account resistance to rectilinear movement and additional resistance caused by twisting of the tire body and lateral displacement of the wheel disc relative to the tire contact patch. Analytical dependence of additional movement resistance along a curvilinear trajectory on structural features of the transmission, placement of tires and their characteristics was obtained.*

**Keywords:** elastic wheel, curvilinear movement, moving resistance, radius of curvature, contact patch, kinematic slip angle, increase in coefficient of movement resistance.

Однією із основних вимог, що висуваються до еластичного колеса, є забезпечення мінімального опору його руху, який безпосередньо визначає паливну економічність КТЗ. Ураховуючи, що КТЗ рухаються як по прямолінійним, так і по криволінійним траєкторіям, тому вивчення закономірностей опору руху по криволінійній траєкторії є актуальним питанням.

Аналіз літературних джерел [1–3] засвідчив, що кількість робіт, присвячених вивченню опору руху колеса по криволінійній траєкторії, обмежена, що пояснюється, з одного боку, рухом транспортних засобів по траєкторіях, які є майже прямолінійними, а з іншого боку, складністю явищ, пов'язаних із таким рухом. Тому метою даної роботи є дослідження закономірностей зміни опору руху по криволінійній траєкторії на прикладі типових моделей двовісних КТЗ.

Аналіз результатів досліджень, наведених в [1–3], показує, що для забезпечення руху еластичного колеса по криволінійній траєкторії радіусом  $R$  необхідно до диска колеса підвести енергію, щоб подолати опір коченню, забезпечити поворот диска на кут  $\theta_R$  та бічне зміщення диска на величину  $\Delta_R$  відносно контактної відбитка шини. Очевидно, що опір руху колеса по криволінійній траєкторії складатиметься з опору руху по прямолінійній траєкторії та опору, зумовленого одночасним закручуванням та бічним зміщенням диска відносно відбитка шини. Цей додатковий опір визначатимемо за збільшенням коефіцієнта опору руху колеса по криволінійній траєкторії. Враховуючи, що криволінійний рух характеризується кутом закручування диска та кінематичним кутом відведення, які, згідно [1], за абсолютною величиною дорівнюють один одному, то будемо визначати функціональний зв'язок між збільшенням коефіцієнта опору руху по криволінійній траєкторії та кінематичним кутом відведення.

Водночас сила штовхання від остову автомобіля та крутний момент, що підведені до диска колеса, діють у площині його кочення, а момент закручування та бічна сила – у площинах, перпендикулярних до площини кочення. Наявність цих динамічних факторів, які діють у різних площинах, та аморфного тіла шини викликають труднощі щодо розрахунку коефіцієнта опору руху колеса по криволінійній траєкторії. Тому функціональний зв'язок між збільшенням коефіцієнта опору руху по криволінійній траєкторії та кінематичним кутом відведення будемо визначати експериментально.

В якості об'єктів досліджень були використані автомобілі: передньопривідний Lada Kalina універсал, повнопривідний Mitsubishi Outlander та задньопривідний ГАЗ - 330210, що дозволило врахувати особливості трансмісії, типу шин та спарених коліс.

Під час проведення експериментальних досліджень до автомобілів прикладалось через динамометр зусилля та визначалось його значення при рівномірному його русі з малою швидкістю по прямолінійній та криволінійній траєкторіях. Траєкторія руху автомобіля

задавалась кутом повороту керованих коліс. Радіус траєкторії руху автомобіля визначався за слідом зовнішнього керованого колеса. Збільшення зусилля на динамометрі під час руху по криволінійній траєкторії визначали за виразом:

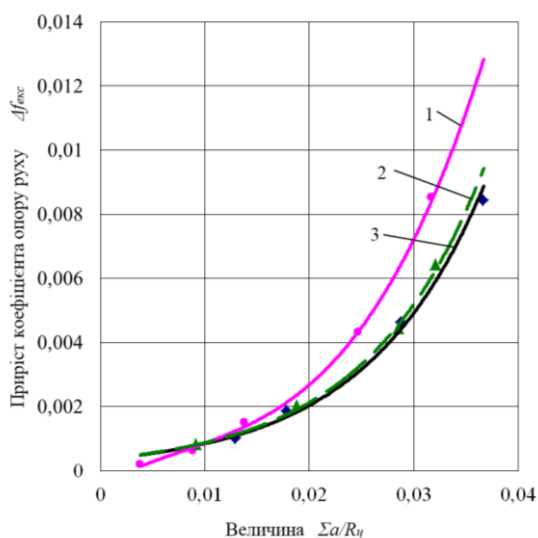
$$\Delta P_R = P_R - P_f - P_{mp}, \quad (1)$$

де  $\Delta P_R$  – збільшення зусилля на динамометрі при русі по криволінійній траєкторії, Н;  $P_R$  – зусилля на динамометрі при русі по криволінійній траєкторії, Н;  $P_f$  – сила опору коченню, Н;  $P_{mp}$  – сила опору тертя в трансмісії, Н.

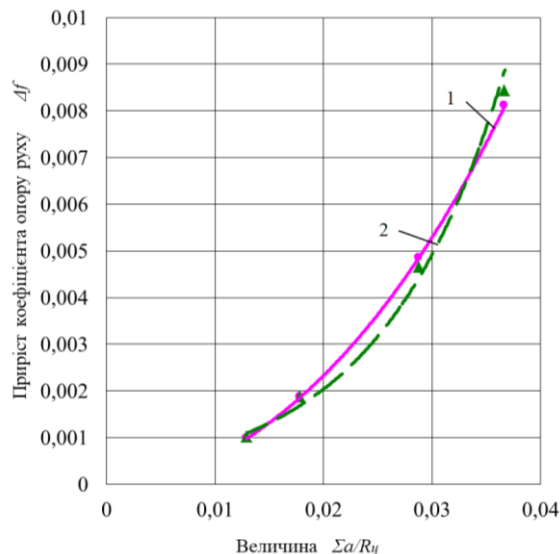
Збільшення коефіцієнта опору руху по криволінійній траєкторії визначимо за виразом:

$$\Delta f_{екс} = \Delta P_{екс} / G_a. \quad (2)$$

За результатами експериментальних досліджень на рис. 1 представлені графіки залежностей збільшення коефіцієнта опору руху  $\Delta f$  від величини  $\Sigma a/R_u$ , яка пропорційна куту кінематичного відведення, для автомобілів Mitsubishi Outlander, Kalina Lada та ГАЗ – 330210.



1 – Mitsubishi Outlander; 2 – Lada Kalina; 3 – ГАЗ - 330210  
Рисунок 1 – Залежність  $\Delta f_{екс} = f(\Sigma a/R_u)$



1 – розрахована за виразом (3); 2 – експериментальна  
Рисунок 2 – Залежність  $\Delta f = f(\Sigma a/R_u)$  для автомобіля Lada Kalina

Характер зміни  $\Delta f = f(\Sigma a/R_u)$  для розглянутих шин з достатньою для практики точністю апроксимуються параболічною залежністю:

$$\Delta f = \frac{102,6}{p} \left( \frac{\Sigma a}{R_u} \right)^2, \quad (3)$$

де  $\Delta f$  – розрахункове значення збільшення коефіцієнта опору руху по криволінійній траєкторії;  $p$  – показник параболі, який визначається експериментально та враховує жорсткість шини відносно вертикальної вісі, співвідношення між осями контактних відбитків;  $\Sigma a$  – приведена до центра мас поздовжня вісь контактних відбитків шин;  $R_u$  – радіус траєкторії руху центра мас автомобіля, м.

Аналіз наведених на рис. 1 даних засвідчив, що збільшення коефіцієнта опору руху по криволінійній траєкторії  $\Delta f$  пропорційно збільшенню кінематичного кута відведення. Для розглянутих шин показник параболі знаходиться у межах 13 – 17,5. Водночас аналіз експериментальних даних проведених додатково на автомобілі Mitsubishi Lancer з шинами Nokian WR 205/60 R16, в яких поперечна вісь контактних відбитків у 1,5 рази більша за поздовжню, показав, що показник параболі зменшується до 12. Отже, збільшення поперечної вісі контактних відбитків шин по відношенню до поздовжньої призводить до зменшення показника параболі.

На рис. 2 наведено експериментальний та розрахунковий графіки залежностей збільшення коефіцієнта опору руху від величини  $\Sigma a/R_u$  для автомобіля Lada Kalina. Порівняння наведених даних показує, що похибка не перевищує 7 %.



Таким чином, під час руху колеса з еластичною шиною по криволінійній траєкторії до колеса необхідно підвести енергію для подолання моменту опору руху по прямолінійній траєкторії, моменту закручування тіла шини та бічної сили. Останні два динамічні фактори лежать у площинах, перпендикулярних площині кочення колеса, та зумовлюють додатковий опір руху колеса, який характеризується збільшенням коефіцієнта опору руху. Збільшення коефіцієнта опору руху є функцією кінематичного кута відведення та змінюється за параболічним законом. Отримана емпірична залежність для визначення цього збільшення, згідно з якою величина збільшення пропорційна розмірам контактної відбитки шини та обернено пропорційна радіусу кривизни траєкторії. Показник параболі враховує жорсткість та форму контактної відбитки шини. На його величину впливає співвідношення між поперечною та поздовжньою віссю контактної відбитки шини. Збільшення цього співвідношення викликає зменшення показника параболі. Отримані експериментальні значення показника параболі для розглянутих шин знаходяться у межах 12 – 17,5.

Для двовісних КТЗ з достатньою для практики точністю збільшення коефіцієнта опору руху рекомендується визначати за траєкторією приведення до центра мас КТЗ колеса. При русі по криволінійній траєкторії з мінімальним радіусом коефіцієнт опору руху збільшується у межах від 1,6 до 2,1 рази по відношенню до прямолінійного руху.

#### Список використаних джерел

1. Солтус А.П., Тарандушка Л.А., Клімов Е.С., Черненко С.М. Особливості руху еластичного колеса по криволінійній та прямолінійній траєкторії з відведенням. Вісник машинобудування та транспорту. 2021. № 2 (14). С. 121–130. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2021-14-2-121-130>.

2. Солтус А.П., Клімов Е.С., Тарандушка Л.А. Особливості кочення еластичного колеса з нахилом до дороги / А.П. Солтус, Е.С. Клімов, Л.А. Тарандушка // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2022. – №1(18). – С. 177-185. DOI 10.36910/automash.v1i18.774.

3. Солтус А.П., Клімов Е.С., Тарандушка Л.А. Особливості руху коліс візка автомобіля по криволінійній траєкторії / А.П. Солтус, Е.С. Клімов, Л.А. Тарандушка // Вісник машинобудування та транспорту. – 2022. – № 1(15). – С. 141-147. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2022-15-1-141-147>.

**Клімов Едуард Сергійович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів та тракторів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, e-mail: [edward.klimov@gmail.com](mailto:edward.klimov@gmail.com).

**Солтус Анатолій Петрович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, e-mail: [auto.soltus@gmail.com](mailto:auto.soltus@gmail.com).

**Черненко Сергій Михайлович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та тракторів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, e-mail: [sercher174@gmail.com](mailto:sercher174@gmail.com).

**Klimov Eduard Serhiiovych** – Ph.D. in Engineering, associate professor, head of automobiles and tractors department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, e-mail: [edward.klimov@gmail.com](mailto:edward.klimov@gmail.com).

**Soltus Anatolii Petrovych** – doctor of technical sciences, professor, professor of cars and technologies of their operation department, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, e-mail: [auto.soltus@gmail.com](mailto:auto.soltus@gmail.com).

**Chernenko Sergii Myhailovych** – Ph.D. in Engineering, associate professor, associate professor of automobiles and tractors department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, e-mail: [sercher174@gmail.com](mailto:sercher174@gmail.com).

УДК 614.846.63

Р.І. Коваленко

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ ОБЛАДНАНОЇ ДИЗЕЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ ВЗІМКУ

Розглянуто спосіб підвищення ефективності експлуатації протипожежної техніки, яка обладнана дизельними двигунами в холодну пору року шляхом встановлення підігрівників палива, що під'єднані до трубопроводів випуску відпрацьованих газів автономного повітряного обігрівача кабіни.

**Ключові слова:** протипожежна техніка, автомобіль, підігрівник палива, дизельне паливо, двигун внутрішнього згорання.

*A method of increasing the efficiency of firefighting equipment equipped with diesel engines in the cold season by installing fuel heaters connected to exhaust gas discharge pipelines of an autonomous cabin air heater is considered.*

**Keywords:** firefighting equipment, car, fuel heater, diesel fuel, internal combustion engine.

Велика кількість протипожежної техніки, яка перебуває в експлуатації підрозділів ДСНС обладнана дизельними двигунами внутрішнього згорання. Ці двигуни безумовно мають ряд переваг порівняно з іншими типами двигунів але поряд з цим є в них і деякі недоліки. Одним з недоліків дизельних двигунів є погані їх пускові властивості в холодну пору року. Це пов'язано, зокрема, з тим, що за досягнення граничної температури фільтрованості дизельного палива в нього підвищується в'язкість, а тому погіршуються властивості його протікання по конструктивним елементам системи живлення. Для запобігання цьому явищу необхідно враховувати погодні умови і використовувати відповідний вид дизельного палива. Зазвичай протипожежна техніка ДСНС експлуатується в різних погодних умовах, а тривалість зайнятості її на окремих викликах особливо в умовах воєнного стану може скласти декілька діб. Крім цього, деякі з підрозділів знаходяться поблизу лінії розмежування, а тому вчасне забезпечення їх пально-мастильними є складним завданням. В таких умовах покращити пускові властивості дизельних двигунів можливо за рахунок встановлення різного типу підігрівників палива.

Після аналізу конструкції та принципу роботи деяких зразків підігрівників палива були виявлені їх недоліки. Наприклад, конструкція підігрівника [1] не забезпечує підігрів палива у паливному баку, що ускладнює його попереднє закачування до паливного насоса двигуна. Недоліком іншої конструкції підігрівника палива [2] є те, що робота його можлива лише за умови коли вже здійснений пуск двигуна. З урахуванням вказаних недоліків була запропонована удосконалена конструкція підігрівника палива [3] (рис. 1).

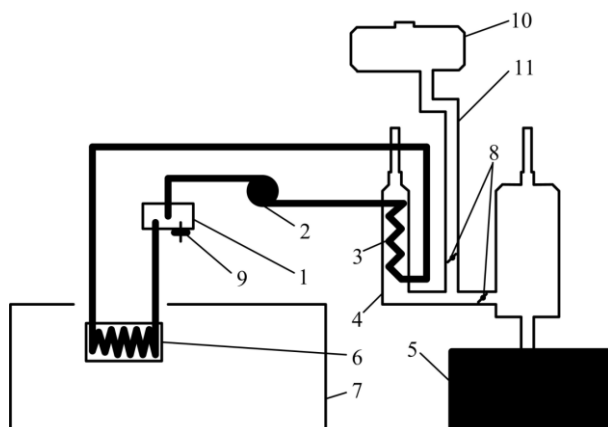


Рисунок 1 – Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання:

- 1 – ємкість для охолоджуючої рідини; 2 – рідинний насос; 3 – теплообмінник;  
4 – додатковий трубопровід; 5 – випускна труба двигуна; 6 – нагрівач; 7 – паливний бак двигуна; 8 – заслінка; 9 – датчик температури; 10 – автономний повітряний обігрівач кабіни автомобіля; 11 – трубопровід випуску відпрацьованих газів

Цей підігрівник палива може бути встановлений в автомобілях, які обладнані автономним повітряним обігрівачем кабіни. Він починає працювати після вмикання автономного повітряного обігрівача кабіни автомобіля. Відпрацьовані гази, які утворюються в процесі роботи повітряного обігрівача кабіни автомобіля потрапляють до теплообмінника та нагрівають його і охолоджуючу рідину, котра через нього циркулює. Далі нагріта охолоджуюча рідина нагріває нагрівач, котрий встановлений в середині паливного баку, що також дозволяє забезпечити підігрів дизельного палива.

Автономні повітряні обігрівачі кабіни встановлені у більшості моделей сучасної протипожежної техніки, яка побудована на базових шасі вантажних автомобілів. Це звісно і дозволяє забезпечити встановлення підігрівача палива запропонованої конструкції.

Вже було проведено теоретичне дослідження [4] щодо перевірки можливості роботи підігрівача палива, який приєднується до трубопроводу випуску відпрацьованих газів автономного повітряного обігрівача кабіни автомобіля моделі «Планар-8ДМ-24». Під час розрахунків було визначено значення питомої продуктивності відпрацьованих газів, які утворюються при роботі автономного повітряного обігрівача кабіни автомобіля та розраховані параметри теплообмінника, який розміщений в додатковому трубопроводі 4 (рис. 1). Для розрахунків була прийнята умова, що теплопередача тепла в теплообміннику 3 та нагрівачі 6 відбувається крізь циліндричну стінку. Після цього використовуючи загальновідомі методи розрахунку пластинчастих теплообмінних апаратів вдалося встановити, що температура дизельного палива в паливному баку поблизу паливозабірника складає близько 0 °С.

В подальших дослідженнях планується провести додаткові розрахунки в яких буде варіюватися форма та вид матеріалу з якого виготовлено теплообмінник та нагрівач з метою визначення найкращого варіанту конструкції. Критерієм ефективності при цьому буде максимальна температура підігріву дизельного палива в паливному баку. Після цього необхідно буде виготовити з урахуванням результатів розрахунків дослідний зразок підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання і провести натурні експерименти.

#### Список використаних джерел

1. Пат. 138407, МПК (2019.01) F01B 27/00, F02N 7/00. Автономний комбінований пристрій для підігріву дизельного палива / Костюк В. В., Калінін О. М., Русіло П. О., Варванець Ю. В., Баган В. Р.; заявник та патентовласник Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – № u201905461, заяв. 21.05.2019; опубл. 25.11.2019, бюл. № 22.
2. Пат. 79561, МПК (2013.01) F02N 19/00. Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання / Чуба В. В., Топчій С. І., Попик П. С.; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201212467, заяв. 31.10.2012; опубл. 25.04.2013, бюл. № 8.
3. Пат. 152974, МПК (2023.01) F02N 19/04 (2010.01), F01B 27/00. Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання / Коваленко Р. І., Рубан А. В., Кривошей Б. І., Калиновський А. Я.; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. - № u202204024, заяв. 26.10.2022; опубл. 03.05.2023, бюл. № 18.
4. Коваленко Р. І., Калиновський А. Я., Кривошей Б. І., Назаренко С. Ю. Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання спеціального транспортного засобу. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Харків, 2022. № 2 (36). С. 80–89.

**Коваленко Роман Іванович** – к.т.н., доцент кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки, Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, e-mail: [pandora.kr@ukr.net](mailto:pandora.kr@ukr.net)

**Kovalenko Roman** – Ph. D (Eng.), associate professor of Department of engineering and rescue machinery, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, e-mail: [pandora.kr@ukr.net](mailto:pandora.kr@ukr.net)

УДК 629.331:661.96

В.О. Колесніков

## ВПРОВАДЖЕННЯ ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ТРАНСПОРТІ ТА СУМІЖНИХ ГАЛУЗЯХ

Наведено деякі відомості стосовно впровадження водневих технологій в транспортній галузі. Наголошено на подальшому розвитку таких технологій, в тому числі з застосуванням зеленого водню.

**Ключові слова:** транспорт, автомобіль, водень, зелений водень.

*Some information on the introduction of hydrogen technologies in the transportation industry is provided. Further development of such technologies, including the use of green hydrogen, is emphasized.*

**Keywords:** transportation, car, hydrogen, green hydrogen.

Використання водню для автомобілів та інші сфери застосування водневих технологій є актуальними темами в області сталого розвитку і розв'язання енергетичних проблем на нашій планеті.

Водневі автомобілі використовують паливні елементи, щоб генерувати електричну енергію з водню та кисню. Ця електроенергія потім живить електричний двигун автомобіля, не викидаючи в атмосферу забруднюючі речовини, оксиди вуглецю або азоту. Водневі автомобілі можуть бути більш чистим і екологічно дружнім альтернативним варіантом до традиційних автомобілів з ДВЗ.

Водень може бути використаний для зберігання енергії, зокрема в акумуляторах з водневими паливними комірками. Це дозволяє ефективно розв'язувати проблему зберігання енергії з відновлювальних джерел, таких як вітряна або сонячна енергія, для подальшого використання при необхідності.

Водень може бути використаний для живлення паливних елементів у вантажівках, поїздах, кораблях та літаках, сприяючи зменшенню викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу у сфері транспорту та логістики.

Досліджуються можливості використання водню як пального для літаків, особливо для довгих польотів та зменшення екологічного впливу авіації на навколишнє середовище.

Серед останніх новин в галузі застосування водневих технологій є розроблення прототипу вантажівки Mercedes-Benz GenH2.



Рисунок 1 – Прототип вантажівки Mercedes-Benz GenH2

Прототип вантажного автомобіля Mercedes-Benz GenH2, який був допущений до експлуатації на дорогах загального користування, завершив пробіг #HydrogenRecordRun компанії Daimler Truck, проїхавши на одній заправці з рідкого водню 1 047 км.



Рисунок 2 – Заправлення вантажівки Mercedes-Benz GenH2 рідким воднем

Також слід додати, що виробництво водню за допомогою відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні або вітрові ферми, сприяє створенню "зеленої" водневої енергії, яка є екологічно чистою та стійкою до зміни клімату.

#### Список використаних джерел

1. Зоя Мельник. “Зелена” відбудова України: перспективи застосування водню в транспорті. Дата оновлення: 29.06.2022. URL: <https://brdo.com.ua/analytics/zelena-vidbudova-ukrayiny-perspektyvy-zastosuvannya-vodnyu-v-transporti/> (дата звернення 03.10.2023).
2. Євген Ушаков. Воднева вантажівка Mercedes-Benz пододала понад 1000 км без дозаправок у дорозі. Дата оновлення: 28.09.2023. URL: <https://autonews.autoua.net/uk/44126-vodneva-vantazhivka-mercedes-benz-proyizhdzhaie-ponad-1000-km-na-odnii-zapravtsi-ridkogo-vodniu.html>. (дата звернення 03.10.2023).
3. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту // О.І. Балицький, В.О. Колесніков, О.О. Ревякіна, К.Ф. Абрамек, Л.М. Іваськевич, М.Р. Гаврилюк, Є.Б. Колеснікова // XIV Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Присвячено дню працівників автомобільного транспорту і дорожнього господарства, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 25-27 жовтня 2021 року. С. 22 – 25.
4. Колесников В.А. Краткий обзор новых достижений в области водородного материаловедения. Современные представления об атоме водорода // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2011. – № 2(156) Частина 2. – с. 192 - 199.
5. Колесников В.А., Балицкий А.И. Повышение водородной стойкости холоднодеформированных высокоазотистых сталей – как резерв ресурсосбережения материалов // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Луганськ: Видавництво СХУ.- 2011. – С. 81 – 87.
6. Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О., Іваськевич Л.М., Мочульський В.М., Гребенюк С.О., Глюзицький О.О. Дослідження матеріалів для розробки гібридних автомобілів // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 28-38. Режим доступу: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2016.pdf>.
7. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 31 - 36.

8. Балицький О.І., Колесніков В.О., Іщенко Б.М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 1. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 23–30.
9. Балицький О.І., Колесніков В.О., Іщенко Б.М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 31–45.
10. Колесніков В.О. Водневі технології. Частина 1. Легкові водневі автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 144–157.
11. Колесніков В.О. Водневі технології. Частина 2. Вантажні водневі автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 158–165.
12. Колесніков В. О. Роль зеленого водню для транспортної галузі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту. X -та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. ISBN 978-966-641-910-4. С. 127 – 131.
13. Колесніков Валерій Олександрович. Перспективи використання зеленого водню для різних технічних галузей. Актуальні питання, проблеми та перспективи розвитку науки та освіти: I Всеукраїнська міждисциплінарна науково-практичн. конф., 27-28 квітня 2022 р. Полтава: матеріали. Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2022. С. 211–215.
14. Застосування водневих технологій для забезпечення європейських стандартів експлуатації автотранспорту // Козик Василь Васильович, Мрихіна Олександра Борисівна, Данилович Тарас Богданович, Стеців Ірина Семенівна, Гавриляк Анатолій Степанович, Мельник Володимир Мирославович. International Scientific Journal “Internauka”. Series: “Economic Sciences” <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2021-11> <https://www.inter-nauka.com/uploads/public/16375967331424.pdf>.
15. Ташесв Ю. В., Войтко С. В., Трофименко О. О., Репкін О. О., Кудря Т. С. Глобальні тенденції розвитку водневих технологій у промисловості // Бізнес Інформ, 2020. № 8. С. 103-114. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-8-103-114>.
16. Chorna N. Prospects for Application of Hydrogen Technologies for Autonomous Power Complexes Based on Renewable Energy Sources // Scientific and Applied Journal Vidnovluvana Energetika. 2021. № 3(66). URL: <https://ve.org.ua/index.php/journal/article/view/306>.
17. Cantarero M. M. V. Of Renewable Energy, Energy Democracy, and Sustainable Development: a Roadmap to Accelerate the Energy Transition in Developing Countries // Energy Research & Social Science, 2020. Volume 70. 101716. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620302917>.
18. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. ISBN 978-966-999-077.

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділ міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

**Kolesnikov Valerii Olexsandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of Strength of Materials and Structures in Hydrogen-Bearing Media, Karpenko Institute of Physics and Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

УДК 621.434.12

А.О. Корпач, О.О. Левківський, О.А. Корпач

## ПЕРЕВІРКА СИСТЕМИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАПАЛЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛОГРАФА

*Описано методику перевірки системи індивідуально запалювання для кожного циліндра за допомогою цифрового осцилографа. Розглянуто осцилограму зміни напруги та струму на первинній та вторинній обмотці котушки запалювання. Описано вплив розповсюджених дефектів системи запалювання на характеристики зміни напруги вторинної обмотки котушки індивідуального запалювання.*

**Ключові слова:** *двигун внутрішнього згоряння, система запалювання, цифровий осцилограф.*

*Described the investigation steps of the coil on plug ignition system using a digital oscilloscope. Considered the waveforms of voltage and current on the primary and secondary windings of the ignition coil. Described the influence of widespread faults of the ignition system on the voltage of the secondary winding of the ignition coil.*

**Keywords:** *internal combustion engine, ignition system, digital oscilloscope.*

На сьогоднішній день відділяють три основні системи запалювання, що використовуються в автомобільних двигунах, які працюють на бензині, а також стисненому або зрідженому газі [1]. Контактна система має одну котушку запалювання та розподільник, який через високовольтні дроти передає енергію до свічок запалювання. Через значні втрати енергії в розподільнику та високовольтних дротах дана система запалювання на сьогоднішній день, практично, не використовується. Безконтактна система запалювання має декілька котушок, що можуть бути об'єднані в одному корпусі. У такій системі одна котушка запалювання, як правило, створює живлення одночасно для двох циліндрів (в одному циліндрі іскра утворюється на такті стиснення, в іншому - на такті випуску). Аналогічно, в контактній системі запалювання енергія від котушки до свічок запалювання передається через високовольтні дроти, що поряд з "холостим" запалювання в одному з циліндрів знижує загальну ефективність такої системи. Подальшим розвитком систем безконтактного запалювання стала система індивідуально запалювання для кожного циліндра, яка в порівнянні з класичною системою безконтактного запалювання не має високовольтних дротів, та може змінювати енергію запалювання для кожного циліндра індивідуально.

В системі індивідуального запалювання кожен циліндр має окрему котушку запалювання, що встановлена безпосередньо на свічці. Кожна котушка запалювання з'єднана з лінією живлення 12В та масою автомобіля, а також, по виділеній лінії, отримує сигнал активації від блока управління двигуном. Блок управління, в заданий момент часу, передає сигнал активації на кожен котушку запалювання, в результаті замикається силовий ключ в котушці та відбувається накопичення енергії в первинній обмотці. Після припинення імпульсу активації, ключ розмикається і генерується висока напруга (близько 40 кВ) у вторинній обмотці, що передається безпосередньо на електроди свічки запалювання.

Тривалість імпульсу активації визначає кількість енергії, що буде передано на свічку запалювання. Блок управління двигуном може індивідуально для кожного циліндра корегувати тривалість імпульсу активації в залежності від ряду факторів (наприклад: напруга бортової мережі, частоти обертання колінчастого валу, прискорення колінчастого валу під час робочого ходу в кожному циліндрі, дані від датчиків детонації) та забезпечувати постійний рівень енергії у вторинній обмотці при оптимальному споживанні струму первинною обмоткою, що знижує ймовірність перегріву та виходу з ладу котушок запалювання.

Недоліком індивідуальної системи запалювання вважається - більш висока вартість та складність діагностики. Відсутність високовольтних дротів ускладнює перевірку високовольтної частини системи запалювання, що є основним джерелом інформації для виконання діагностики на автомобілі.

Для вирішення даної проблеми розроблено безконтактні датчики, що дозволяють зчитувати зміну напруги на вторинній обмотці котушок системи індивідуального запалювання в

реальному часі, наприклад, компанією Pico Technology розроблено зонд TA204 COP [2], який розміщується над корпусом котушки запалювання та за допомогою цифрового осцилографа дозволяє графічно представити зміну напруги на вторинній обмотці котушки системи запалювання. Додаткові канали осцилографа можливо використовувати для зчитування зміни струму та напруги на первинній обмотці, а також для контролю тривалості сигналу активації, що дозволяє отримати комплексні данні для визначення можливих дефектів системи запалювання (рис 1).

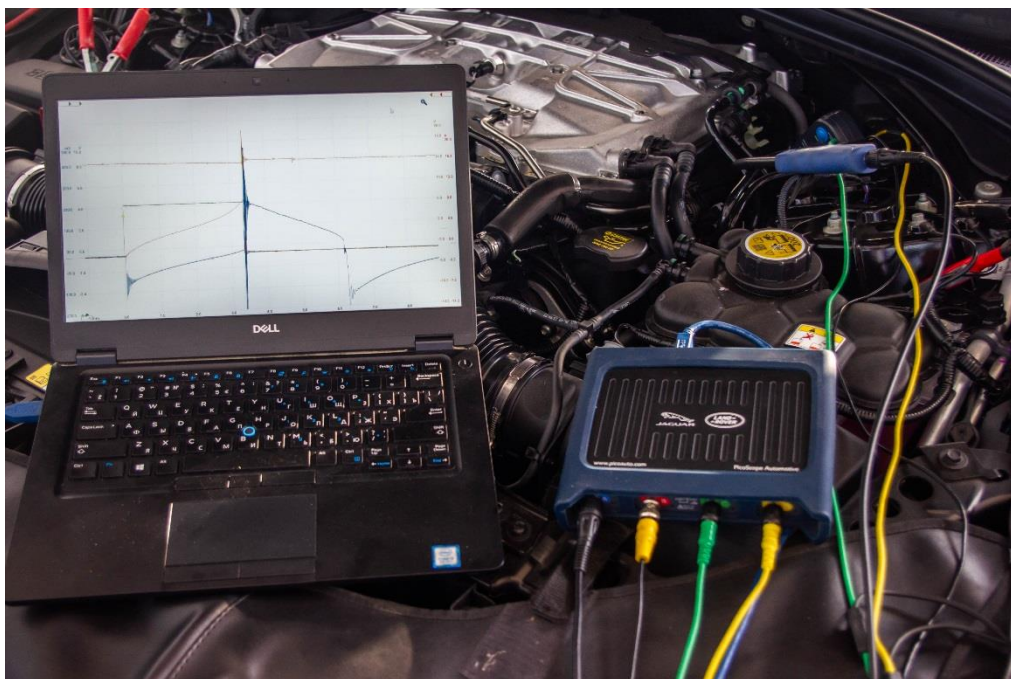


Рисунок 1 – Комплексна перевірка індивідуальної систем запалювання за допомогою цифрового осцилографа.

На рис. 2 показано приклад осцилограми індивідуальної системи запалювання одного циліндра. Підвищення напруги до 5В на графіку 1 показує період дії сигналу активації від блоку управління двигуном. Протягом цього часу відбувається накопичення енергії, про що свідчить поступове зростання струму, що споживає первинна обмотка котушки запалювання (графік 2) та падіння напруги у вторинній обмотці (ділянка 3). В точці 4 відбувається різке зростання напруги на вторинній обмотці, що виникає в результаті відключення сигналу активації. В цей момент між електродами свічки запалювання виникає електрична дуга через яку поступово розряджається вторинна обмотка котушки запалювання (ділянка 5).

Аналіз зміни напруги на вторинній обмотці дозволяє визначити типові дефекти системи запалювання без демонтажу і дослідження кожного окремого елемента. Наприклад, для справної системи запалювання час горіння дуги між електродами свічки запалювання (час падіння напруги на ділянці 3) становить 2,5-3 мс. Збільшення часу горіння дуги, як правило, свідчить про недостатній зазор між електродами свічки запалювання, оскільки у такому випадку внаслідок зниження опору накопичена енергія розсіюється протягом довшого часу. Зростання напруги в точці 4 та зменшення часу горіння дуги навпаки вказує на підвищений зазор між електродами свічки запалювання або поганий контакт свічки запалювання з масою автомобіля. В такому випадку необхідно більше енергії для утворення електричної дуги, а час її горіння, відповідно, буде зменшуватись [3].

У випадку, якщо бортова система діагностики (EOBD) фіксує пропуски запалювання, послідовна перевірка кожної котушки індивідуальної системи запалювання дозволяє швидко виявити циліндр, де запалювання робочої суміші не відбувається належним чином. Для цього необхідно послідовно переміщувати безконтактний датчик на корпус кожної котушки запалювання. Оскільки пропуски запалювання можуть виникати лише за певних умов, перевірку



кожної котушки запалювання необхідно виконувати при різній частоті обертання колінчастого валу двигуна.

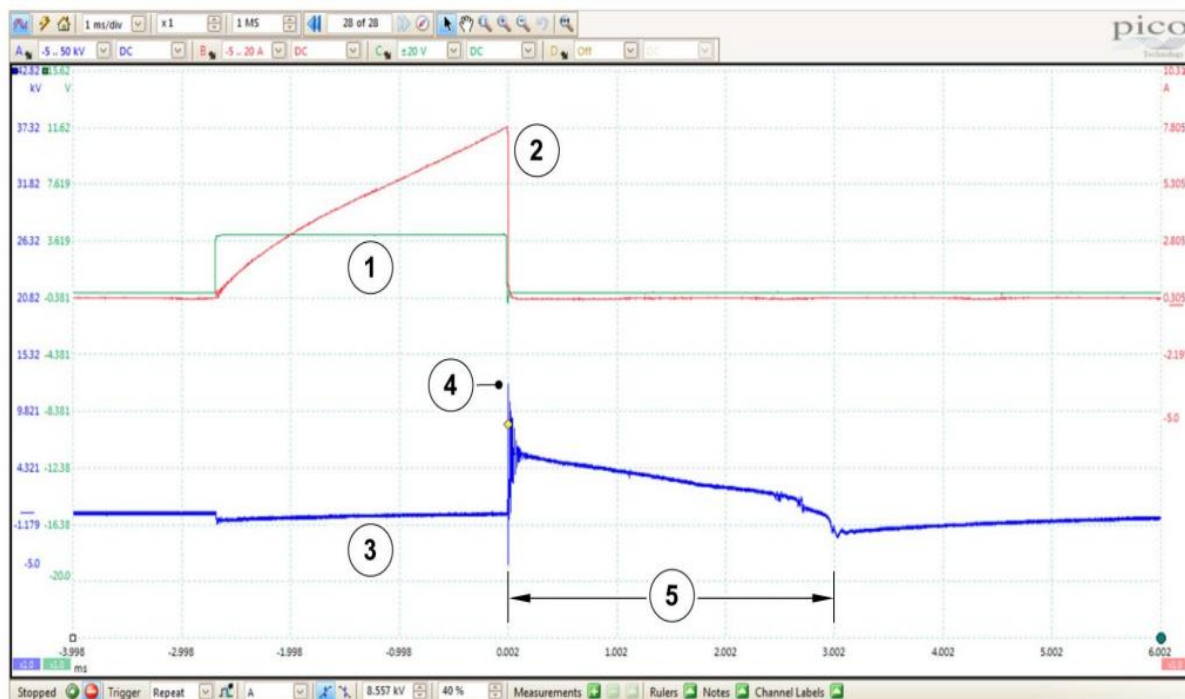


Рисунок 2 – Приклад комплексної осцилограми системи запалювання

Висновки: Використання цифрового осцилографа з відповідним безконтактним індикатором (датчиком) вторинної напруги індивідуальної котушки запалювання дозволяє отримати комплексні дані щодо протікання процесу запалювання в циліндрах двигуна. Аналіз отриманих даних дозволяє визначити типові дефекти системи запалювання без демонтажу та дослідження кожного компонента окремо.

#### Список використаних джерел

1. Bosch Automotive Handbook 11th Edition. – Germany: Robert Bosch GmbH, 2022. – 2044 p.
2. Pico Diagnostics. User's guide. - United Kingdom: Pico Technology, 2016. - 77 p.
3. T. Denton. Advanced Automotive Fault Diagnosis. 5th ed. - London: Routledge, 2021. – 396 p.

**Корпач Анатолій Олександрович, к.т.н., професор, професор кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: akorpach@ukr.net,**

**Левківський Олександр Олександрович, кандидат технічних наук, інструктор з технічного навчання, Товариство з обмеженою відповідальністю «Віннер Імпорте Україна ЛТД», м. Київ e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com**

**Корпач Олексій Анатолійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: korpach1988@gmail.com**

**Korpach Anatolii Oleksandrovich., Ph.D., professor, professor of the department of engines and heating engineering, National Transport University, Kyiv, e-mail: akorpach@ukr.net**

**Levkivskyi Oleksandr Oleksandrovich, Ph.D., technical trainer, Limited Liability Company «Winner Imports Ukraine LTD», Kyiv, e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com**

**Korpach Oleksii Anatoliiovych – Ph.D., associate professor, associate professor of the department of automobiles, National Transport University, Kyiv, e-mail: korpach1988@gmail.com**

УДК 24.11.17

Б.Б. Корчевський

## КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВ ТРАМВАЙНИХ КОЛІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОРЕШТОК

**Анотація** Використання георешіток для підсилення основ трамвайного шляху.

**Ключові слова:** георешітки, основи, армований ґрунт, вертикальні деформації, модуль пружності основи.

**Abstract** The use of geogrids to strengthen the foundations of the tramway.

**Keywords:** geogrids, bases, reinforced soil, vertical deformations, modulus of elasticity of the base.

### Результати дослідження

В процесі будівництва та експлуатації трамвайних шляхів, виникає технічний аспект, який полягає в різниці фізико-механічних властивостей основи та конструкцій несучої частини трамвайних колій. Основа має менші показники, а бетонні конструкції, що встановлюються більші. Тому на наш погляд необхідно передбачити встановлення деякого проміжного шару, функції якого будуть в розподіленні навантаження, що передається від бетонної плити на більшу площу ґрунту основи та збільшення жорсткості в місці обпирання бетонної плити. Тобто даний шар може виконувати функцію по збільшенню модуля пружності в нижній точці контакту з бетонною конструкцією та в свою чергу зменшить ризик утворення тріщини чи руйнування плити.

Використання геосинтетичного армувального шару, який включений в склад шарів основи може значно покращити загальну міцність і термін довговічності конструкції. Армувальний геосинтетичний матеріал здатний забезпечити обмеження деформацій в горизонтальній площині і відповідно зберігає його товщину. Зчеплення між ґрунтом та георешіткою представлені на рис. 1.

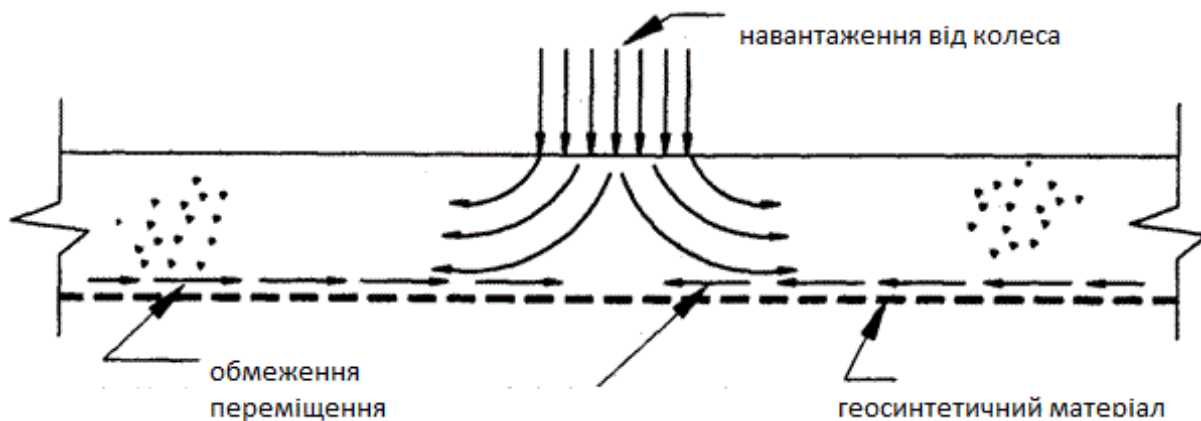


Рисунок 1 – Використання геосинтетичного матеріалу для підсилення основи

Георешітка знижує вірогідність місцевих руйнувань та змінює умови роботи ґрунту основи, а саме, виконує функцію локалізації, обмеження поперечного зміщення, розподілення навантаження рис. 2 та ефекту натягнутої мембрани рис. 3.

В першу чергу потрібно підкреслити, що модуль деформації, необхідно отримати при двох умовах, без армування і з використанням георешіток.

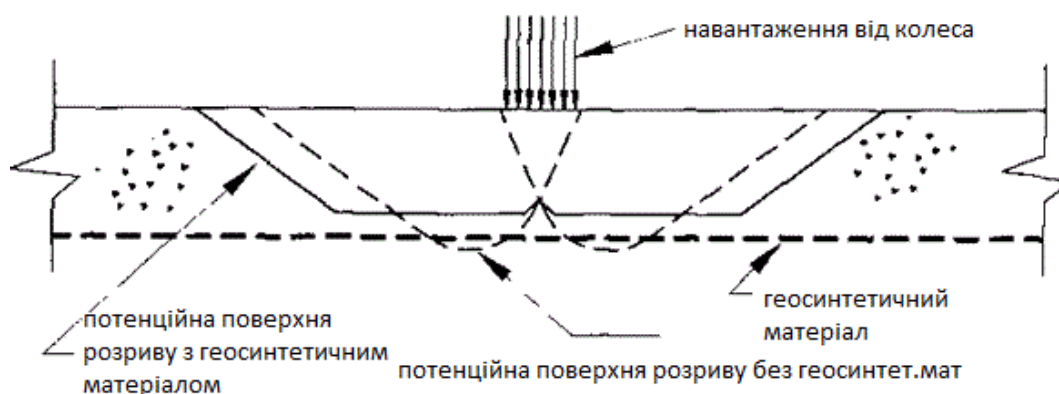


Рисунок 2 - Обмеження поперечного зміщення (ефект локалізації)

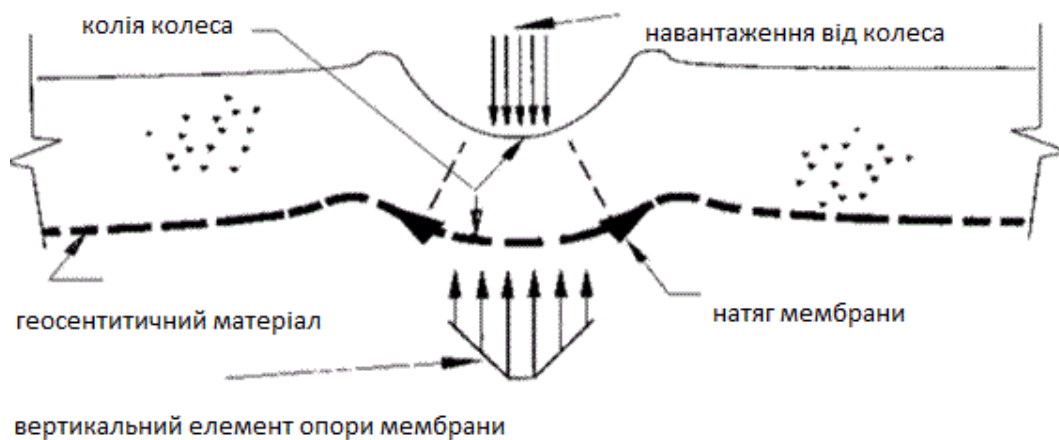


Рисунок 3 - Ефект «розтягнутої» мембрани. Розподілення навантаження.

### Висновки

Використання георешіток дозволяє збільшити несучу спроможність основ трамвайних колій, та виконувати передачу напружень на масив основи шляхом збільшення сил тертя та зчеплення.

#### Список використаних джерел

1. Друкований М.Ф., Корчевський Б.Б. Зміцнення ґрунтових підвалин армуючими подушками з скловолокнистих сіток. Результати лабораторних випробувань *Науково-технічний журнал «Будівельні конструкції»* №53. Книга 2 – К.: НДІБК – 2000, с.94-99.
2. Smith A.K.C., Hroth C.P. The failure of model reinforced earth walls. – TRRL suppl., № 457. p.108-131.

**Богдан Болеславович Корчевський** — канд. техн. наук, доцент кафедри опору матеріалів, теоретичної механіки та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: korchevskiy@vntu.edu.ua

**Bogdan B. Korchevskiy** — Ph. D., associate professor of the Department of Strength of Materials, Theoretical Mechanics and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. Email: korchevskiy@vntu.edu.ua

УДК 629.016/004.67

В.Ф. Кохан

## МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЗА ТЕХНІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Розглянуто доцільність застосування методологічного підходу до вибору колісної автомобільної техніки за технічними показниками. Запропоновано метод швидкої оцінки ситуації і розв'язання задачі із вибору за технічними показниками найбільш підходящих до заданих умов експлуатації автомобілів.

**Ключові слова:** парк автомобільної техніки метод аналізу ієрархій, швидка оцінка ситуації, технічні показники.

*The expediency of application of methodological approach to the selection of wheeled automotive equipment by technical indicators is considered. The method of quick assessment of a situation and the decision of a problem on a choice on technical indicators of the most suitable to the given conditions of operation of automobiles is offered.*

**Key words:** fleet of motor vehicles, method of hierarchy analysis, quick assessment of the situation, technical indicators.

Потрібно чітко розуміти, що оскільки в нашій країні через агресію росії найближчим часом уся необхідна номенклатура автомобільної техніки (АТ) вироблятися не буде, постає необхідність розв'язання задачі: вибір за технічними показниками найбільш підходящих до наших умов експлуатації марок і моделей імпоротної техніки для потреб Збройних сил України.

Вище окреслене завдання вимагає формалізованого підходу до їх розв'язання та вибір оптимального рішення при існуючих обставинах. Розв'язання такого завдань вже відоме науці, тож за аналогією до них можна виділити наступні підходи до вибору військової автомобільної техніки:

- стратегічні дослідження;
- тактичні дослідження;
- залучення громадськості;
- швидка оцінка ситуації.

Для потреб нашого дослідження найбільш підходящим є метод швидкої оцінки ситуації, що дозволяє максимальні терміни обирати АТ, а оброблення отриманих оцінок застосуємо метод аналізу ієрархій.

Суть методу аналізу ієрархій (МАІ) полягає у побудові ієрархічної моделі, визначенні власних векторів і власних чисел квадратних обернено симетричних матриць, перевірці узгодженості результатів. На практиці це виглядає як послідовність етапів наведених нижче.

Етап 1. Розглянемо скінчену множину альтернатив

$$X = \{x^1, \dots, x^m\}.$$

Етап 2. За результатами наших досліджень складемо матрицю парних порівнянь

$$A = \|a_{ij}\|_{(m \times m)}.$$

Етап 3. Скориставшись методом середнього геометричного, наближено обчислюємо вектор відносної важливості

$$(w_1, \dots, w_m)^T.$$

Етап 4. Оцінимо значення власного числа, якому відповідає обчислений вектор відносної важливості

Етап 5. Щоб оцінити значення  $\lambda_{max}$  покомпонентно поділимо складові добутку  $A \times w_i$  на складові вектору відносної важливості.

Етап 6. Далі обчислюємо індекс узгодженості.

$$J_p = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \quad (1)$$

Висновок: якщо  $J_p \leq 0,1J_e$  то результати опитування особи, що здійснюють оцінку задовільні.

Етап 7. Глобальні пріоритети властивостей отримуємо в результаті обчислень за формулою:

$$U_j = \sum_{i=1}^n w_i \times w_{ij}'; j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

де  $w_i$  — пріоритет  $i$ -го критерію ( $i = 1, \dots, n$ );

$w_{ij}'$  — відносна вага альтернатив ( $j=1, \dots, m$ ) щодо кожного критерію ( $i=1, \dots, n$ ).

Обраний підхід дозволяє аранжувати базові властивості мобільності АТ, що у свою чергу допоможе виділити ті з них, що є найважливішими в даний час для вибору військової техніки. Критерії відбору сформовані на основі діючої законодавчо-нормативної бази, що стосується оборонних закупівель державним коштом

#### Список використаних джерел

1. Saaty T. L. How to make and justify a decision: the analytic hierarchy process. Part 1. Examples and Applications. Systems Research and Information Technology. 2002. №1. pp. 95–108.
2. Saaty T. L. Theory of the Analytic Hierarchy Process. Part 2.1. Systems Research and Information Technology. 2003. №1. pp. 48–71.
3. Saaty T. L. Theory Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes-Examples, Part 2.2. System research and information technologies. 2003. №2. pp. 7–33.
4. Saaty T. L. The Analytic Network Process. Examples. Part 2.3. System research and information technologies. 2003. №4. pp. 7–23.
5. Семенюк Е. П., Олянишен Т. В., Сеньківський, В. М., Мельников О. В., Котляревський Я. В. Екологізація суспільства: Соціальна роль та моделювання. Львів: Укр. акад. друкарства, 2012. 460 с.
6. Закон України «Про оборонні закупівлі» від 17.07.2020 №808-IX (ост. зміни 24.02.2023) [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/808-20#n414> (дата звернення 01.09.2023).
7. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання здійснення оборонних закупівель на період дії правового режиму воєнного стану» від 11.11.2022 №1275 (ост. зміни 18.07.2023) [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1275-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення 01.09.2023).
8. Постанова Кабінету Міністрів України «Питання оборонних закупівель» від 03.03.2021 №363 (ост. зміни 16.05.2023) [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/363-2021-%D0%BF#n204> (дата звернення 01.09.2023).

**Кохан Василь Федорович** – к.т.н., старший викладач кафедри вогневої підготовки, Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, e-mail: [ydv29121973@gmail.com](mailto:ydv29121973@gmail.com)

**Kokhan Vasyf Fedorovich** – PhD in Engineering, Senior Lecturer, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, e-mail: [ydv29121973@gmail.com](mailto:ydv29121973@gmail.com)

УДК 656.1.5

О.М. Красноштан, Б.О. Новицький

## АНАЛІЗ АВТОБУСНОЇ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ КИЄВА З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЧАСТКОВОЇ ЗАМІНИ АВТОБУСІВ НА ЕЛЕКТРОБУСИ З ПІДЗАРЯДКОЮ У РУСІ

**Анотація.** У статті проаналізовано мережу автобусних маршрутів Києва. Характеристики зведено у вигляді таблиці. У результаті проведеної роботи було встановлено, що 38 з 77 (49%) маршрутів автобусів прямують під контактною мережею тролейбуса більше ніж 30 % відстані маршруту. При цьому 21 маршрут з 77 (27 %) своєю трасою співпадає з контактною тролейбуса мережею більше ніж на 50 %. Зроблено висновок, що за умови використання електробусів визначеного типу, існує можливість повної заміни рухомого складу на 38 маршрутах з 77 з використанням для заряджання у русі існуючої контактної мережі тролейбуса.

**Ключові слова:** автобус, автобусні перевезення, електробус, маршрутна мережа, громадський транспорт.

**Abstract.** The article analyzes the system of bus routes in Kyiv. The characteristics are summarized in the form of a table. As a result of the conducted work, it was established that 38 out of 77 (49%) bus routes go under the trolley wire system for more than 30% of the route distance. At the same time, 21 routes out of 77 (27%) have more than 50% overlap with the trolley wire system. It was concluded if use of electric buses of a certain type, there is a possibility of a complete replacement of the buses on 38 routes out of 77 using the existing trolley wire system for charging on the move

**Key words:** bus, bus transportation, electric bus, route network, public transport.

**Текст доповіді.** Автобус як вид транспорту відіграє дуже значну роль у перевезенні пасажирів Києвом. Відтак, на сьогодні у Києві діє 77 автобусних маршрутів, загальна кількість автобусів довжиною більше 10 м становить 606 од (468 з яких знаходяться в регулярній експлуатації), діє 4 автобусні парки [1]. Проаналізуємо, яку частину від загального числа випусків наземного громадського транспорту становлять автобуси (таблиця 1) [2].

Таблиця 1 - Статистичні показники випуску одиниць рухомого складу автобусів, тролейбусів, трамваїв КП «Київпаstrанс» за деякі дні 2023 року

День	Автобусів	Трамваїв	Тролейбусів
18.08.2023 (робочий)	386 / 46 %	186 / 22 %	266 / 32 %
20.08.2023 (вихідний)	282 / 47 %	123 / 20 %	199 / 33 %
19.06.2023 (робочий)	376 / 45 %	184 / 22 %	268 / 32 %
17.06.2023 (вихідний)	273 / 45 %	123 / 20 %	207 / 34 %
04.07.2023 (робочий)	376 / 45 %	180 / 22 %	275 / 33 %
08.07.2023 (вихідний)	278 / 47 %	114 / 19 %	200 / 34 %

З даних таблиці видно, що середній відсоток автобусів на маршрутах відносно тролейбусів та трамваїв становить 46 %, фактично майже половину. Це дуже значна частина у перевезеннях пасажирів. Слід зазначити, що автобус порівняно з трамваем та тролейбусом, є найнеекологічнішим та економічно найбільш не вигідним видом транспорту. Крім цього, автобус є більш шумним видом транспорту за електричний. Задля покращення економічних показників громадського транспорту, зменшення забруднення міста шумом та продуктами згоряння вуглеводневих палив необхідно запровадити програму поступової заміни автобусів.

Найбільш очевидним варіантом є прокладання на маршрутах курсування автобусів трамвайних колій або контактної мережі тролейбусів. Тобто, збільшувати протяжність ліній

коліїної та дротової інфраструктури. Це, окрім відчутних капіталовкладень, несе за собою збільшення витрат на поточне утримання і ремонт інфраструктури.

Існує також варіант заміни автобусів на тролейбуси зі збільшеним автономним ходом (далі — ТЗАХ). Вони також називаються електробусами з можливістю підзарядки від контактної мережі під час руху. Даний тип тролейбуса має можливість рухатись як із живленням від контактної мережі за допомогою струмоприймачів, так і без контактної мережі — від тягової акумуляторної батареї. Дистанція пробігу від батареї є величиною змінною, оскільки залежить від багатьох факторів, але для найбільш розповсюджених моделей тролейбусів такого типу оцінюється величиною в 20 км.

Варіант поступової заміни автобусів на тролейбуси зі збільшеним автономним ходом є більш оптимальним для Києва, оскільки значна кількість автобусів проходять велику частку своїх маршрутів під контактною мережею тролейбуса. Крім цього, створені значні потужності із ремонту та обслуговування тролейбусів сучасних моделей. На даний момент у місті діє 4 тролейбусних ремонтно-експлуатаційних депо.

Було проведено аналіз кількісних показників явища співпадіння трас автобусних маршрутів із тролейбусною контактною мережею, результати якого наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 - Показники співпадіння трас автобусів з тролейбусною контактною мережею

Номер маршруту	Протяжність (оборотний рейс), км				
	Загальна	під КМ, км	%	без КМ	%
2	29,8	17,0	57	12,8	43
6	30,2	10,1	33	20,1	67
9	29,4	0,0	0	29,4	100
10	16,3	0,0	0	16,3	100
11	15,0	0,0	0	15,0	100
11Д	22,0	0,0	0	22,0	100
12	17,1	3,2	19	13,9	81
14	14,2	6,2	44	8,0	56
17	7,1	0,0	0	7,1	100
18	7,3	0,0	0	7,3	100
19	11,5	0,5	4	11,0	96
20	22,9	16,4	72	6,5	28
21	26,1	14,9	57	11,2	43
22	40,4	14,0	35	26,4	65
23	26,2	15,3	58	10,9	42
24	13,7	7,2	53	6,5	47
25	38,5	27,3	71	11,2	29
27	18,3	9,7	53	8,6	47
28	7,0	2,4	34	4,7	66
30	26,3	1,6	6	24,7	94
31	12,1	4,8	39	7,3	61
32	26,0	17,8	68	8,2	32
33	10,5	2,6	25	7,9	75
35	15,9	0,0	0	15,9	100
37А	15,9	5,4	34	10,5	66
37	21,2	5,4	26	15,8	74
38	22,7	13,4	59	9,3	41
41	17,5	2,9	17	14,6	83
41Д	22,4	7,8	35	14,6	65
42	30,5	2,0	7	28,5	93
43К	26,6	0,0	0	26,6	100
43	44,5	0,0	0	44,5	100
44	37,1	10,7	29	26,4	71
45	26,3	3,0	11	23,3	89
46	15,0	8,5	57	6,5	43
47	15,2	8,9	59	6,3	41
48	7,1	0,0	0	7,1	100
49	14,8	0,0	0	14,8	100
50	34,2	26,0	76	8,2	24
51	36,3	16,8	46	19,5	54
53	7,4	0,0	0	7,4	100
54	7,5	0,0	0	7,5	100
55	23,5	14,0	60	9,5	40
56	40,0	11,7	29	28,3	71
57	48,84	16,0	33	32,8	67
59	7,0	0,0	0	7,0	100
61	19,3	3,5	18	15,8	82
62	23,3	8,3	36	15,0	64
63	32,2	2,0	6	30,2	94
69	32,2	17,1	53	15,1	47
70	15,4	4,3	28	11,1	72
72	21,0	6,7	32	14,3	68
73	30,4	20,2	66	10,2	34
74	13,7	0,0	0	13,7	100
75	15,3	4,0	26	11,3	74
78	25,4	8,8	35	16,6	65
79	26,3	12,6	48	13,8	52
81	8,1	2,6	31	5,6	69
87	21,1	0,0	0	21,1	100
90	26,2	9,7	37	16,5	63
91	25,1	3,8	15	21,3	85
95	13,4	0,0	0	13,4	100
97К	9,7	2,9	30	6,8	70
97	15,8	0,9	6	14,9	94
98	17,1	0,9	5	16,2	95
99	11,4	9,3	81	2,1	19
101	30,3	15,1	50	15,2	50
102	22,7	22,7	100	0,0	0
103	22,8	6,4	28	16,4	72
104	20,6	0,0	0	20,6	100
108	28,2	0,0	0	28,2	100
114	39,5	22,9	58	16,6	42
115	32,0	9,0	28	23,0	72
117	9,4	0,0	0	9,4	100
118	35,6	27,3	77	8,3	23
119	38,2	22,1	58	16,1	42
119к	10,2	3,7	36	6,5	64

Усі маршрути з часткою прямування під мережею більше 30 % теоретично можуть бути замінені на ТЗАХ. Всього це 38 маршрути з 77, тобто 49 %. Менше 30 % відстані потребують більш детального практичного аналізу з проведенням практичних випробувань, оскільки ТЗАХ

потребує певного часу на заряджання акумуляторів великої ємності, і на маршрутах з невеликим перекриттям мережею цього часу може бути недостатньо.

Підрахуємо паливо, яке може бути заощаджено завдяки програмі заміни. Загальнорічний пробіг автобусів маршрутами, які можуть бути замінені, складає 11,616 млн км. Як видно з даних статті [3], витрата палива для автобуса місткістю 107 пасажирів (приблизно дорівнює місткості найбільш масового автобуса Києва моделі MA3-203) при середній міжзупинковій відстані (для Києва умовно приймаємо 0,5 км) становить 0,38 л/км. При цьому, реальна цифра має тенденцію до збільшення через значні перепади рельєфу правобережної частини Києва. Провівши підрахунки, отримуємо цифру 4,414 млн л дизельного палива на рік.

Важливо зазначити, що з точки зору здійснення перевезення пасажирів ТЗАХ в своїх основних характеристиках (відсоток низької підлоги, кількість місць для сидіння, пасажиромісткість загальна) не поступаються дизельним автобусам. Порівняння основних характеристик ТЗАХ вітчизняного виробництва із найбільш масовою моделлю автобуса Києва (MA3 203) наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 - Порівняння характеристик ТЗАХ між собою та з автобусом MA3 203.

Характеристика	MA3 203	Богдан T70117	Electron T19102	PTS 12	Дніпро T203
Довжина, м	12	11,96	12	12,2	12,2
Потужність, кВт	240	180	180	180	180
Пасажиромісткість, чол	95...105	80...105	97...103	77	100
Місце для сидіння	24...34	30...34	31...34	32...33	31
Споряджена маса, т	11,1	13,5	11,4	11,6	11,2
Максимальна маса, т	18	18,9	19	18,6	18
Пробіг на акумуляторах, км	—	20	20	50	20
Низька підлога, %	100	100	100	100	100

**Висновки.** Завдяки проведеному аналізу доведено можливість повної заміни рухомого складу з автобусів на ТЗАХ на половині маршрутів Києва. При цьому, при значних стартових капіталовкладеннях на закупівлю нового рухомого складу істотно будуть знижені щорічні витрати на закупівлю палива, зменшиться шумове забруднення та забруднення повітря продуктами згорання дизельного палива.

#### Список використаних джерел

- [1] Автобусний транспорт. База даних. Фотосайт. URL: <https://fotobus.me/show.php?grid=16>  
 [2] Статистика міського наземного транспорту найбільших міст України. URL: <http://kstat.pp.ua/>  
 [3] Біліченко В.В., Цимбал С. В., Цимбал О. В., Визначення пристосованості автобусів до роботи на міських маршрутах пасажирських перевезень. *Вісник машинобудування та транспорту*. Вінниця. 2022. Вип. 1 (15). Doi: 10.31649/2413-4503-2022-15-1-3-10

**Красноштан Олександр Михайлович** — кандидат технічних наук, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет. Вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010. E-mail: [olexander.krasnoshtan@gmail.com](mailto:olexander.krasnoshtan@gmail.com).

**Новицький Борис Олександрович**, магістр, аспірант, Національний транспортний університет. Вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010. E-mail: [Highlinewot@gmail.com](mailto:Highlinewot@gmail.com).

**Oleksandr Krasnoshtan** — PhD (Engineering), associated professor, Department of Management, National Transport University. Ukraine, Kyiv, Omelianovicha-Pavlenka 1, 01010. E-mail: [olexander.krasnoshtan@gmail.com](mailto:olexander.krasnoshtan@gmail.com).

**Boris Novytskyi** — master, post-graduate student, National Transport University. Ukraine, Kyiv, Omelianovicha-Pavlenka 1, 01010. E-mail: [Highlinewot@gmail.com](mailto:Highlinewot@gmail.com).



УДК 371.214.2:620.178.162:378:629.331

Д.С. Кришичев, В.О. Колесніков

## ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ВИКЛАДАННІ СПЕЦКУРСУ «ТРИБОТЕХНІКА» ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

*Наведено деякі відомості стосовно проблем з яким може стикнутись викладач при викладанні спецкурсу «Триботехніка», для здобувачів професійно-технічної освіти.*

**Ключові слова:** транспорт, триботехніка, спецкурс, професійно-технічна освіта.

*Some information on the problems that a teacher may face when teaching a special course "Tribotechnics" for students of vocational education is presented.*

**Keywords:** transport, tribotechnics, special course, vocational education.

Професійно-технічна освіта є комплексом педагогічних та організаційно-управлінських заходів, спрямованих на забезпечення опановування громадянами знаннями, уміннями та навичками в обраній ними галузі професійної діяльності, розвиток компетентності та професіоналізму, виховання загальної й професійної культури.

Методологічні основи викладання спецкурсу «Триботехніка» для здобувачів професійно-технічної освіти спрямовані на розширення розуміння та практичних навичок у галузі триботехніки. Цей курс базується на принципах поглибленого вивчення фізичних, хімічних та інженерних аспектів трибології, а також насичує студентів знаннями щодо розуміння роботи триботехнічних вузлів в транспортних засобах.

Зношування автомобільних деталей є природним процесом і відбувається внаслідок різних факторів. Найбільш типові вузли в автомобілі, які піддаються зношуванню, та причини цього зношування можуть бути такі.

Гальмівна система. Гальмівні накладки та барабани. Зношування внаслідок тертя при гальмуванні. Гальмівний диск. Зношування від тертя між гальмівними накладками та диском.

Двигун. Колінчастий вал та поршні. Зношування від тертя та вибухового процесу.

Поршневі кільця. Зношування від тертя та високої температури.

Трансмісія. Муфта. Зношування внаслідок зчеплення та розчеплення муфти.

Передачі. Зношування шестерень та підшипників від тертя та навантаження.

Підвіска. Амортизатори та пружини. Зношування внаслідок дорожньої нерівномірності та навантаження. Підшипники коліс. Зношування внаслідок обертання коліс та дорожнього впливу.

Рульове управління. Рульова рейка. Зношування від керування автомобілем та навантаження.

Кузов. Лакофарбове покриття. Зношування внаслідок впливу погодних умов та механічних пошкоджень.

Електрична система. Акумулятор. Зношування внаслідок розряду та заряду. Може виникати електроерозія та відбуватись фретинг-процес (фретингове зношування).

Запалювальна система. Зношування свічок запалювання та інших складових.

Салон. Сидіння та оббивка. Зношування від користування і впливу сонця.

Причини зношування автомобільних деталей можуть включати тертя, корозію, вибуховий тиск, термічні навантаження, вологість, механічні удари, знос матеріалів, агресивні середовища, навантаження та неправильний догляд та ін. Регулярний огляд стану деталей та їх обслуговування може зберегти та підвищити безпеку та збільшити термін експлуатації автомобіля.

Серед складових методологічних основ викладання цієї дисципліни можна виділити наступні.

Поглиблене вивчення основних понять трибології: взаємодія поверхонь, тертя, знос, мастильні матеріали тощо.

Практичні заняття та лабораторні роботи, які сприяють розвитку навичок аналізу триботехнічних явищ, експериментального дослідження та порівняння з реальними проблемами зношування для конкретних вузлів в автомобілі.

Вивчення сучасних методів розв'язання проблем триботехніки в сучасному автотранспорті та розробки нових триботехнічних матеріалів та технологій.

Можна зробити акцент на екологічних аспектах триботехнічних рішень та їх впливу на суспільство. Наприклад, використання змащувальних рідни з застосуванням екологічних норм, тобто до їх складу входять компоненти, що виготовленні з соняшникової або ріпакової олії.

Застосування сучасних навчальних технологій та ресурсів, що допомагають стимулювати інтерактивне навчання та підвищують інтерес до предмета.

Зараз методологічні основи цього курсу спрямовані на формування компетентних фахівців, здатних ефективно розв'язувати проблеми в області триботехніки пов'язані з правильною експлуатацією автомобіля та проведення ремонтних робіт за необхідністю.

#### Список використаних джерел

1. Balyts'kyi O.I., Kolesnikov V.O., Kawiak P. Tribotechnical properties of austenitic manganese steels and cast - irons under sliding friction conditions //Materials Science.– Vol.41, № 5.- 2005. – p. 624 –630.

2. Колесніков Валерій. Деякі підходи для розробки навчальної дисципліни «Триботехніка». Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи: III Міжн. науково-практичн. конф., 20-21 березня 2023 року: матеріали. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 69-72. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.

3. Бурдун В. В., Колесніков В. О. Сучасний науковий стан та деякі підходи для розробки навчальної дисципліни «Трибологія». Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 63–66. ISBN 978-966-641-929-6.

4. Вплив особливостей навантаження та наводнювання та триботехнічні властивості сталей. / Балицький О.І., Колесніков В.О., Іваськевич Л.М., Гаврилюк М.Р. Фізико-хімічна механіка матеріалів. № 4, т. 58. 2022. С.73–80.

5. Застосування методів комп'ютерного зору при оцінці стану руйнування деталей в трибоз'єднаннях для прогнозування експлуатаційної стійкості та довговічності вузлів машин та механізмів // В.О. Колесніков, Я. Хмель, , М.Р. Гаврилюк, Є.Б. Колеснікова // II Міжнародна науково-практична конференція. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності», 25–26 листопада 2021 року в м. Полтава, Україна. С. 102 - 104.

6. Знос свічок запалювання: чому він відбувається і чи є сенс міняти деталь частіше. Дата оновлення: 10.02.2020. URL: <https://www.dexpens.com/Article/12252/znos-svichok-zapalyuvannya-chomu-vin-vidbuvaietsya-i-chi-ie-sens-minyati-detal-chastishe>. (дата звернення 05.10.2023).

7. Дмитриченко М.Ф. Основи тертя та зношування / М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик // К.: Інформавтодор, 2006 – 216 с.

**Криушичев Дмитро Сергійович** – здобувач вищої освіти 2 курсу другого (магістерського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

**Kriushichev Dmitro Sergiyovich** – 2nd year student of another (master's) level of specialty "Professional education. Transport", " Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny.

**Kolesnikov Valerii Oleksandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of Strength of Materials and Structures in Hydrogen-Bearing Media, Karpenko Institute of Physics and Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

УДК 629.113

В.П. Кужель, А.Г. Буда, В.М. Павленко

## ЕВОЛЮЦІЙНИЙ РОЗВИТОК КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ФОРМ КУЗОВІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

*Аналізуються історичні передумови, що спонукали до еволюційного поштовху становлення та розвитку сучасних модифікацій форм легкових автомобілів. Напрям досліджень щодо моделювання зовнішніх форм легкового автомобіля дозволяє удосконалювати запити сучасного сьогодення.*

**Ключові слова:** конструктивні особливості, етапи еволюційного розвитку, типи кузовів, обтічні форми, закон аеродинаміки, каркаси, потужність двигуна, швидкість, витрата палива.

*The historical prerequisites that led to the evolutionary impetus of the formation and development of modern modifications of the forms of passenger cars are analyzed. The direction of research on the modeling of the external forms of a passenger car allows to improve the demands of the modern day.*

**Keywords:** structural features, stages of evolutionary development, body types, streamlined shapes, the law of aerodynamics, frames, engine power, speed, fuel consumption.

Слід зазначити, що на форму кузова автомобіля впливають його конструктивні особливості, схема компонування, матеріали і технологія виготовлення кузова [1-3]. Розробка модифікацій форм змушує шукати нові технологічні прийоми та нові матеріали; враховувати соціально-економічні фактори, особливо – моду і побажання покупців [4-5].

Історія еволюційного розвитку складається з таких етапів: початкового, першої та другої половин XX століття та сучасного періоду.

На початковому етапі деяке поширення мали трицикли, з єдиним переднім колесом і кермовим керуванням велосипедного типу, проте вже незабаром вони втратили популярність через цілу низку вроджених недоліків – насамперед низьку стійкість до перекидання. До цього часу кінні екіпажі вже пройшли через досить тривалий шлях розвитку і досягли стосовно свого призначення високого ступеня досконалості: отримали гранично полегшений, але досить міцний для нормальної експлуатації кузов, м'яку ресорну підвіску, легкі, але міцні колеса з гумовими шинами, колодкові шини, грязьові щитки - крила, і так далі.

Перша половина XX століття. Форма автомобіля починає поступово відходити від свого прототипу – кінного екіпажу, з'являються суто автомобільні прийоми компонування. Типи кузовів відрізнялися величезним розмаїттям і небувалим числом позначень, більшість із яких мало чіткого загальноприйнятого значення; але в цілому майже всі вони зводилися до кількох типів: маленький відкритий автомобіль з одним рядом сидінь; великий відкритий автомобіль із двома рядами сидінь; великий автомобіль із закритими місцями задніх пасажирів та відкритим водійським сидінням; великий автомобіль із схожим на карету повністю закритим кузовом.

Виготовлення каркасно-панельного кузова починали з каркасу з твердих порід дерева (бук, клен, ясен, дуб) з металевим оковуванням (кутники, скоби, накладки, косинки, підкладки). Згодом у дерев'яний каркас стали вводити численні металеві розкоси, накладні косинки тощо підсилювачі, або навіть замінювати окремі його деталі на металеві штампування, але недосконалість технології та консерватизм виробників довго заважали широкому впровадженню металу.

Зовнішній вигляд і конструкція вузлів автомобіля в цей період практично не змінюються в порівнянні з кінцем 1910-х років, але агрегати вдосконалюються, а кузова стають все більш цілісними та гармонійними. Тим не менш, перехід на суцільнометалеву конструкцію затягнувся до початку-середини 1930-х років. Деякі елементи каркасу могли залишатися дерев'яними і в 1930-х роках, а на автомобілях вищого класу, які в ті роки будувалися винятково штучно, за індивідуальними замовленнями, і протрималися до середини того ж десятиліття.

На автобусах ця технологія застосовувалася й у післявоєнні роки. Дах кузова до середини 1930-х років залишався матерчатим, або як мінімум мав вставку посередині, оскільки технології тих років ще не дозволяли відштампувати з металу панелі великих розмірів. Середина та друга половина тридцятих відзначилася фактором, який рішуче вплинув на зміну форми автомобіля, – швидкість, тобто при русі автомобіль взаємодіє з повітряним середовищем, де вже вступають в

дію закони аеродинаміки. Обтічна форма сприяє зменшенню витрат потужності двигуна на подолання опору повітря, і, отже, зниження витрати палива, а також підвищення аеродинамічної стійкості. Особливо оригінальна та вдала була форма «правильних» пропорцій для автомобіля Tatra T77 (рис. 1).



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд кузова автомобіля Tatra T77 (1935 рік)

Для цих автомобілів були характерні краплинна задня частина кузова, закруглений капот спереду (кришка багажника). Варто зазначити, що з точки зору аеродинаміки кузова краплеподібної форми були по суті безперспективні для серійних автомобілів: хоча в порівнянні з незграбними кузовами масових моделей тих років вони дійсно давали відчутний вииграш в обтічності, резервів для подальшого її поліпшення стосовно автомобіля загального призначення вони не мали. Кузови набувають більш узагальненої форми, стають цілісними.

Після другої світової війни, що дала поштовх бурхливому розвитку всіх галузей техніки, прогрес в автомобілебудуванні значно прискорився, тому нові моделі, форми та технічні рішення з'являлися в цей час з небаченою швидкістю. Під кінець сорокових років остаточно формується стандартний для наступного десятиліття набір типів кузовів. Основним типом є три об'ємний седан (двох-або чотири дверний).

Прагнучи поліпшити форму кузова, дизайнери стали обмежувати його обводи більш плавними лініями. Чим плавніше крива, тим динамічнішою вона здається, ще швидше виглядає пряма лінія - «швидка, як стріла». Відповідно, починається відхід від популярних у першій половині десятиліття округлих форм. Незважаючи на незграбність, довгий, майже прямокутних обрисів на виді збоку автомобіль створював сильне зорове враження швидкості. Шістдесяті роки ознаменувалися загалом різким спрощенням форми автомобілів. Їх дизайн майже остаточно звільняється від чужорідного і, як виявилось, часто шкідливого впливу з боку авіації та ракетно-космічної техніки, замість запозичення мотивів яких починає вироблятися власна, специфічна саме для автомобільної індустрії мова дизайну, що найкраще виражає властивості та якості, властиві легковому автомобілю – швидкохідному та комфортабельному наземному засобу транспорту, яке за своїми функціями і вимогам до нього не має практично нічого спільного ні з літаком, ні з ракетою, ні з космічним кораблем.

Сімдесяті роки ознаменувалися подальшим розвитком принципів формоутворення кузова, знайдених у попередньому десятилітті, без будь-яких особливо революційних нововведень. Відповідно, автомобілі сімдесятих зовні були багато в чому схожі на своїх безпосередніх попередників, хоч і мали низку власних характерних рис – так, загальною тенденцією сімдесятих років по обидва боки океану стало захоплення прямокутними, "граничними" формами кузовів – з майже плоскими панелями і гострими кутами.

На вісімдесяті роки XX століття припала чергова революція в дизайні та формоутворенні кузовів легкових автомобілів. Тепер основним формотворчим чинником стають закони аеродинаміки. Дизайнери вже задовго до настання вісімдесятих років експериментували з новими формами кузовів, надаючи перевагу більш обтічним і продуманим з аеродинамічної точки зору. Це дозволило б насамперед суттєво знизити витрату палива, що в ті роки було особливо актуальним.

У дев'яності роки відбувається розвиток знайденої у вісімдесяті роки стилістичної теми оформлення кузова. Автомобілі самого початку дев'яностих років мало відрізнялися від стилю

кінця попереднього десятиліття. Середина дев'яностих років характеризується поширенням так званого «біодизайну», що імітує характерні для живої природи обтічні форми, автомобілі набувають дуже округлих форм, схожих на окату гальку.

Початок 2000-х років. Сучасні легкові автомобілі роблять порівняно високими – висота серійних седанів становить близько 1,5 метра, що дозволяє оптимально розмістити водія та пасажирів, створити просторий салон без зайвого збільшення габаритів автомобіля. Деякі автомобілі роблять ще вищими, наприклад седан Nissan Tiida має висоту 1535 мм. Це є прямим наслідком характерної для попереднього десятиліття моди на високі «паркетні» позашляховики та мінівени, в результаті якої споживач звик до високої посадки та просторого салону, характерного для цих автомобілів.

В період сьогодення автомобілі почали розвиватися у напрямку ускладнення форми кузова, пов'язаного з деяким відходом від «холодної» раціональної «комп'ютерної» геометрії, властивої стилю самого початку нового століття. Спостерігається тенденція до збільшення діаметра коліс і розмірності шин, при відповідному зниженні висоти їх профілю. Це дозволяє не тільки покращити зовнішній вигляд порівняно високих автомобілів за рахунок кращої пропорційності, але й розмістити всередині коліс потужніші гальмівні механізми великого діаметра.

Аеродинаміка при цьому продовжує покращуватися: новітні досягнення в цій галузі дозволяють очікувати на появу найближчим часом масових автомобілів з коефіцієнтом обтічності  $C_x$  порядку 0,2. У наш час серійні машини вже мають  $C_x$  близько 0,195. Зрозуміло, що обтічна форма сприяє зменшенню витрат потужності двигуна на подолання опору повітря, і, отже, зниження витрати палива, а також підвищення аеродинамічної стійкості.

Для прикладу розглянемо деякі сучасні концепти:

1. Tesla Roadster представили у 2022 році, а серійним він стане у 2023 році (рис. 2). Технічні характеристики Roadster вражатимуть: прискорення до 160 км/год – 4,2 секунди, максимальна швидкість – понад 400 км/год, запас ходу – 1000 км. Такі показники забезпечать двигуни загальною потужністю 1000 к.с. і крутний момент 10000 Нм, а також батарея ємністю 100 кВт·г.

2. Mercedes-Benz Vision One-Eleven. «Двері-чайки», футуристична панель приладів і віртуальна реальність - все це звучить як елементи, які в результаті не доходять до серійної версії автомобіля, однак це дозволяє виробнику привернути увагу до свого концепту (рис. 2) [6].



Рисунок 2 – Концепти Tesla Roadster та Mercedes-Benz Vision One-Eleven

3. Afeela EV від Sony та Honda, автомобіль представлений у 2023 році, він є першим автомобілем Sony в історії, автомобіль буде обладнано 45 сенсорними камерами, а інтерфейс на ігровому рушії Unreal Engine розробить компанія Epic Games.

4. Porsche Mission X. Зовнішній вигляд кузова – як у кабіні літака: над обома пасажирами натягнутий полегшений скляний купол з екзоскелетом з карбону, плюс бокове скло компанії Daytona також надасть пасажирам Mission X ще більш посилених відчуттів відкритого простору.

Застосування при моделюванні форм кузовів сучасних автомобілів сучасних технологій 3D графіки [2] та досягнення низьких аеродинамічних характеристик [3-5] суттєво змінює діапазон технічних характеристик легкового автомобіля, особливо з точки зору швидкості, надійності та низьких експлуатаційних витрат.



Рисунок 3 – Концепти Afeela EV від Sony та Honda та Porsche Mission X

Список використаних джерел

1. L. Morello, Lorenzo Rosti Rossini, Giuseppe Pia, Andrea Tonoli. Historical Evolution // The Automotive Body. — Springer Science & Business Media, 2011. - Vol. I: Components Design. - P. 3 - 32. - 668 p. - ISBN 978-94-007-0512-8. - DOI:10.1007/978-94-007-0513-5. (англ.)
2. Кужель В. П. Варіанти моделювання зовнішніх форм автомобіля застосуванням сучасних технологій 3D графіки / Буда А. Г., Кужель В. П., Юров А. Р. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк : Луцький НТУ, 2018. - Випуск №1(10). – С. 38-43.
3. Кужель В. П. Рейтинги легкових автомобілів за аеродинамічними властивостями та сучасні підходи 3-D моделювання зовнішніх форм кузовів / В. П. Кужель, А. Г. Буда, В. М. Павленко, О. В. Корнєв // Вісник машинобудування та транспорту – 2023 - №1. – С. 78-86.
4. Буда А.Г. Графічні моделі конструювання форм кузова автомобіля / А.Г. Буда, В.П. Кужель, А.Р. Юров // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – Луцьк : Луцький НТУ, 2016. – Вип. 1 (5). – С. 32–37.
5. Кужель В.П. До питання варіантів моделювання зовнішніх поверхонь кузова легкового автомобіля / В.П. Кужель, А.Г. Буда, А.Р. Юров // Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23–25 жовтня, 2017 р.: Збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – С. 114 – 116.
6. Mercedes-Benz представив концепт Vision One-Eleven. Режим доступу до ресурсу: <https://motorcar.com.ua/news/mercedes-benz-vision-one-eleven-konzept-prezentacziya-2023/>

**Кужель Володимир Петрович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [kuzhel2017@gmail.com](mailto:kuzhel2017@gmail.com), [kuzhel\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kuzhel_v@vntu.edu.ua)

**Буда Антоніна Героніївна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри опору матеріалів, теоретичної механіки та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [antbu@ukr.net](mailto:antbu@ukr.net)

**Павленко В'ячеслав Миколайович** – к.т.н., доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [vp.khadi@gmail.com](mailto:vp.khadi@gmail.com).

**Kuzhel Volodymyr** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kuzhel2017@gmail.com](mailto:kuzhel2017@gmail.com), [kuzhel\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kuzhel_v@vntu.edu.ua)

**Buda Antonina G.** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of resistance of materials, theoretical mechanics and engineering graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [antbu@ukr.net](mailto:antbu@ukr.net)

**Pavlenko Viacheslav** – PhD, Associate Professor, Associate Professor, Associate Professor of Technical Operations and Car Services, Kharkiv National Automobile and Highways University, Kharkiv, [vp.khadi@gmail.com](mailto:vp.khadi@gmail.com)

УДК 656.025

В.П. Кужель, С.П. Куліш, Д.С. Литвинчук, М.С. Пашенько

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

*Проаналізовані перспективи розвитку вантажних перевезень в Україні в умовах сьогодення, можливості розвитку міжнародних вантажних перевезень в Україні, характеристики основних систем контрейлерних перевезень. Використання даних систем при виконанні вантажних перевезень суттєво зменшує витрати часу і ціну доставки вантажу до одержувача.*

**Ключові слова:** перевезення вантажні, рухомий склад, перевезення контрейлерні, транспорт, вантаж.

*The prospects for the development of freight transportation in Ukraine in today's conditions, the opportunities for the development of international freight transportation in Ukraine, the characteristics of the main systems of cross-trailer transportation are analyzed. The use of these systems when carrying out cargo transportation significantly reduces the time spent and the price of delivering the cargo to the recipient.*

**Keywords:** cargo transportation, rolling stock, trailer transportation, transport, cargo.

Вантажні перевезення являються масштабним і важливим сегментом економіки, від результативної та злагодженої роботи якого залежить загальний економічний розвиток будь-якої країни. Повномасштабне вторгнення в Україну 24 лютого 2022 року та припинення сполучення з країною-агресоркою спричинили серйозні зміни в вантажних перевезеннях з державами Центральної Азії, тому на ринку як внутрішніх так і міжнародних вантажних перевезень України у 2023 році панує невизначеність.

Відмітимо, що до початку військових дій Україна володіла 20951,8 тис. км залізниць, 163,033 тис. км автомобільних доріг, близько 1569,4 тис. км судноплавних водних шляхів, 13 морськими та 17 міжнародними аеропортами і 4 аеропортами цивільної авіації [1].

Війна негативно позначилася на економіці країни та призвела до зменшення обсягів вантажних перевезень, хоча не слід забувати, що Україна є залишається важливою транзитною державою, через територію якої пролягають ключові логістичні маршрути через Європу - Азію.

Проаналізуємо можливості для розвитку міжнародних вантажних перевезень в Україні, що водночас вимагає від учасників ринку гнучкості й адаптації до змінних умов:

- в січні 2022 року обсяг перевезень, які здійснювала “Укрзалізниця”, суттєво збільшився (транзит, зокрема, зріс на 38,8%, якщо порівнювати з січнем 2021 року), але з початком війни в Україні – скоротився. Майже на чверть зменшилися внутрішні перевезення (здебільшого зернових та залізо-рудної сировини), а також імпорт та транзит;

- сферу експортних перевезень наразі характеризують кілька факторів. З початку війни стабільно працюють 10 пунктів пропуску з країнами ЄС: 4 – з Польщею, 2 – зі Словаччиною, 2 – з Румунією та 2 – з Угорщиною. У західному напрямку залізничні перевезення гальмуються необхідністю переходити з української ширини колії на європейську колію [2-4];

- після відмови західних перевізників перевозити вантажі в Україну через війну, майже всі вантажі між Україною і ЄС на сьогодні перевозяться саме українськими компаніями. Це надає значні можливості для розвитку транспортної галузі в Україні;

- Міністерство інфраструктури розробляє альтернативу міжнародним автомобільним перевезенням - контрейлерні перевезення. Цьогоріч планується запуск контрейлерного потяга з України до Австрії й Італії транзитом через територію Угорщини.

До обмежуючих факторів розвитку вантажних перевезень крім військових дій і обмежень слід віднести значне зростання цін на паливо та низьку пропускну здатність автомобільних пунктів пропуску через кордони, оскільки велика кількість вантажів спрямована саме на сухопутні пункти пропуску, які були перевантажені і заблоковані (у серпні та вересні ситуація на українсько-польському кордоні була катастрофічною - вантажівки стояли в смугі по півтора-два тижні). Наведемо характеристики різних видів транспорту в таблиці 1 [1, 5-6].

Таблиця 1 – Характеристики різних видів транспорту

Вид транспорту	Основні переваги	Основні недоліки	Сфера застосувань
Залізничний	<ul style="list-style-type: none"> <li>– розвинена система сполучень;</li> <li>– висока перевізна і пропускна здатність;</li> <li>– незалежність від кліматичних умов, пори року і години доби;</li> <li>– висока регулярність перевезень;</li> <li>– відносно низькі тарифи;</li> <li>– висока швидкість доставки на великі відстані</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обмежена кількість перевізників;</li> <li>– великі капітальні вкладення у виробничо-технічну базу;</li> <li>– низька доступність до кінцевих споживачів;</li> <li>– низька якість збереження вантажів</li> </ul>	практично не обмежена
Морський	<ul style="list-style-type: none"> <li>– можливість міжконтинентальних перевезень вантажів;</li> <li>– низька собівартість перевезень на далекі відстані;</li> <li>– висока перевізна і пропускна здатність</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обмеженість перевезень, низька швидкість доставки вантажів;</li> <li>– залежність від географічних, природних, навігаційних умов;</li> <li>– жорсткі вимоги до пакування, мала частота відправлень</li> </ul>	практично не обмежена
Річковий	<ul style="list-style-type: none"> <li>– висока перевізна здатність на глибоководних ріках і водоймах;</li> <li>– низька собівартість і капіталомісткість перевезень</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обмеженість перевезень, низька швидкість доставки вантажів;</li> <li>– залежність від нерівномірності глибини рік, водойм, від навігаційних умов;</li> <li>– сезонність роботи</li> </ul>	практично не обмежена
Автомобільний	<ul style="list-style-type: none"> <li>– висока доступність;</li> <li>– можливість доставки вантажу «від дверей - до дверей»;</li> <li>– велика маневреність і гнучкість, висока швидкість доставки;</li> <li>– висока якість збереження вантажу;</li> <li>– можливість відправлення невеликих партій;</li> <li>– широкий вибір перевізників;</li> <li>– менш жорсткі вимоги до пакування товару</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– низька продуктивність;</li> <li>– залежність від погодних і дорожніх умов;</li> <li>– відносно висока собівартість перевезень на великі відстані;</li> <li>– низький рівень експлуатаційних показників</li> </ul>	на короткі відстані (до 300 км)
Повітряний	<ul style="list-style-type: none"> <li>– найвища швидкість доставки;</li> <li>– висока надійність, найкраще збереження вантажу, короткі маршрути перевезень</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– висока собівартість, перевезень;</li> <li>– залежність від погодних умов, недостатня географічна доступність</li> </ul>	практично не обмежена
Трубопровідний	<ul style="list-style-type: none"> <li>– низька собівартість доставки, висока продуктивність;</li> <li>– високе збереження вантажу, низька капіталомісткість</li> <li>– висока собівартість будівництва.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обмеженість видів вантажу, обмежена доступність малих обсягів транспортування вантажу</li> </ul>	обмежена видом вантажів



Отже на сьогоднішній день в світі розроблено чимало систем доставки вантажів саме комбінованими видами транспорту [3-6]. Розрізняють два основні види контрейлерних перевезень [1-3, 5-6]: з супроводом, коли при перевезенні транспортного засобу водій прямує разом з ним в окремому пасажирському вагоні; без супроводу, до яких відносяться перевезення контейнерів, знімних кузовів, причепів та напівпричепів. .

Укрзалізниця тестує можливості контрейлерних перевезень з майбутнім їх включенням в інтермодальну систему. Тому 31 березня 2023 року АТ «Укрзалізниця» відправила в тестовий експериментальний рейс за маршрутом Київ-Ліски - Чоп контрейлерний вагон для фінального затвердження тимчасової схеми навантаження та подальшого розвитку контрейлерних перевезень.

Як зазначається тестовий рейс виконується на спеціалізованій контрейлерній платформі філії Укрзалізниці - «Центр транспортного сервісу «Ліски» з додатково обладнаним місцем для кріплення автомобільного вантажного напівпричепа.

Проаналізуємо основні характеристики систем контрейлерних перевезень в світі [2, 5-6]:

Система CargoSpeed (Велика Британія) використовує принцип Roll-On / Roll-Off і не потребує підйому. Система CargoSpeed також стає екологічно чистою і здатна економно перевезти значну частину існуючих автомобільних вантажів на залізницю, тим самим зменшуючи затори на дорогах. Термінали чистіші, тихіші та енергоефективніші в експлуатації, ніж існуючі альтернативи з дизельними тепловозами.

Система Flexiwaggon (Швеція): необхідне обладнання інтегровано в кожен вагон. Flexiwaggon може рухатися зі швидкістю до 160 км/год. Завантаження або розвантаження всього складу займає 10 хвилин. Водій керує завантаженням або розвантаженням своєї вантажівки. В принципі, процеси завантаження та розвантаження можуть відбуватися де завгодно. Рама, на якій стоїть вантажівка, може відкриватися з обох кінців і повертатися вліво і вправо. Вантажівка може під'їжджати і від'їжджати від вагона, без необхідності руху заднім ходом. Суть технології полягає у використанні спеціалізованої платформи, яка дозволяє здійснювати розвантаження-вивантаження автопоїзда практично в будь-якому місці (рис. 1).



Рисунок 1 – Зображення контрейлерного перевезення за системою Flexiwaggon

Система MegaSwing (Швеція) може перевозити будь-які напівпричепа. Оскільки тягачі терміналу можуть швидко перевантажити вантаж у відкритий вагон (наприклад, з порома або іншого поїзда), проміжне зберігання не потрібне. Немає необхідності у використанні маневрових вагонів - навантаження і розвантаження може здійснюватися під повітряними контактними лініями.

Система CargoBeamer (Німеччина) є представником технології горизонтального перевантаження автомобільних причепів. Крім того, вагони мають складну конструкцію, а отже, їх ціна є значно вищою, ніж було б доцільно для системи, яка хоче конкурувати на відкритому ринку, особливо з автомобільним транспортом. Вантажівка після прибуття повинна пройти через ворота. Напівпричіп відчіплюється від тягача у визначеному місці, а тягач відчіплює інший напівпричіп, підготовлений до відправлення.

Система Modalohr (Франція) призначена для перевезення напівпричепів і автопоїздів (що складаються з тягача і напівпричепа) і базується на абсолютно новій конструкції зчепленого

залізничного вагона і горизонтальному перевантаженні за допомогою поворотних майданчиків на вагонах і суцільних рампах.

Основними елементами системи є: зчеплений вагон, обладнаний поворотною навантажувальною частиною для зберігання напівпричепа (вантажівки); внутрішньозаводська рампа (похила) з підйомним пристроєм, розташованим під залізничним вагоном.

Висновки. Оскільки в умовах сьогодення перевезення вантажів морським і залізничним транспортом мають свої обмеження, вітчизняний ринок вантажних перевезень почав надавати пріоритет автомобільному транспорту для перевезень вантажів, а вантажовідправники та перевізники були вимушені змінити логістику експортних перевезень і спрямувати вантажі на західні прикордонні переходи. В свою чергу Укрзалізниця тестує можливості контрейлерних перевезень з майбутнім їх включенням в інтермодальну систему, прогнозуючи, що використання контрейлерного сполучення при міжнародних перевезеннях вантажів саме для України може вирішити ряд поточних проблем: проблему завантаженості автомобільних доріг; проблему перевезення великовагових та небезпечних вантажів; підвищення транзитного потенціалу країни. Тобто сфера вантажних перевезень переорієнтувалася, зараз розвиваються нові експортні шляхи сухопутними коридорами через країни Європи, а саме два глобальних напрями: західний транспортний коридор на Польщу, Німеччину та Балтійські країни і південний транспортний коридор Румунію

#### Список використаних джерел

1. Трубей О. М. Аналіз ринку вантажних перевезень в Україні / Трубей О. М., Чута В.О. // *Економіка транспорту і зв'язку* (Співзасновники: НДЦ індустріальних проблем розвитку НАН України, Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця) *БІЗНЕСІНФОРМ* № 6 (2018). Харків. – С. 247 - 253. ISSN 2311-116X (Online).
2. Литвин О.В. Порівняльна характеристика існуючих систем організації контрейлерних перевезень у світі/О.В. Литвин // *Вісник Національного транспортного університету*. - 2018. - №1 (31). - С. 324-332
3. The Impacts of Globalisation on International Road and Rail Freight Transport activity. Past trends and future perspectives. Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World 10-12 November 2008, Guadalajara, Mexico
4. International LPI. Global Rankings 2019. The World Bank Group: офіц. веб-сайт URL: <https://lpi.worldbank.org/international/global/2019> (дата звернення: 10.10.2023)
5. Ширяєва С. В. Аналіз закордонного досвіду організації автомобільно-залізничних перевезень вантажів / С. В. Ширяєва, Т. І. Конрад // *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. - 2012. - Вип. 10. - С. 292-297
6. Кужель В.П. Можливості розвитку транспортної системи України впровадженням систем контрейлерних перевезень / Кужель В.П., Костенюк В.О. // *Матеріали XI-ої міжнародної науково-технічної інтернет - конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2023 року: збірник наукових праць* [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – С. 206 – 210.

**Кужель Володимир Петрович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [kuzhel2017@gmail.com](mailto:kuzhel2017@gmail.com), [kuzhel\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kuzhel_v@vntu.edu.ua)

**Куліш Сергій Павлович** - студент групи 2ТТ-22м, факультет машинобудування та транспорту, кафедра автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

**Литвинчук Дмитро Сергійович** - студент групи 2ТТ-22м, факультет машинобудування та транспорту, кафедра автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

**Пашенько Микола Сергійович** - студент групи 2ТТ-22м, факультет машинобудування та транспорту, кафедра автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

***Kuzhel Volodymyr*** - Ph.D., associate professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel\_v@vntu.edu.ua

***Kulish Serhiy*** - student of group 2TT-22m, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University

***Lytvynchuk Dmytro*** - student of group 2TT-22m, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University

***Pashenko Mykola*** - student of group 2TT-22m, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University

УДК 629.113

Ю.Ю. Кукурудзяк

## ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА МОНІТОРИНГУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСІВ

**Анотація.** *Описано підхід щодо формування інформаційної бази моніторингу експлуатації міських пасажирських автобусів та її поповнення у процесі функціонування.*

**Ключові слова:** моніторинг, автобус, умови експлуатації, інформаційна база.

**Abstract.** *The approach to the formation of an information base for monitoring the operation of city passenger buses and its replenishment in the process of operation is described.*

**Keywords:** monitoring, bus, operating conditions, information base.

### Вступ

Ефективність функціонування міських пасажирських автобусів залежить від досить великої кількості факторів, серед яких вагоме місце займає їх технічний стан. Під час періоду експлуатації технічний стан кожної транспортної одиниці змінюється по різному. Причини зміни технічного стану також досить різні, але в кожному випадку вони залежать від умов експлуатації, в яких здійснює перевезення окремий транспортний засіб.

В багатьох існуючих наукових роботах [2] умови експлуатації для міських пасажирських автобусів класифікуються для окремо взятих маршрутів міста. Визначаються категорії складності маршрутів, що в подальшому дає можливість визначити тривалість експлуатації окремих автобусів за різними категоріями складності. Враховуючи те, що умови експлуатації постійно змінюються, питання оперативної ідентифікації умов експлуатації є актуальним в наукових дослідженнях. Метою даної роботи є опис підходів щодо формування інформаційної бази моніторингу експлуатації міських пасажирських автобусів.

### Основна частина

Врахування індивідуальних умов експлуатації кожного окремого автобуса [1] потребує постійного спостереження, моніторингу і є основою для забезпечення відповідного рівня технічної готовності, виконання робіт обслуговування і поточного ремонту. Процедура моніторингу умов експлуатації з індивідуальним підходом досить трудомістка. Вона потребує збору, систематизації та збереження великого обсягу інформації, створення інформаційної бази, яка є обов'язковою частиною системи автоматизованого моніторингу та ідентифікації умов експлуатації.

Формування інформаційної бази моніторингу експлуатації міських пасажирських автобусів за своєю суттю передбачає створення можливості використання різного роду інформації для оперативного визначення експлуатаційних характеристик кожного окремого автобуса в будь-який час і в будь-якій частині транспортної мережі міста. Це є основою прийняття оперативних рішень щодо можливості подальшої експлуатації транспортних засобів або необхідності певних технічних втручань, враховуючи технічні, організаційні, економічні та інші фактори.

В загальному, інформаційна база містить постійну та оперативну інформацію. Весь обсяг інформації можна поділити на окремі групи, враховуючи можливості збору цієї інформації та її призначення. Моніторинг умов експлуатації автобусів повинен враховувати дорожні фактори (рельєф, стан дорожнього покриття, кількість поворотів, кількість світлофорів, кількість пішохідних переходів, завантаженість транспортним потоком, умови початку руху від зупинок, можлива середня швидкість руху та ін.), а також транспортні фактори (пасажиропотік в різні години доби, дні тижня та місяці року).

Система автоматизованого моніторингу експлуатації міських пасажирських автобусів передбачає розподіл на окремі первинні елементи – об'єкти експлуатаційного моніторингу (ОЕМ). До таких об'єктів можна віднести: технічні ОЕМ (окремі транспортні засоби або їх окремі системи чи агрегати); ОЕМ маршрутної мережі міста (маршрути, зупинки, перегони, ділянки доріг, пасажиропотоки та ін.); ОЕМ підприємств (підрозділи, обладнання, персонал та ін.)

Обсяги інформації, які поступають в інформаційну базу повинні бути достатніми та відповідати умовам необхідності. Визначені OEM характеризуються різним ступенем можливості створення інформаційної бази. Обсяги інформаційних потоків можуть бути надлишковими для одних OEM, а для інших, навпаки, виникають так звані умови обмеженої інформації. Сучасний розвиток ІТ-технологій та інтелектуальних систем дає можливість створення інформаційної бази, яка має властивість автоматизованого накопичення та систематизації з урахуванням індивідуального підходу до транспортних засобів протягом всього періоду їх експлуатації.

Процес формування інформаційної бази умовно поділений на два етапи. На першому етапі збору інформації враховуються критерії інформативності, достовірності та можливості її отримання. На другому етапі здійснюється структурування та систематизація інформації для кожного об'єкту експлуатаційного моніторингу із відповідними взаємозв'язками, що забезпечує можливість моделювання із застосування методів інтелектуальної обробки даних [3].

Інформаційна база структурована на основі об'єктно-орієнтованого підходу. Такий підхід передбачає створення окремих класів та об'єктів цих класів. База даних містить досить велику кількість класів (транспортний засіб, маршрут, перегін, виробничий підрозділ, параметр та ін.). Об'єкти цих класів характеризуються спільними властивостями, вони мають обмежений доступ, що відповідає принципам наслідування та інкапсуляції. Такий підхід дає можливість легкого інтегрування із об'єктно-орієнтованими мовами програмування, що забезпечує створення програмного комплексу (база даних, серверна частина, клієнтська частина) із локальним або WEB-інтерфейсом.

Потоки інформації, що поступають в базу даних можуть мати різну природу. Опис різних факторів умов експлуатації автобусів може подаватися як у вигляді числових значень так і у вигляді лінгвістичних змінних. Система передбачає автоматизоване накопичення інформації протягом певного періоду експлуатації. Отримані дані обробляються у відповідному модулі серверної частини інформаційної системи з метою їх систематизації, усереднення та мінімізації обсягів. Після обробки дані зберігаються в базі у відповідності до кожного об'єкту експлуатаційного моніторингу. Наявність лінгвістичних змінних у вхідних інформаційних потоках обумовлює те, що застосування математичних, алгоритмічних методів є дещо обмеженим. Більш обґрунтованим та ефективним є застосування методів інтелектуальної обробки даних.

### Висновки

Формування інформаційної бази моніторингу експлуатації міських пасажирських автобусів в автоматизованому режимі дає можливість індивідуального підходу щодо прийняття експлуатаційних рішень для кожної окремої транспортної одиниці із можливістю усереднення та накопичення інформації різної природи протягом всього періоду експлуатації.

### Список використаних джерел

1. Кукурудзяк Ю.Ю. Модель ідентифікації умов експлуатації міських пасажирських автобусів на основі інтелектуальних методів обробки інформації. – Київ: ДП «ДержавтотрансНДІПроект», Науково-виробничий журнал "Автошляховик України" 2021 р. №4 (268) С.40-44
2. Форнальчик Є.Ю. Експлуатаційна надійність автобусів міського громадського транспорту / Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського: наук. журнал. – Львів : Національний університет "Львівська політехніка", 2016. – Випуск 1/2016 (96) – С. 91–96.
3. Штовба С.Д. Логічне виведення за ієрархічними гібридними нечіткими базами знань. Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції "Обчислювальний інтелект", Черкаси, Україна, 14-17 травня 2013 р.

**Кукурудзяк Юрій Юрійович** - канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: uk34@ukr.net

**Kukurudziak Yuri Y.** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of automobiles and transport management department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: uk34@ukr.net

УДК 656.078

В.В. Леонов, Р.М. Сердюк

## МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ СПЕЦІАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН ТРАНСПОРТНОГО СПРЯМУВАННЯ

Розглянуто впровадження інформаційно-комунікаційних технологій при вивченні спеціальних дисциплін транспортного спрямування. Описано переваги використання впровадження інформаційно-комунікаційних технологій при вивченні спеціальних дисциплін транспортного спрямування.

**Ключові слова:** інформаційні технології, мультимедійні програмні засоби, інтернет технології.

*The implementation of information and communication technologies in the study of special disciplines of transport direction is considered. The advantages of using the implementation of information and communication technologies in the study of special disciplines of transport direction are described.*

**Keywords:** information technologies, multimedia software, Internet technologies..

Українська освіта сьогодні стоїть на порозі значних зрушень у розвитку та запровадженні інноваційних технологій для покращення загальної якості освіти.

Важливим фактором розбудови послуг українських освітян є сфера інформаційної грамотності та запровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у всі освітні процеси, починаючи від процесу навчання до моніторингу освітніх результатів.

Серед останніх тенденцій у розвитку педагогічних технологій слід відмітити той факт, що ІКТ надають можливості для викладача застосовувати в своїй роботі так зване проблемно-орієнтоване або конструктивне навчання. Воно передбачає навчання у насиченому інформаційному середовищі в індивідуальному ритмі кожного студента, здійснювати контроль успішності новими інтерактивними методами та тим самим урізноманітнити професійні педагогічні навички та форми роботи.

Інформаційні технології розвиваються дуже динамічно, так само динамічно має розвиватися методика їх впровадження і використання в навчальному процесі. визначитися, за яких умов і за використання яких методів та засобів інформаційно-комунікаційні технології будуть ефективними.

Освіта сьогодні відчуває нагальну потребу розробки та запровадження інформаційно-комунікаційних технологій відповідно кращим зразкам, що є запорукою вагомому внеску у розвиток стабільності та прогресу вітчизняного суспільства та відповідності сучасним потребам ринку праці та мобільності.



Рисунок 1 - Структура сучасних інформаційно-комунікаційних технологій навчання

До інтернет технологій відносять: служби та сервіси мережі Інтернет (WWW, електронна пошта, пошукові системи, тематичні каталоги, освітні портали, вікі, блоги)

Прикладом успішної реалізації ІКТ стала поява Інтернету – глобальної комп'ютерної мережі з її практично необмеженими можливостями збирання та збереження інформації, передавання її індивідуально кожному користувачеві. Перш за все, Інтернет – це джерело інформації, тому використовувати його служби і сервіси необхідно для знаходження інформації, корисної з точки зору навчальної діяльності, її аналізу та оцінювання;

Студенти із зацікавленістю виконують завдання на знаходження в Інтернеті принципів, класифікацій, означень, моделей, зображень, правил тощо, з наступним оцінюванням знайдених в Інтернет - джерелах ресурсів, даних, порівнянням цифр, тенденцій, технологій тощо.

Інтернет швидко знайшов застосування в науці, освіті. Перші кроки із провадження Інтернету в систему освіти показали його величезні можливості для її розвитку.

Мультимедійні програмні засоби дозволяють інтегрувати текстову, графічну, анімаційну, відео- і звукову інформацію.

Однчасне використання кількох каналів сприйняття навчальної інформації дозволяє підвищити рівень засвоєння навчального матеріалу.

Мультимедійні програмні засоби дають змогу імітувати складні реальні процеси, ситуації. Такі технології використовуються під час проведення занять, для забезпечення самостійного вивчення окремих тем навчальних дисциплін.

Інтеграція підготовки та проведення занять - використання готових програмних продуктів (фільмів, книг (в тому числі електронних), посібників, енциклопедій, методичок, інструкцій, навчальних і робочих програм і т.д.).

Використання комп'ютерної технології при вивченні спец. дисциплін відкриває широкі можливості для створення та використання складного наочно-демонстраційного супроводу (фільми; анімації і т.д.) на занятті, особливо при виконанні лабораторної чи практичної роботи. Крім того, при повторенні пройденого матеріалу студент самостійно їх відтворює. При цьому він може перерватися, зупинитися чи повторити ту частину, яка погано засвоїлась.

Такий підхід розвиває ініціативу і сприяє підвищенню інтересу студента до досліджуваного предмета.

Способи застосування засобів мультимедіа при вивченні спец дисциплін:

використання електронних симуляторів, лекторів, тренажерів, підручників, енциклопедій;

- моделювання процесів і явищ;
- забезпечення дистанційної форми навчання;
- проведення інтерактивних освітніх онлайн, теле і аудіоконференцій;
- побудова систем контролю й перевірки знань і умінь (використання контролюючих програм-тестів);

- створення і підтримка сайтів навчальних закладів;
- створення презентацій навчального матеріалу;
- здійснення дослідницької діяльності, тощо.

Потрібно підкреслити, що використання засобів мультимедіа в освітньому процесі сприяє:

- підвищенню мотивації до навчання;
- реалізації соціальної мети, а саме – інформатизації суспільства;
- інтенсифікації процесу навчання;
- розвитку особистості;
- розвитку навичок самостійної роботи з навчальним матеріалом;
- підвищенню ефективності навчання за рахунок його індивідуалізації.

Досить широке поширення мультимедійних проекторів дозволяє значно збільшити наочність за рахунок використання викладачем в ході заняття презентацій, реклаमाцій, аналізу, вибору і впровадження передового.

Досвід організації навчального процесу по описаних моделях активного використання інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє говорити про високу міру ефективності поєднання використання сучасних інформаційних технологій і посібників, що передбачають пізнання через осмислення і діяльність.

Застосування мультимедійних технологій різко підвищує ефективність активних методів навчання для всіх форм організації навчально-виховного процесу: на заняттях під час

самостійних, практичних та контрольних робіт, на всіх етапах проведення його та можливості майбутнього застосування на виробництві.

Звичайно, вимоги, що висуваються до освіти, змінилися: крім базових знань і постійного оволодіння новими сучасними технологіями, сучасний працівник повинен вміти продуктивно використовувати інформаційні ресурси.

Сьогодні від нього вимагається вміння творчо мислити, приймати рішення і вчитися протягом усього життя.

У наш час нерідко звучать вимоги поліпшити підготовку нового покоління працівників, що знаходить своє відображення в реалізації безлічі державних програм, а також проєктів, здійснюваних комерційними організаціями і благодійними фондами.

Однак цього недостатньо – необхідно подвоїти зусилля, спрямовані на підвищення рівня освіти.

При підготовці до заняття з використанням інформаційно-комунікаційних технологій викладач не повинен забувати, що це ЗАНЯТТЯ, а значить складаючи план заняття і виходячи з його мети, особливо при відборі навчального матеріалу, він повинен дотримуватися основних дидактичних принципів:

- систематичності та послідовності,
- доступності,
- диференційованого підходу,
- науковості та ін.

Основна дилема ІКТ - комп'ютер не замінює вчителя, а тільки доповнює його.

На завершення хочеться сказати, що основний недолік та проблема застосування ІКТ, на мою думку, існування ймовірності, що, захопившись застосуванням ІКТ на заняттях, викладач перейде від розвивального навчання до наочно-ілюстративного.

#### Список використаних джерел

1. Губань О. Інтерактивні методи у виробничому навчанні учнів професійно-технічних училищ. Світло. 2013. N 1. С. 79-82
2. Максимова В.Н. Міжпредметні зв'язки як дидактична проблема. Київ: Ранок, 2012. 322 с
3. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології. К.: Академвидав, 2015 – 304 с.
4. І.Готько Олена. Інформаційно-комунікаційні технології – як сучасний засіб навчання в освіті. Молодь і ринок. –2015. –г 4(123). –С. 130-234

**Леонов Володимир Володимирович** – спеціаліст першої категорії, Відокремлений структурний підрозділ «Барський фаховий коледж транспорту та будівництва Національного транспортного університету», м. Бар, e-mail: diachenkovolodumur1978@gmail.com

**Сердюк Роман Миколайович** – спеціаліст вищої категорії, Відокремлений структурний підрозділ «Барський фаховий коледж транспорту та будівництва Національного транспортного університету», м. Бар, e-mail: serdukroma1@gmail.com

**Leonov Volodymyr Volodymyrovych** - specialist of the first category, Separate structural unit "Bar Vocational College of Transport and Construction of the National Transport University", Bar, e-mail: diachenkovolodumur1978@gmail.com

**Serdyuk Roman Mykolayovych** - specialist of the highest category, Separate structural unit "Bar Vocational College of Transport and Construction of the National Transport University", Bar, e-mail: serdukroma1@gmail.com



УДК 656.13

О.Ю. Лук'янченко, Н.Л. Костьян

## СИСТЕМА КЛАСИФІКАЦІЇ ВОДІЇВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

*Розглянуто доцільність моделювання поведінки водія під час керування транспортним засобом з точки зору підвищення ефективності та безпеки автомобільних перевезень. Запропоновано систему на основі нечітких правил для класифікації водіїв різних профілів відповідно до їхньої поведінки.*

**Ключові слова:** інтелектуальні транспортні системи, поведінка водія, системи на основі нечітких правил, безпека дорожнього руху, класифікація водіїв.

*The expediency of modeling driver behavior while driving a vehicle in terms of improving the efficiency and safety of road transportation is considered. A system based on fuzzy rules is proposed to classify drivers of different profiles according to their behavior.*

**Keywords:** intelligent transportation systems, driver behavior, fuzzy rule-based systems, road safety, driver classification

Постійний розвиток інтелектуальних транспортних систем передбачає підвищення ефективності та безпеки транспортних процесів

Одним з факторів, що впливають на безпеку дорожнього руху і ефективність транспортних засобів, є поведінка водія. Існують різні дослідження [1], які виявили, що помилки водія зазвичай є основною причиною більш ніж 90% дорожньо-транспортних пригод. Тому розуміння, аналіз та реалістичне моделювання поведінки водія є надзвичайно важливим для підвищення безпеки дорожнього руху.

Різні водії демонструють різну поведінку через різний досвід водіння, емоції, вподобання тощо. Одним з найважливіших питань у дослідженні характеристик водія є ідентифікація характеристик водія.

Ідентифікація характеристик водія може базуватися на аналізі рухів голови та динаміки змін рис обличчя (наприклад, розпізнавання рухів очей), що визначає стан водія; фізіологічному та психологічному розпізнаванні; а також на основі аналізу робочої поведінки водія, який виявляє аномальну поведінку за кермом.

На даний час, основні підходи щодо дослідження поведінки водіїв під час керування транспортними засобами зосереджені на двох ключових моментах: побудова моделей ідентифікації та класифікація характеристик поведінки водіїв.

В представленій роботі для класифікації водіїв різних профілів відповідно до їхньої поведінки пропонується застосування системних підходів з використанням нечіткої логіки. Така система може бути інтегрована в інтелектуальну транспортну архітектуру, і, відповідно, використана для прогнозування виникнення та уникнення дорожньо-транспортних пригод, а також для оптимізації управління маршрутами.

Запропонована система є системою на основі нечітких правил Мамдані. Структура такої системи, як правило, складаються з бази знань та механізму виведення [2]. База знань включає в себе базу даних та базу відповідних правил поведінки водія. Механізм виведення відповідає за отримання висновків з символічних даних, використовуючи правила, що керують нечіткою системою. Він складається з системи виведення та алгоритмів фазифікації/дефазифікації. Опис елементів системи наведено нижче.

**База даних.** Для того, щоб побудувати адекватну систему на основі нечітких правил, необхідна реалістична база даних про поведінку водія. В ході дослідження використано результати, отримані в роботі [3], в якій розроблено модель поведінки водія на підставі даних, зібраних з 3D віртуального симулятора водіння.

Запропонована база даних ґрунтується на відповідних правилах типових дій водія у різних дорожніх ситуаціях.

Під час дослідження було використано набір із десяти правил, пов'язаних з використанням педалі акселератора. Перше правило означає, що якщо транспортний засіб знаходиться на повороті, то типовою дією водія є відпускання педалі акселератора. Друге правило означає, що якщо транспортний засіб їде прямо, то водій натискає на педаль акселератора. Якщо суб'єкт їде

в гору, його звичайною дією є прискорення; тоді як при спуску він відпускає педаль газу (правила 3 і 4). Правила з 5 по 8 говорять, що якщо водій бачить попереду поворот або спуск, то він/вона відпускає педаль акселератора. Однак, якщо суб'єкт бачить попереду пряму дорогу або підйом, він натискає на педаль акселератора. Останні два правила означають, що якщо швидкість автомобіля перевищує бажану, водій відпускає педаль акселератора, а якщо швидкість нижче бажаної, водій застосовує прискорення.

Ця база правил може бути використана для обчислення відсотку випадків, коли водій робить неправильні дії (наприклад, відсоток випадків, коли водій неправильно використовує акселератор або гальмо, і відсоток випадків, коли водій не дотримується швидкісного режиму).

**Вхідні та вихідні параметри.** Серед факторів, що впливають на поведінку водія, можна виділити зовнішні, тобто фактори, пов'язані з дорожніми умовами, навколишнім середовищем та погодними умовами; та особисті фактори, такі як вік, стать, досвід водіння, час водіння на поточному маршруті та фізичний стан водія.

Класифікація водіїв щодо профілів водіння здійснюється відповідно до частоти використання режимів прискорення і гальмування, а також показника швидкісної поведінки. Визначено наступні вхідні та вихідні змінні систем.

**Вік.** Це вхідний параметр, який представляє значення віку водія. Для представлення нечітких множин зазначеного параметру обрано трапецієподібні функції належності з наступними варіантами реалізації:

- молоді;
- середній вік;
- похилого віку.

**Прискорення.** Зазначений параметр представляє відсоток випадків, коли водій використовує педаль акселератора на маршруті. На початку, відповідно до маршруту та бази правил, обчислюється значення, що представляє кількість разів, коли водій повинен натиснути на педаль акселератора. Беручи до уваги це значення (100%) і результати, отримані з симулятора, обчислюється відсоток використання педалі акселератора. Для цього параметру визначено 5 варіантів реалізації з трикутними функціями належності:

- дуже низький;
- низький;
- нормальний;
- високий;
- надмірний.

**Гальмування.** Цей вхідний параметр представляє відсоток використання педалі гальма на маршруті. Він визначається аналогічно до параметру прискорення і має 5 аналогічних варіантів реалізації з трикутними функціями належності.

**Швидкість.** Це вхідний параметр, який відображає показник швидкості. Він обчислюється з використанням поправочного коефіцієнта, який визначається як зважена сума трьох значень: відсоток випадків руху на надмірно низьких швидкостях, відсоток випадків дотримання швидкісного режиму в межах дозволеної швидкості та відсоток випадків перевищення швидкісного режиму. Варіанти реалізації та функції належності визначені аналогічно параметрам прискорення та гальмування.

**Профіль водія.** Результируючий параметр, що являє значення профілю водія, отримане на виході нечіткої системи. Цей параметр представляється відповідними трикутними функціями належності і має наступні варіанти реалізації:

- дуже пасивний;
- пасивний;
- нормальний;
- агресивний;
- небезпечний.

**База правил.** База правил містить усі правила, які керують системою. Використовуючи правила, механізм виведення може робити висновки з нечітких даних, що надійшли на вхід.

База правил, визначена в цій нечіткій системі, була сформована шляхом евристики експертів. Оскільки було визначено чотири вхідних параметри та один вихідний, з різною кількістю нечітких множин (термів) для кожного, база правил системи є занадто громіздкою для

наочної ілюстрації. Тому для прикладу наведені два правила, які представляють агресивний та пасивний профілі.

Перше правило означає наступне: якщо водій молодий, часто використовує прискорення і рідко використовує гальмування, керує транспортним засобом із перевищенням швидкості, то профіль водія можна класифікувати як «Агресивний».

З іншого боку, друге правило є прикладом визначення пасивного профілю. Це означає, що якщо водій похилого віку, часто використовує гальмування і рідко - прискорення, а швидкість руху є низькою, то профіль водія можна класифікувати як «Пасивний».

**Система виведення.** На етапі проектування механізму виведення використовувалось програмне забезпечення MATLAB, зокрема його модуль для роботи з нечіткими множинами. При цьому був застосований алгоритм дефазифікації Largest of the Maxima (LOM), за якого було отримано найбільшу точність моделювання.

Запропонована система класифікації водіїв на основі нечітких правил дозволяє класифікувати суб'єктів на профілі водіння за різними параметрами, такими як використання органів керування, а також вибір швидкісного режиму.

Визначені параметри однозначно відповідають морфологічним ознакам функціонального елемента «Водій» інтелектуальної транспортної системи, тому запропоновані рішення можуть бути використані для підвищення ефективності та безпеки руху транспортних засобів.

#### Список використаних джерел

1. Трошин М., Кістол А., Заїченко В. Дослідження основних факторів скоєння дорожньо-транспортних пригод. *Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: esperienza mondiale e realtà domestiche*. 2021. С 55-57.
2. Cordón, O., Herrera, F., Hoffman, F., Magdalena, L.: Genetic Fuzzy Systems. Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases. World Scientific, Singapore (2001).
3. Hiromitsu Hattori, Yuu Nakajima, and Toru Ishida. Learning from Humans: Agent Modeling with Individual Human Behaviors. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, vol. 41, no. 1, pp. 1-9, 2011.

**Лук'янченко Олександр Юрійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та технології їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, e-mail: 111188@ukr.net.

**Костьян Наталія Леонідівна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та технології їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, e-mail: 438knl@gmail.com.

**Lukyanchenko Oleksandr** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Technologies of Their Operation, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, e-mail: 111188@ukr.net.

**Kostian Nataliia** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Technologies of Their Operation, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, e-mail: 438knl@gmail.com.

УДК 629.113

О.Л. Ляшук, Р.М. Рогатинський, І.Б. Гевко, Р.В. Хорошун

## ДО ВИБОРУ ТРАЄКТОРІЇ ПРОХОДЖЕННЯ ПОВОРОТУ АВТОМОБІЛЕМ

Розглянуто модель повороту автомобіля, зокрема на X-подібному перехресті, та умови входження автомобіля в поворот. Показано, що, при зміні прямолінійного руху на криволінійний, значний вплив мають кутові прискорення, що діють на автомобіль відносно вертикальної осі. Це суттєво впливає на перерозподіл сил взаємодії коліс із дорожнім полотном та, відповідно, на стійкість та керованість автомобіля. Дано аналіз вибору траєкторій руху та запропоновано залежність для спряження різних ділянок руху, яка мінімізує кривину траєкторії і її зміну та, відповідно відцентрові і кутові прискорення.

**Ключові слова:** керованість автомобіля, кривина траси, перехрестя, стійкість автомобіля на поворотах.

*The car turning model is considered, in particular at an X-shaped intersection. It is shown that, when the straight-line motion is changed to a curvilinear one, the angular accelerations acting on the car relative to the vertical axis have a significant influence. This significantly affects the redistribution of the forces of interaction of the wheels with the road surface and, accordingly, the stability and controllability of the car. An analysis of the choice of motion trajectories is given and a dependency is proposed for the conjugation of different sections of motion, which minimizes the curvature of the trajectory and its change and, accordingly, centrifugal and angular accelerations.*

**Keywords:** car controllability, curve of the track, intersection, stability of the car in turns.

Керованість автомобіля та збереження його курсової стійкості забезпечується відповідністю вибраної траєкторії та режимів руху, топологією траси, станом дорожнього покриття, погодніми умовами тощо. Важливим елементом розробки відповідних математичних моделей є вибір оптимальних траєкторій руху автомобіля, що напряду пов'язано із забезпеченням його стійкості та керованості. У відомих працях дослідження курсової стійкості проводиться для різних режимів руху автомобіля, при його гальмуванні, для прямолінійного та колового руху автомобіля, входження в повороти [1-3]. Проте низка питань, що стосуються раціонального вибору траєкторії маневрування автомобіля, зокрема траєкторії входження в поворот, розкрито недостатньо.

Метою дослідження є вибір раціональних траєкторій проходження повороту, які мінімізують кривину траси та, відповідно відцентрові прискорення автомобіля а також приріст кривини траєкторії та, відповідно, його кутові прискорення відносно вертикальної осі.

Одним із важливих моментів при входженні автомобіля в поворот є врахування не тільки прискорень та, відповідно сил, що діють на центр мас автомобіля, але і кутових прискорень та, відповідно, моментів, прикладених до вертикальної осі автомобіля. Згідно [1]

$$I_z d^2\varphi / dt^2 = \Sigma M_z, \quad (1)$$

де  $I_z$  - момент інерції автомобіля відносно вертикальної осі, яка проходить через центр мас;  $d^2\varphi / dt^2$  - кутове прискорення автомобіля відносно вертикальної осі  $z$ ;  $\Sigma M_z$  - сума всіх моментів від поздовжніх та бокових реакцій полотна на колеса (осі) автомобіля.

При повороті передні та задні колеса проходять по різних траєкторіях із різною кривиною траси. Миттєвий кут повороту автомобіля пов'язаний з елементарними переміщеннями середин передньої  $ds_1$  та задньої  $ds_2$  осей залежностями [4]

$$d\varphi = k_1 ds_1 = k_2 ds_2 = \frac{ds_1 \sin(\theta - \delta_1 + \delta_2)}{A \cos \delta_2} = \frac{ds_2 \sin(\theta - \delta_1 + \delta_2)}{A \cos(\theta - \delta_1)} \quad (2)$$

де  $k_1$  та  $k_2$  кривина траєкторії руху переднього та заднього уявних коліс велосипедної моделі автомобіля;  $\delta_1$  та  $\delta_2$  кути відведення, відповідно переднього та заднього коліс у даній моделі;  $\theta$  - кут повороту уявного колеса, що зв'язаний з кутами повороту лівого та правого передніх коліс функціональним зв'язком;  $A$  - база автомобіля.

Із (2) випливає, що кривина траєкторії середини осі задніх коліс в заданий момент часу буде  $k_2 = k_1 \cos(\theta - \delta_1) / \cos \delta_2$ .

Оскільки водієм задається траєкторія переміщення передньої осі із кривиною  $k_1$ , то в моделі саме вона визначатиме вибір траєкторії. Із (2) кутове прискорення автомобіля

$$d^2\varphi / dt^2 = v_1 \cdot dk_1 / dt + k_1 \cdot d^2s_1 / dt^2 \quad (3)$$

При повороті, автомобіль від прямолінійного руху з кривиною траєкторії  $k_{10} = 0$  переходить до колового руху із кривиною  $k_{1R} = 1/R$ , де  $R$  радіус повороту по серединній лінії смуги руху. При цьому різка зміна кута повороту коліс  $\theta$  і, відповідно, кривини траєкторії  $k_1$  призведе до суттєвого росту приросту кривини  $dk_1 / dt$ . А це в свою чергу, із врахуванням (1), призведе до різкого росту сумарного моменту  $\Sigma M_z$  і, відповідно, до росту сил взаємодії коліс із дорожнім полотном, що може спричинити втрату стійкості автомобіля та його керованості. А тому, при входженні в поворот, між прямолінійною та коловою ділянками має бути перехідна ділянка із плавною зміною кривини траєкторії руху.

Розглянемо схему повороту автомобіля на перехресті, рис. 1.

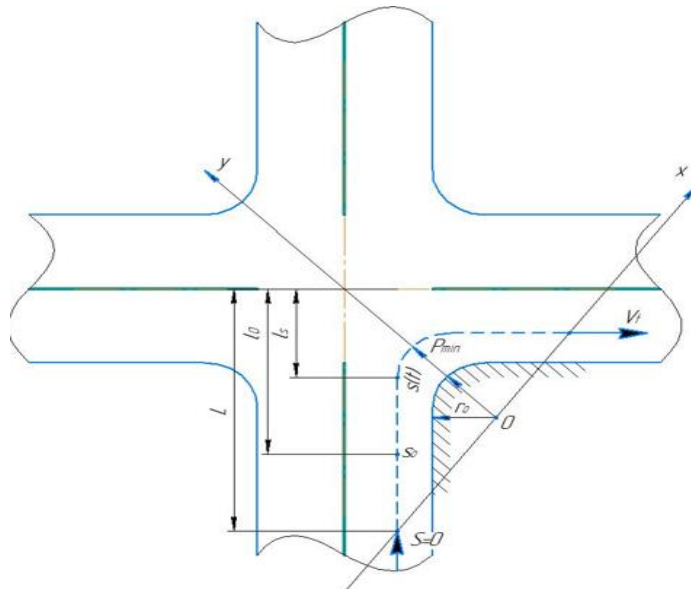


Рисунок 1 – Схема повороту автомобіля на перехресті

Розмістимо систему координат  $Oxuz$  з початком  $O$  в центрі кола радіусом  $r_0$ , яке обмежує проїзну частину, а вісь  $Oy$  спрямуємо в сторону ділянки з мінімальною кривиною траєкторії повороту (до центру перехрестя). Тоді крива траєкторії руху автомобіля повністю лежатиме в зоні додатних значень функції  $y = f(x)$ , що її описує. Віддаль від початку координат  $O$  до центру перехрестя  $C$  позначимо  $OC = c$ , Тоді траєкторія руху автомобіля перетинатиме вісь  $Ox$  в точках  $x_{\min}$  та  $x_{\max}$  відповідно. Для Х-подібного перехрестя, де дороги пересікаються під прямим кутом,  $x_{\min} = -x_{\max} = -\sqrt{2}(r_0 + u/2) = -c + u/\sqrt{2}$ , де  $u$  - ширина смуги руху. Відлік шляху автомобіля  $s = s(t)$  проводимо від точки  $x_{\min}$ , де  $s = 0$  і яка розміщена від центра перехрестя на віддалі  $L = 2r_0 + 1,5u$ .

Нехай початок перебудови з прямолінійної траєкторії на криволінійну відбувається при  $s = s_0$ . Траєкторія входу в поворот та виходу з нього на прямих ділянках опишеться рівнянням

$$y = f_0(x) = c - u/\sqrt{2} - |x| \dots \quad (4)$$

Далі рух відбувається по кривій, яку для різних випадків апроксимуємо такими рівняннями:

- кола  $y = f_1(x) = \sqrt{(r_0 + u/2)^2 - x^2}$ , для якої  $s_0 = r_0 + u/2$ , а  $l_0 = r_0 + u$ ;

- параболи  $y = f_2(x) = y_{max} - ax^2$ , де  $y_{max} = r_0 + u/2$ , а параметр  $a$  визначається із умови дотику ліній  $f_0(x)$  та  $f_2(x)$ ,  $a = 1/[4(c - y_{max})]$ , для якої  $s_0 = 2\sqrt{2}(c - y_{max})$ ;

- гіперболічного косинуса  $y = f_3(x) = y_{max} + b - b \operatorname{ch}(x/b)$ , де параметри початку повороту  $s_0$  та  $l_0$  визначаються із умови спряження кривих  $f_0(x)$  та  $f_3(x)$ .

Апроксимація траєкторії повороту спряженими відрізками, де криволінійна ділянка описується рівняннями  $f_2(x)$  чи  $f_3(x)$ , порівняно з  $f_1(x)$ , зменшує різкий стрибок кривини і, відповідно, моменти сил що діють на автомобіль відносно вертикальної осі, але не усуває їх.

Для плавного переходу в місці спряження прямої траєкторії з криволінійною за довільним законом  $f_i(x)$  доцільно використати логістичну залежність виду

$$F(x) = \frac{f_0(x)e^{-\lambda_x p(x)} + f_i(x)e^{\lambda_x p(x)}}{e^{-\lambda_x p(x)} + e^{\lambda_x p(x)}} \quad (5)$$

де  $\lambda_x$  - параметр згладжування кривини спряження,  $\lambda_x \gg 1$ ;  $p(x)$  - функція вибору шляху,  $p(x) = (x - x_{min})(x_{max} - x)$ .

Кривина траєкторії повороту за залежністю (5) набуває максимального значення  $k_{1max}$  при  $x = 0$ . Так для руху по параболі  $k_{1max} = 2a$ , а радіус кривини траєкторії при цьому буде  $R_{min} = 2(c - y_{max})$ .

В загальному, проходження повороту є оптимізаційною задачею, в якій вибір траєкторії повороту є елементом структурної оптимізації, а вибір параметрів рівняння траєкторії є двокритеріальною задачею, в якій мінімізуються одночасно як кутові прискорення повороту автомобіля так і відцентрові прискорення кругового руху.

За попереднім аналізом входження в поворот по кривій, що описується рівнянням гіперболічного косинуса є більш сприятливим, порівняно з іншими варіантами, оскільки поєднує більшу плавність зміни кривини в зоні спряження із достатнім радіусом кривини для забезпечення стійкості автомобіля від дії відцентрових сил. За результатами досліджень напрацьовані рекомендації щодо раціональної траєкторії входження в поворот та вибору швидкісного режиму, який забезпечує стійкість та керованість автомобіля при проходженні повороту для різних видів перехрестя, в тому числі під непрямыми кутами.

#### Список використаних джерел

1. Кашканов А.А., Кашканов В.А., Кашканова А.А. Моделювання траєкторії руху автомобіля при дослідженні дорожньо-транспортних пригод // Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця: ВНТУ, 2019. [Електронний ресурс]. 2019. Режим доступу: <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/155>
2. Макаров В.А. До питання вибору математичної моделі для дослідження курсової стійкості руху легкового автомобіля / В.А. Макаров, А.С. Волохов, А.В. Куплінов // Наукові нотатки : міжвузівський збірник. - Луцьк, 2010. - Вип. 28. - С. 311 - 316.
3. Розвиток математичної моделі криволінійного руху двовісного автомобіля / Б. І. Кальченко [та ін.] // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ "ХПІ", 2017. – № 13 (1235). – С. 45-50.
4. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі/ Р.М. Рогатинський, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, Р.В. Хорошун, О.Б. Романюк // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

*Ляшук Олег Леонтійович* – д.т.н., професор, перший проректор, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: [oleglashuk@ukr.net](mailto:oleglashuk@ukr.net)

*Рогатинський Роман Михайлович* – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: [rogatynskiy@gmail.com](mailto:rogatynskiy@gmail.com)

*Гевко Іван Богданович* - д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: [gevkoivan1@ukr.net](mailto:gevkoivan1@ukr.net)

*Хорошун Роман Васильович* - асистент кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: [roman\\_086@ukr.net](mailto:roman_086@ukr.net)

*Lyashuk Oleg Leontiyovych* – Sc.D., professor, First Vice-Rector, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: [oleglashuk@ukr.net](mailto:oleglashuk@ukr.net)

*Rogatynskiy Roman Mykhailovych* – Sc.D., professor, professor of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: [rogatynskiy@gmail.com](mailto:rogatynskiy@gmail.com)

*Hevko Ivan Bogdanovych* - Sc.D., professor, professor of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: [gevkoivan1@ukr.net](mailto:gevkoivan1@ukr.net)

*Horoshyn Roman Vasyl'ovych* - Assistant of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: [roman\\_086@ukr.net](mailto:roman_086@ukr.net)

УДК 621.921

В.А. Макаров, М.С. Виноградов, М.А. Мастепан

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРИТИРАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ СИЛКАТНОЮ АБРАЗИВНОЮ ПАСТОЮ

На підставі результатів дослідження встановлено, що висока якість поверхні формується за рахунок аморфного кремнезему, що утворюється в результаті локальних спалахів температури та хімічної реакції при взаємодії трихлористого заліза та силікату натрію. Рентгеноструктурним та хімічним аналізом підтверджено наявність аморфного кремнезему на обробленій поверхні, поверхні абразивних частинок та продуктах зношування після притирання силікатним складом. Доведено, що висока якість поверхні після обробки силікатним складом обумовлена появою в процесі притирання аморфного кремнезему, який посилює роботу абразивних зерен і призводить до зменшення дії абразиву, що дряпає.

**Ключові слова:** якість поверхні, аморфний кремнезем, аналіз, абразивна частинка, продукт зношування, силікатний склад.

*Based on the results of the study, it was found that the high quality of the surface is formed due to amorphous silica formed as a result of local temperature flashes and chemical reaction during the interaction of ferric trichloride and sodium silicate. X-ray diffraction and chemical analysis confirmed the presence of amorphous silica on the treated surface, the surface of abrasive particles, and wear products after lapping with a silicate composition. It is proved that the high quality of the surface after treatment with a silicate composition is due to the appearance of amorphous silica during the lapping process, which enhances the work of abrasive grains and reduces the scratching effect of the abrasive.*

**Keywords:** surface quality, amorphous silica, analysis, abrasive particle, wear product, silicate composition.

Серед різних способів механічної обробки, що забезпечують виконання високих вимог до якості поверхневого шару і точності розмірів, важливе місце займає абразивне притирання, що дозволяє змінювати будову та властивості поверхневих шарів металу в потрібному напрямку або створювати шари з наперед заданими властивостями.

В даний час існує широкий асортимент різних складів притиральних паст. Вони відрізняються за своїми характеристиками, зернистістю, в'язкістю, типом, наявністю додаткових присадок і таким чином впливають на механізм обробки. Попередні дослідження показали, що силікатну пасту можна використовувати для підвищення довговічності деталей автомобільних двигунів. На підставі цього, стоїть завдання дослідити механізм притирання силікатною пастою. Тому метою дослідження є проведення експериментальних дослідів та отримання фактичних даних, які пояснюють механізм притирання силікатною пастою.

Приймаючи до уваги властивості рідкого натрієвого скла та попередні дослідження виявили, що стабільність силікатної пасти для притирання в часі може бути досягнута за рахунок введення трихлористого заліза ( $\text{FeCl}_3$ ). Адгезійні властивості покращувалися за рахунок введення в склад для притирання мастила 1-13. Для збільшення абразивної здатності пасти притирання був введений абразивний порошок.

Для проведення дослідження працездатності притиральної пасти були приготовлені силікатні склади з абразивом електрокорунду та відібрана існуюча паста «КТ», що застосовується у даний час для притирання клапанів автомобільних двигунів. Оцінка велася за тривалістю притирання, знімання металу та якістю поверхні. Стабілізація коефіцієнта тертя свідчила про завершення процесу притирання. Знімання металу визначали на мікроаналітичних терезах типу ВЛР-200 Г з точністю  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$  г.

За результатами всіх вимірювань (п'ятьох дослідів з похибкою  $\pm 5\%$ ) для кожного зразка визначали середнє значення параметрів, що вимірювалися, і обчислювали масове знімання металу та коефіцієнт тертя.

За допомогою профілографа-профілометра контролювали профіль поверхонь, які оброблялись. Найкращою працездатністю мав той склад після обробки яким, зразки мали найменшу шорсткість. Результати досліджень подано на рис. 1.



Аналізуючи криві 1 і 2 (рис. 1), можна відзначити, що при притиранні силікатним складом

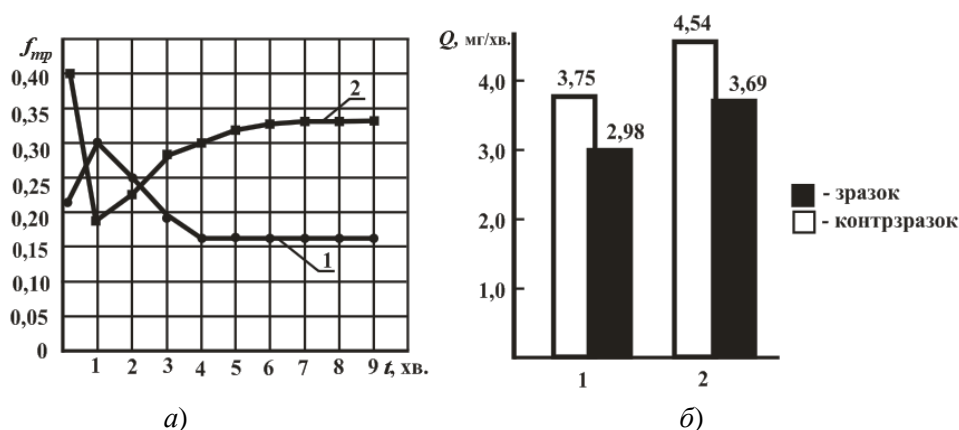


Рисунок 1 – Зміна коефіцієнта тертя ( $f_{тр}$ , а) та знімання металу ( $Q$ , мг/хв., б) під час притирання зразків із сталі 40Х та контрзразків із чавуну СЧ 18-36 абразивними складами: 1 – силікатною пастою; 2 – пастою «КТ»

у початковий момент (перша хвилина) відбувається збільшення коефіцієнта тертя за рахунок дії гострих кромки абразиву. Надалі, можливо, відбувається притуплення цих кромки і обволікання абразиву оксидом кремнію, що призводить до зниження коефіцієнта тертя. При обробці пастою «КТ» спочатку відбувається зниження коефіцієнта тертя за рахунок роботи масляної плівки, оскільки паста виготовлена на основі індустріальної оливи. Починаючи з другої хвилини плівка зношується і в роботу вступають абразивні зерна, що призводить до збільшення коефіцієнта тертя. Таким чином, можна відзначити, що продуктивність притирання на силікатному складі вища, ніж при обробці пастою «КТ». Крім того, коефіцієнт тертя при обробці силікатним складом нижче ( $f = 0,17$ ), ніж при притиранні пастою «КТ» ( $f = 0,33$ ). Це, звичайно, вплинуло на знімання металу, але якість поверхні стала значно вищою ( $Ra=0,12$ ), ніж якість поверхні, обробленої складом «КТ» ( $Ra=0,21$ ).

Встановлено, що отримання низької шорсткості поверхні при притиранні силікатною пастою відбувається за рахунок введення до складу рідкого скла, основним елементом якого, у нашому випадку, є  $SiO_2$ . Схема механізму притирання силікатною пастою подано на рис. 2.

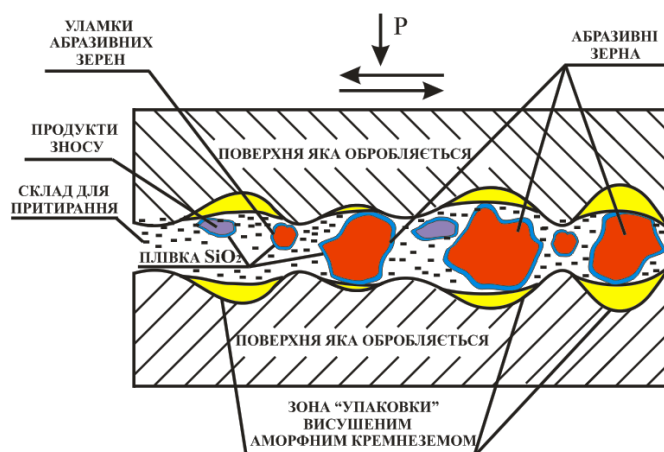


Рисунок 2 – Схема механізму притирання силікатним абразивним складом

Отже, робота механізму притирання силікатним складом відбувається в такий спосіб. При додаванні до складу абразивного матеріалу відбувається обволікання його оксидом кремнію  $SiO_2$ . Це пояснюється тим, що розчини рідкого скла мають високу силу зчеплення і невеликий поверхневий натяг. При взаємному переміщенні поверхонь відбувається різання-дряпання абразивними зернами найвищих вершин нерівностей. У точках зіткнення абразивних частинок

відбувається підвищення температури, а оскільки навколо абразиву знаходиться  $\text{SiO}_2$ , то при попаданні останнього в зону зіткнення відбувається утворення аморфного кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ) [2] (рис. 2). Аморфний кремнезем, що утворився, має поліруючу дію високодисперсного, відносно м'якого абразиву [3] і може діяти як абразив. Під дією абразивних частинок  $\text{SiO}_2$  потрапляє у западини оброблюваної поверхні та зчіпляється з поверхнею. При багаторазовому впливі частинок відбувається щільна «упаковка»  $\text{SiO}_2$  глибоких западин нерівностей, що дозволяє отримати високу якість поверхні [2].

Для підтвердження цієї гіпотези із зразків, оброблених силікатним абразивним складом, було проведено змив і хімічний аналіз підтвердив наявність на обробленій поверхні  $\text{SiO}_2$ . У кількісному відношенні на поверхні зразка було виявлено  $82 \text{ мг/см}^2 \text{ SiO}_2$  [2].

Для підтвердження гіпотези про наявність «сильного зв'язку» кремнієвих сполук з поверхневим шаром металу було проведено дослідження на торцевій машині тертя. Згідно з останньою, наявність «сильного зв'язку» має утримати кремнієві з'єднання на поверхні тертя під час опрацювання в умовах експлуатації. В іншому випадку вони будуть вилучені в початковий період своєї роботи. Результати рентгеноспектрального аналізу показали наявність кремнію поверхні тертя як до випробування і після [3].

Отримання високої якості поверхні також обумовлено формою абразивних частинок та продуктів зносу. При взаємному переміщенні поверхонь абразивні зерна приймають щоразу нове положення. При цьому вони зношуються з усіх боків і одночасно огортаються плівкою  $\text{SiO}_2$ . Дослідження поверхні вихідних абразивних зерен та абразивних зерен після обробки силікатним складом і пастою «КТ» показали, що ріжучі кромки у частинок, що працюють у силікатній пасті, мають округлену форму порівняно з вихідними та працюючими в пасті «КТ». З іншого боку, на поверхні абразивних частинок спостерігається наявність оксиду кремнію [3].

Отримана округлена форма абразиву не здатна в подальшому проводити різання-дряпання нерівностей. Як наслідок, зерна, перекочуючись по поверхні, її розкочують. Отже, збільшення числа зерен, що мають більш округлені вершини, призводить до посилення поліруючої дії та збільшення ступеня наклепу поверхневого шару металу, що істотно впливає на якість обробленої поверхні. Для підтвердження цього припущення було проведено дослідження поверхні вихідного абразивного зерна та абразивних зерен після обробки силікатним та існуючим складом. Виявлено, що ріжучі кромки у частинок, що працювали в силікатному складі, мають округлу форму, порівняно з вихідними і тим які працювали у складі «КТ».

При дослідженні поверхні абразивних частинок було виявлено, що зерна, які працювали в силікатному складі, покриті тонкою оболонкою. Припустивши, що це і є висохлий гель аморфного кремнезему, частки промили дистильованою водою і лугом, оскільки відомо, що кремнієві сполуки інтенсивно взаємодіють з останнім. Тому при промиванні водою ця оболонка залишалася, при промиванні лугом видно явне видалення цієї оболонки [3].

На підставі результатів дослідження доведено, що висока якість поверхні формується за рахунок аморфного кремнезему, що утворюється в результаті локальних спалахів температури та хімічної реакції при взаємодії трихлористого заліза та силікату натрію. Рентгеноструктурним та хімічним аналізом підтверджено наявність аморфного кремнезему на обробленій поверхні, поверхні абразивних частинок та продуктах зношування після притирання силікатним складом.

Доведено, що висока якість поверхні після обробки силікатним складом обумовлена появою в процесі притирання аморфного кремнезему, який посилює роботу абразивних зерен і призводить до зменшення дії абразиву, що дряпає.

#### Список використаних джерел

1. В. А. Макаров, Т. В. Макарова, М. С. Виноградов, М. А. Мастепан, Д. В. Савенок, О. В. Левадний «Експериментальне дослідження можливості використання силікатної пасту для підвищення довговічності деталей автомобільних двигунів», *Вісник машинобудування та транспорту*, №1(17), с. 92-98. 2023.

2. Н. С. Виноградов, «Исследование возможности использования силикатной пасты для притирки сопряженных деталей», *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник*, № 1, с. 70-74. 2006.

З. В. А. Макаров, М. А. Мастепан, М. С. Виноградов, Д. С. Беляєв, «Експериментальне дослідження впливу зернистості абразиву силікатної пасти на якість поверхонь тертя», *Вісник машинобудування та транспорту*, №1(15), с. 100-105. 2022.

*Макаров Володимир Андрійович* – д-р. техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua).

*Виноградов Микола Семенович* – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Івано-Франківськ, e-mail: [m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua](mailto:m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua).

*Мастепан Микола Антонович* – канд. техн. наук, доцент, в.о. зав. кафедри автомобільного транспорту, Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Івано-Франківськ, e-mail: [m.a.mastepan@donnaba.edu.ua](mailto:m.a.mastepan@donnaba.edu.ua).

*Makarov Volodymyr Andreyevich* – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua).

*Vynogradov Mykola Semenovich* – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Road Transport, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Ivano-Frankivsk, e-mail: [m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua](mailto:m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua).

*Mastepan Mykola Antonovich* – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Acting head of the Department of Road Transport, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Ivano-Frankivsk, e-mail: [m.a.mastepan@donnaba.edu.ua](mailto:m.a.mastepan@donnaba.edu.ua).

УДК 656.013

В.А. Макаров, М.А. Мастепан, Д.В. Савенок, О.О. Даниленко

**ФОРМУВАННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ**

*Розглянуто умови та методологію формування напрямків розвитку виробничого процесу підприємства по наданню послуг з технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Запропоновано систему заходів по організації удосконаленню і розвитку процесів виробництва послуг і оцінки стану виробництва.*

**Ключові слова:** підприємство автосервісу, технічне обслуговування, ремонт, виробничий процес, напрямки розвитку.

*The conditions and methodology of forming directions for the development of the production process of the enterprise for the provision of car maintenance and repair services are considered. A system of measures to organize improvement and development of service production processes and assessment of the state of production is proposed.*

**Keywords:** car service enterprise, maintenance, repair, production process, directions of development.

Стан та рівень виробництва послуг з технічного обслуговування (ТО) та ремонту автомобілів на багатьох підприємствах автосервісу є незадовільним і потребує, для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності, удосконалення процесів функціонування його більшості виробничих структур. Виробничий процес підприємства автосервісу повинен бути зорієнтованим на такі складові види діяльності [1, 2]:

- виробництво якісних послуг з ТО та ремонту автомобілів та їх складових частин;
- ефективне використання устаткування та інструменту при виробництві послуг;
- забезпечення економного використання, енергетичних, матеріальних ресурсів;
- ефективне використання трудового потенціалу підприємства за рахунок досконалих форм організації процесів, навчання на робочих місцях виконавців процесів.

Розвиток виробничого процесу підприємства автосервісу повинен бути направленим на розширення виробництва відповідно до тенденцій зростання ринку послуг, пошук, розробку і впровадження новітніх технологій, збільшення рівня спеціалізації виробничих структур, вдосконалення системи управління якістю процесів та кінцевої продукції. Формування напрямків удосконалення, розвитку виробничого процесу підприємства автосервісу повинно передбачати техніко-технологічну, кадрову, нормативну, інформаційну і організаційно-управлінському складові.

При формуванні напрямків розвитку виробничого процесу підприємства необхідно в першу чергу забезпечити його відповідність новітнім технологіям і їх технічному забезпеченню, конструктивним особливостям автомобілів. Процес підприємства автосервісу повинен також відповідати таким вимогам соціального і організаційного характеру:

- відповідність виробництва стану ринку послуг в сегменті діяльності підприємства;
- можливість адаптації нових організаційних методів, форм та схем виробництва послуг;
- бути прийнятною для існуючого кадрового забезпечення виробничого процесу;
- відповідати потребам і можливостям власників підприємства та інвесторів;
- мати раціональний розподіл управління, забезпечувати виробничі взаємозв'язки між структурними підрозділами;

- забезпечувати використання екологічно не шкідливих технологій ТО та ремонту автомобілів;

- здійснювати ефективне виробництво якісних послуг для споживачів.

Розвиток виробничого процесу підприємства повинен проводитись відповідно до системного підходу за схемою (рис. 1).

Ефективність виробництва послуг автосервісу  $E_{\text{п}}$  прийнято оцінювати величиною відношення доходів підприємства від реалізації послуг до витрат на їх виробництво:

$$E_{\text{п}} = \frac{D_{\text{пн}}}{C_{\text{вп}}}, \quad (1)$$

де  $D_{op}$  – доходи підприємства від реалізації послуг з обслуговування та ремонту автомобілів;  
 $C_{вп}$  – фінансові, матеріальні, трудові витрати підприємства на виробництво послуг.

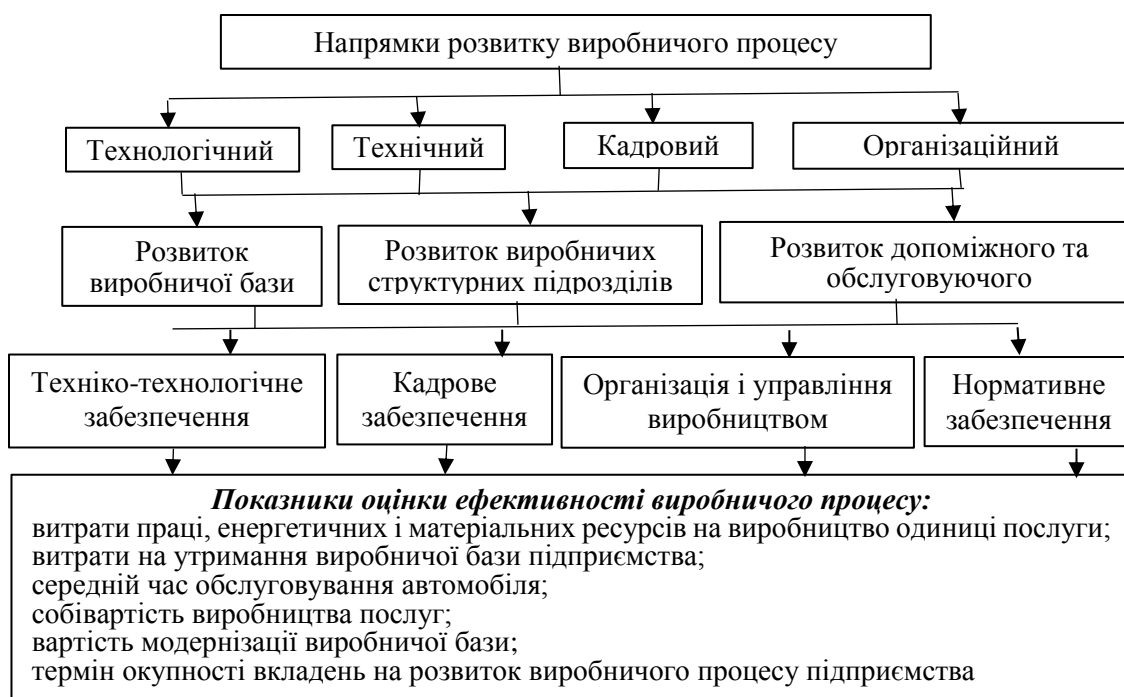


Рисунок 1 – Формування напрямків розвитку виробничого процесу підприємства автосервісу

За результатами оцінки якості і ефективності виробництва послуг приймається рішення про раціональність напрямків розвитку виробничого процесу.

#### Список використаних джерел

1. Канарчук В.Є., Курніков І.П. «Виробничі системи на транспорті»: Підручник. - К.: Вища школа, 1997. – 359 с.
2. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. – Львів, Львівська політехніка, 2017. – 324 с.

**Макаров Володимир Андрійович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua).

**Мастепан Микола Антонович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобільного транспорту, Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Івано-Франківськ, e-mail: [m.a.mastepan@donnaba.edu.ua](mailto:m.a.mastepan@donnaba.edu.ua).

**Савенок Дмитро Валерійович** – к.т.н., доцент кафедри автомобільного транспорту, Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Івано-Франківськ, e-mail: [d.v.savenok@donnaba.edu.ua](mailto:d.v.savenok@donnaba.edu.ua).

**Даниленко Олексій Олексійович** – магістрант Факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Makarov Volodymyr Andriyovich** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua).

**Mastepan Mykola Antonovych** – Ph.D., Associate Professor, head of the Department of Road Transport Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: [m.a.mastepan@donnaba.edu.ua](mailto:m.a.mastepan@donnaba.edu.ua).

**Savenok Dmytro Valersevich** – Ph.D., Associate Professor of the Department of Road Transport, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: [d.v.savenok@donnaba.edu.ua](mailto:d.v.savenok@donnaba.edu.ua).

**Danylenko Oleksiy Oleksiyovych** – master's student at the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

УДК 656.078

Т.В. Макарова, С.М. Мастепан, М.С. Виноградов

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПОСЛУГ АВТОСЕРВІСУ

Проведено аналіз методів оцінки стану системи технічного забезпечення процесів обслуговування та ремонту автомобілів і формування напрямків удосконалення технічного забезпечення виробництва послуг.

**Ключові слова:** автосервіс, підприємство, виробнича база, процес, технічне забезпечення.

An analysis of the methods of assessing the state of the system of technical support of car maintenance and repair processes and the formation of directions for improving the technical support of service production was carried out.

**Keywords:** car service, enterprise, production base, process, technical support.

Технічне забезпечення процесів виробництва послуг автосервісу на багатьох підприємствах країни не відповідає сучасним технологіям технічного обслуговування (ТО) та ремонту автомобілів, які вимагають виробники автомобілів. Проблема технічного забезпечення процесів виробництва послуг автосервісу є актуальною.

Аналіз процесів ТО та ремонту автомобілів на підприємств автосервісу показує, що рівень виробничих процесів і, відповідно, ефективність діяльності підприємства та якість послуг автосервісу, що надаються власникам автомобілів, не завжди є задовільним. При виробництві послуг часто використовується застаріле технологічне устаткування, прилади, інструмент.

Система технічного забезпечення виробництва послуг повинна включати такі складові (рис. 1) [1, 2]: аналіз новітніх розробок засобів діагностування, ТО та ремонту автомобілів;

<b>Формування системи технічного забезпечення виробництва послуг автосервісу</b>	
<b>Стан, рівень виробничої бази підприємства</b>	
Аналіз стану технічного забезпечення процесу виробництва:	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;"></div> <div style="flex-grow: 1;">           технічний стан технологічного устаткування;            рівень сучасності приладів, технологічного устаткування;            досконалість та дотримання системи ТО та ремонту устаткування;            організація забезпечення матеріальними ресурсами, запасними частинами виробничої бази         </div> </div>
<b>Стан ринку технологічного устаткування, оснащення, приладів</b>	
Аналіз стану ринку технічних засобів в зовнішньому середовищі:	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;"></div> <div style="flex-grow: 1;">           вивчення і аналіз технологічних розробок виробниками автомобілів;            аналіз розробок устаткування проектними інститутами, організаціями;            дослідження ринку технологічного устаткування, обладнання;            формування планів технічного забезпечення виробництва послуг;            складання з постачальниками договорів на постачання устаткування, приладів, запасних частин і матеріалів до них         </div> </div>
<b>Реалізація системи технічного забезпечення виробничого процесу підприємства</b>	
Функції системи технічного забезпечення:	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;"></div> <div style="flex-grow: 1;">           прогнозування процесів розвитку виробництва послуг на підприємстві в зв'язку зі зміною парку автомобілів та їх конструкції на ринку послуг;            планування технічного забезпечення виробничої бази підприємства автосервісу відповідно до стану ринку послуг;            впровадження механізмів розвитку технічного забезпечення підприємств;            оцінку та аналіз характеристик, показників використання технологічного устаткування, оснащення;            оцінка досягнутого рівня технічного забезпечення виробничого процесу, відповідності потребам ринку послуг;            оцінка стану технічного забезпечення контролю якості процесів і кінцевої послуги автосервісу;            розробка рішень по корегуванню системи технічного забезпечення за результатами опробування і формування зворотного зв'язку         </div> </div>

Рисунок 1 – Порядок формування системи технічного забезпечення підприємства

вивчення ринку технологічного устаткування, засобів забезпечення функціонування допоміжної і обслуговуючої інфраструктури; аналіз засобів контролю процесів виробництва та оцінки якості кінцевої послуги; вивчення та аналіз ринку засобів зв'язку, отримання, передачі, обробки та зберігання інформації.

Для ефективного виробництва якісних послуг на підприємстві автосервісу повинна бути створена система забезпечення виробничого процесу сучасним технологічним устаткуванням, оснащенням, засобами механізації проведення робіт, контролю якості окремих процесів та параметрів якості кінцевої послуги. Крім того потрібно мати страхові запаси інструменту, приладів, запасних частин [3].

Продуктивність структурного підрозділу (дільниці, бригади, групи виконавців) по виробництву послуг автосервісу значної трудомісткості (заміна агрегатів, обслуговування маточин коліс, шинні роботи тощо) протягом зміни залежить від досконалості, продуктивності технічного забезпечення процесу  $\Pi_{\text{п}}$ , який виконує підрозділ. Її можна визначена за формулою:

$$\Pi_{\text{п}} = (\sum_{i=1}^n \Pi_i) * \eta, \quad (1)$$

де  $\Pi_i$  – продуктивність в люд-годинах  $i$ -го виду технологічного устаткування за зміну;  
 $\eta$  – коефіцієнт використання робочого часу структурного підрозділу ( $\eta = 0,8-0,9$ );  
 $n$  – кількість видів устаткування, що використовується при виробництві даної послуги автосервісу;

Отриманий результат доцільно порівнювати з базовим: розрахованим при аналізі і плануванні виробничого процесу або з показниками кращих підприємств галузі.

При розробці системи технічного забезпечення процесу виробництва послуг автосервісу необхідно визначити його поточний стан моніторингом, провести аналіз отриманої інформації та врахувати результати дослідження ринкового середовища.

#### Список використаних джерел

1. Макаров В.А., Особливості розробки програми розвитку виробничого процесу підприємства автосервісу / Макаров В.А., Ребров О.Ю., Мастепан С.М., Макарова Т.В., Мастепан М.А., Бастін Д.П., Зб. наук. праць. –Харків: НТУ «ХП», № 2, 2022. – С. 48-53.
2. Андрусенко С.І. Загальні принципи управління підприємством // Автошляховик України, №1. – 2002. – С 18-20.
3. Редзюк А. М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; монографія за заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.

**Макарова Тамара Володимирівна** – к.е.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [makarova@vntu.edu.ua](mailto:makarova@vntu.edu.ua).

**Мастепан Сергій Миколайович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, e-mail: [mastepansm@gmail.com](mailto:mastepansm@gmail.com).

**Виноградов Микола Семенович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Івано-Франківськ, e-mail: [m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua](mailto:m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua).

**Makarova Tamara Volodymyrivna** – Cand. Sc. (Ec.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya, e-mail: [makarova@vntu.edu.ua](mailto:makarova@vntu.edu.ua).

**Mastepan Serhiy Mykolayovych** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Service of Cars, Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkov, e-mail: [mastepansm@gmail.com](mailto:mastepansm@gmail.com).

**Vynogradov Mykola Semenovich** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Road Transport, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Ivano-Frankivsk, e-mail: [m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua](mailto:m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua).

УДК 629.113.004

І.А. Мармут

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛІВ  
НА РОЛИКОВОМУ СТЕНДІ

Розглянута перевірка тягових властивостей легкових автомобілів на інерційному роликовому стенді. Таке обладнання повинно мати навантажувальний пристрій для забезпечення цієї перевірки. В якості навантажувального пристрою роликового стенда застосовано гідравлічний насос-мотор аксіально-поршневого типу.

**Ключові слова:** тяговий стенд роликового типу, навантажувальний пристрій, потужність на колесах автомобіля.

*The examination of the traction properties of passenger cars on an inertial roller stand is considered. Such equipment must have a loading device to enable this test. A hydraulic pump-motor of the axial-piston type is used as a loading device of the roller stand.*

**Keywords:** traction stand of the roller type, loading device, power on the wheels of the car.

Про технічний стан двигуна можна судити по потужності, що їм розвивається. Безпосередньо заміряти потужність важко і складно. Побічно про стан двигуна можна судити по потужності, підведеної до коліс. При технічно справному двигуні легкового автомобіля до коліс підводиться не менше 70% максимальної потужності при даній частоті обертання колінчастого валу ( $N_K \leq 0,7 \cdot N_{max}$ ).

Показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобілів та їх двигунів в умовах експлуатації визначають за допомогою тягових стендів роликового типу. В якості навантажувально-приводного пристрою (НПП) для тягово-гальмівних стендів найбільш підходящі характеристики мають машини постійного і змінного струму. Однак, вони мають велику масу і габарити. Тому вони застосовуються на стаціонарних діагностичних стендах.

Альтернативою електричним машинам є гідравлічні насос-мотори, які застосовуються як елементи гідроприводу в різних галузях машинобудування. Найбільш придатними для НПП діагностичного стенда є аксіально-поршневі насос-мотори типу Bosch Rexroth серії A6VM [1]. Силові характеристики цих гідромашин залежать від робочого об'єму і номінального тиску. Ці пристрої можуть працювати як в насосному режимі, тобто в якості гальмівного пристрою, так і в режимі гідромотора (руховий режим). Переваги гідроприводу – висока енергоємність, малі габарити і маса [2].

Тягово-гальмівний стенд інерційного типу є у складі пересувної діагностичної станції для легкових автомобілів (ПДС-Л) на кафедрі технічної експлуатації і сервісу автомобілів ХНАДУ. Для забезпечення необхідних режимів роботи стенд має НПП гідравлічного типу.

Виконання вимог до точності і якості перевірки тягових властивостей автомобілів забезпечується крім геометричних параметрів також метрологічними характеристиками стенду: типом вимірювальної системи і закладеною методикою реєстрації діагностичних параметрів.

У гідронасосах гальмівний момент прямо пропорційний перепаду тиску на вході і виході. Для обраного мотор-насоса найбільший перепад досягає 24 МПа. Якщо максимальний тиск на виході буде 25 МПа, а тиск підживлення 1 МПа, то гальмівний момент, Н·м, визначається за формулою

$$M_H = \frac{0,16 \cdot V_0}{\eta_T} \cdot \Delta P, \quad (1)$$

де  $V_0$  – номінальна подача на один оборот (63 см<sup>3</sup>/об);  
 $\eta_T$  – ККД гідросистеми (середня величина становить 0,89).

Підставивши чисельні значення, отримаємо:  $M_H = \frac{0,16 \cdot 63}{0,89} \cdot \Delta P = 11,3 \cdot \Delta P$ .

При зміні  $\Delta P$  в межах від 10 до 25 МПа крутний момент буде змінюватися в межах 110...280 Н·м.

Потужність, що розвивається двигуном автомобіля, кВт, можна обчислити за формулою

$$N_{ДВ} = \frac{N_K}{\eta_{TP}} = \frac{P_K \cdot V_a}{0,92 \cdot 3,6 \cdot 10^3} = 0,302 \cdot 10^{-3} \cdot P_K \cdot V_a, \quad (2)$$



де  $P_K$  – тягова сила на колесах автомобіля, Н;  
 $\eta_{ТР}$  – ККД трансмісії автомобіля.

Зусилля  $P_K$ , Н, з достатньою точністю можна визначити за формулою (для стенда ПДС-Л):

$$P_K = \frac{11,3 \cdot \Delta P}{r_p} = \frac{11,3 \cdot \Delta P}{0,11935} \approx 94,68 \cdot \Delta P. \quad (3)$$

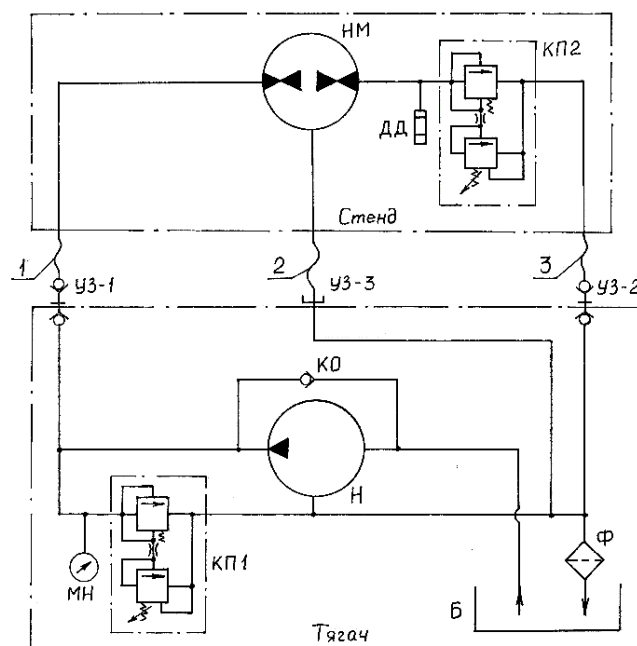
Підставимо (3) у формулу (2):  $N_{ДВ} = 0,302 \cdot 10^{-3} \cdot 94,68 \cdot \Delta P \cdot V_a = 28,6 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta P \cdot V_a$ .

Наприклад, при  $\Delta P = 25$  МПа та  $V_a = 50$  км/год –  $N_{ДВ} = 35,7$  кВт. При визначенні  $P_K$  не врахована величина  $G_a \cdot f \approx 200$  Н (втрати на кочення коліс по роликам стенда). Тому, отриману потужність слід в середньому зменшити приблизно на 5%, тобто:  $N_{ДВ} = 0,95 \cdot 35,7 = 33,9$  кВт.

Остаточною формулою для визначення потужності, кВт, запишеться так:

$$N_{ДВ} = 0,95 \cdot 28,6 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta P \cdot V_a = 27,2 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta P \cdot V_a. \quad (4)$$

Перепад тиску в гідросистемі можна заміряти спеціальними датчиками тиску. На стенді ПДС-Л в навантажувальну магістраль клапана КП2 вмонтований п'єзоелектричний датчик (перетворювач) тиску ДД типу ПД-25 (рис. 1).



Б – гідробак; Ф – фільтр; КП1, КП-2 – клапани управління; МН – манометр; Н – насос; КО – клапан зворотний; УЗ-1, УЗ-2, УЗ-3 – швидкороз'ємні з'єднання; ДД – датчик тиску; НМ – насос-мотор (НПП стенду)

Рисунок 1 – Схема гідравлічної системи стенду ПДС-Л

#### Список використаних джерел

1. Гідромотори радіально-поршневі Bosch Rexroth серії A6VM. [Електронний ресурс] – 2023. – Режим доступу: [https://hydromotor.com.ua/radialno\\_porshnevye\\_hydromotory/bosch-rexroth](https://hydromotor.com.ua/radialno_porshnevye_hydromotory/bosch-rexroth).
2. Мармут І.А. Розробка методики повірки системи вимірювання потужності на роликовому стенді пересувної діагностичної станції легкових автомобілів. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». – Х.: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2020. – № 22, с. 19-26. DOI: 10.37700/ts.2020.22.19-26.

**Мармут Ігор Арнольдович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенка М.Я, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, e-mail: [mia2005.62@ukr.net](mailto:mia2005.62@ukr.net)

**Marmut Ihor Arnoldovich** – Ph.D., associate professor of the Department of Technical Operation and Service of Cars named after Govorushchenko M.Ya, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: [mia2005.62@ukr.net](mailto:mia2005.62@ukr.net)

УДК 629.113

Р.М. Марчук, В.П. Сахно, Н.М. Марчук, М.М. Марчук

ДО ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОПОЇЗДА З ПРИЧЕПОМ  
КАТЕГОРІЇ O1

У роботі удосконалена система рівнянь плоско-паралельного руху автопоїзда з одновісним причепом категорії O1. Визначені бічні реакції на колесах автомобіля і причепа при крені кузова, визначені кути відведення їх коліс, що обумовлені креном кузова, а також розроблено просторову математичну модель автомобільного поїзда у поперечній площині. Така модель використана для дослідження курсової стійкості руху автомобільного поїзда з причепом категорії O1. Показано, що просторова модель автомобільного поїзда при відсутності нахилу коліс автомобіля і причепа має таку ж характеристику дивергентної втрати стійкості, що й плоска схема автопоїзда.

**Ключові слова:** автопоїзд, причеп, математична модель, рух, колесо, стійкість.

*In the work improved system of equation of plane-parallel movement of the road train with single-axle O1-category trailer. Defined lateral reactions on the vehicle and trailer wheels at body roll, wheels slip caused by body roll and also developed road train spatial mathematical model in a transverse plane. This model is used to study the road train course stability with O1-category trailer. It is shown that the spatial model of road train with no vehicle and trailer wheels inclination has the same divergent instability characteristic as the plane road train layout.*

**Keywords:** Road train, trailer, mathematical model, motion, wheel, stability.

Розвиток малого і середнього бізнесу в Україні призвів до збільшення потреби в причепах, що використовуються в зчипці з легковими автомобілями. Це, перш за все, причепа категорій O1 і O2. Відповідно категорія причепів O1 – це, так звані, «легкі» причепа. Крім цього з автомобілями категорії M1 можуть використовуватися причепа категорії O2, які часто називають «важкими». Для цих причепів, що експлуатуються, як правило, приватними підприємцями і аматорами, дуже важливими є параметри щодо навантаження на тяговий автомобіль і причіп, зокрема розташування вантажу в причепі. Завантажувати причіп необхідно рівномірно по всій площі підлоги вантажного причепа або фургона, а поодинокі вантажі повинні бути розташовані і закріплені над віссю або спареними осями. Розташування центру мас над віссю причепа забезпечує нормальне навантаження на зчипну кулю.

Зсув вантажу і, відповідно, центру мас спорядженого причепа вперед від осі коліс причепа викликає збільшення навантаження на тягово-зчипний пристрій автомобіля. Це призводить до більшого ніж слід притискання задньої частини автомобіля до дороги, переміщенню центру мас автомобіля назад і підняття його передньої частини. Внаслідок такого розподілу маси погіршується зчеплення передніх коліс з дорогою і автомобіль стає менш керованим. Крім того, через ослаблення зчеплення з дорогою на передніх колесах під час гальмування не створюється достатня гальмівна сила, особливо необхідна при русі з причепом.

Завантаження причепа, що викликає зміщення його центру мас назад за осі коліс причепа, теж є неприпустимим. Якщо навантаження на зчипну кулю незначне, причіп буде розгойдуватися у вертикальній площині. Його коливання будуть піднімати задню частину автомобіля, погіршуючи зчеплення задніх коліс з дорогою, що може призвести до заносу на слизькій чи мокрій дорозі і на поворотах.

Цілком очевидно, що підвищення ефективності роботи автопоїздів шляхом збільшення швидкості руху не повинно завдавати шкоди безпеці руху [1]. Тому дослідження стійкості руху автопоїздів з причепами категорії O1 є актуальною задачею.

При дослідженні стійкості руху автопоїзда розглядають, як правило, плоско-паралельний рух його ланок. При цьому вважають, що нормальні реакції опорної поверхні на колеса правого і лівого борту однакові. За такої умови стійкість руху розглядають для плоскої моделі автопоїзда. Проте при високому розташуванні центра мас причепа можлива суттєва зміна реакцій опорної поверхні на його колеса. Тому необхідно розглянути рух автопоїзда як в горизонтальній, так і в поздовжній вертикальній і поперечній площинах.

При дослідженні стійкості руху автопоїзда з причепом категорії O1 система рівнянь плоско-паралельного руху повинна бути доповнена рівняннями автопоїзда у поперечній площині [2].

У роботі [3] наведена методика побудови математичної моделі автомобіля у поперечній площині. Ця методика може бути використана і для побудови математичної моделі автопоїзда з причепом категорії O1.

Приймаємо, що автопоїзд рухається по горизонтальній поверхні зі сталою швидкістю, вертикальні переміщення та обертання кузова автомобіля і причепа навколо своєї поперечної осі (галопування) відсутні, тобто для кожної ланки автопоїзда є три ступені волі, зокрема бічний рух вздовж поперечної осі, обертальний рух навколо вертикальної осі (рискання), обертальний рух навколо поздовжньої осі (крен). Розрахункова модель кожної ланки автопоїзда складається з невіднесеної і віднесеної маси. Вісь крену проходить паралельно опорній поверхні, центр мас кожної ланки автопоїзда лежить на вертикальній осі, з цією ж віссю перетинається вісь крену, яка співпадає з віссю  $O_x$ , рис. 1.

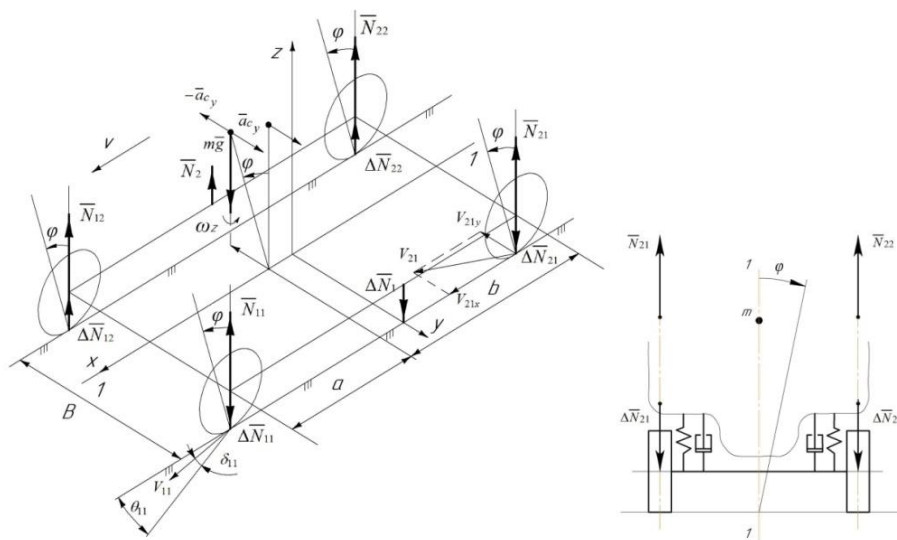


Рисунок 1 – Розрахункова схема автомобіля

Крен кузова автомобіля і причепа і нахил їх коліс у поперечній площині призведе до зміни кутів відведення і відповідно сил опору відведенню.

Отримані значення кутів крену і довантажень (розвантажень) покладені в основу розрахунку коефіцієнтів опору відведення коліс автомобіля і причепа для подальшого розрахунку стійкості руху автопоїзда.

Аналіз умов статичної стійкості автопоїзда показав, що сили аеродинамічного опору не впливають на величину критичної швидкості (коефіцієнт аеродинамічного опору, а відповідно і сила аеродинамічного опору не входить у вираз для критичної швидкості), а величини коефіцієнтів опору руху на першій, другій і третій осях автопоїзда майже не впливають на величину критичної швидкості. З цією метою інтегрування системи рівнянь, що описує плоско-паралельний рух і рух ланок автопоїзда у вертикальній площині по кутам крену, виконуються роздільно за допомогою програмного забезпечення Maple.

Як слідує з отриманих результатів розрахунку – найбільший крен і навантаження осей, кутова швидкість рискання, бічна швидкість і бічне прискорення ланок автопоїзда притаманні автомобілю, який і є обмежувачим фактором при виконанні різних маневрів.

Крен кузова автомобіля суттєво впливає на стійкість руху автопоїзда при виконанні ним різних маневрів. Так, коефіцієнт посилення бічного прискорення кузова автомобіля при врахуванні крену кузова і виконанні маневру «ривок рульового колеса» збільшується на 19,92% у порівнянні з його відсутністю і це необхідно враховувати при виборі тягового автомобіля, зокрема ходової частини і підвіски.

Стійкість руху для автопоїзда, що розглядається забезпечується за номінальних параметрів навантаження, тиску повітря в шинах усіх коліс та симетричного завантаження причепа. При

цьому критична швидкість прямолінійного руху складає: 33,97 м/с, швидкість появи коливальної нестійкості: 31,5 м/с, що значно більше нормованого значення максимальної швидкості для автопоїздів з причепами категорії O1 (25 м/с), а максимальні бічні прискорення при виконанні таких маневрів як ривок рульового колеса і «переставка» не перевищують максимально допустимих 0,45g.

Дослідженнями показано, що просторова модель автомобільного поїзда при відсутності нахилу коліс автомобіля і причепа має таку ж характеристику дивергентної втрати стійкості, що й для плоскої схеми автопоїзда. Аналіз стійкості в загальному випадку просторової моделі потребує подальшого дослідження, наприклад, можлива флатерна втрата стійкості, що буде відбуватись раніше дивергентної стійкості.

#### Список використаних джерел

1. Di Wang, Tomio Miwa and Takayuki Morikawa. Big trajectory data mining: a survey of methods, applications and services. *Sensors*. 20(16) : 4571. August, 2020. URL: <https://doi.org/10.3390/s20164571>.

2. Сахно В. П., Кузнецов Р. М., Стельмашук В. В., Козачук Л. С. До визначення показників стійкості автопоїзда категорії M1 у перехідних режимах руху. *Сучасні технології в машинобудуванні і транспорті. Науковий журнал*. Луцьк : Луцький НТУ, 2014. №2. С. 123-128.

3. Сахно В. П., Вербицький В. Г., Костенко А. В., Волохов О. С., Яценко Д. М. До питання про розробку математичної моделі легкового автомобіля з урахуванням крену. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал*. Київ : НТУ, 2011. №8. С. 166–171.

**Марчук Роман Миколайович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: [r.m.marchuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.m.marchuk@nuwm.edu.ua).

**Сахно Володимир Прохорович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net).

**Марчук Назар Миколайович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: [n.m.marchuk@nuwm.edu.ua](mailto:n.m.marchuk@nuwm.edu.ua).

**Марчук Микола Михайлович** – к.т.н., професор, директор Навчально-наукового механічного інституту, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: [m.m.marchuk@nuwm.edu.ua](mailto:m.m.marchuk@nuwm.edu.ua).

**Marchuk Roman Mykolaiovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Automotive Industry, National university of water and environmental engineering, Rivne, e-mail: [r.m.marchuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.m.marchuk@nuwm.edu.ua).

**Sakhno Volodymyr Prokhorovych** – Dr. Sci., professor, head of the Department of Automobiles, National transport university, Kyiv, e-mail: [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net).

**Marchuk Nazar Mykolaiovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Automotive Industry, National university of water and environmental engineering, Rivne, e-mail: [n.m.marchuk@nuwm.edu.ua](mailto:n.m.marchuk@nuwm.edu.ua).

**Marchuk Mykola Mykhailovych** – Ph.D., professor, Head of the Institute of mechanical engineering, National university of water and environmental engineering, Rivne, e-mail: [m.m.marchuk@nuwm.edu.ua](mailto:m.m.marchuk@nuwm.edu.ua).

УДК 658.013

С.М. Мастепан, Т.В. Макарова, О.С. Гудзь, А.П. Колодєєв

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВИРОБНИЦТВА ПОСЛУГ АВТОСЕРВІСУ

*Розглянуто можливість та умови використання та побудови нейронних мереж для моделювання процесів виробництва на підприємстві послуг автосервісу, представлено вхідні та вихідні параметри нейронної мережі.*

**Ключові слова:** підприємство, виробничий процес, послуга автосервісу, нейронна мережа  
*The possibility and conditions of using and building neural networks for modeling production processes at the enterprise of car service services are considered, the input and output parameters of the neural network are presented.*

**Keywords:** enterprise, production process, car service, neural network.

Технічне обслуговування (ТО) та ремонт транспортних засобів (ТЗ) є складним виробничим процесом. Він складається з сукупності послідовних технологічних операцій і процесів. Організація, управління, моніторинг протікання окремих його складових можуть бути описаними множиною математичних і логічних моделей, в тому числі і нейромережевих.

Нейронна мережа являє собою систему взаємодіючих адаптивних елементів - нейронів [59], кожен з яких виконує певне функціональне перетворення над сигналами. В дослідженнях виробничих систем і процесів використовують два основних методологічних підходи обробки сигналів: математичний, що передбачає опис мережі в термінах функціональних перетворень, і системний, який описує мережу в формі взаємопов'язаних підсистем, в яких відбувається перетворення вхідних сигналів в вихідні.

Ефективне управління якістю ТО і ремонту ТЗ може базуватись на використанні нейромережевих технологій. Для цього необхідно провести вивчення операцій технологічних процесів ТО і ремонту ТЗ на певних етапах виробництва, протікання окремих складових виробничого процесу, явищ, організаційних і управлінських моделей і методів контролю процесів, встановити залежності між експлуатаційними, технологічними факторами, що впливають на процеси зміни технічного стану транспортних засобів та характеристиками, параметрами технології їх обслуговування і характеристиками якості виконаних робіт.

Застосування нейромережевих технологій вимагає виконання низки умов [1, 2]: достатній обсяг даних, що містять інформацію про досліджувану проблему; відповідно встановлений за розмірами обсяг даних для навчання і тестування мережі; розуміння базової природи вирішуваної проблеми; вибір функції суматора, передатної функції і методів навчання; розуміння інструментальних засобів.

Нейромережеві системи управління процесами ТО та ремонту ТЗ мають велику перспективу використання при моніторингу якості виробничих процесів, оскільки мають істотні переваги перед звичайними системами управління якістю. Серед переваг слід відзначити можливість обробки значних обсягів інформації, високу швидкість, що досягається завдяки паралельним обчисленням та прогнозування протікання процесів і їх результатів [3].

Процес прогнозування виробничого процесу виробництва послуг автосервісу за допомогою нейронних мереж повинен складатися з таких етапів [1, 3]:

1. Підготовка вхідних даних для використання моделі нейронної мережі: аналіз протікання процесу виробництва послуг автосервісу на підприємстві, визначення основних показників якості процесів і кінцевої послуги.
2. Створення навчальної, контрольної та тестової вибірок, необхідних для навчання та перевірки мережі.
3. Формування архітектури нейронної мережі: вибір кількості шарів і кількості нейронів в кожному шарі.
4. Вибір алгоритму навчання, визначення ознак входу навченої функції. Точність навченої функції сильно залежить від того, як подано об'єкт входу: перелік вхідної інформації про процес виробництва послуг автосервісу на підприємстві.
5. Визначити структуру навченої функції та відповідний алгоритм навчання.

6. Розрахунок відхилень, оцінка точності, якості навченої функції.

7. Завершення розробки, прийняття для використання.

На рис. 1 [3] наведено непряму схему адаптивного управління, яка може бути використана і для створення системи моніторингу якості та ефективності виробництва послуг автосервісу.

На вхід будь-якої системи управління поступає зовнішній вхідний сигнал  $d(k)$ , який подається паралельно на регулятор і еталонну модель, що визначає бажану поведінку об'єкта управління. При виробництві послуг з технічного обслуговування та ремонту ТЗ таким сигналом може бути параметри ринку транспортних послуг, параметри технічного стану транспортних засобів, економічні та організаційні параметри виробничого процесу.

Наявність еталонної моделі не є обов'язковою, при цьому мета управління процесами обслуговування і ремонту транспортних засобів визначається вимогою сталого і точного стеження за виходом об'єкта  $y(k)$  за зовнішнім сигналом  $d(k)$ .

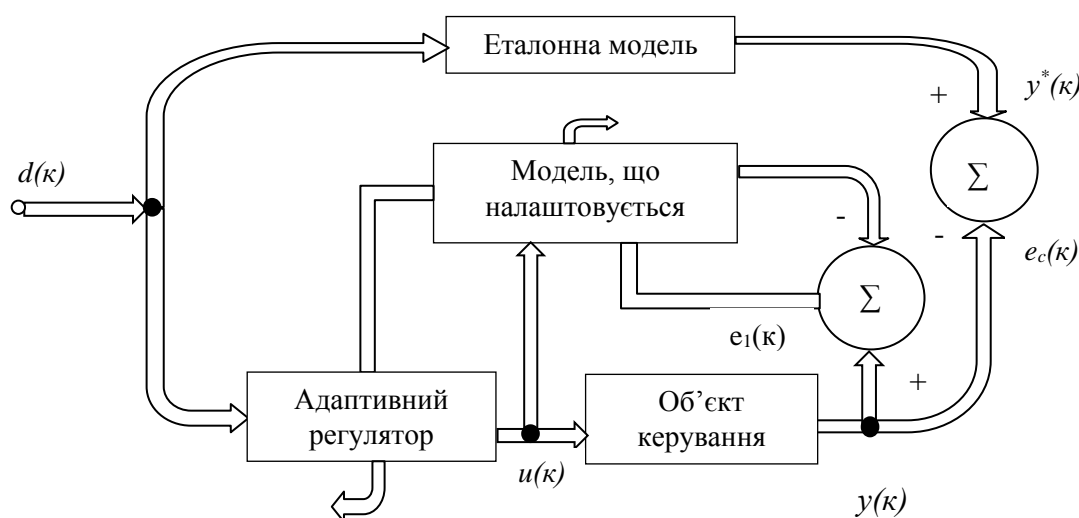


Рисунок 1 – Адаптивна непряма система управління

У адаптивній непрямій системі управління процесом обслуговування та ремонту транспортних засобів повинна бути паралельно об'єкту підключена модель, що налаштовується, параметри якої безперервно уточнюються за допомогою того чи іншого алгоритму адаптивного оцінювання, що мінімізує в реальному часі цільову функцію від помилки ідентифікації [62]:

$$e_1(k) = y(k) - \hat{y}(k), \quad (1)$$

де  $y(k)$  – вихідний сигнал реального об'єкта;

$\hat{y}(k)$  – вихід моделі, що налаштовується.

Якість послуг з обслуговування та ремонту автомобілів та ефективність виробничих процесів на підприємствах суттєво залежить від сукупності складових чинників, які характеризують: визначеність та врахування стану ринку послуг та енергетичних, матеріальних та інших ресурсів; кадрове, матеріальне, техніко-технологічне забезпечення виробничого процесу; організація технологічних процесів виробництва та надання послуг споживачам; методи, способи організації та управління виробничими процесами; наявність та досконалість системи управління якістю виробництва послуг з обслуговування та ремонту автомобілів.

Показники функціонування виробничого процесу (вхідні сигнали –  $X_i$ ) і узагальнюючі показники послуги та функціонування процесу (вихідні сигнали –  $Y_i$ ), вибрані для нейронної мережі, відповідно до основних характеристик процесу наведені в табл. 1.

Створена і навчена нейронна мережа моделювання прийнятих контрольованих параметрів процесу обслуговування та ремонту транспортних засобів дозволяє визначити їх прогностичні значення, відповідні тим чи іншим новим станам системи виробництва послуг, пов'язаним, наприклад, зі змінами номенклатури та обсягів виробництва послуг з обслуговування та ремонту транспортних засобів. На вхід мережі при цьому повинні бути подані значення вхідних змінних ( $X_1 \dots X_{14}$ ), відповідні передбачуваним змінам обсягів виробництва. За результатами -

показниками виробничого процесу, можна приймати рішення про необхідність контролю якості відповідних складових процесів обслуговування та ремонту транспортних засобів.

Таблиця 1 – Вхідні та вихідні параметри нейронної мережі

Вхідні сигнали		Вихідні сигнали	
Познач.	Опис	Познач.	Опис
X1	Кількість претензій при оцінці якості послуг автосервісу	У1	Кількість відхилень в процесі формування ефективності та якості послуг
X2	Кількість відхилень вартості послуги від запланованої		
X3	Кількість відмов в комплексності надання послуг		
X4	Відносне відхилення середнього часу гарантійного обслуговування ТЗ від планового, %		
X5	Кількість скарг про низьку культуру обслуговування споживачів (безпека майна, надання інформації тощо)		
X6	Кількість відхилень часу обслуговування від планового, %		
X7	Кількість використання не оригінальних запасних частин при обслуговуванні та ремонті ТЗ		
X8	Відсоток використання експлуатаційних матеріалів, придбаних раніше споживачами	У2	Кількість відхилень в процесі формування якості та ефективності обслуговування та ремонту ТЗ на 1000 послуг
X9	Кількість випадків не своєчасного постачання запасних частин та експлуатаційних матеріалів		
X10	Втрати робочого часу виробничих робітників, %		
X11	Втрати часу на переміщення по станції автомобілів, запасних частин і матеріалів, хв.		
X12	Кількість виявленого не дотримання технологічних процесів обслуговування та ремонту ТЗ		
X13	Кількість не виконання договірних зобов'язань по обслуговуванню та ремонту автомобілів		
X14	Втрати виробничого часу за несправності технологічного устаткування, хв.		

Для якісного моделювання необхідно обробляти значні масиви даних. Бажано для більш точного прогнозу використовувати спеціальні програмні рішення розрахунку даних.

## Список використаних джерел

1. Руденко О. Г. Штучні нейронні мережі : навчальний посібник / О. Г. Руденко, Є. В. Бодяньський. – Х. : Компанія СМІТ, 2006. – 404 с.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.
3. Бодянский Е. В., Запорожец О. В. Адаптивный нейрорегулятор для нелинейного динамического объекта // Изв. РАН. Теория и системы управления. - 2002. - №2. - С. 92 – 96.

**Мастепан Сергій Миколайович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, e-mail: [mastepansm@gmail.com](mailto:mastepansm@gmail.com).

**Макарова Тамара Володимирівна** – к.е.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [makarova@vntu.edu.ua](mailto:makarova@vntu.edu.ua).

**Гудзь Олександр Сергійович** – магістрант групи 1ТТ-22м, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Колодєєв Андрій Павлович** – магістрант групи 2ТТ-22м, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Mastepan Serhiy Mykolayovych** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Service of Cars, Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkov, e-mail: [mastepansm@gmail.com](mailto:mastepansm@gmail.com).

***Makarova Tamara Volodymyrivna*** – Cand. Sc. (Ec.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [makarova@vntu.edu.ua](mailto:makarova@vntu.edu.ua).

***Kolodeev Andriy Pavlovich*** – master's student of group 2TT-22m, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

***Hudz Oleksandr Serhiyovych*** – master's student of group 1TT-22m, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.



УДК 629.021

С.В. Матвійчук, Р.М. Ігнатюк, О.П. Рижий

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ВПОРСКУВАННЯМ ЛЕГКОГО ПАЛИВА**

*Викладені основні аспекти розвитку та вдосконалення конструкції бензинових двигунів внутрішнього згоряння із безпосереднім впорскуванням палива. Наведені основні переваги та недоліки щодо використання такого виду двигунів та визначені перспективні шляхи подальшого їх вдосконалення.*

**Ключові слова:** *двигун внутрішнього згоряння, безпосереднє впорскування, пошарове сумішоутворення, ступінь стискання, детонаційне згоряння.*

*The main aspects of the development and improvement of the design of internal combustion gasoline engines with direct fuel injection are outlined. The main advantages and disadvantages of using this type of engines are given and promising ways of their further improvement are determined.*

**Keywords:** *internal combustion engine, direct injection, stratified mixture formation, compression ratio, detonation combustion.*

Поєднання високої літрової потужності бензинових двигунів внутрішнього згоряння з досконалістю їх конструкції при відносно низькій собівартості виготовлення забезпечило домінуючу перевагу даним силовим установкам в сучасному автомобілебудуванні. Однак зростаючі екологічні вимоги спричиняють тиск щодо скорочення викидів шкідливих речовин та вимагають розробки більш досконалих двигунів внутрішнього згоряння. За останнє десятиліття зниження середнього рівня викидів СО в Європі було досягнуто в основному завдяки широкому використанню дизельних двигунів, на які зараз припадає велика частка нових автомобілів, проданих у Західній Європі. Проте технологічний процесу переробки сирової нафти включає обов'язкове виробництво і бензинового палива. Крім того, системи живлення дизельних двигунів вимагають вищого тиску впорскування та більш складних і дороговартісних елементів нейтралізації відпрацьованих газів для забезпечення сучасних екологічних вимог. Тому перспективним на даний час є використання бензинових двигунів, які можуть конкурувати з дизельними, та мають вищу літрову потужність, простішу конструкцію доочищення відпрацьованих газів та відносно дешевші системи впорскування легкого палива. Дані бензинові двигуни з безпосереднім впорскуванням (DI) мають великий потенціал для підвищення літрової потужності та покращеної паливної економічності завдяки підвищенню ступеня стискання при забезпеченні бездетонаційного згоряння на режимах максимальних навантажень. Висока здатність до випаровування бензину дає можливість застосування систем живлення в зазначених двигунах з відносно невеликими тисками впорскування під час приготування пошарової паливної суміші. Даний процес дозволяє отримати робочі суміші неоднорідного складу з середнім коефіцієнтом надміру повітря близьким до одиниці (стехіометрична суміш) та дозволяє забезпечувати повноцінне згоряння палива з мінімальним утворенням шкідливих елементів у відпрацьованих газів [1].

Вперше систему прямого впорскування легкого палива в автомобільному двигуні було застосовано в 1952 році німецьким виробником автомобілів Goliath і Gutbrod. Goliath GP700 E був оснащений двоциліндровим двотактним бензиновим двигуном із системою прямого впорскування палива виробництва Bosch [2]. В подальшому спостерігався збільшений інтерес до даних двигунів. В 70-х розроблена Ford Motor Company система «ProCo» (програмоване згоряння) та впроваджена у V8 автомобіля Crown Victoria. Надалі у 90-х роках перший сучасний бензиновий автомобільний двигун із прямим вприскуванням був представлений на японському ринку компанією Mitsubishi Motors як Galant/Legnum 1,8 л 4 циліндровий рядний, який згодом продавався в Європі в 1997 році на Mitsubishi Carisma. До 2001 року компанія Mitsubishi виготовила понад один мільйон двигунів GDI у чотирьох сімействах як у рядних, так і у версіях V6.

На Європейському ринку досить широко налагоджене виробництво двигунів внутрішнього згоряння із безпосереднім впорскуванням легкого палива компаніями VW і Audi Group під

торговою маркою FSI. Прикладом є 1,4-літровий бензиновий двигун TSI з механічним компресором та газотурбінним наддувом, який видає вражаючу літрову потужність 90 кВт/літр.

Аналіз даних двигунів ілюструє величезні зусилля, які були спрямовані на вдосконалення їх конструкції, а саме на розробку та впровадження системи живлення з безпосереднім впорскуванням протягом останніх 50 років. Запровадження даних розробок, зокрема, дозволило підвищити ступінь стискання в бензинових двигунах до 12...13 одиниць і більше, що забезпечує зниження питомої витрати палива в середньому на 10%. Ступінь стискання поршневого двигуна внутрішнього згоряння визначається його геометричними параметрами, а саме відношенням величини повного об'єму циліндра до об'єму камери згоряння. Відомо, що при використанні великих ступенів стискання на режимах повних навантажень виникає порушення нормального процесу згоряння через детонаційне згоряння. Тому доцільним є запровадження двигунів зі змінним ступенем стискання, які на часткових режимах будуть працювати з високими ступенями стискання, а на максимальних – з пониженими. На додаток до зміни величини ступеня стискання, фактичні значення тиску всередині циліндра можуть бути змінені за допомогою запізнення закриття, або випередження відкриття впускних клапанів. Корекція кутів фаз газорозподілу впускних клапанів, зазвичай пов'язане з циклом Аткинсона, що дозволяє керувати початком процесу стиснення та знизити максимальну температуру стиснення, при тому, що ступінь стискання не змінюється. Передчасне закриття впускних клапанів перед нижньою мертвою точкою на такті впуску також може призвести до зниження тиску та температури процесу стиснення. Цей процес часто називають циклом Міллера. Робота за циклом Аткинсона або Міллера дає можливість використовувати вищі значення коефіцієнта стиснення. Такі двигуни, як правило, повинні використовувати системи наддуву, для компенсації втрат повітря при наповненні циліндра, які викають через недосконалість фаз газорозподілу при повному навантаженні [3].

Використання палива з високим октановим числом є ще одним ефективним способом, який дозволяє бензиновому двигуну працювати з вищими ступенями стискання. Оскільки на виникнення детонаційного згоряння найбільш суттєво впливає середня температура робочого циклу двигуна, понизити яку дозволяє використання безпосереднього впорскування легкого палива, через зменшення температури заряду в циліндрі. Паливо, потрапляючи в циліндр двигуна, нагрівається та випаровується, забираючи частину теплоти, що сприяє зниженню температури камери згоряння. На режимах максимальних навантажень ефект охолодження камери згоряння достатньо великий, що дозволяє використовувати підвищенні значення ступеня стискання без детонаційного згоряння, особливо при використанні спиртового палива.

Із наведеного вище можна зробити висновок, що двигуни з безпосереднім впорскуванням легкого палива є остаточним кроком на еволюційному шляху систем живлення бензинових двигунів з значним потенціалом у збільшенні потужності та паливній економічності. До найбільш суттєвих рішень щодо вдосконалення робочих процесів даних двигунів є практичне впровадження пошарового приготування паливної суміші завдяки безпосередньому впорскуванню на основі проведених наукових досліджень даних процесів. Впровадження більш досконалих систем керування фазами газорозподілу та величиною максимального тиску в циліндрі двигуна створює умови для низькотемпературного згоряння палива та мінімізації кількості шкідливих елементів в відпрацьованих газах.

#### Список використаних джерел

1. Advanced direct injection combustion engine technologies and development. Volume 1: Gasoline and gas engines. Edited by Hua Zhao. Padstow. Cornwall. UK. 2010. P. 325.
2. Goliath GP700 [Електронний ресурс]: <https://auta5p.eu/lang/rus/katalog/auto.php?idf=Goliath-GP-700-E-6166>
3. Achleitner E., Baecker H. and Funaioli A.E.. Direct injection systems for Otto engines, SAE Paper 2007-01-1416. 2007.

**Матвійчук Сергій Васильович** – студент групи АТ-61м, навчально-наукового механічного інституту, Національного університету водного господарства та природокористування, e-mail: [matviichuk\\_m20@nuwm.edu.ua](mailto:matviichuk_m20@nuwm.edu.ua);

**Ігнатюк Роман Михайлович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університету водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: [r.m.ihnatiuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.m.ihnatiuk@nuwm.edu.ua);

**Рижий Олександр Петрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університету водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: [o.p.ryzhyi@nuwm.edu.ua](mailto:o.p.ryzhyi@nuwm.edu.ua);

**Serhii Vasyliovych Matviychuk** – student of AT-61m group, educational-scientific mechanical institute, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: [matviichuk\\_m20@nuwm.edu.ua](mailto:matviichuk_m20@nuwm.edu.ua);

**Ihnatiuk Roman Mykhailovych** – Ph. D. (Eng), Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Industry, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: [r.m.ihnatiuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.m.ihnatiuk@nuwm.edu.ua);

**Ryzhyi Oleksandr Petrovych** – Ph. D. (Eng), Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Industry, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: [o.p.ryzhyi@nuwm.edu.ua](mailto:o.p.ryzhyi@nuwm.edu.ua).

УДК 656.078

Р.В. Мельник, С.В. Цимбал

## ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ

*В умовах цифрової економіки конкурентоспроможність країни багато в чому визначатиметься наявністю інтелектуальних транспортних та логістичних систем. Розглядатимемо можливість застосування інноваційної інформаційної технології Blockchain у логістиці та управлінні ланцюгами постачання, а також проблеми, пов'язані з впровадженням даної технології на етапі розвитку транспортно-логістичних послуг в Україні.*

**Ключові слова:** логістика, керування транспортними мережами, ланцюги постачання, інформаційні технології, Blockchain.

*In the conditions of the digital economy, the country's competitiveness will largely be determined by the availability of intelligent transport and logistics systems. We will consider the possibility of using the innovative Blockchain information technology in logistics and supply chain management, as well as the problems associated with the implementation of this technology at the stage of development of transport and logistics services in Ukraine.*

**Keywords:** logistics, management of transport networks, supply chains, information technologies, blockchain

Сучасний розвиток економіки, її глобалізація та дигіталізація, розширення торгових відносин та реалізація транзитного потенціалу України, призводять до необхідності створення нових підходів до розвитку транспортних послуг, застосування сучасних інформаційних технологій у логістиці. Географічне розташування України між надає величезні можливості для розвитку транспортних послуг. Задля реалізації транзитного потенціалу України необхідно впроваджувати у логістиці інноваційні розробки, розширювати асортимент послуг транспортно-логістичним компаніям.

В Україні у собівартості продукції частка транспортних витрат становить 15–20% хоча в

країнах із розвинутою економікою відсоток витрат набагато нижчий – 7–8%. Цьому сприяють недостатній розвиток національної системи руху товару.

Збільшення експорту зернових культур, соняшникової олії, чорних металів та інших вантажів призвело до значного зростання обсягів перевезень та виявило деякий дефіцит пропускних та провізних можливостей.

У транспортній стратегії України на найближчий період вказуються можливості транзитного потенціалу України для збільшення валового національного продукту за рахунок експорту транспортних послуг реалізуються не повністю, а становище вітчизняних перевізників на світовому ринку послуг не відповідає їх реальним можливостям.

Розвиток логістичної інфраструктури міжнародних транспортних коридорів, реалізація спільних програм та експертна підтримка проектів транспортно-логістичного бізнесу, впровадження в логістиці інноваційних технологій дозволить оптимізувати взаємодію різних видів транспорту, знизити забруднення навколишнього середовища, яке створюється транспортними системами.

Технологія все частіше виконує важливу, а іноді і трансформуючу роль для постачальників та комерційних користувачів транспортних та логістичних послуг. Автоматизація, мобільні програми та впровадження все більш складних систем керування транспортними потоками сприяють підвищенню ефективності роботи транспортно-логістичних компаній, збільшення продуктивності та, зрештою, фінансового прибутку.

Технологічним проривом у логістиці є використання технології Blockchain, що забезпечує створення прозорої системи взаємодії між усіма учасниками ринку.

Blockchain – це розподілена цифрова книга транзакцій, які не можна підробити з використанням криптографічних методів.

Blockchain – це децентралізована база даних або електронна таблиця (часто звана «цифровою реєстрацією»), яка підтримується і оновлюється мережею комп'ютерів, що беруть участь. Ця високозахищена технологія дозволяє сторонам створювати запис (відомий як блок), який прив'язаний за часом і пов'язаний з попереднім блоком, так що вона не може бути змінена заднім числом без зміни всіх наступних блоків. Цифрова книга зазвичай доступна для публіки, але також може бути закритою. Blockchain дозволяє відстежити всю ланцюг поставки товару від виробника до споживача. Кожна угода чи транзакція у такому разі записується та додається до ланцюжка розподіленої бази даних як новий фрагмент, якому вручну надається унікальний багатозначний числовий шифр. Цей фрагмент зберігає дані про час, дати, учасників, угоди та, що важливо, інформацію про всю мережу. Тут будь-яка передача інформації відбувається у вигляді ланцюжка блоків (Block і chain - ланцюг), де кожен блок завжди містить інформацію про попередній блок.

Ця технологія дозволяє кінцевим споживачам, серед багатьох інших переваг, відслідковувати відвантаження в режимі реального часу, переглядати стадії руху вантажу на єдиній електронній карті, такої видимості сучасні споживачі електронної комерції вже звикли.

Впровадження Blockchain в логістику забезпечить збереження даних, захист репозиторію документів від злому, усуне можливість внесення зміни інформації про перебіг перевезення. Така система безперечно може скоротити затримки доставки та зменшить ймовірність шахрайства всім учасником ланцюга постачання.

Учасниками ланцюга поставок, під час переміщення продукту, є постачальник, виробник, дистриб'ютор, роздріб, і, нарешті, споживач. Кожен із учасників доповнює характеристики товару (інформацію про поточний статус продукту) у його профілі у Blockchain. кожному продукту надається унікальний цифровий код і записується в профіль, який містить інформацію, що вноситься на різних етапах життєвого циклу товару. Цифровий код є унікальним криптографічним ідентифікатором, який пов'язує фізичний продукт зі своєю віртуальною копією у мережі Blockchain. Цифрові профілі учасників ланцюга поставок, отримані під час реєстрації в мережі Blockchain містять інформацію: опис учасника, його місцезнаходження, сертифікати та тип продукції, з якою працює учасник. Конфіденційність даних у профілі встановлюється для кожного учасника ланцюга поставок, так само, учасник може бути повністю анонімним, якщо має сертифікат, що підтверджує надійність своєї діяльності. Для взаємодії у мережі Blockchain розробляється програмне забезпечення з урахуванням всіх деталей взаємодії та встановлюється на комп'ютери учасників. Споживачі використовують програмне забезпечення, створене для них спеціально та які забезпечують доступ до інформації про продукт, необхідної для споживача.

Переваги використання технології Blockchain у логістиці:

- безпека ланцюга поставок (зменшення ризику шахрайства);
- скорочення помилок та відстеження документації;
- використання RFID (англ. Radio frequency identification — радіочастотна ідентифікація) для відстеження та створення докладних записів про маршрут руху матеріального потоку;
- прозорість транзакцій;
- обмін інформацією між усіма учасниками ланцюга поставок, можливість зворотного зв'язку у режимі реального часу.

Серед основних перешкод використання технології Blockchain є відсутність чинних уніфікованих стандартів. В даний час немає уніфікованих стандартів, що регулюють цю технологію. Різні сторони розробляють власні стандарти, способи кодування та програмне забезпечення для застосування рішень Blockchain.

Але навіть якщо єдиний стандарт чи набір єдиних стандартів будуть розроблені це не буде гарантією успіху Blockchain, оскільки він залежить від того, скільки учасників ухвалять ці стандарти. Ефективність Blockchain безпосередньо залежить кількості учасників. Тому цінність даної технології на початку її впровадження очевидна далеко не для всіх. Для використання даної технології необхідна наявність потужного обчислювального та підтримувального обладнання, розроблення програмного забезпечення, високошвидкісні мережі передачі даних та багато іншого. Заважає розвитку технології невизначеність державного регулювання, а також нерозуміння переваг Blockchain значною частиною учасників ланцюга виробник –перевізник - споживач. Застосування технології Blockchain в українській транспортній логістиці дозволить збільшити обсяги перевезень, підвищити конкурентоспроможність вітчизняних логістичних компаній, знизити витрати, активно реагувати на ризики, що виникають при транспортуванні, мінімізувати терміни доставки, досягти вищого рівня продуктивності праці та якості обслуговування.

На сьогоднішній день вже неможливо уявити формування та розвиток «Цифрового сільського господарства» без використання нових інформаційних технологій та платформних рішень, побудованих на Blockchain. Важливо, що розвиток будь-якої галузі промисловості України без застосування децентралізованих центрів обробки даних, технологій розподілених обчислень та баз даних, Blockchain, у тому чи іншому їх вигляді суттєво програватиме аналогічним галузям інших країн.

Зміна досвіду та інфраструктури транспорту і логістики в бік інтелектуального середовища, що вимагає інтеграції між фізичною та цифровою інфраструктурою, а також захищеного потоку ресурсів для забезпечення безпечного обміну даними і ресурсами між вузлами. і зацікавленими сторонами в ланцюзі поставок.

З академічної точки зору, теорія все ще необхідна для розуміння, пояснення та подальшого успішного впровадження технології Blockchain. Теорії організаційних змін, соціальної взаємодії, індивідуального розуміння та глобальної торгівлі є прикладами теоретичних та академічних досліджень, необхідних на різних рівнях, щоб повністю зрозуміти та інтегрувати Blockchain у транспорт та логістику.

#### Список використаних джерел

1. Feng, Q., D. He, S. Zeadally, M. K. Khan, and N. Kumar. 2019. "A Survey on Privacy Protection in Blockchain System." *Journal of Network and Computer Applications* 126: 45–58.
2. Cole, R., M. Stevenson, and J. Aitken. 2019. "Blockchain Technology: Implications for Operations and Supply Chain Management." *Supply Chain Management: An International Journal* 24 (4): 469–483.
3. Philipp, R., G. Prause, and L. Gerlitz. 2019. "Blockchain and Smart Contracts for Entrepreneurial Collaboration in Maritime Supply Chains." *Transport and Telecommunication Journal* 20 (4): 365–378.

**Мельник Руслана Володимирівна** – аспірантка кафедри Автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ruslaana69@gmail.com

**Цимбал Сергій Володимирович** – завідувач кафедри Автомобілів та транспортного менеджменту, к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tsymbal\_s\_v@ukr.net

**Melnyk Ruslana Volodymyrivna** – graduate student of the Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ruslaana69@gmail.com

**Tsymbol Serhii Volodymyrovych** - Head of the Department of Automobile and Transport Management, Ph.D., Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tsymbol\_s\_v@ukr.net

УДК 656.13.017

М.В. Митко, Р.Р. Андрущенко, О.А. Кущинський

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ПО ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННЮ ТА ПОТОЧНОМУ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Розглянуто доцільність застосування методологічного підходу до розробки робочої гіпотези, яка найбільш повно відображає структуру виробничо – технічної бази (ВТБ) підприємств автомобільного транспорту. Запропоновано характерно наступну послідовність та зміст етапів технологічного проектування.*

**Ключові слова:** *автотранспортне підприємство, рухомий склад, виробничо-технічна база, технічне обслуговування, поточний ремонт, структура, система, підсистема.*

*The expediency of applying a methodological approach to the development of a working hypothesis, which most fully reflects the structure of the production and technical base (VTB) of road transport enterprises, is considered. The following sequence and content of the stages of technological design are typically offered.*

**Keywords:** *motor transport enterprise, rolling stock, production and technical base, maintenance, current repair, structure, system, subsystem.*

Ключовими етапами у технологічному проектуванні автотранспортних підприємств (АТП) є вибір вихідних даних, а на їх основі визначають виробничу програму із технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) рухомого складу. Автотранспортні підприємства, які експлуатують рухомий склад іноземного виробництва, стикаються із низкою проблем при організації виробничо – технічної бази (ВТБ). А саме при розрахунку виробничої програми з ТО і ПР рухомого складу, де сама ВТБ, одночасно неспроможна на кардинальні зміни із ряду об'єктивних причин. Це – недостатність коштів на підприємствах, нерівномірна структура рухомого складу за ступенем спрацювання і за своїми експлуатаційними властивостями. Тому і виникає питання для адаптації ВТБ до сучасних умов, яка повинна бути поетапною, щоб оптимально врахувати потребу необхідних потужностей для виконання ТО та ПР рухомого складу. А визначальну роль тут має технологічне проектування, одним із основних етапів якого є розрахунок виробничої програми з ТО та ПР рухомого складу.

В якості робочої гіпотези для вдосконалення методики розрахунку виробничої програми з ТО та ПР і її адаптації для підприємств, що експлуатують рухомий склад іноземного виробництва, пропонується таке твердження, як: цикловий метод розрахунку виробничої програми із ТО та ПР рухомого складу, що залишається незмінним, але на різних етапах проводиться реконструкції ВТБ величина розрахункового циклу, яка має оптимально врахувати структуру парку рухомого складу автотранспортного підприємства. За наявності в АТП рухомого складу із різними значеннями пробігу з початку експлуатації за розрахунковий цикл, безумовно, приймається значення пробігу ефективної експлуатації автомобілів (пробіг перевищення якого призводить до значного зростання трудомісткості ПР). Але на етапі введення в експлуатацію нових автомобілів із високими ресурсними пробігами (іноземного виробництва) за розрахунковий цикл приймати пробіг автомобілів за повний цикл регламентного ТО. Але по мірі збільшення середнього значення пробігу рухомого складу на підприємствах значення величини розрахункового циклу має поступово збільшуватися, але при цьому зберігати кратність регламентного комплексу, щоб досягти значення пробігу з ефективної експлуатації автомобіля. Це і дозволить підприємствам нарощувати необхідну потужність ВТБ поетапно без значних одноразових капітальних вкладень.

Очевидним стає те, що при зміні та вдосконаленні процесів ТО та ПР необхідно дотримуватися таких основних положень.

**Перше,** це необхідно встановити відповідність існуючої виробничо – технічної бази та питомих її елементів нормативам та правилам, а також вимогам науково-технологічного процесу.

**Друге,** необхідно керуватися принципом системного та комплексного підходу, суть якого полягає не у встановленні відповідності того чи іншого параметра чинним нормам та вимогам, а



знаходженні рішення, яке дозволяє не тільки формально усунути зазначений недолік, але й знайти варіант його покращення даного показника, підвищити ефективність використання кожного елемента наявного технологічного потенціалу, досягти найкращого результату в процесі даної розробки. Саме тому необхідно як, і аналізувати існуючі положення об'єктів дослідження, а також і розглядати перспективи його розвитку. Комплексний системний підхід не допускає поділу цих процесів, тобто одночасно із розглядом існуючого положення має відбуватися і пошук шляхів та способів удосконалення окремих елементів ВТБ.

**Третє**, розробка перспективних напрямів розвитку автотранспортних підприємств, яка вимагає застосування творчого підходу та певної сміливості у прийнятті важливих рішень.

На АТП може бути розглянуто, як єдину систему при забезпеченні потреби у перевезеннях, яка складається із двох взаємопов'язаних підсистем: підсистеми організації перевезень та підсистеми забезпечення працездатності рухомого складу.

Вибір розмірів АТП повинен здійснюватися із розрахунків максимальної ефективності взаємодії підсистем. Тож якщо збільшення потужності АТП сприяє зниженню питомих витрат за підтримку працездатності одиниці рухомого складу, то підсистемі перевезень це пов'язані із збільшенням витрат за невиробничі пробіги рухомого складу.

Підсистема ТО і ПР може бути представлена як єдина система, яка забезпечує достатній рівень працездатності рухомого складу для здійснення процесу перевезень. Вона складається із окремих підсистем (підрозділів), які у свою чергу складаються із підсистем нижчого порядку чи елементів, які не підлягають подальшому розподілу.

У системі ТО та ПР автомобілів можна виділити чотири підсистеми, що відрізняються одна від одної характером, місцем, організацією робіт і. т. д., які мають різні частини, але об'єднані однією загальною метою.

В якості таких підсистем запропоновано чотири підсистеми, це:

- підсистема діагностування та контролю;
- підсистема основного виробництва;
- підсистема допоміжного виробництва;
- підсистема обслуговуючого виробництва.

Структурна схема функціонування системи ТО та ПР автомобілів у автотранспортних підприємствах зображена на рис. 1.

Центральне місце в системі ТО і ПР автомобілів займає основне виробництво, як підсистема, що виконує роботи безпосередньо на автомобілі та готує їх до виходу на лінію у технічно справному стані.

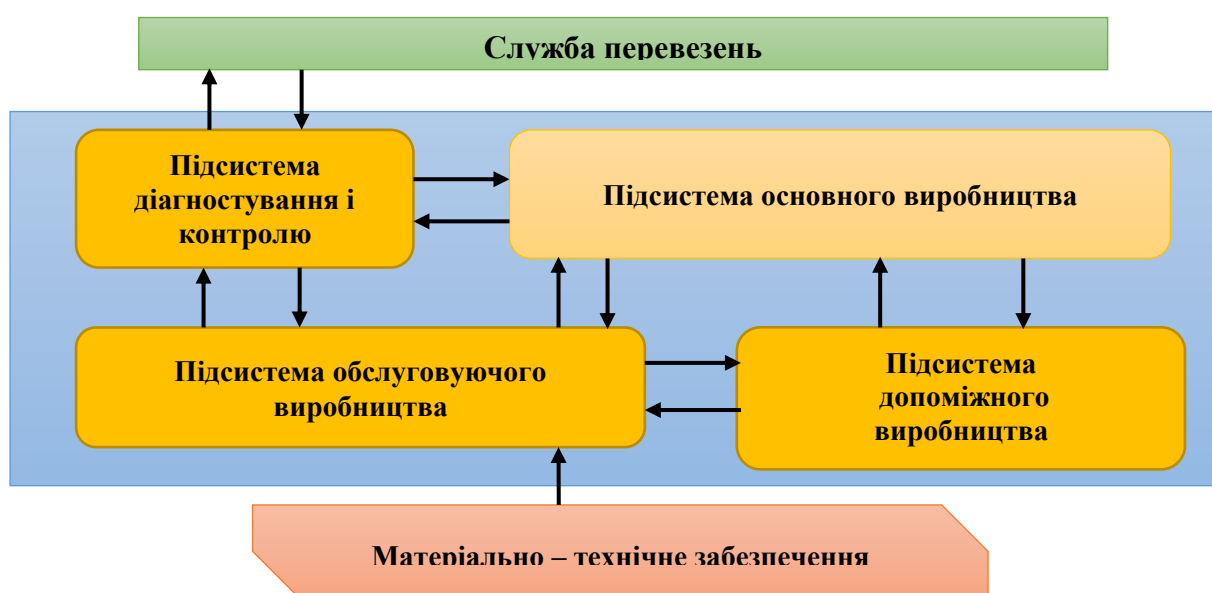


Рисунок 1 – Структурна схема функціонування системи технічного обслуговування та поточного ремонту автомобілів на автотранспортних підприємствах

Кожна із вказаних підсистем основного, допоміжного виробництва та діагностування можна за тими чи іншими технічними та економічними критеріями поставити в оптимальні умови роботи, тобто забезпечити їх максимальну ефективність. Однак, при дослідженні всієї системи загалом, ці підсистеми не можна розглядати у відриві одна від одної, бо досягнення єдиної мети – це забезпечення необхідного рівня працездатності рухомого складу за мінімальних витрат – можливе лише за їхньої спільної ефективної роботи. Такий принцип системного підходу щодо складних технічних систем, до яких належить система ТО і ПР автомобілів в АТП.

Суть системного підходу щодо систем ТО і ПР в АТП полягає в зосередженні уваги на всій системі в цілому, а не на окремих її частинах. При розгляді окремих елементів системи слід встановлювати вплив їх роботи на функціонування інших елементів та всієї системи загалом.

Дослідження складних систем, які складаються із різних підсистем та елементів, без порушення цілісності може здійснюватися шляхом їх аналізу та синтезу. При аналізі окремих підсистем виділяють ті властивості, які роблять їх частинами цілого, а при синтезі – це ціле усвідомлюють як те, що складається із частин, що певним чином пов'язані між собою.

Мета системи ТО та ПР – це забезпечення необхідного рівня працездатності за мінімальних витрат – може бути досягнуто створенням оптимальних потужностей підсистем для спільної роботи та підвищенням їх ефективності організаційними та іншими заходами.

Забезпечення необхідного рівня працездатності істотно залежить від потоку вимог, що надходить, і продуктивності системи ТО та ПР при виконанні того чи іншого виду впливу. Під вимогою (заявкою) розуміємо потребу у виконанні того чи іншого виду технічних впливів. У зв'язку із цим для аналізу ефективності роботи системи необхідно встановити залежності між потоками вимог, які надходять, і продуктивністю системи. Ці завдання успішно вирішуються за допомогою математичних методів теорії масового обслуговування (ТМО).

Основними елементами системи масового обслуговування (СМО) є вхідний потік вимог ( $\Sigma N_i$ ), обслуговуючі пости, черга певних вимог, які очікують обслуговування, та потік вимог, який позначається ( $\Sigma \mu_i, X_i$ ). Під обслуговуванням розуміється задоволення вимог (заявки) на технічний вплив.

Так, як метою функціонування обслуговуючої системи в цілому є задоволення вимог на виконання тих чи інших робіт, то найважливішим поняттям СМО є продуктивність системи та вхідний потік вимог, що у систему ТО та ПР автомобілів.

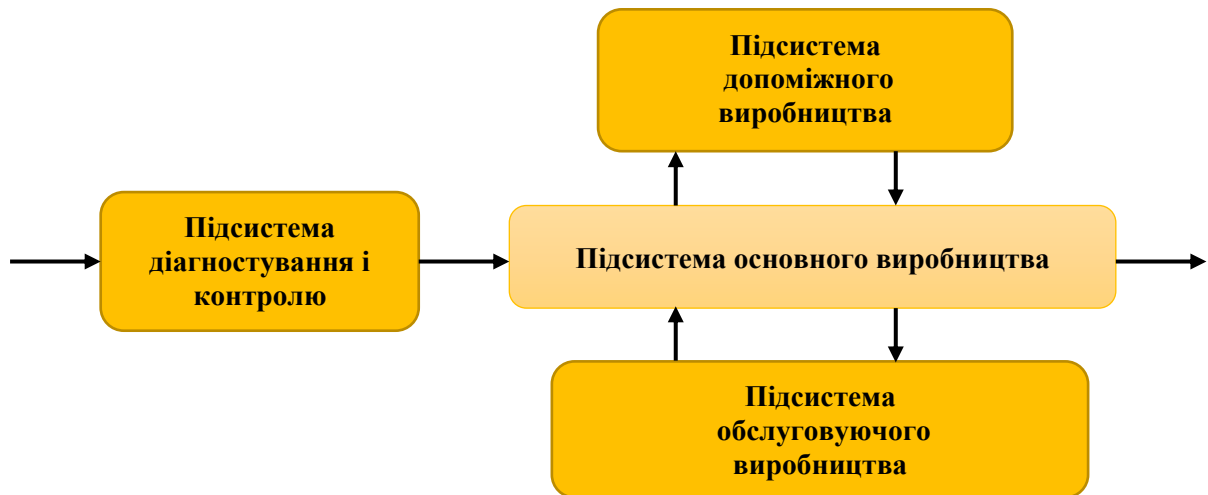


Рисунок 2 – Структурна схема системи масового обслуговування (СМО)

У разі перевищення числа вимог над пропускною здатністю в системі масового обслуговування виникає черга вимог на виконання технічних впливів. Черга може утворюватися перед кожною підсистемою окремо, отже, кожна підсистема може блокувати роботу всієї системи. Щоб уникнути цього виникає необхідність у виборі однієї найбільш доцільної підсистеми як блокуючої, для забезпечення достатньої її пропускної спроможності та координації пропускних здібностей інших підсистем по відношенню до блокуючої, рис. 2.

Випадковий потік вимог виконання технічних впливів, поділяються на «Вхідний» та «Вихідний» потік вимог для системи ТО і ПР автомобілів, що визначається теорії масового обслуговування як найпростіший.

Тому характеристикою найпростішого потоку вимог є ймовірність появи вимог за час  $t(P_k(t))$ , що описується законом Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

де  $\lambda$  – щільність потоку вимог (середнє число вимог), які поступають в систему за одиницю часу;

**Висновок.** Тривалість технічних впливів впливає на величину пропускної здатності системи, поряд із «Вхідним» потоком вимог. Тривалість обслуговування даного автомобіля є випадковою величиною, яка залежить від численних факторів, таких як ремонтпридатність автомобіля, умови експлуатації, пробіг із початку експлуатації автомобіля, наявність запасних частин, кваліфікація водіїв та ремонтних робітників, ступінь механізації виробничих процесів, організація праці тощо.

При дослідженні самої системи необхідно враховувати вплив окремих її підсистем, що працюють для всієї системи.

#### Список використаних джерел

3. Андрусенко С.І. Технології підвищення ефективності виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: [Навчальний посібник] / Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. – К.: «Медін-форм», 2017. – 212 с.

4. В.В. Біліченко. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту: [навчальний посібник] / В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 182 с.

5. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.

6. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 251 с.

7. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посібник / За ред. С.І. Андрусенка. – К.: Каравела, 2009. – 368 с.

8. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с.

**Митко Микола Васильович** – к.т.н., старший викладач кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: mytko@vntu.edu.ua.

**Андрущенко Ростислав Русланович** – магістрант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: andruschenko2901@gmail.com.

**Кущинський Олександр Андрійович** – магістрант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kusinskijaleksandr@gmail.com.

**Mytko Mykola Vasylovych** – PhD, Senior Lecturer of cars and transport management, Vinnitsia National Technical University, e-mail: mytko@vntu.edu.ua.

**Andrushchenko Rostyslav Ruslanovich** – Master's student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: andruschenko2901@gmail.com.

**Kushchynskiy Oleksandr Andriyovich** – Master's student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: kusinskijaleksandr@gmail.com.

УДК 629.113

Ю.А. Монастирський, І.С. Максименко

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ  
ДИЗЕЛЬ-ТРОЛЕЙВОЗІВ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ УКРАЇНИ**

*Із застосуванням методики визначення показників роботи кар'єрних автосамоскидів та досвіду експлуатації дизель-тролейвозів встановлені закономірності зміни продуктивності та питомих витрат палива звичайними кар'єрними автосамоскидами вантажопідйомністю 90, 130 та 220 т та дизель-тролейвозами в залежності від довжини трас руху з вантажем та питомої частини тролейної ділянки траси руху з вантажем.*

**Ключові слова:** кар'єрні автосамоскиди дизель-тролейвози, економія палива, продуктивність.

*With the application of the method of determining the performance indicators of quarry dump trucks and pit dump trucks trolley-assist haulage systems, the patterns of changes in productivity and specific fuel consumption of ordinary quarry dump trucks with a carrying capacity of 90, 130 and 220 t and pit dump trucks trolley-assist, depending on the length of the routes with cargo and specific parts of the trolley section of the traffic route with cargo.*

**Keywords:** pit dump trucks trolley-assist haulage systems, fuel economy, productivity.

Сучасні залізородні кар'єри України мають глибину до 300 – 500 м. З поглибленням кар'єрів все гостріше стає проблема забезпечення потрібної продуктивності кар'єрних автосамоскидів, а в умовах енергетичної кризи і проблема економії палива. В таких умовах пошук шляхів підвищення ефективності роботи шляхом переведення кар'єрних автосамоскидів на електричну тягу від стаціонарних джерел є актуальною науковою проблемою.

У світі реалізовані та успішно працюють тролейні системи на кар'єрах Palabora (South Africa), Rossing, (Namibia), Gecamines (Congo), Barrick Gold (USA), Kinshanchi, (Zambia), Sishen Iron (South Africa), Lumwana Copper (Zambia), Grootegeluk Coal (South Africa), довжина існуючих ліній від 2,0 до 11,0 км, кількість модифікованих самоскидів на кожному з кар'єрів від 4 до 80. Як свідчить досвід експлуатація дизель-тролейвозів дає наступні переваги у порівнянні зі звичайними дизельними автосамоскидами: збільшення швидкості самоскида на підйом з 6 до 24 км/год; підвищення продуктивності самоскида на 10-30%; зниження витрат на паливо на 70-80%; мінімізація впливу на оточуюче середовище, зниження рівня шуму та викиду відпрацьованих газів дизельного двигуна. Гірничо-технічні умови в залізородних кар'єрах України схожі, так на технологічних автомобільних трасах руху довжина їздки з вантажем коливається від 1,0 до 5,0 км, кількість одночасно працюючих автосамоскидів в кар'єрі від 25 до 40 одиниць, то б то можливо очікувати позитивних результатів при впровадженні таких машин, але с початку треба виконати оцінку показників роботи.

Використовуючи методику визначення показників роботи кар'єрного автомобільного транспорту встановлені закономірності зміни питомої продуктивності (рис.1) та питомих витрат палива (рис.2) звичайними кар'єрними автосамоскидами вантажопідйомністю 90, 130 та 220 т та дизель-тролейвозами відповідної вантажопідйомності в залежності від довжини трас руху з вантажем (від 1 до 5 км) та питомої частини траси руху з тролейною ділянкою (від 30 до 70 % від довжини руху з вантажем).

Встановлено, що зростання довжини траси при постійній частці тролейної ділянки не суттєво впливає на питому продуктивність, лише при питомій вазі тролейної ділянки у 70 % зростання до 38 %. Встановлено, що зростання питомої ваги тролейної ділянки в загальній довжині траси впливає більш суттєво ніж загальна довжина траси. На найкоротшій трасі зростання 15 %, на найдовшій – 25 %. При зростанні довжини траси більше 3 км зростання питомої продуктивності стабілізується.

Аналіз встановлених закономірностей зміни питомих витрат палива від довжини трас руху при різних частинах тролейної ділянки та від частини тролейної ділянки при різних довжинах трас руху показують, що довжина траси руху впливає не дуже суттєво на питомі витрати палива, більш суттєвий вплив має частина тролейної ділянки в загальній довжині траси. Максимальне відносне зменшення витрат палива спостерігається на трасі з найбільшою тролейною ділянкою

від 1,25 до 1,87 рази.

Використовуючи встановлені закономірності можливо визначати прогнозу продуктивність та витрати палива для конкретних трас руху при оцінці доцільності використання дизель-тролейвозів на базі кар'єрних автосамоскидів вантажопідйомністю 90, 130 та 220 т.

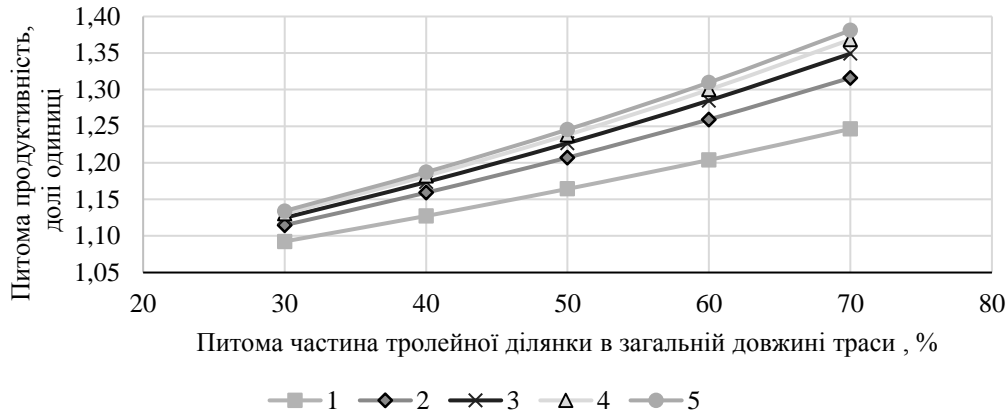
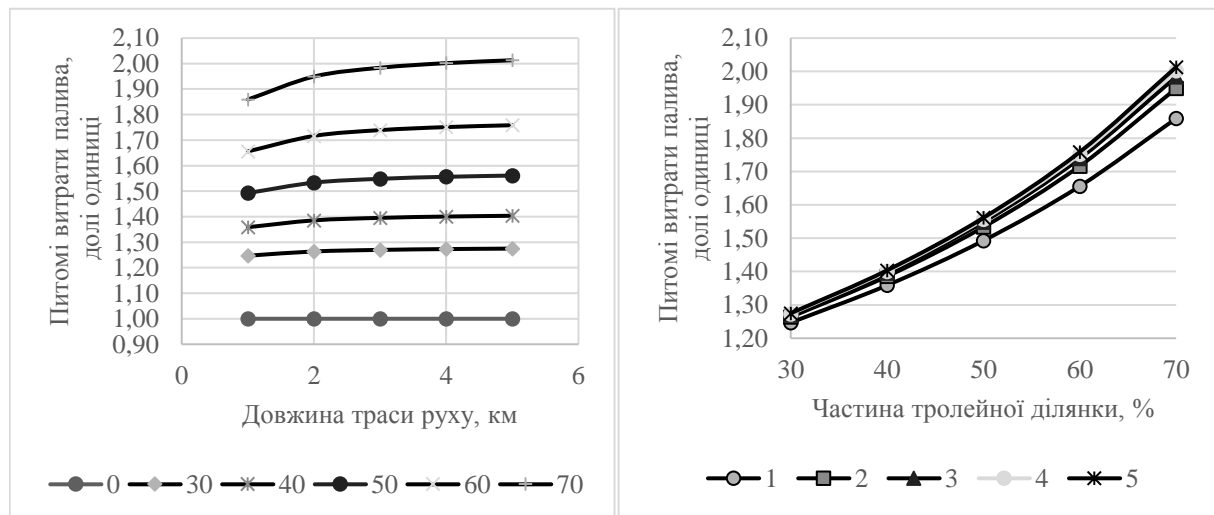


Рисунок 1 - Закономірності зміни питомої продуктивності від питомої частини троллейної ділянки при різних довжинах трас



А)

В)

Рисунок 2 - Закономірності зміни питомих витрат палива від довжини трас руху при різних частинах троллейної ділянки (А) та від частини троллейної ділянки при різних довжинах трас руху(В)

Список використаних джерел

1. Siemens patented all-electric Mobile Mining Truck based on proven technology. Posted by Paul Moore on 4th November 2021. <https://im-mining.com/2021/11/04/siemens-patented-electric-mobile-mining-truck-based-proven-technology/> (дата звернення 12.05.2023)
2. Монастирський Ю.А., Максименко І.С. Перспективи застосування дизель-тролейвозів на залізрудних кар'єрах Криворізького басейну// Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток промисловості та суспільства», м. Кривий Ріг, КНУ, 2023 р. С.157.

**Монастирський Юрій Анатолійович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, e-mail: monastyrskyi@knu.edu.ua.

*Максименко Іван Сергійович* – аспірант, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, e-mail: spadyxa@gmail.com.

*Yurii Monastyrskyi* - Doctor of Science (Engineering), Professor, Head of Automobile Facilities Department, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, e-mail: monastyrskyi@knu.edu.ua.

*Maksymenko Ivan* - postgraduate, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, e-mail: spadyxa@gmail.com.

УДК 629.113

Ю.А. Монастирський, А.К. Панченко

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬ-ТРОЛЕЙВОЗІВ У КРИВОРІЗЬКОМУ ЗАЛІЗОРУДНОМУ БАСЕЙНІ

*Розглянуто важливість та переваги використання дизель-тролейвозів у гірничій промисловості України. Запропоновано рішення у перевезенні та вплив на екологію, а також акцентовано увагу на економії пального та перспективах розвитку дизель-тролейвозів.*

**Ключові слова:** кар'єрні автосамоскиди дизель-тролейвози, екологічна безпека, економія палива.

*The importance and advantages of using diesel trolleybuses in the mining industry of Ukraine are considered. Transportation solutions and the impact on the environment are proposed, as well as focused on fuel economy and prospects for the development of diesel trolleybuses.*

**Keywords:** pit dump trucks trolley-assist haulage systems, environmental safety, fuel economy.

Криворізький залізорудний басейн відзначається великим (близько 300 млн.т/рік) обсягом видобутку залізної руди в кар'єрах. В мультимодальних технологічних перевезеннях автомобільний транспорт забезпечує транспортування руди та порід від безпосередньо місця видобутку до перевантажувальних пунктів залізничного та конвеєрного транспортів.

Основні кар'єрні автосамоскиди мають вантажопідйомність 130-136 т, великі дизельні двигуни, які споживають значну кількість пального. Це веде до збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу кар'єру, в першу чергу оксиду вуглецю, що суттєво погіршує екологічну ситуацію, як безпосередньо в кар'єрах, так і загалом в регіоні.

У цьому контексті актуальним є впровадження сучасних технологій та обладнання що забезпечить декарбонізацію процесу транспортування залізної руди та порід. Серед таких технологій перспективне місце займає технологія транспортування з використанням кар'єрних дизель-тролейвозів. Наразі в світі вже використовують означену технологію близько двох десятків великих кар'єрів з видобутку різних корисних копалин. Сучасний кар'єрний дизель-тролейвоз - це автосамоскид з електромеханічною трансмісією, який дообладнаний для підключення до контактної мережі. Основні компоненти тролейних систем включають в себе стаціонарне обладнання з системи ліній електропередачі, тягових підстанцій, тролейних боксів, та устаткування, що встановлюється додатково на звичайний кар'єрний автосамоскид, у тому числі прилади управління електричним струмом та пантографи з автоматизованим підключенням до контактної мережі.

За оцінками провідних світових виробників кар'єрних автосамоскидів та компанії Сіменс, яка забезпечує електричну частину більшості машин в світі, завдяки більшій швидкості пересування тролейвозу його показники продуктивності щонайменше на 25% вищі, ніж у стандартного автосамоскида. До того ж, залежно від профілю доріг, використання таких машин дозволяє вдвічі знизити витрати на паливо, скоротити загальні експлуатаційні витрати приблизно на 35%, а також зменшити кількість викидів на 50%.

Враховуючи зростаючу важливість екологічних питань, необхідність значної економії палива впровадження дизель-тролейвозів може стати ефективним рішенням для підвищення екологічності та ефективності транспортування гірничої маси в Криворізькому залізорудному басейні.

За участі авторів обґрунтовується та пропонується гірничо-збагачувальним комбінатам для впровадження технологія транспортування з використанням дизель-тролейвозів на базі існуючого парку 130 тоннних кар'єрних автосамоскидів.

Список використаних джерел

1. The Komatsu AZPG: bringing unique mining concepts to life / <https://www.heavyliftnews.com/liebherr-trolley-trucks-testing-success-at-austrian-mine/> (дата звернення 12.05.2023)
2. An introduction to trolley-assist haulage systems. <https://globalroadtechnology.com/trolley-assist-haulage-systems/> (дата звернення 12.05.2023)

3. Trolley-assisted haul trucks - Technical requirements and benefits. <https://globalroadtechnology.com/trolley-assisted-haul-trucks-technical-requirements-and-benefits/> (дата звернення 12.05.2023)
4. Trolley-assisted haul roads construction and maintenance. <https://globalroadtechnology.com/trolley-assisted-haul-roads-construction-and-maintenance/> (дата звернення 02.06.2023).
5. Hitachi Construction Machinery Launches EH5000AC-3 Rigid Dump Truck with Trolley System to Contribute to Reducing Life Cycle Costs and Improving Productivity. <https://www.hitachicm.com/global/en/news/press-releases/2018/18-05-17/> (дата звернення 12.07.2023).
6. Caterpillar introduces trolley assist system for CAT® electric drive mining trucks. [https://www.cat.com/en\\_IN/news/machine-press-releases/caterpillar-introduces-trolley-assist-system-for-cat-electric-drive-mining-trucks.html/](https://www.cat.com/en_IN/news/machine-press-releases/caterpillar-introduces-trolley-assist-system-for-cat-electric-drive-mining-trucks.html/) (дата звернення 12.07.2023).
7. First Quantum to operate world's largest ultra-class truck trolley fleet with Liebherr T 284. <https://www.liebherr.com/en/can/latest-news/news-press-releases/detail/first-quantum-to-operate-world%E2%80%99s-largest-ultra-class-truck-trolley-fleet-with-liebherr-t-284.html> (дата звернення 12.07.2023).
8. Komatsu Designs 860E-1K Truck's Electric-Drive System with Siemens. <https://www.constructionequipment.com/earthmoving/rigid-frame-trucks-off-highway/product/10714271/komatsu-designs-860e-1k-trucks-electric-drive-system-with-siemens> (дата звернення 12.07.2023).
9. Minnesota Power seeks state funding for Minntac trolley assist mine truck project. <https://im-mining.com/2023/03/08/minnesota-power-seeks-state-funding-for-minntac-trolley-assist-mine-truck-project/> (дата звернення 22.07.2023).
10. Trolley transformation. <https://im-mining.com/tag/siemens/> (дата звернення 12.09.2023).
11. Liebherr Trolley Trucks Testing Success at Austrian Mine. <https://www.heavyliftnews.com/liebherr-trolley-trucks-testing-success-at-austrian-mine/> (дата звернення 22.07.2023).
12. Trolley assist for diesel-electric trucks in mining: 3 reasons why it is taking off. <https://new.abb.com/mining/mineoptimize/systems-solutions/mining-electrification/trolley-assist-for-diesel-electric-trucks> (дата звернення 22.07.2023).
13. 5 things you may not have known about the Trolley Assist System. <https://www.liebherr.com/en/ind/latest-news/news-press-releases/detail/5-things-you-may-not-have-known-about-the-trolley-assist-system.html> (дата звернення 22.07.2023).
14. Sakhalin's East Mining Company and BELAZ collaborate on trolley assist 220 t truck fleet for Solntsevsky coal mine. <https://im-mining.com/2021/05/01/sakhalins-east-mining-company-belaz-collaborate-trolley-assist-220-t-truck-fleet-solntsevsky-coal-mine/> (дата звернення 22.07.2023).
15. Can a dirty industry come clean? How mining equipment is becoming more sustainable. <https://www.mobilehydraulictips.com/can-a-dirty-industry-come-clean-how-mining-equipment-is-becoming-more-sustainable/> (дата звернення 22.07.2023).

**Монастирський Юрій Анатолійович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, e-mail: [monastyrskiy@knu.edu.ua](mailto:monastyrskiy@knu.edu.ua).

**Панченко Анатолій Костянтинович** – студент, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, e-mail: [anatolijpanchenko97@gmail.com](mailto:anatolijpanchenko97@gmail.com).

**Yurii Monastyrskiy** - Doctor of Science (Engineering), Professor, Head of Automobile Facilities Department, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, e-mail: [monastyrskiy@knu.edu.ua](mailto:monastyrskiy@knu.edu.ua).

**Panchenko Anatoliy** - student, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, e-mail: [anatolijpanchenko97@gmail.com](mailto:anatolijpanchenko97@gmail.com).



УДК 629.083

О.І. Назаров, С.І. Кривошапов, М.Є. Сергієнко, Є.І. Іванченко

ОЦІНКА РЕСУРСУ ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ  
ЗА ВІДНОСНИМ ЗНОСОМ ЇХ ФРИКЦІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ

**Анотація.** Надано прогнозну оцінку ресурсу гальмівних механізмів передньої та задньої осей легкових автомобілів, яку пропонується проводити за показником відносного зносу поверхонь тертя. Показано на прикладі легкових автомобілів Chevrolet Aveo, що відносний знос гальм передньої осі є максимальним та коливається в межах 22,5-26,1%, тоді, як відносний знос гальм задньої осі становить 21,0–22,5%. Ресурс гальмівного диску більший за ресурс фрикційної накладки у 4,44 рази, тоді, як для задньої осі цей показник становить 4,76.

**Ключові слова:** автомобіль, гальмівний механізм, поверхня тертя, знос.

**Abstract.** A predictive assessment of the resource of brake mechanisms of the front and rear axles of passenger cars is provided, which is proposed to be carried out based on the indicator of the relative wear of the friction surfaces. It is shown on the example of Chevrolet Aveo passenger cars that the relative wear of the brakes of the front axle is maximum and varies between 22.5-26.1%, while the relative wear of the brakes of the rear axle is 21.0-22.5%. The resource of the brake disc is 4.44 times greater than the resource of the friction pad, while this indicator is 4.76 for the rear axle.

**Key words:** car, brake mechanism, friction surface, wear.

Важливим для оцінки ресурсу гальмівних механізмів легкових автомобілів, що знаходяться в експлуатації [1], є встановлення допустимого відносного зносу окремих деталей і спряжень гальмівних механізмів. Оскільки найбільш відповідальна частина гальмівної системи автомобіля, якою є гальмівний механізм, працює в різних умовах зношування, то встановлення відносного зносу спряжених деталей, що утворюють тертя, в залежності від зміни його геометричних параметрів і режимів роботи під час експлуатації є актуальною задачею.

Для визначення параметрів, якими можна характеризувати відносний знос спряження, розглянемо, до якої зміни взаємного положення може призвести зношування їх поверхонь.

Відомо, що величина зносу пропорційна швидкості зносу,

$$U_i = k_i \cdot \frac{2Q \cdot \omega \cdot \rho_i}{\alpha \cdot (R^2 - r^2)} \cdot T_i, \quad (1)$$

де  $k_i$  – коефіцієнт, що характеризує швидкість зношування гальмівного диску або фрикційної накладки;

$Q$  – притискна сила фрикційної накладки до гальмівного диску;

$\omega$  – кутова швидкість обертання гальмівного диска;

$R, r$  – зовнішній і внутрішній радіуси гальмівного диску;

$\alpha$  – кут обмеження фрикційної накладки,

$\rho_i$  – радіус розташування  $i$ -ої фрикційної поверхні;

$T_i$  – час зношування  $i$ -ої фрикційної поверхні (час гальмування до моменту блокування коліс автомобіля).

Кутова швидкість обертання гальмівного диска на момент гальмування без блокування коліс може бути визначена із урахуванням  $\vartheta_a$  – початкової швидкості гальмування легкового автомобіля та  $r_k$  – кінематичного радіуса шини колеса.

Враховуючи те, що осьові гальмівні сили легкового автомобіля пов'язані з конструктивними коефіцієнтами гальмівних механізмів  $K_1, K_2$  і тиску гальмівної рідини у відповідних контурах, то шлях, за якого відбудеться зношування поверхонь тертя (гальмівний шлях) будемо визначати з залежності

$$s_T = \frac{0,5(m_a \cdot g_a^2 + \sum I_i \cdot \omega^2)}{p_1 \cdot K_1 + p_2 \cdot K_2 + K_0 \cdot F_w \cdot g_a^2}, \quad (2)$$

де  $\sum I_i$  – сумарний інерційний момент обертових мас на осях;

$m_a$  – маса легкового автомобіля;

$g_a$  – початкова швидкість гальмування автомобіля;

$K_0$  – коефіцієнт обтічності кузова легкового автомобіля;

$F_w$  – площа лобового опору легкового автомобіля (площа Міделя),

$p_1$  – тиск, створюваний в контурах передніх коліс;

$p_2$  – тиск, створюваний в контурах задніх коліс.

Теоретичні значення відносного зносу поверхонь спряження «диск–фрикційна накладка» легкових автомобілів Chevrolet Aveo, одержані за допомогою вище поданих залежностей, показано у вигляді гістограм (рис. 1, рис. 2) відносного зносу гальм передньої та задньої осей.

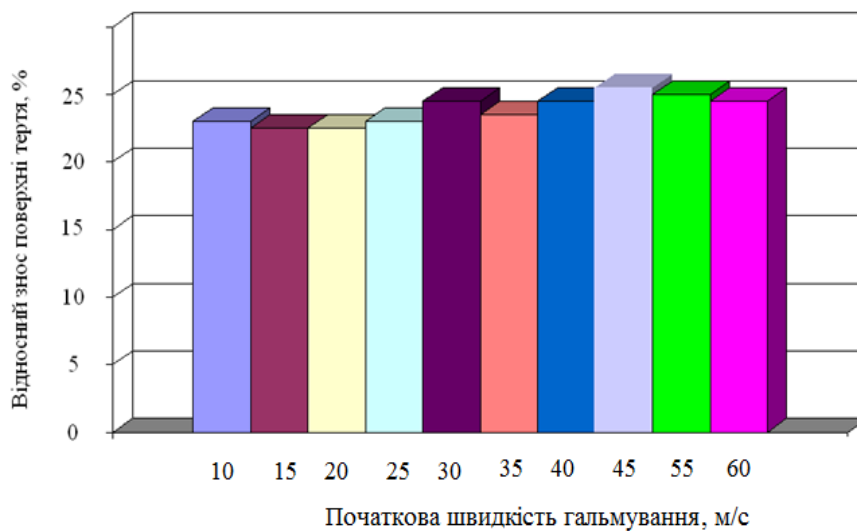


Рисунок 1 - Діаграма залежності відносного зносу фрикційних поверхонь гальмівних механізмів передньої осі

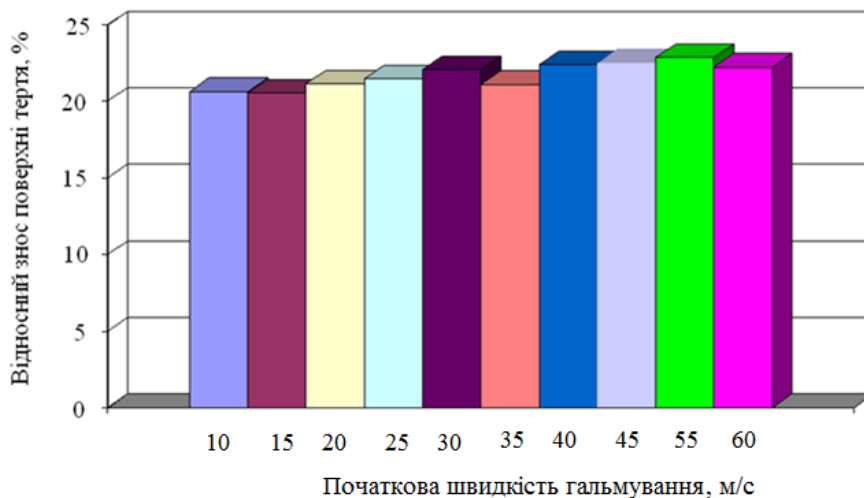


Рисунок 2 - Діаграма залежності відносного зносу фрикційних поверхонь гальмівних механізмів задньої осі

Ресурс будемо оцінювати за відносним зносом спряжених поверхонь тертя в однойменних точках виміру поверхні тертя гальма  $j$ -ої осі легкового автомобіля

$$\left(\frac{D_2}{D_1}\right)_j = \left(\frac{U_1}{U_2}\right), \quad (3)$$

де  $U_1$  – знос поверхні тертя диска гальмівного механізму;

$U_2$  – знос фрикційної поверхні колодки гальмівного механізму;

$D_1$  –ресурс гальмівного диску;

$D_2$  –ресурс фрикційної накладки.

Аналіз гістограм (див. рис. 1 і рис. 2) показує, що за однакових умов експлуатації легкових автомобілів Chevrolet Aveo, гальмівні системи яких обладнано АБС, відносний знос гальмівних механізмів передньої осі коливається в межах 22,5-26,1%, тоді, як відносний знос гальм задньої осі становить 21,0–22,5%, що говорить про те, що за даних умов дослідження найбільший відносний ресурс гальм автомобіля становить 4,44 для передньої осі та 4,76 – для задньої осі.

#### Список використаних джерел

1. Підвищення безпеки руху легкових автомобілів вітчизняного виробництва, що знаходяться в експлуатації / Назаров О.І., Назаров В.І., Назаров І.О. // Вісник СевНТУ. – Севастополь, 2013. - №142. – С. 11-14.

2. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій М, N, і О стосовно гальмування (Правила ЕЭК ООН N 13-09:2000, IDT): ДСТУ UN/ECE R 13-09-2002. – [Чинний від 01.07.2005]. – Офіц. вид. – (Державний стандарт України).

**Назаров Олександр Іванович** – к.т.н., доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, e-mail: [hefer64@ukr.net](mailto:hefer64@ukr.net).

**Кривошапов Сергій Іванович** - кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, e-mail: [tesa@khadi.kharkov.ua](mailto:tesa@khadi.kharkov.ua)

**Сергієнко Микола Єгорович** - кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, e-mail: [nesergienko@gmail.com](mailto:nesergienko@gmail.com)

**Іванченко Євгеній Іванович** – магістр, автомобільний факультет, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, e-mail: [jeka131305@gmail.com](mailto:jeka131305@gmail.com)

**Aleksandr Nazarov** - PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: [hefer64@ukr.net](mailto:hefer64@ukr.net)

**Sergey Krivoshapov** - PhD in Engineering, associate professor of the department of technical operation and service of cars, Kharkov National Automobile and Road University, e-mail: [tesa@khadi.kharkov.ua](mailto:tesa@khadi.kharkov.ua)

**Mykola Sergienko** - PhD in Engineering, associate professor of the department of technical operation and service of cars, Kharkov National University "Kharkiv Polytechnic Institute", e-mail: [nesergienko@gmail.com](mailto:nesergienko@gmail.com)

**Yevgeny Ivanchenko** - master's degree, Faculty of Automobile, Kharkov National Automobile and Road University, e-mail: [jeka131305@gmail.com](mailto:jeka131305@gmail.com)

УДК 629.504

В.О. Огневий

## ОСОБЛИВОСТІ ЕРГОНОМІЧНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАНЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

*Розглянуто доцільність розробки новітніх інформаційних приладів та моніторів, які враховували б ергономічні показники при створенні нових екологічно чистих автомобілів.*

**Ключові слова:** ергономічні показники, інформаційні панелі, електромобілі, гібридні автомобілі.

*The expediency of developing the latest information devices and monitors, which would take ergonomic indicators into account when creating new environmentally friendly cars, was considered.*

**Keywords:** ergonomic indicators, information panels, electric cars, hybrid cars.

Аналіз перспективних напрямів розвитку екологічно чистих автотранспортних засобів засвідчив необхідність створення інтерактивних інформаційних панелей приладів з урахуванням ергономічних показників. Ергономіка виникла у зв'язку зі значним ускладненням технічних засобів і умов їх функціонування, суттєвими змінами трудової діяльності людини.

З появою першого автомобіля у виробників з'явилось бажання вдосконалити приладову панель, робити комфортним і ергономічним салон автомобіля. Роками багато вчених працювали над вдосконаленням автомобілів та інформаційного забезпечення, бо це не лише забезпечує комфорт водію та його пасажирам, а дає можливість водію транспортного засобу, з одного боку, отримувати в режимі реального часу необхідну інформацію, а з другого, не відволікатись від процесу керування та уважно стежити за станом зовнішнього середовища. Тому так важливо, щоб інтерактивна інформаційна панель була розташована в зоні «витагнутої руки», а інформація, яку вона видає, була легкою для сприйняття водієм і не обтяжувала його зайвими даними [1].

При проектуванні нових екологічно чистих автотранспортних засобів виникає потреба у створенні новітніх засобів та методів взаємозв'язку людини з автомобілем. Для електромобіля та гібридного автомобіля, крім основних параметрів автомобіля, важливою інформацією є стан тягових високовольтних акумуляторних батарей або інших накопичувачів енергії, поточна витрата енергії, запас ходу тощо. Розглянемо та проведемо аналіз інформаційних панелей електромобіля Nissan LEAF, гібридного автомобіля Honda CRZ.

Гібридний автомобіль Honda CRZ має нову систему, яка дозволяє вибирати між трьома режимами водіння, які регулюють чутливість дросельної заслінки, параметри рульового керування, час вимкнення неробочого ходу, роботу клімат-контролю і рівень підтримки, що надається системою IMA. Таким чином, інтерактивна інформаційна панель автомобіля Honda CRZ надає водієві можливість самостійно вирішувати, в якому режимі рухатися: економічному (ECON), спортивному (SPORT) або оптимального компромісу між цими двома критеріями (NORMAL).

Для більшої економії палива та мінімізації шкідливих викидів в атмосферу, поряд з режимом Econ, в CRZ реалізовано функцію помічника (Eco Assist). За кермом водій може орієнтуватися на два основні індикатори: індикатор Eco Drive Bar на багатофункціональному інформаційному дисплеї (MID) і кольорову підсвітку навколо спідометра. Обидва інструменти синхронізовані. Вони надають інформацію про споживання палива в реальному часі і допомагають водієві вибрати оптимальний режим руху.

Індикатор Eco Guide Bar являє собою шкалу зі стрілкою посередині, яка може рухатися в обидві сторони від центру. Завдання водія - утримувати її посередині. При плавному економічному русі стрілка знаходиться в районі центру: при поступовому прискоренні дещо зміщується вправо, при плавному гальмуванні - вліво. При цьому кільцеве підсвічування спідометра - зеленого кольору, що свідчить про економічний рух. Якщо інтенсивно прискорюватися або різко гальмувати - смужка піде в тіньову зону вправо або вліво, що свідчить про підвищену витрату палива і відповідні викиди в атмосферу. Підсвічування спідометра при

цьому є зеленим і синім. За різкої зміни швидкості смужка максимально відхиляється від центру, а спідометр синіє.

Натиснувши на кнопку інформації на кермовому колесі і прокрутивши дані MID, водій може не лише побачити середнє споживання палива за поїздку, а й порівняти поточні показники з показниками останніх трьох поїздок. Всі автомобілі CRZ оснащені індикатором Shift Light (SIL), який попереджає водія про оптимальний момент для зміни передачі. Якщо дотримуватися рекомендацій Eco Assist, то можна зменшити витрату палива на 10 %. Це ще раз підтверджує прагнення Honda створювати все більш економічні автомобілі.

При ввімкненні двигуна автомобіль автоматично переходить у режим NORMAL, який забезпечує оптимальний баланс між продуктивністю, економією палива й якістю вихлопу в будь-яких дорожніх ситуаціях. Він регулює роботу дросельної заслінки, системи IMA і клімат-контролю таким чином, щоб встановити оптимальний баланс між задоволенням від водіння і економічністю. У режимі NORMAL настроювання підсилювача керма таке саме, як і в ECON.

Scramble-Assist являє собою інтелектуальну систему використання електромотора залежно від режиму і ситуації. У режимі SPORT система активно підмикає електродвигун, відповідно автомобіль розганяється швидше, ніж у стандартному режимі NORMAL. Система працює в декількох режимах, серед яких можна виділити три основних: розгін (drive-away), режим eco-assist, scramble-assist (який включається в режим SPORT, за відкритої на 70-80 % дросельної заслінки). При ввімкненні scramble-assist в режимі SPORT відчувається значне покращення динаміки розгону.

Фахівці Nissan втілили сучасні конструктивні та технологічні рішення в інтерактивний інтерфейс електромобіля Nissan LEAF, в якому поєднуються передові бортові системи: інформаційно-розважальні і телепатичні. Вони здійснюють безперервний зворотний зв'язок із водієм, зокрема інформуючи його про рівень заряду тягової акумуляторної батареї і запас ходу автомобіля, а також указуючи місцезнаходження найближчої зарядної станції. Інформація, що надходить до системи навігації, безперервно оновлюється. Отриманий сигнал забезпечує водіїв новітньою точною інформацією про умови руху маршрутом.

Ще одна сучасна особливість LEAF - можливість використовувати комп'ютер або смартфон, щоб встановити параметри заряджання батареї і контролювати поточний рівень зарядки і кількість енергії, що залишилася в батареї. Водії також можуть ввімкнути систему опалення / кондиціонування на час зарядки (за допомогою пульта дистанційного керування), щоб до моменту початку поїздки в салоні встановився комфортний мікроклімат.

Проведений аналіз показав, що створення ергономічних інтерактивних інформаційних панелей для електромобілів та гібридних автомобілів підвищує економічність автомобіля, безпеку руху і комфорт водія та пасажирів. Основними параметрами є: рівень заряду тягової акумуляторної батареї, запас ходу на електричній тязі, поточні дані.

Інформаційні панелі розглянутих електромобілів та гібридних автомобілів оснащені різноманітними інформаційними цифровими приладами та рідкокристалічними моніторами, які розширюють інформаційний зв'язок між водієм і станом систем та агрегатів автомобіля.

#### Список використаних джерел

1. Бажинов О. В. Гібридні автомобілі: монографія / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков, А.В. Гнатов та ін. - Х.: ХНАДУ, 2008. - 328 с.
2. Кубіч В. І. Гібридні силові установки легкових автомобілів : навчальний посібник. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 193 с. ISBN 978-617-529-282-2
3. Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Stefano Longo, Kambiz M. Ebrahimi. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. CRC Press, London, 2018. – 546p.

**Огневий Віталій Олександрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [Ognevoy@ukr.net](mailto:Ognevoy@ukr.net).

**Ognevyi Vitaliy Oleksandrovych** - Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Ognevoy@ukr.net](mailto:Ognevoy@ukr.net).

УДК 629.1.05 : 65.011.56

М.С. Оліскевич, О.Л. Мاستикаш

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЕНЕРГООЩАДНОГО РУХУ  
АВТОМОБІЛЯ

Дослідження присвячені впровадженню оперативної енергоощадної експлуатації автономного автомобіля у змішаному транспортному потоці на магістралі. Запропоновано комплексні заходи для передачі потоку даних до бортових контролерів транспортних засобів, що дає змогу уникнути перешкод та завад для реалізації енергоощадної програми руху.

**Ключові слова:** енергозбереження, автономні транспортні засоби, двохшелоний потік даних.

*The research is devoted to the implementation of operational energy-saving cycles of autonomous vehicles movement in a mixed traffic on the highway. Comprehensive measures are proposed for the transmission of data flow to on-board controllers of vehicles, which makes it possible to avoid obstacles and hindrances to the implementation of the energy-saving program of movement.*

**Key words:** energy saving, autonomous vehicles, two-layer data flow.

Найбільш реальними і доступними першочерговими заходами зі скорочення витрат енергетичних ресурсів в автомобільному транспорті є застосування ощадних режимів руху і використання автономних транспортних засобів (AV), які запрограмовані на енергоощадні режими. Для реалізації першої групи заходів потрібно мати точну й достовірну інформацію про дорожні і транспортні умови. На практиці такі дані є досить мінливими, тому отримати необхідну інформацію для застосування енергетичних ощадних режимів є складною задачею.

Наша мета – забезпечити оптимальне застосування змішаних програм руху AV і транспортних засобів, які керуються людиною (HV) з умовами безпеки та максимальною енергоефективністю за умови гарантованого часу прибуття у пункт призначення. Рельєф дороги передбачався горбистим, а профіль дороги – криволінійним. Ми розглядаємо вантажівку як об'єкт деякої інформаційної транспортної системи (ІТС), який може обмінюватися сигналами з іншими рухомими та нерухомими об'єктами. Програма водіння реалізується за допомогою бортової автоматизованої системи. Якщо ІТС базується на системі транспортний засіб – інфраструктура (V2I), то круїз-контроль вантажівки може бути забезпечений необхідними вхідними даними для досить великої відстані, порівнянної з довжиною поїздки [1]. Ми пропонуємо новий підхід, який поєднує застосування раціональних принципів поведінки людини-водія при керуванні HV, та оптимальні принципи керування моделі AV. Ставилась мета удосконалити схему передачі даних в ІТС при якій круїз-контролер автомобіля буде використовувати неспотворені дані, розроблятиме достатній за горизонтом прогноз, і забезпечить вибір режиму зі зменшенням витрати палива. Витрата палива під час одного їздового циклу моделюється з використанням виразу [2, 3]:

$$Q_f = F(M_d, E_v, i), \quad (1)$$

де  $M_d$  – крутний момент двигуна, Нм;

$E_v$  – кінетична енергія автомобіля, необхідна на подолання сил опору руху Дж;

$i$  – номер увімкненої передачі трансмісії.

Витрати енергії на примусове гальмування свідомо виключені з розгляду, оскільки вони суперечать принципам оптимального оперативного керування.

Дано початковий час, початкову швидкість і кінцевий час подорожі вантажівки. Оптимальний цикл руху, згідно (1), залежить від поточного стану і від прогнозу. Тому, якщо перед HV з'являється перешкода, то такий цикл необхідно переглянути та змінити. Нами було застосовано вихідну задачу оптимізації до скінченно-вимірної задачі математичного програмування. Розв'язки її є відомими, але для простих умов руху при нескладній топології дороги. Із зростанням складності профілю і плану дороги, а також при зміні транспортних умов задача стає NP-складною, тобто не має точного розв'язання за допустимий час. Тому нами було запропоновано використання нової архітектури системи керування, щоб уникнути обчислювального перевантаження. Нова система оперативного оптимального керування

передбачає, що на поточній стадії процесу може прийматись завідомо неоптимальне рішення, враховуючи те, що в подальшому передбачаються такі ділянки маршруту, на яких мета подорожі буде досягнута.

Системи керування змішаною колоною AV і HV призводять до меншої обчислювальної складності за рахунок збільшення кількості інформаційних потоків між об'єктами системи. Під час кожного оновлення задача оптимізації ініціалізується поточним динамічним станом, часом у дорозі, бажаним загальним часом у дорозі (або бажаною середньою швидкістю), інформацією про профіль дороги та дорожні обмеження, а також передбаченням руху навколишніх транспортних засобів у межах горизонту прогнозування  $W$ . Передбачається, що прогнозування руху навколишніх транспортних засобів базується на радіолокаційній інформації і/або зв'язку між транспортними засобами, нерухомими дорожніми об'єктами (лагами) та безпілотними повітряними автоматично керованими апаратами (дронами). Щоб мати можливість реагувати на зміни в прогнозованій моделі руху навколишніх транспортних засобів, оптимізація повинна бути оновлена приблизно на частоті до 5 Гц.

Роботу ІТС було змодельовано в режимі реального часу за допомогою імітації в Simulink. В результаті проведення імітаційного моделювання з'ясовано, що програма бажаної швидкості транспортних засобів на магістральній дорозі внаслідок застосування запропонованої ІТС є можливою завдяки застосуванню енергоощадних режимів руху не тільки AV, але й змішаного потоку. Використання безпілотних літальних апаратів і нерухомих дорожніх об'єктів дає змогу отримувати другий шар потоку даних про дорожні і транспортні умови і приймати оперативні рішення про вибір і зміну режиму руху досконаліше. Було з'ясовано, що така система може забезпечити ефективність прогнозування швидкостей автомобілів у потоці на довжині до 4000 м. При цьому система має бути забезпечена нерухомими дорожніми об'єктами інфраструктури і безпілотними літальними апаратами у визначеній мінімальній кількості. Потік даних забезпечується радарними випромінювачами і пеленгаторами. Завади і пошкодження для сигналів в такій ІТС практично є відсутні.

#### Список використаних джерел

1. Barkenbus Jack N. Eco-driving: An overlooked climate change initiative. *Energy policy*, 2010, 38.2: 762-769.
2. Oliskevych M., Danchuk V. Conditions of Effective Application of Energy-Saving Programs for the Movement of Heavy Trucks on the Highway. *TRANSBALTICA XIII: Transportation Science and Technology: Proceedings of the 13th International Conference TRANSBALTICA*, September 15-16, 2022, Vilnius, Lithuania. Cham: Springer International Publishing, 2023.
3. Ardalan V., Sciarretta A. Energy saving potentials of connected and automated vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 95. 2018. P. 822-843.
4. Oliskevych M., et al. Optimization of Vehicle Speed Forecasting Horizon on the Intercity Highway. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3.3. 2020. P. 105.

**Оліскевич Мирослав Стефанович** – д. т. н., професор, професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Семковича О.Д., Львівський національний університет природокористування, м. Львів, e-mail: [oliskevychm@gmail.com](mailto:oliskevychm@gmail.com).

**Мастикаш Олександр Леонідович** – ст. викладач кафедри автомобільного транспорту, національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, e-mail: [o.mastykash@gmail.com](mailto:o.mastykash@gmail.com).

**Oliskevych S. Myroslav** - Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the department of agricultural engineering and technical service named after Prof. Semkovych O.D., L'viv National University of Nature Management, L'viv, e-mail: [oliskevychm@gmail.com](mailto:oliskevychm@gmail.com).

**Mastikash L. Oleksandr** - senior teacher of the Department of Automobile Transport, L'viv Polytechnic National University, L'viv, e-mail: [o.mastykash@gmail.com](mailto:o.mastykash@gmail.com).

УДК 629.349-838:502.1

В.Є. Олішевська, Г.С. Олішевський

## ПЛАНУВАННЯ МАЙБУТНЬОГО РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОПІДПРИЄМСТВА В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Розглянуто доцільність заміни автомобілів з двигуном внутрішнього згорання електромобілями. Розроблено методику розрахунку раціональної кількості рухомого складу підприємства.

**Ключові слова:** автомобіль з двигуном внутрішнього згорання, електромобіль, планування майбутнього рухомого складу підприємства, раціональний рухомий склад підприємства, екологічний транспорт.

*Expedience of replacement of cars with a combustion engine by electrocars is considered. The method of calculation of rational amount of rolling stock of enterprise is developed.*

**Keywords:** car with a combustion engine, electrocar, planning of future rolling stock of enterprise, rational rolling stock of enterprise, ecological transport.

За показниками приросту продажів електромобілів, Україна за темпами зростання випередила такі розвинуті автомобільні країни як США та Японія.

Разом з цим, в Україні досі невелика кількість електромобілів на особу у порівнянні з країнами ЄС. У середньому один електромобіль в Україні припадає на 92 тис. осіб, у той час як у Франції – на 1,4 тис., в Німеччині – на 2,7 тис., а в Італії – на 13 тис. В Західній Європі частка електромобілів склала 12 %, тому можна вважати ринок Європи лідером, найближчим до етапу швидкого масового переходу на електромобілі.

Вочевидь, що Україна потребує розвитку електромобілів, а питання використання електромобілів, оновлення рухомого складу автопідприємств в Україні набувають стратегічного значення [1].

Аналіз потенціалу та конкурентоспроможності електромобілів у порівнянні з автомобілями з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) показав, що важливими критеріями є вартість електромобіля та вартість його обслуговування [2]. Основний внесок у високу вартість електромобіля, в порівнянні з автомобілем з ДВЗ, вносять акумуляторна батарея і силова та зарядна електроніка. Сьогодні вартість цих компонентів може досягати 40...50 % від загальної вартості електромобіля.

З урахуванням того, що залежність витрат від кількості автомобілів є лінійною і вартість нових електромобілів більше, ніж у традиційних автомобілів з ДВЗ, то при вирішенні задачі мінімізації загальних витрат буде отримано некоректний результат, який полягає в рекомендації до відмови автопідприємствами від придбання та експлуатації електромобілів (рис. 1).

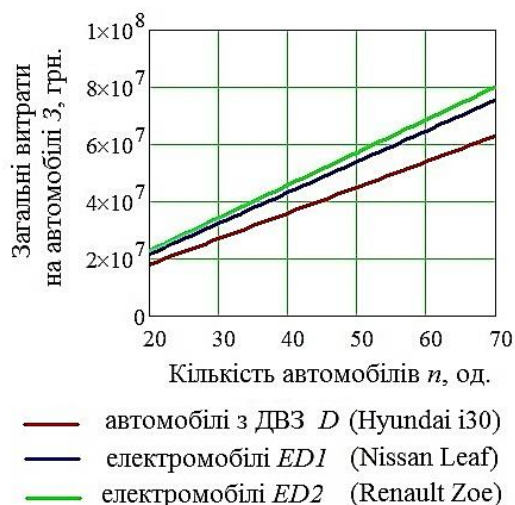


Рисунок 1 – Залежність загальних витрат  $Z$  на придбання і експлуатацію автомобілів від їх кількості  $n$



Тому, в якості раціональної умови планування майбутнього рухомого складу автопідприємства прийнята однаковість витрат на придбання та експлуатацію автомобілів для групи традиційних автомобілів з ДВЗ Hyundai i30 (*D*), групи електромобілів Nissan Leaf (*ED1*) і групи електромобілів Renault Zoe (*ED2*).

В роботі було розроблено методику розрахунку раціональної кількості рухомого складу підприємства, яка дозволяє планувати майбутній рухомий склад автопідприємства і замінювати традиційні автомобілі з ДВЗ екологічними електромобілями.

У якості вихідних параметрів для розрахунку раціонального рухомого складу було прийнято:

- вартість нового автомобіля;
- витрати на експлуатацію автомобіля;
- витрати на проведення технічного обслуговування (ТО) ТО-1 і ТО-2 автомобіля;
- витрати на запасні частини, масла та технічні рідини, що підлягають заміні відповідно до регламенту проведення ТО-1 і ТО-2 автомобіля;
- витрати на ремонтні роботи тягової батареї електромобіля і вартість нової батареї [3].

Методика реалізована в середовищі пакета Mathcad.

Результати розрахунків раціонального рухомого складу за трьома групами автомобілів на прикладах, коли автопідприємство планує придбати і експлуатувати кількість автомобілів  $n$  в межах від 20 до 70 одиниць, представлені на рис. 2 і в табл. 1.

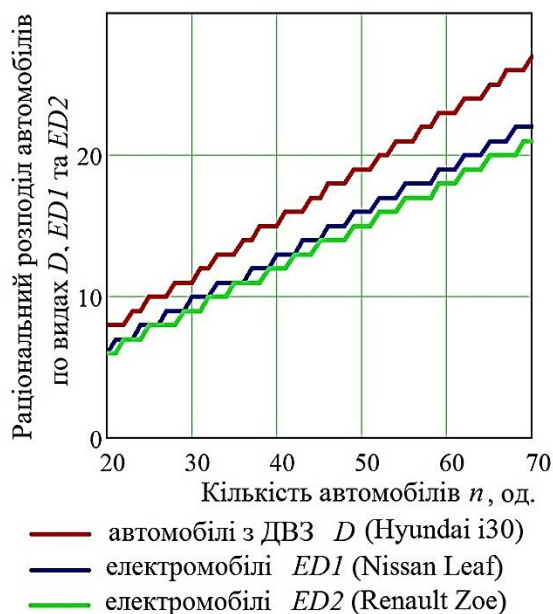


Рисунок 2 – Раціональний розподіл автомобілів Hyundai i30, електромобілів Nissan Leaf і Renault Zoe від загальної їх кількості  $n$

Таблиця 1 – Результати дослідження раціонального розподілу автомобілів на автопідприємстві

Рухомий склад підприємства	Загальна кількість автомобілів на автопідприємстві $n$ , од.		
	30	50	70
Автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 ( <i>D</i> )	11	19	27
Електромобілі Nissan Leaf ( <i>ED1</i> )	10	16	22
Електромобілі Renault Zoe ( <i>ED2</i> )	9	15	21

Наприклад, якщо автопідприємство планує придбати і експлуатувати 30 нових автомобілів, то раціональний варіант розподілу буде складати 11 автомобілів Hyundai i30, 10 електромобілів Nissan Leaf і 9 електромобілів Renault Zoe.

Якщо автопідприємство планує придбати і експлуатувати 50 нових автомобілів, то раціональний варіант розподілу буде складати 19 автомобілів Hyundai i30, 16 електромобілів Nissan Leaf і 15 електромобілів Renault Zoe.

Якщо автопідприємство планує придбати і експлуатувати 70 нових автомобілів, то раціональний варіант розподілу буде складати 27 автомобілів Hyundai i30, 22 електромобіля Nissan Leaf і 21 електромобіль Renault Zoe.

#### **Висновки**

В роботі проведено дослідження можливості зміни рухомого складу автопідприємства в сучасних умовах і визначено раціональне співвідношення традиційних автомобілів з ДВЗ і електромобілів.

Для вирішення поставленої задачі розроблено автоматизовану методику розрахунку раціональної кількості рухомого складу автопідприємства. Методика реалізована в середовищі пакета Mathcad.

Розподіл витрат при експлуатації автомобіля дозволяє коректно виконати дослідження витрат на автомобілі с ДВЗ та електромобілі, зробити пошук раціонального співвідношення витрат при експлуатації традиційних автомобілів і електромобілів.

Результати наукової роботи можуть бути використані при оновленні автомобільного парку Кабінету Міністрів України, Національної поліції України, центрів медичної допомоги, ДП «Укрпошта», НЕК «Укренерго», ДТЕК, компаній, що надають послуги таксі, послуги оренди автомобілів або послуги з обміну автомобілів (car-sharing) та інших організацій і підприємств.

#### **Список використаних джерел**

1. Global EV Outlook 2023 [Електронний ресурс]. 2023. 34 р. URL: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/525aa16b-7a9d-40f9-a89f-5e613f019220/GEVO2023\\_WEB.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/525aa16b-7a9d-40f9-a89f-5e613f019220/GEVO2023_WEB.pdf) (дата звернення 09.10.2023).

2. Олішевська В., Олішевський Г. Обґрунтування раціонального співвідношення кількості автомобілів на підприємстві в умовах переходу на екологічний транспорт. *Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин* : зб. тез доповідей міжнар. конф., м. Київ, 16–17 листопада 2022 р. Київ, 2022. С. 69-72. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/163356> (дата звернення: 05.10.2023).

3. Дослідження режимів технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом. ХНАДУ: Харківський національний автомобільно-дорожній університет. [Електронний ресурс]. 2020. 38 с. URL: [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C\\_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%95/2020R/AT\\_AE\\_MAX-80.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%95/2020R/AT_AE_MAX-80.pdf) (дата звернення: 09.10.2023).

**Олішевська Валентина Євгенівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, e-mail: [olishevskav.v.ye@nmu.one](mailto:olishevskav.v.ye@nmu.one)

**Олішевський Геннадій Сергійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри електроенергетики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, e-mail: [Olishevskiyi.H.S@nmu.one](mailto:Olishevskiyi.H.S@nmu.one)

**Olishevskaya Valentyna E.** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of Automobiles and Automobile Economy Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, e-mail: [olishevskav.v.ye@nmu.one](mailto:olishevskav.v.ye@nmu.one)

**Olishevskiy Hennadiy S.** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of Power Engineering Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, e-mail: [Olishevskiyi.H.S@nmu.one](mailto:Olishevskiyi.H.S@nmu.one)

УДК 371.214.2:629.331

А.В. Павліченко, В.О. Колесніков

## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ПРИ ВИКЛАДАННІ СПЕЦКУРСУ «ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА» ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ СЛЮСАРІВ З РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Наведено деякі відомості стосовно проблем з яким може стикнутись викладач при викладанні спецкурсу «Основи матеріалознавства», під час підготовки слюсарів з ремонту колісних транспортних засобів.

**Ключові слова:** транспорт, матеріалознавство, спецкурс, слюсар, навчання, колісний транспортний засіб, віртуальна реальність, 3D принтер, 3D друк.

*The article provides some information about the problems that a teacher may face when teaching the special course "Fundamentals of Materials Science" in the course of training mechanics for the repair of wheeled vehicles.*

**Keywords:** transport, materials science, special course, locksmith, training, wheeled vehicle, virtual reality, 3D printer, 3D printing.

«Основи матеріалознавства» - це важливий спецкурс (важлива дисципліна) для слюсарів та фахівців у сфері ремонту колісних транспортних засобів, оскільки матеріали грають важливу роль у процесі ремонту та експлуатації транспортних засобів.

Засвоєння навчального матеріалу з цієї дисципліни потребує базових знань зі шкільних курсів фізики, хімії та інших дисциплін, тому важливо, щоб студенти вже володіли необхідним обсягом інформації.

Водночас розвиток науки та техніки відбувається завдяки розробці та впровадженню нових матеріалів. Тому викладачам необхідно на заняттях давати навчальний матеріал який стосується не тільки традиційних матеріалів, але й таких, що можна застосовувати вже зараз. Це може стосуватись нових змащувальних рідин, композиційних матеріалів тощо.

Для додаткового засвоєння начального матеріалу, можна влаштовувати заходи за принципом студентських конференцій, де студенти готують доповіді разом з презентаціями, а також факультативні заняття, де можна розбирати цікаві теми, до прикладу, якісь цікаві наукові ініціативи чи проекти запропоновані світовими науковими школами.

Серед цікавих заходів, можна впроваджувати екскурсії на підприємства, де обговорювати застосування матеріалів на конкретних прикладах. Крім того, доречними будуть - походи в інтерактивні музеї «Науки та техніки», що вже діють в різних містах нашої країни. Для прикладу, у Львівському музеї є цілий відділ присвячений автомобілю Формула І.

Також перспективним напрямком, для подачі навчального матеріалу є застосування засобів віртуальної реальності. Вони допомагають краще засвоювати принципи дії машин та механізмів. Застосування цих методів може позбавити необхідності проведення натурних ремонтних робіт, якщо не має такої можливості.

Матеріалознавство є важливим для слюсарів, оскільки вони повинні розуміти, які матеріали краще використовувати для підтримки в належному стані транспортних засобів. Курс може допомогти їм вибирати матеріали, які відповідають конкретним умовам та вимогам. За необхідності слід розуміти, які деталі можуть ремонтуватись за допомогою проведення зварювальних робіт або інших робіт. Наприклад, деякі деталі можна спочатку створити за допомогою комп'ютерного 3D моделювання, а потім видрукувати на 3D принтері, або обрати якусь іншу технологію.

Для слюсарів важливо мати можливість застосовувати свої знання на практиці. Потрібно забезпечити доступ до лабораторних робіт та практичних занять для набуття навичок.

Курс повинен постійно оновлюватися, щоб відображати останні досягнення у матеріалознавстві та забезпечувати студентів актуальною інформацією.

Усі ці аспекти вимагають уваги та зусиль як викладачів, так і студентів, для успішного вивчення та застосування спецкурсу «Основи матеріалознавства» в практиці для виготовлення та ремонту колісних транспортних засобів.

Список використаних джерел

1. Аптекарь М.Д., Колесников В.А., Балицкий А.И. Технология металлов и материаловедение. Часть 1.: Учебн. пособ. – К.: Краснодар. ВГУ им. В. Даля, 2012. – 151 с. Номер электронного сертификата 2845.
2. Колесников В.А., Опыт использования средств виртуальной инженерии при изложении дисциплин: технология конструкционных материалов, технология металлов и материаловедение // Збірник наук. праць СГУ ім. В. Даля, Луганськ. XVIII науково-практична конференція «Університет і регіон: проблеми сучасної освіти».
3. Коротков В.И., Колесников В.А., Балицкий А.И. Методология инженерной и изобретательской деятельности: Учебн. пособ. – К.: Краснодар. ВГУ им. В. Даля, 2013. – 110 с. Номер электронного сертификата 2917.
4. Коротков В.И., Колесников В.А., Балицкий А.И. Машиноведение: Учебное пособие. – Луганск: Издательство ВГУ им. Владимира Даля, 2013. – 151с. Номер электронного сертификата 2918.
5. Колесников В.А., Сыроваткин С.В., Колесникова Е.Б. Использование технологий виртуальной реальности для подготовки специалистов в области автомобильного транспорта // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 18-22.
6. Колесніков В.О., Глюзицький О.О. Застосування можливостей нових технологій та прикладного матеріалознавства для впровадження автомобільних матеріалів // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 49-57.
7. Колесников В.А. Развитие новых компьютерных технологий в Германии // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СГУ ім. В. Даля, 2008. – № 6(124). Частина 2. – С.170-175.
8. Колесников В.А., Верительник Е.А., Манченко М.В., Колесникова Е.Б. Перспективы использования новых пакетов компьютерных программ при изложении курсов инженерных дисциплин // XV Науково-практична конференція «Університет і регіон: Проблеми сучасної освіти». 11-12 листопада 2009 року // Зб. Наук. Праць СГУ. - Частина II. - Луганськ. - 2009. – С. 259 - 261.
9. Колесніков В.О., Коровін Я.В., Савченко Е. Перспективи використання 3D принтерів // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 квітня 2012 р. С. 338 - 341.
10. Павлова Ю.В., Рулевська Т.Ф., Колесніков В.О. Застосування адитивних технологій в автомобільній галузі // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С. 97 -102.

*Павліченко Андрій Володимирович* – здобувач вищої освіти 2 курсу другого (магістерського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

*Колесніков Валерій Олександрович* – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

*Pavlichenko Andriy Volodymyrovych* – 2nd year student of another (master's) level of specialty "Professional education. Transport", " Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny.

*Kolesnikov Valerii Oleksandrovych* – Ph.D., Researcher, Department of Strength of Materials and Structures in Hydrogen-Bearing Media, Karpenko Institute of Physics and Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

УДК 629.113

О.М. Пилипенко, Д.Б. Бегерський, А.О. Коваль

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО ВІД АЕРОДИНАМІКИ АВТОПОЇЗДА**

*Представлено результати аналізу впливу аеродинамічних характеристик автопоїзда на його паливну економічність. Показано, що одним із ключових параметрів, що впливає на аеродинаміку автопоїзда є відстань між кабіною і напівприцепом. Встановлено, що використання таких технологій, як аеродинамічні панелі, може суттєво покращити характеристики аеродинаміки автопоїзда, що, у свою чергу, матиме позитивний вплив на паливну економічність та інші експлуатаційні характеристики автопоїзда.*

**Ключові слова:** автопоїзд, опір повітря, паливна економічність, напівприцеп, комп'ютерне моделювання.

*The results of the analysis of the influence of the aerodynamic characteristics of the road train on its fuel efficiency are presented. It is shown that one of the key parameters affecting the aerodynamics of the road train is the distance between the cabin and the semi-trailer. It has been established that the use of such technologies as aerodynamic panels can significantly improve the aerodynamic characteristics of a road train, which, in turn, will have a positive effect on fuel economy and other operational characteristics of the road train.*

**Key words:** road train, air resistance, fuel efficiency, semi-trailer, computer simulation.

Аеродинаміка в автотранспорті відіграє важливу роль у витратах пального та інших експлуатаційних властивостях автопоїздів. Один з ключових аспектів цієї проблеми - відстань між кабіною і напівприцепом, яка має значний вплив на опір повітря та паливну ефективність. У цьому дослідженні розглянуто важливість аеродинамічного дизайну для зменшення витрати пального та покращення експлуатаційних характеристик автопоїздів [1].

**Роль аеродинаміки у витратах пального**

Аеродинаміка відіграє вирішальну роль у витратах пального для великих вантажних автопоїздів. Опір повітря є однією з основних сил, які сприяють збільшенню витрат пального на дорозі. Високий опір повітря виникає внаслідок взаємодії між автомобілем і повітрям під час руху на великих швидкостях. Підвищення аеродинамічної ефективності автопоїзда, зменшення опору повітря та оптимізація форми кузова можуть значно знизити витрати пального та поліпшити показники паливної ефективності.

Фахівці для створення аеродинамічної моделі розраховують розподіл по осях підйомної сили, що дуже важливо з урахуванням чималих швидкостей сучасних автомобілів, забезпечують доступ повітря для охолодження двигуна і гальмівних механізмів, продумують місця забору і виходу повітря для системи вентиляції салону, прагнуть знизити рівень шумів у салоні, оптимізують форму деталей кузова для зменшення забруднення стекол, дзеркал і світлотехніки [2].

Причому рішення однієї задачі часто суперечить виконанню іншої. Наприклад, зниження коефіцієнта лобового опору покращує обтічність, але одночасно погіршує стійкість автомобіля до поривів бічного вітру. Тому треба шукати розумний компроміс.

**Вплив відстані між кабіною і напівприцепом на аеродинаміку**

Відстань між кабіною і напівприцепом є критичним аспектом аеродинаміки автопоїзда. Велика відстань між цими двома частинами призводить до утворення великої турбулентної області позаду кабіни, що підвищує сумарний опір повітря. Це призводить до збільшення витрати пального. З іншого боку, оптимальна форма і розташування напівприцепа може допомогти зменшити цей опір, покращити аеродинаміку та підвищити паливну економічність.

Аналіз конструкцій засобів зниження аеродинамічного опору автопоїздів свідчить про те, що в основному автовиробниками увага приділяється покращенню показників обтічності передньої частини транспортного засобу, бічних поверхонь, задньої частини, недостатньо уваги приділяється частині між кузовом тягача і причепом, напівприцепом і причепом. У результаті зазори між ними стають джерелами завихрень потоку повітря, що призводить до збільшення аеродинамічного опору. При цьому якщо врахувати, що швидкості руху магістральних автопоїздів складають 70...90 км/год і квадратичну залежність сили опору повітря від швидкості,

то можна зробити висновок про суттєві енерговитрати на подолання сили опору повітря і необхідність проведення робіт із їх зниження [3].

При комп'ютерному моделюванні автопоїзда добре видно різницю опорів при різних значеннях відстані між кабіною та напівпричепом (рис. 1).

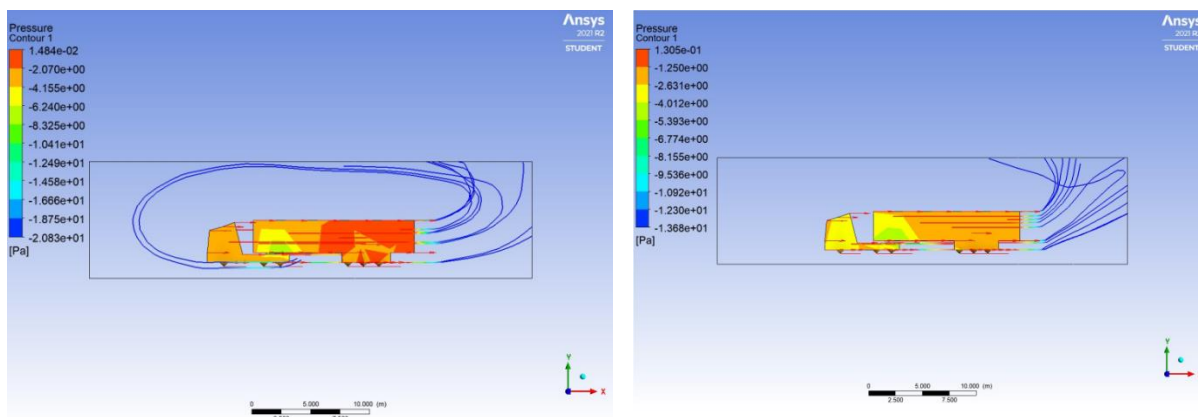


Рисунок 1 - Моделювання автопоїзда

### Використання сучасних технологій та інновацій

Сучасні досягнення в галузі аеродинаміки та інновації мають ключове значення для зменшення витрат пального в транспорті. Використання обтічних дзеркал, автоматично регульованих аеродинамічних панелей та інших технологічних рішень дозволяє автомобілям та поїздам мінімізувати опір повітря. Ці інновації особливо корисні для автомобілів з поганими аеродинамічними характеристиками. Як приклад можна вказати покращення коефіцієнта легкості руху ( $C_x$ ) на автомобілі "Остін Алегро BL". Зменшення  $C_x$  з 0,44 до 0,40 призвело до зниження витрат пального на 11% [4]. Ці технології розробляються, враховуючи останні принципи аеродинаміки і автоматично регулюються в реальному часі, щоб забезпечити найкращу продуктивність і ефективність споживання пального.

### Висновок

Аеродинаміка великого вантажного автопоїзда має суттєве значення для зменшення витрати пального та поліпшення експлуатаційних характеристик. Оптимізація відстані між кабіною та напівпричепом, використання сучасних технологій та інновацій, а також ретельний аналіз впливу аеродинаміки дозволяють автопоїздам стати більш паливноекономічними та екологічно стійкими.

### Список використаних джерел

1. Евграфов А.Н. Аеродинаміка автомобіля видавництво МГІУ, 2010
2. Аэродинамика автомобиля. Год выпуска: 1987. Автор: ред. В.Г. Гухо
3. Дослідження аеродинамічних показників автопоїзда методом фізичного моделювання, Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський, М.М. Можаровський, О.Є. Опанасюк, Державний університет «Житомирська політехніка»
4. Автомобільні кузови О. М. Артюх, О. В. Дударенко В. В. Кузьмін, А. Ю. Сосик А. В. Щербина, 2022

**Бегерський Дмитро Богданович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, e-mail: [begerskiy@gmail.com](mailto:begerskiy@gmail.com)

**Коваль Андрій Олегович** – аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, [asp\\_kao@student.ztu.edu.ua](mailto:asp_kao@student.ztu.edu.ua)

**Пилипенко Олександр Михайлович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир.

***Beherskyi Dmytro*** – Ph.D., Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, e-mail: ***begerskiy@gmail.com***

***Koval Andriy*** – PhD student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, ***asp\_kao@student.ztu.edu.ua***

***Pylypenko Oleksandr*** - Doctor of Engineering, professor, professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, State University "Zhytomyr Polytechnic", Zhytomyr.

УДК 656.027

Г.В. Півторак, С.В. Приставський, О.І. Бондарчук

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ПЕРЕХРЕСТЬ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ШВИДКІСТЬ НА МАРШРУТІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

*Розглянуто вплив частоти лівих поворотів на шляху руху маршруту громадського пасажирського транспорту на середню експлуатаційну швидкість руху пасажирських транспортних засобів різних типів. Отримані математичні залежності можна використовувати для прогнозування.*

**Ключові слова:** громадський транспорт, експлуатаційна швидкість, перехрестя, автобус, тролейбус.

*The impact of the frequency of left turns on the route of public passenger transport on the average operating speed of various types of passengers' vehicles is considered. The resulting mathematical functions can be used for forecasting.*

**Keywords:** public transport, operating speed, intersection, bus, trolleybus.

Стале міське середовище неможливе без оптимізації міської транспортної системи з акцентом на громадський транспорт. Проте швидкість переміщення громадським транспортом є одним із чинників, який негативно оцінюється пасажирами [1]. Витрати часу на маршруті поділяють на дві частини: основні витрати (проїзд перегонами маршруту, заїзд на зупинку, посадка/висадка пасажирів, виїзд з зупинки) та додаткові витрати (затримки на перехрестях чи перегонах) [2]. Мінімізація додаткових витрат часу дозволить підвищити швидкість поїздки та підвищити якість обслуговування. Кількісна оцінка чинників, які впливають на час поїздки транспортного засобу громадського транспорту, необхідна також для вдосконалення систем прогнозування та інформації для пасажирів. Деякі дослідники відзначають проблему, що часто при аналізі чи моделюванні функціонування маршруту ГПТ середні швидкості поїздки обираються для всього маршруту, ігноруючи відмінності між різними частинами маршруту [3]. Це погіршує якість прогнозування часу прибуття транспортного засобу на зупинку та моделювання вибору маршруту.

Для оцінки впливу кількості поворотів на перехрестях на шляху руху громадського транспорту на експлуатаційну швидкість на маршруті проведено дослідження на трьох ділянках ВДМ Львова з однаковою кількістю смуг руху (2x2 смуги), приблизно однаковою середньою інтенсивністю транспортного потоку, проте різною кількістю перехресть:

- ділянка № 1: довжина – 2 км, кількість поворотів – два лівих та один правий;
- ділянка № 2: довжина – 1,56 км, кількість поворотів – один лівий та два правих;
- ділянка № 3: довжина – 1 км, кількість поворотів – три лівих та два правих.

По кожній з ділянок проходять маршрути громадського транспорту трьох видів: тролейбусні, автобусні, які обслуговуються автобусами великої пасажиромісткості та автобусні, які обслуговуються автобусами середньої пасажиромісткості. Ділянки обмежувалися зупинками ГПТ з обох боків.

Дослідження проводилися протягом кількох робочих днів в період з 12:00 до 13:00 год (непіковий період, відсутність заторів). Під час досліджень фіксувався час проїзду ділянки кожним з транспортних засобів (від моменту відправки ТЗ від зупинки на початку ділянки до моменту прибуття на зупинку закінчення ділянки). Експлуатаційні швидкості розраховувалися за типовою формулою, як відношення довжини ділянки до часу її проїзду. Результати проведених розрахунків середніх експлуатаційних швидкостей руху подано в табл. 1. Середня експлуатаційна швидкість визначалася як середнє арифметичне всіх наявних значень.

Для коректного порівняння результатів визначено кількість лівих поворотів з розрахунку на 1 км шляху маршруту на кожній з ділянок. Найбільша частота лівих поворотів на ділянці № 3, з найменшими середніми експлуатаційними швидкостями руху, найменша – на ділянці № 2, з найбільшими середніми швидкостями. Також на ділянці № 3 найменша різниця між середніми швидкостями ТЗ різних типів: середня швидкість автобуса великої пасажиромісткості на 7% менша, ніж автобуса середньої пасажиромісткості, а середня швидкість тролейбуса – нижча на 22%.



Таблиця 1 – Результати розрахунків середніх експлуатаційних швидкостей руху на основі результатів спостережень

Тип транспортного засобу	Кількість спостережень на ділянці			Середня експлуатаційна швидкість проїзду ділянки, км/год			Стандартне відхилення, км/год		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
Автобус великої пасажиромісткості	12	14	12	17,8	22,1	13,8	1,0	0,9	0,5
Автобус середньої пасажиромісткості	14	14	13	22,9	23,9	14,8	0,3	0,9	1,0
Тролейбус	14	14	13	13,2	16,2	11,5	1,2	0,7	0,5

В табл. 2 подано побудовані рівняння зміни середньої експлуатаційної швидкості залежно від частоти лівих поворотів.

Таблиця 2 – Математичні залежності середньої експлуатаційної швидкості руху на маршруті від частоти лівих поворотів

Тип транспортного засобу ГПТ	Рівняння зміни експлуатаційної швидкості ( $V_e$ ) залежно від кількості лівих поворотів на 1 км шляху ( $x$ )	Коефіцієнт детермінації
Автобус великої пасажиромісткості	$V_e^{e.a.} = 19,152 \cdot x^{-0,286}$	0,93
Автобус середньої пасажиромісткості	$V_e^{c.a.} = 21,665 \cdot x^{-0,316}$	0,90
Тролейбус	$V_e^{mp} = 14,121 \cdot x^{-0,193}$	0,87

Для оцінки коректності отриманих рівнянь проведено заміри фактичної експлуатаційної швидкості на контрольній ділянці (довжина – 6,56 км, 8 лівих поворотів, 1,22 лівих повороти на 1 км шляху) – табл. 3.

Таблиця 3 – Результати перевірки коректності отриманих рівнянь

Тип транспортного засобу ГПТ	Середня експлуатаційна швидкість (згідно натурних спостережень)	Розрахункова середня експлуатаційна швидкість (згідно рівнянь табл. 2)	Різниця, %
Автобус великої пасажиромісткості	21,7	18,1	16,6%
Автобус середньої пасажиромісткості	19,7	20,3	3,2%
Тролейбус	14,6	13,6	7,1%

Результати моделювання зміни швидкості сполучення на тролейбусному маршруті залежно від зміни кількості лівих поворотів на маршруті подано на рис. 1.

Швидкість різкіше падає при значенні частоти лівих поворотів до 3 поворотів/км та вищих фактичних значеннях швидкостей: для тролейбусів різниця між швидкостями на початку на кінці цього діапазону становить 35% (зменшення від 17,5 до 11,4 км/год), для великих автобусів – 47% (зменшення від 26,3 до 14 км/год), а для середніх автобусів – 51% (зменшення від 30,7 до 15,3 км/год). При менших експлуатаційних швидкостях подальше зростання частоти лівих поворотів зменшує темпи падіння: при зміні частоти від 3 до 6 лівих поворотів швидкість для транспортних засобів різних типів падає на 11% (тролейбуси), 15% (автобуси великої пасажиромісткості) та 17% (автобуси середньої псаажиромісткості).

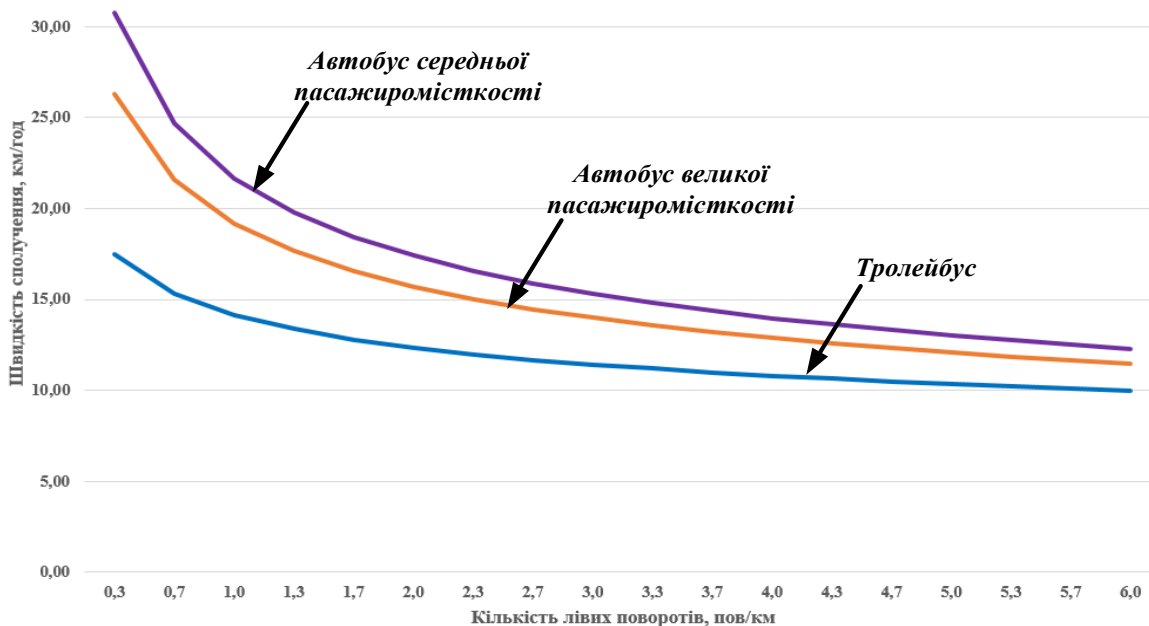


Рисунок 1 – Моделювання зміни швидкості сполучення на маршруті ГПТ залежно від частоти лівих поворотів на шляху руху

Отримані результати доцільно враховувати при плануванні маршрутів руху громадського пасажирського транспорту та оцінюванні тривалості рейсу загалом та проїзду окремих ділянок маршруту зокрема.

#### Список використаних джерел

11. Ingvardson J. B., Kaplan S., de Abreu e Silva J., di Ciommo F., Shiftan Y., Nielsen O. A. Existence, relatedness and growth needs as mediators between mode choice and travel satisfaction: evidence from Denmark. *Transportation*, 2020. V.47, pp. 337–358. <https://doi.org/10.1007/s11116-018-9886-3>
12. Transit Capacity and Quality of Service Manual: Third Edition. Washington D.C.: Transportation Research Board, 2013. 685 p.
13. Feng W., Figliozzi M., Bertini R.L. Quantifying the joint impacts of stop locations, signalized intersections, and traffic conditions on bus travel time. *Public Transport*, 2015. V. 7, pp. 391–408. <https://doi.org/10.1007/s12469-015-0105-8>

**Півторак Галина Василівна** – к.т.н., ст.викл. кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, e-mail: halyna.v.pivtorak@lpnu.ua.

**Приставський Степан Володимирович** – магістрант кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, e-mail: stepan.prystavskiy.mttop.2022@lpnu.ua.

**Бондарчук Ольга Ігорівна** – магістрантка кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, e-mail: olha.bondarchuk.mttop.2022@lpnu.ua.

**Pivtorak Halyna Vasylivna** – Ph.D., senior lecturer of the Department of Transport Technologies, Lviv National Polytechnic University, Lviv, e-mail: halyna.v.pivtorak@lpnu.ua.

**Prystavskiy Stepan Volodymyrovych** – master student of the Department of Transport Technologies, Lviv National Polytechnic University, Lviv, e-mail: stepan.prystavskiy.mttop.2022@lpnu.ua.

**Bondarchuk Olha Ihorivna** – master student of the Department of Transport Technologies, Lviv National Polytechnic University, Lviv, e-mail: olha.bondarchuk.mttop.2022@lpnu.ua.

УДК 62-868(06)

М.В. Пікула

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ НА ОСНОВІ РОЗРОБКИ ПРОЦЕСІВ ВІБРОХВИЛЬОВОГО РОЗБИРАННЯ ТА ОЧИЩУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

*Розглянуто доцільність застосування вібраційної та віброхвильової технологій в ремонтному виробництві з урахуванням його особливостей. Наведено результати експериментальних досліджень.*

**Ключові слова:** ремонтне виробництво, життєвий цикл виробу, вібраційна технологія, віброхвильова технологія.

*The expediency of using vibration and vibration-wave technologies in repair production is considered, taking into account its features. The results of experimental studies are given.*

**Keywords:** repair production, product life cycle, vibration technology, vibration wave technology.

На сучасному етапі перед машинобудівниками поставлено завдання значного підвищення експлуатаційних та якісних показників продукції за безперервного зростання обсягу її випуску. Одним із напрямків вирішення цього завдання є підвищення експлуатаційних показників машин за рахунок технічного обслуговування та ремонту об'єктів виробництва, у ході якого можливе виконання їх повної або часткової утилізації.

Ремонтне виробництво, на відміну від виробництва нових виробів, характеризується значним обсягом розбиральних і мийно-очищувальних робіт, складним дефектуванням деталей, багатоваріантними технологічними рішеннями ремонту деталей одного найменування, нестабільністю технічного стану об'єктів, які надходять у ремонт, необхідністю його технічного приймання тощо.

Розбиральний процес, будучи важливим підготовчим етапом ремонту виробу, багато в чому визначає можливість отримання необхідних показників якості виробу для подальшого використання та виконання всіх дій, пов'язаних з усуненням різних видів дефектів. Найважливішим завданням, що вирішується при цьому, є забезпечення збереження деталей, що з'єднуються, при зниженні зусиль розбирання, за оптимальний час. У ході розбирання пар слід уникати:

1) можливості втрати жорсткості та щільності з'єднань, що може призводити до порушення герметичності в з'єднаннях або викликати динамічні навантаження, які призводять до прискореного зношування та поломки деталей;

2) порушення посадок, що характеризується збільшенням зазорів у рухомих з'єднаннях та зменшенням натягу у нерухомих з'єднаннях;

3) зміни відхилення форм та взаєморозташування поверхонь окремих деталей, що веде до втрати співвісності, паралельності, перпендикулярності осей деталей щодо один одного, зміни круглості, площинності тощо, а також відстані між деталями;

4) порушення контакту спряжених поверхонь, що характеризується зміною площі їхнього прилягання.

Серед невирішених завдань загальної технології ремонту машин важливе місце відводиться продуктивності розбирання з'єднань, якості мийно-очищувальних та оздоблювально-зачищувальних операцій при обробці вузлів та деталей різних виробів (очищення від твердих та нагароподібних забруднень, окалини, корозійних та маслянистих утворень, задирок і округлення кромки). При цьому якість обробки вузлів та деталей безпосередньо впливає не тільки на довговічність та надійність відремонтованих машин, а й на їхню продуктивність.

У забезпеченні зазначених завдань важлива роль відводиться розробці та вдосконаленню методів розбирання різьбових та пресових з'єднань, оздоблювальної обробки, розширенню технологічних можливостей, впровадженню на їх основі нових технологічних процесів.

Вібраційна технологія, вирішуючи відомі завдання, часто істотно відрізняється від традиційних методів обробки, причому дозволяє створювати нові методи обробки та технологічні процеси, що характеризуються вищою інтенсивністю та продуктивністю, що сприяють розробці екологічно чистих ресурсозберігаючих технологій.

Перспективним напрямом удосконалення традиційних процесів розбирання є введення коливань у зону контакту поверхонь деталей, коли поряд з основними рухами, передбаченими технологічною схемою розбирання, деталям додатково надаються коливання віброхвильової частоти. Використання фізико-технологічних особливостей віброхвильового впливу та супутніх ефектів відкриває якісно нові можливості в організації та проведенні процесів розбирання, покращення функціональних параметрів спряжень.

Окремі роботи, присвячені застосуванню віброхвильового впливу при розбиранні пресових, різбових і прецизійних сполук, стосуються лише окремих сторін питання. Тому виявлення та теоретичні узагальнення закономірностей впливу вібраційного та віброхвильового навантаження на основні фізико-технологічні показники обробки деталей і вузлів та розробка на їх основі нових способів технологічного забезпечення якості спряжень, роз'єднань у процесі розбирання та складання є актуальною проблемою.

Зазначимо, що, як показали експериментальні дослідження, віброхвильове навантаження пресових з'єднань з гарантованим натягом істотно послаблює потрібне зусилля для його розбирання. Це пояснюється впливом безлічі мікроударів, поступовому зниженню натягу внаслідок деформування і руйнування вершин мікронерівностей і можливістю розподілу дрібних частинок у западинах мікропрофілю поверхні, що утворилися, а це сприяє зниженню коефіцієнта тертя і шорсткості поверхні спряжених деталей.

Мікрорельєф контактуючих поверхонь при віброхвильовому розбиранні залежить від схеми навантаження і характеризується рядом особливостей порівняно з розбиранням у звичайних умовах.

Збільшення натягу між валом та втулкою супроводжується підвищенням зусилля, необхідного для розбирання з'єднання.

Зміна (підвищення) мікротвердості поверхневого шару обумовлена наявністю тертя при складально-розбиральній операції з'єднання з натягом, а також місцевими деформаціями та мікрорізнанням.

Поверхня валу після розбирання без віброхвильової обробки характеризується наявністю часто розташованих довгих і глибоких подряпин, а мікротопографія поверхні представлена нерівностями, що чергуються, величина яких порівнянна з вихідною висотою. Вивчення поверхні після віброхвильового розбирання при її збільшенні показало заповнення западин нерівностей дрібними продуктами зношення, що свідчить про виникнення процесу мікрорізнання і зростання фактичної площі контакту.

***Пікула Микола Веніамінович*** - старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне, e-mail: [m.v.pikula@nuwm.edu.ua](mailto:m.v.pikula@nuwm.edu.ua)

***Pikula Mykola Veniaminovich*** - Senior Lecturer of the Department of automobiles and automotive industry, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: [m.v.pikula@nuwm.edu.u](mailto:m.v.pikula@nuwm.edu.u)

УДК 656

У.М. Плекан, Н.Я. Рожко

## ОСОБЛИВОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В МАЛИХ МІСТАХ І СЕЛИЩАХ МІСЬКОГО ТИПУ

*Розглянуто особливості та проблеми функціонування міського громадського пасажирського транспорту. Обґрунтована необхідність вдосконалення організаційної складової транспортних послуг, що надаються в малих містах та селищах міського типу.*

**Ключові слова:** пасажирські перевезення, автомобільний транспорт, громадський транспорт, організація перевезення.

*Peculiarities and problems of functioning of urban public passenger transport are considered. The need to improve the organizational component of transport services is justified, in particular, provided in small towns and urban-type settlements.*

**Keywords:** passenger transportation, road transport, public transport, transportation organization.

Один із головних аспектів, що вимагає уваги у сфері обслуговування міського населення, – це надання якісних та своєчасних послуг у сфері пасажирських перевезень. Перевезення пасажирів є важливим видом послуг та може бути віднесено до сфери обслуговування. Характеристиками послуг перевезення варто відзначити такі особливості: їх неможливість відчувати безпосередньо, невіддільність від моменту виробництва та споживання, неспроможність зберігатися та високий ступінь невизначеності або змінності.

Організація роботи громадського пасажирського транспорту у малих містах та селищах міського типу має велике значення для забезпечення комфортного та безпечного переміщення населення. Ефективність організації перевезень може значно вплинути на розвиток регіону як з економічної, так і з соціальної точки зору. Підвищення якості обслуговування пасажирів на автомобільному транспорті має потенціал також позитивно впливати на всі аспекти діяльності компаній-перевізників.

Більше 65% населення України мешкає у містах, тому стабільне функціонування міського громадського пасажирського транспорту є важливою умовою для успішних трудових та побутових поїздок в міських та приміських районах. Це має виняткове соціальне значення для населення. Зміна структури попиту на транспортні послуги, розвиток комерційного пасажирського транспорту та старіння автопарку становлять основні виклики, з якими стикається громадський пасажирський транспорт. Особливої актуальності розвиток пасажирських перевезень набуває в малих містах і селищах міського типу через обмежені фінансові ресурси місцевої влади.

Пасажирські перевезення в малих містах і селищах міського типу в Україні мають свої особливості і проблеми, які відрізняються від більших міст. Досі спостерігається обмежена доступність громадського транспорту, не всі населені пункти мають регулярні маршрути автобусів або тролейбусів. Недостатній транспортний розвиток є чи не найбільшою проблемою. Варто також зазначити, що малим містам зазвичай не вистачає фінансових ресурсів для будівництва швидкісних транспортних систем, які могли б значно полегшити пасажирські перевезення. Типовою проблемою для сфери автомобільних перевезень залишається застарілість автопарку: автобусів та іншого транспорту для перевезення пасажирів. Місцева влада часто володіє обмеженими бюджетними ресурсами для підтримки громадського транспорту та його розвитку. Дана ситуація призводить до низької якості обслуговування та високого рівня аварійності.

Основні недоліки існуючої організації транспортних послуг у пасажирських перевезеннях в малих містах і селищах міського типу включають:

- відсутність організаційного забезпечення необхідних, але неекономічних послуг;
- низька якість та неефективність роботи муніципальних автобусів;
- проблеми безпеки на обслуговуваних маршрутах;
- недоліки в координації між перевізниками різних форм власності.

Зазначені проблеми знижують популярність громадського транспорту і спонукають населення до використання особистих автомобілів. Разом з тим, не всі категорії населення мають можливість користуватися власними автомобілями. Громадський транспорт може бути особливо важливим для молоді, літніх людей, людей з обмеженими можливостями і тих, хто не має власного автомобіля.

Пасажи́рські перевезення в малих містах і селищах міського типу в Україні стикаються зі своїми унікальними проблемами і вимогами, і розв'язання цих питань вимагає адаптованих стратегій і підходів до управління громадським транспортом. Підходи та заходи для покращення пасажирських перевезень мають бути комплексними:

- визначення маршрутів, які задовольняють потреби населення та забезпечують зручний доступ до ключових пунктів міста чи селища, з наступним розширенням чи оптимізацією маршрутів;
- інвестування в модернізацію транспортного парку для підвищення комфорту та надійності перевезень;
- впровадження екологічних технологій, зокрема, використання електробусів чи гібридних автобусів;
- розвиток інфраструктури зупинок, включаючи навіси, лавки, інформаційні дошки;
- встановлення пандусів, підйомників та інших засобів для забезпечення доступності громадського транспорту для всіх груп населення;
- регулювання роботи приватних перевізників із контролем дотримання відповідності стандартам безпеки та якості перевезень;
- пошук додаткових джерел фінансової підтримки для модернізації і розвитку громадського транспорту;
- підвищення свідомості населення про переваги використання громадського транспорту та його вплив на довкілля через систему інформування.

У сучасних умовах з ростом необхідності якісних пасажирських перевезень і впливом різних факторів на транспортний рух, ефективне управління, моніторинг та координація пасажиропотоку стають важливим завданням, тому доцільним є використання передових програмних засобів і методів для покращення ефективності пасажирських перевезень. Важливо враховувати конкретні особливості кожного населеного пункту та розробляти індивідуальні стратегії для кожного з них. Необхідно вдосконалити організаційну структуру транспортних послуг та забезпечити ефективне перевезення пасажирів для забезпечення потреб мешканців малих міст і селищ міського типу у доступному та якісному громадському транспорті.

#### Список використаних джерел

1. Доля В. К. Пасажи́рські перевезення: підручник. – Харків: Видавництво «Форт», 2011. 504 с.
2. Кристопчук М.Є., Лобашов О.О. Приміські пасажирські перевезення: навчальний посібник. – Х.: НТМТ, 2012. 224 с.
3. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Закономірності формування потоків пасажирів в маршрутних мережах малих міст. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2017. № 2. С. 100-106.

**Плекан Уляна Михайлівна** – к.е.н., доцент кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: [uliana\\_plekan@ukr.net](mailto:uliana_plekan@ukr.net).

**Рожко Наталія Ярославівна** – д.е.н., проф. кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: [uliana\\_plekan@ukr.net](mailto:uliana_plekan@ukr.net).

**Plekan Uliana Mykhailivna** –Ph.D., associate professor of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, e-mail: [uliana\\_plekan@ukr.net](mailto:uliana_plekan@ukr.net).

**Rozhko Natalia Yaroslavivna** – DSc., professor of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, e-mail: [rozhko18@gmail.com](mailto:rozhko18@gmail.com)

УДК 656.1

У.М. Плекан, О.П. Цьонь, О.О. Окунський

## ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ГРАФОАНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ

*Розглянуто сутність та важливість діагностики стану автотранспортного підприємства та аналізу наявного потенціалу, який має використовувати підприємство для вибору власного стратегічного розвитку. Побудовано графоаналітичну модель потенціалу обраного підприємства з відображенням ресурсного, інвестиційного, маркетингового, організаційного, інноваційного та виробничого потенціалів.*

**Ключові слова:** автотранспортне підприємство, потенціал транспортного підприємства, стратегія розвитку.

*The essence and importance of diagnosing the state of the motor vehicle enterprise and analyzing the existing potential, which the enterprise should use to choose its own strategic development, are considered. A graph-analytical model of the potential of the selected enterprise was built, reflecting the resource, investment, marketing, organizational, innovation and production potentials.*

**Keywords:** motor vehicle enterprise, potential of the transport enterprise, development strategy.

Умови сьогодення вимагають від підприємств транспортної галузі не тільки зосередження на своєму внутрішньому стані, але й своєчасного контролю за змінами, що відбуваються у зовнішньому середовищі. Забезпечення пристосованості підприємства до непередбачуваних ситуацій у майбутньому стає важливою управлінською задачею. Виходячи на ринок з конкурентоспроможним продуктом, транспортне підприємство лише розпочинає свою діяльність з освоєння ринку і закріплення на ньому. Подальша робота полягає у складних та наполегливих зусиллях з управління конкурентоспроможністю фірми.

В процесі діагностики стану АТП варто проаналізувати наявний потенціал, який має використовувати підприємство для вибору власного стратегічного розвитку. Для оцінки різних елементів потенціалу та визначення їх впливу на конкурентну поведінку підприємств транспортної галузі можна використовувати графоаналітичний метод. Цей метод надає можливість системно встановлювати якісні та кількісні зв'язки між окремими елементами потенціалу. За допомогою графоаналізу можна провести оцінку і аналіз впливу різних факторів, таких як ресурси, технології, людські ресурси та інші, на конкурентоспроможність підприємства в транспортній галузі. Даний підхід дозволяє отримати комплексну оцінку потенціалу підприємства та розкрити взаємозв'язки між його складовими елементами. Моделювання допомагає виявити дисгармонії векторів, які описують потенціали розвитку [1].

Оцінка потенціалу АТП, який може використовуватися для стратегічного розвитку, є досить складною, адже весь потенціал відображає різні напрями діяльності, починаючи з процесу розробки транспортної послуги і завершуючи оцінкою її конкурентоспроможності. Виділяють три рівні характеристик оцінки стану розвитку автотранспортного підприємства.

На першому рівні аналізують витрати всіх ресурсів, тарифи, ціни на ресурси та доступ до них.

Другий рівень передбачає низку аналітичної інформації: аналіз якості послуг перевезення та супутніх послуг, залежність від кон'юнктури транспортного ринку, характеристики тарифної політики на перевезення, структуру обсягів послуг, що надаються, методи державної підтримки.

На третьому рівні аналізуються власні потужності та технічні можливості їх збільшення, матеріальні запаси, рухомий склад, наявність та розвиток власної мережі, а також інноваційно-інвестиційна діяльність АТП.

Методика оцінки конкурентоспроможності потенціалу "Гексаген потенціалу" використовує аналіз шести ключових аспектів автотранспортного підприємства. Ці аспекти враховуються при визначенні рівня конкурентоспроможності і можливостей оптимізації потенціалу в стратегії адаптивної реструктуризації.

Побудуємо графоаналітичну модель потенціалу ТзОВ «ТОП Бус» (рис. 1). Зазначимо, що 1 – ресурсний потенціал; 2 – інвестиційний потенціал; 3 – маркетинговий потенціал; 4 – організаційний потенціал; 5 – інноваційний потенціал; 6 – виробничий потенціал.

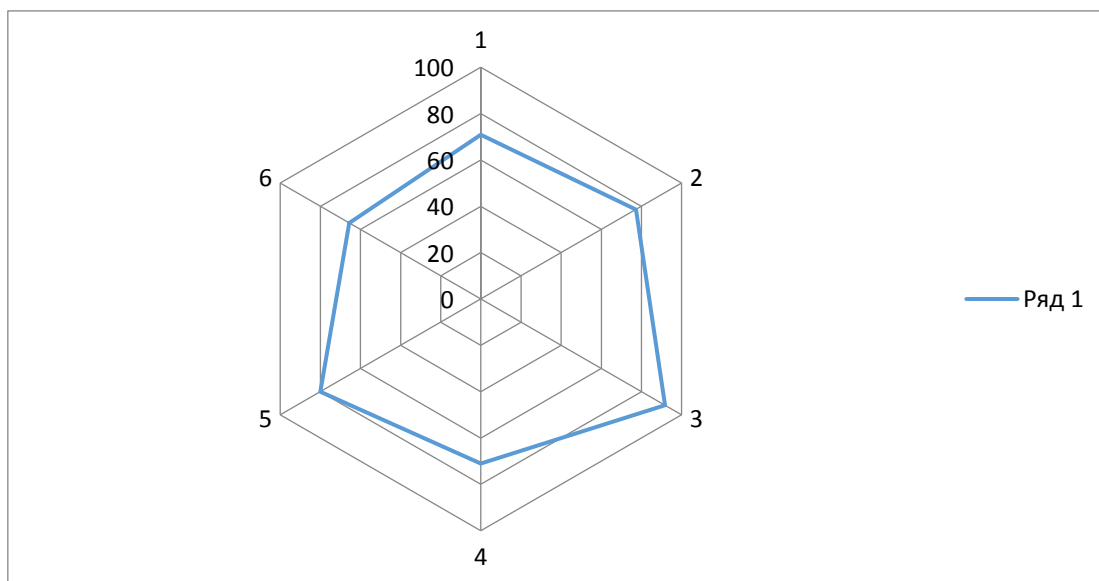


Рисунок 1 – «Гексаген потенціалу» ТзОВ «ТОП Бус»

Аналіз конкурентоспроможності потенціалу підприємства у галузі на 2023 рік свідчить про те, що хоча управління його потенціалом є збалансованим і правильно організованим, всі резерви підприємства не були повністю використані і не привели до отримання повних конкурентних переваг.

Зазначимо, що чим ближче вектори наближені до зовнішніх кутів, тим вищою є оцінка відповідного потенціалу, адже саме зовнішній контур віддзеркалює можливості об'єкта аналізу досягнути оптимальних параметрів показників оцінки потенціалу.

#### Список використаних джерел

1. Горбоконь В. Ю. Економіко-математичне моделювання ефективності використання ресурсного потенціалу автотранспортних підприємств. Бізнес Інформ № 9, 2017. С. 119-128.

**Плекан Уляна Михайлівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: uliana\_plekan@ukr.net.

**Цьонь Олег Петрович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: tsonoleg@gmail.com.

**Окунський Олександр Олександрович** – аспірант кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: okunskyi@gmail.com.

**Plekan Uliana Mykhailivna** – Ph.D., associate professor of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: uliana\_plekan@ukr.net.

**Tson Oleg Petrovych** – Ph.D., associate professor, head of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: tsonoleg@gmail.com.

**Okunskyi Oleksandr Oleksandrovych** – postgraduate student of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: okunskyi@gmail.com.



УДК 62-6.62-62

Д.С. Погорлецький, І.В. Грицук, А.В. Пінчук

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ОСНАЩЕНОГО СИСТЕМОЮ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Для дослідження показників роботи транспортного засобу (ТЗ) оснащеного системою теплової підготовки (СТП) в умовах експлуатації, проведено дорожні та стендові випробування автомобіля KIA Ceed 2.0 на роликовому стенді з імітацією режимів Європейського міського їздового циклу. Основою досліджень стало визначення: частоти обертання колінчастого валу; кута відкриття дросельної заслінки; розрідження у впускному колекторі; витрата палива; температура відпрацьованих газів (ВГ) до і після каталізатора; концентрація викидів шкідливих речовин ВГ, а саме CO, CO<sub>2</sub>, CmHn, NOx та подальшого використання цих даних, для визначення впливу системи теплової підготовки на транспортний засіб у різних умовах експлуатації.

**Ключові слова:** транспортний засіб, тепла підготовка, умови експлуатації, витрата палива, викиди шкідливих речовин.

*To study the performance indicators of a vehicle (vehicle) equipped with a thermal preparation system (TPS) in operating conditions, road and bench tests of the KIA Ceed 2.0 car were conducted on a roller bench with simulation of the modes of the European urban driving cycle. The basis of the research was the determination of: crankshaft rotation frequency; throttle opening angle; rarefaction in the intake manifold; fuel consumption; the temperature of exhaust gases (GH) before and after the catalyst; concentration of emissions of harmful GHG substances, namely CO, CO<sub>2</sub>, CmHn, NOx and further use of these data to determine the effect of the thermal preparation system on the vehicle in various operating conditions.*

**Key words:** vehicle, thermal preparation, operating conditions, fuel consumption, emissions of harmful substances.

Під час досліджень ставилося завдання визначення витрати палива (бензин, газ) та термінових показників часу теплової підготовки згідно режимів прогріву для ТЗ, обладнаного СТП з тепловим акумулятором фазового переходу (ТАФП). Параметри технічного стану двигуна ТЗ, переобладнаного для роботи на зрідженому газовому паливі, і параметри теплової підготовки фіксувалися за допомогою системи дистанційного моніторингу (СДМ) [1-4]. Визначення викидів шкідливих речовин у ВГ двигуна ТЗ на цьому етапі не відбувалося, це пов'язано з особливостями побудови СДМ двигуна ТЗ, визначення викидів шкідливих речовин у ВГ двигуна ТЗ можливе тільки в русі, для зупиненого ТЗ це виконати неможливо. Завдяки цьому виникла потреба визначити експериментально викиди шкідливих речовин у ВГ, в режимах їздових циклів, та режимах навантаження на їздових барабанах.

Методика проведення досліджень у частині визначення витрати палива, викидів шкідливих речовин, терміну прогріву двигуна ТЗ, містить фіксацію процесів теплової підготовки двигуна ТЗ в змінних умовах експлуатації за варіантами режимів прогріву ТЗ, а саме 1 – прогрів зупиненого ТЗ у режимі холостого ходу, 2 – прогрів зупиненого ТЗ у режимі холостого ходу з підключенням навантаження (електричні споживачі та пічка ТЗ), 3 – прогрів зупиненого ТЗ у режимі холостого ходу та в русі, 4 – прогрів ТЗ у русі.

Дослідження проводились у випробувальному центрі колісних ТЗ ДП «ДержавтотрансНДІпроект» (у лабораторіях: «Лабораторія випробувань та діагностики дорожніх транспортних засобів», «Лабораторія дослідження використання палив та екології» і випробувальна лабораторія «Технічна служба з випробувань ДТЗ»). Усі лабораторії акредитовано на відповідність ДСТУ ISO/IEC 17025 (атестат акредитації №2Н1127) [3]. Усі дослідження проводилися на ТЗ KIA Ceed 2.0 5МКПП із двигуном G4GC, який додатково обладнаний системою живлення на зрідженому газовому паливі і СТП з ТАФП. Стендові випробування автомобіля KIA Ceed 2.0 у ДП «ДержавтотрансНДІпроект» проводилися на

роликовому стенді з імітацією режимів Європейського міського їздового циклу, графічне зображення якого показано на рис. 1. [1-4].

Їздовий цикл New European Driving Cycle (NEDC) [1-4] розроблений, щоб оцінити рівень шкідливих викидів транспортних двигунів та витрату палива автомобілів (не враховуючи легкі вантажівки та комерційний транспорт). Під час випробувань фіксувалися витрата палива  $G_{\text{пал}}$ , миттєва швидкість автомобіля  $V_a$  та дотримання водієм визначеної для відповідного режиму швидкості. Додатково визначалися температури палива  $t_p$ , повітря  $t_{\text{пов}}$ , масла  $t_m$ , трансмісії  $t_{\text{тр}}$ , охолоджувальної рідини двигуна  $t_{\text{рід}}$ , у процесі зміни швидкості ТЗ автоматично фіксувалася витрата палива  $G_{\text{пал}}$ .

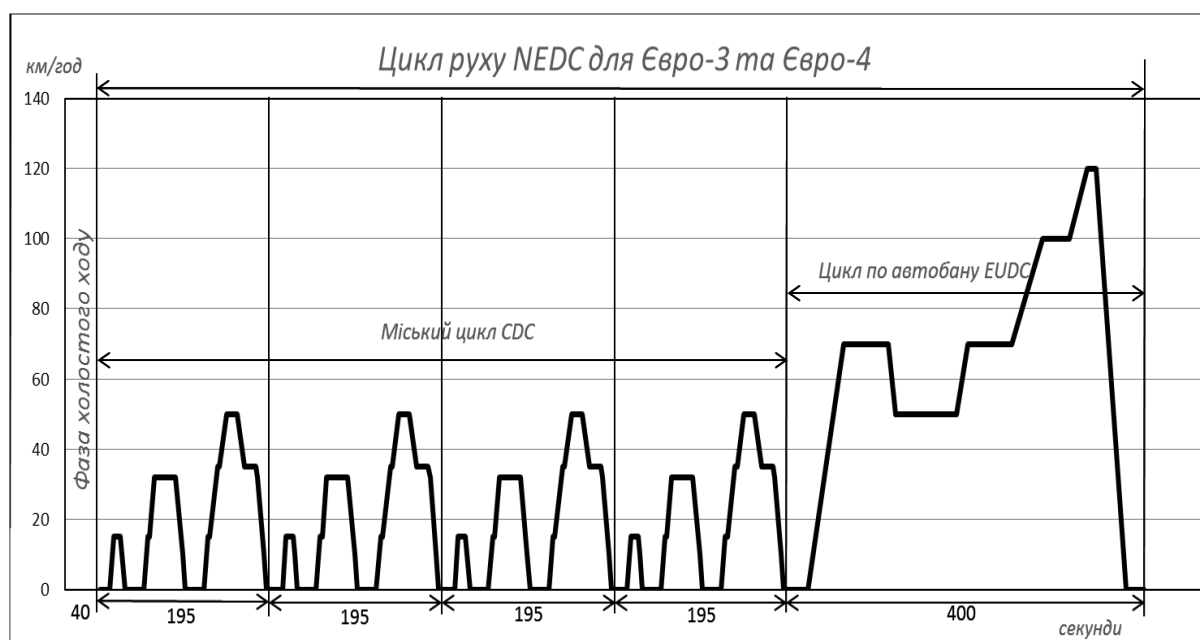


Рисунок 1 – Європейський міський їздовий цикл

NEDC показує типове використання автомобіля в Європі та складається з чотирьох повторюваних міських їздових циклів (UDC) ECE 15 і одного додаткового міського їздового циклу (EUDC). На даному етапі додатково визначалися: частота обертання колінчастого вала; ефективний крутний момент; кут відкриття дросельної заслінки; розрідження у впускному колекторі; витрати палива і повітря; температура ВГ перед і після каталізатора; концентрації викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газів  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_m\text{H}_n$ ,  $\text{NO}_x$ ; температура повітря на впуску; температура охолоджувальної рідини у системі охолодження, тиск та температура масла у системі мащення двигуна ТЗ.

Навантажувальні характеристики визначалися при частотах обертання колінчастого вала двигуна 1200, 1800, 2400, 3000, 4000  $\text{хв}^{-1}$ . Швидкісні характеристики холостого ходу двигуна визначалися у діапазоні зміни частоти обертання колінчастого вала: холостого ходу – від 800  $\text{хв}^{-1}$  до 2400  $\text{хв}^{-1}$ , примусового холостого ходу – від 800  $\text{хв}^{-1}$  до 3000  $\text{хв}^{-1}$ .

Аналіз ВГ на стенді під час типових випробувань істотно відрізняється від перевірок токсичності, які проводяться на станціях технічного обслуговування (СТО). Під час типової перевірки транспортний засіб проїжджає запропоновані цикли руху на бігових барабанах при точно заданих параметрах оточуючого середовища і умовах випробувань. Стандартизовані методи вимірювань визначають кількість кожного окремого компонента ВГ, токсичність відпрацьованих газів визначається згідно з ГОСТом 17.2.4.02-81 [15]. Під час вимірювань, для підвищення точності виконувалися серії з 7 вимірювань, за результатами потім виводилося середнє значення, а мінімізація ймовірних похибок можлива завдяки використанню різних вимірювальних приладів та випробувальних стендів [1-4].

На рис. 2 продемонстровано деякі результати дослідження, які були отримані за змодельованим Європейським міським їздовим циклом ТЗ для KIA CEE'D 2.0 5MT2 на бігових барабанах. Отримані зміни значення параметрів технічного стану ТЗ, а саме викиди  $\text{CO}$ ,

концентрація викидів вуглекислого газу  $CO_2$ , викиди оксидів азоту  $NO_x$  у викидах шкідливих речовин відпрацьованих газів двигуна ТЗ. Результати дозволяють зробити висновок, що бензиновий двигун ТЗ, обладнаний ГБО 4-го покоління, можливо удосконалити для забезпечення швидкого та достатнього прогріву охолоджуючої рідини у системі охолодження двигуна ТЗ для забезпечення переходу системи живлення на зріджене газове паливо відразу після запуску двигуна ТЗ у різних умовах експлуатації [1-4].

За допомогою системи дистанційного моніторингу параметрів технічного стану двигуна ТЗ доведено, що рідина системи охолодження двигуна ТЗ швидше прогривається на виході з блока циліндрів, потім радіатор обігрівача салону ТЗ, потім – дросельна заслінка. Підтверджується положення, що для здійснення своєчасного переходу на зріджене газове паливо в системі охолодження двигуна ТЗ, та для забезпечення передпускової і післяпускової теплової підготовки системи охолодження двигуна ТЗ та одночасного і газового редуктора, доцільно встановити додатковий засіб теплової підготовки обладнаний тепловим акумулятором фазового переходу, для забезпечення одночасного з пуском двигуна ТЗ переходу на зріджене газове паливо за низьких температур оточуючого середовища в різних умовах експлуатації ТЗ.

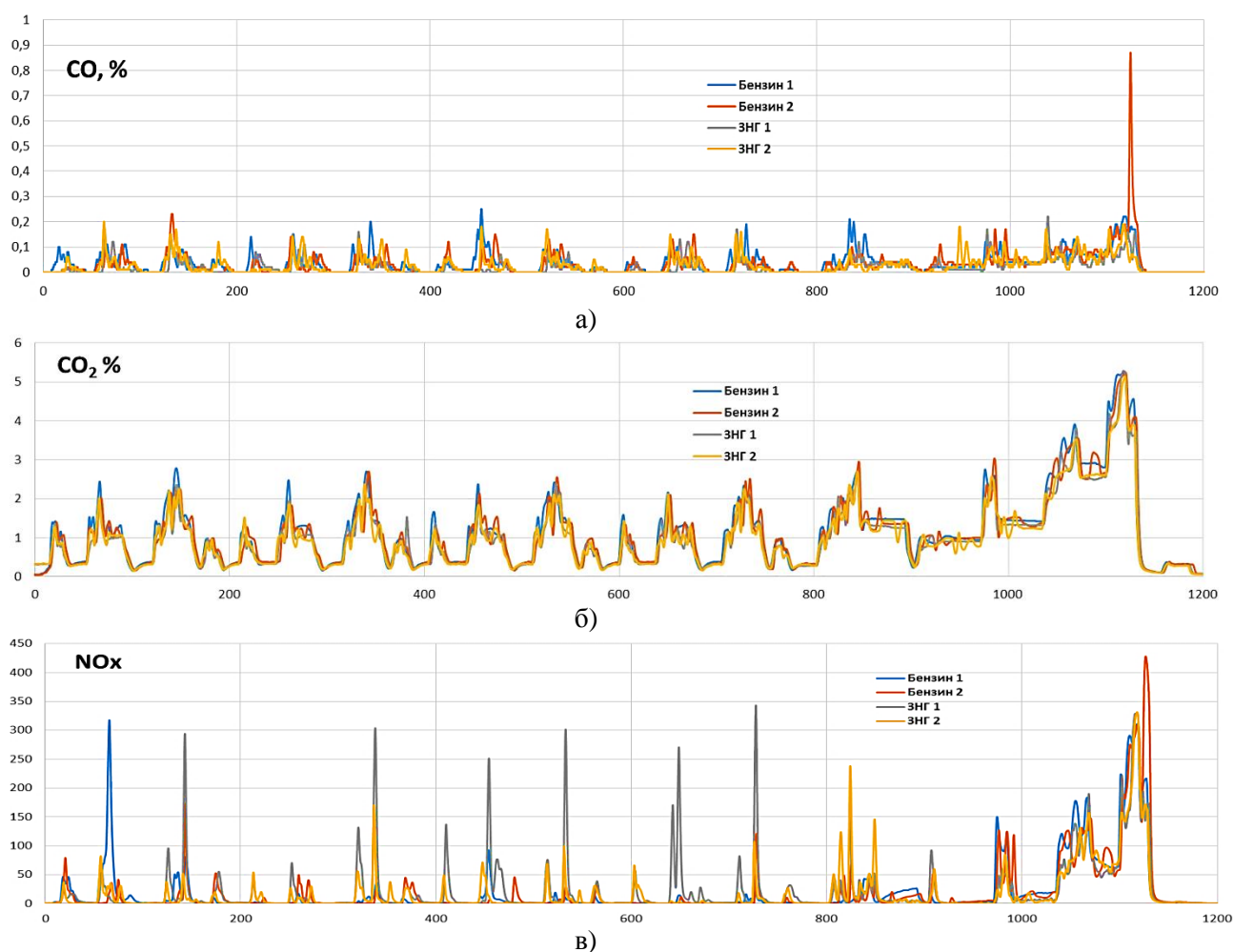


Рисунок 2 – Результати дослідження за змодельованим Європейським міським їздовим циклом ТЗ KIA CEE'D 2.0, переобладнаним для роботи на зрідженому газовому паливі:  
а) викиди CO; б) викиди вуглекислого газу  $CO_2$ ; в) викиди оксидів азоту.

### Список літературних джерел

1. Gritsuk, I., Pohorletsykyi, D., Mateichyk, V., Symonenko, R. et al., “Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems),” SAE Technical Paper

2020-01-2031, 2020, doi:10.4271/2020-01-2031.

2. Волков В.П., Волкова Т.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Аппазов Е.С., Володарець М.В., Саравас В.Є. Особливості вимірювального комплексу для дослідження роботи газомоторного транспортного засобу з системою теплової підготовки в умовах експлуатації. Науковий журнал: Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - №13. Харків, 2018. С - 121-131.

3. Науково-виробнича лабораторія енергетики та екології транспорту науково-дослідного центру – технічної служби з випробувань транспортних засобів. Перелік виробничих підрозділів ДП «Державтотранс НДІпроект» : вебсайт. URL : <https://www.insat.org.ua/phpfiles/otdel/>.

4. Погорлецький Д.С., Грицук І.В., Худяков І.В. Показники паливної економічності та викидів шкідливих речовин під час використання системи теплової підготовки. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 19-21 квітня 2023 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 170 с.

*Погорлецький Дмитро Сергійович* – к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, e-mail: [dimon150582@gmail.com](mailto:dimon150582@gmail.com).

*Грицук Ігор Валерійович* – д.т.н., професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, e-mail: [gritsuk\\_iv@ukr.net](mailto:gritsuk_iv@ukr.net).

*Пінчук Андрій Володимирович* – студент 1 курсу кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування НУ «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, e-mail: [andretan082@gmail.com](mailto:andretan082@gmail.com).

*Dmytro Pohorletsnyi* – Ph.D., Associate Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants, Kherson State Maritime Academy, e-mail: [dimon150582@gmail.com](mailto:dimon150582@gmail.com).

*Gritsuk Igor Valeriyovych*. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kherson State Maritime Academy, Professor of the Operation Maritime Power Plants Department, e-mail: [gritsuk\\_iv@ukr.net](mailto:gritsuk_iv@ukr.net).

*Pinchuk Andriy Volodymyrovych* - 1st year student of the Department of Automobile Transport and Industrial Mechanical Engineering of Chernihiv Polytechnic University, Chernihiv, [andretan082@gmail.com](mailto:andretan082@gmail.com).

УДК 629.018

М.А. Подригало, А.І. Нікорчук, О.Ю. Шишкін

**ПОБУДОВА ТИПОРОЗМІРНОГО РЯДУ МАЛОГАБАРИТНИХ  
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*Проведено дослідження щодо побудови типорозмірного ряду для малогабаритних колісних транспортних засобів подвійного призначення, побудований на основі геометричної прогресії зі знаменником, визначеним на основі статистичної обробки існуючих моделей зазначених машин. Розмірний ряд машин побудований за габаритним розміром, що визначає довжину.*

**Ключові слова:** типорозмірний ряд, автомобілі, параметри, малогабаритні транспортні засоби.

*A study was conducted on the construction of a standard series for small-sized dual-purpose wheeled vehicles, built on the basis of a geometric progression with a denominator determined on the basis of statistical processing of existing models of the specified machines. The size series of machines is built according to the overall size, which determines the length.*

**Keywords:** standard size series, cars, parameters, small-sized vehicles.

Створення типорозмірного ряду будь-яких машин – це приклад масштабного моделювання з використанням теорії подоби. Масштабні коефіцієнти при створенні типорозмірного ряду автомобілів повинні вибиратися для основних параметрів, що визначають призначення та продуктивність вантажних автомобілів, пасажиромісткість та динамічність – для пасажирських автомобілів. Питанням стандартизації параметрів та побудові розмірних рядів автомобілів присвячено значну кількість наукових праць. У роботах різних авторів визначено, що параметрами, наприклад, вантажних автомобілів, що підлягають стандартизації, є вантажопідйомність, повна, власна і зчїпна вага, а також потужність двигуна та довговічність машини. Американська автомобілебудівна фірма «Ford» основними параметрами, що визначають технічний рівень легкових автомобілів, вважає такі: робочий об'єм двигуна; максимальна ефективна потужність двигуна; питома потужність автомобіля зі стандартними двигунами; колісна база; довжина; маса; ціна стандартної моделі у % щодо стандартного «Falcon». Очевидно, що модель автомобіля «Falcon» фірми «Ford» розглядалася як базова (початкова) для побудови розмірного ряду моделей «Fairlane», «Mustang», «Custom», «Galaxy», «Thunderbird». Аналізуючи показники, що використовуються для оцінки технічного рівня автомобілів та побудови розмірних рядів, можна виділити з усього їх різноманіття наступне: потужність (робочий об'єм) двигуна; повна маса машини; довжина або колісна база.

У роботі [1] запропоновано використовувати індекс динамічності як показник технічного рівня автомобілів, що є відношенням початкового прискорення (при рушанні з місця) моделі, яка розглядається, до найбільшого значення зазначеного показника автомобіля-лідера. Однак для контролю розмірного ряду автомобілів зазначений показник використовувати недоцільно, оскільки в земних умовах масштабний коефіцієнт прискорень при моделюванні завжди дорівнює одиниці.

У роботі [2] проведено класифікацію дистанційно керованих малогабаритних транспортних засобів. Автором роботи [2] виконано класифікацію дистанційно керованих малогабаритних засобів (наземних дронів) за показниками їх довжини. Зазначена класифікація представлена у таблиці 1. Однак у даній роботі [2] не побудовано систему масштабних лінійних коефіцієнтів  $i$ , відповідно, не визначено масштабних коефіцієнтів інших фізичних величин [3].

Метою дослідження є побудова типорозмірного ряду малогабаритних колісних транспортних засобів подвійного призначення з використанням теорії подоби.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- побудувати геометричний ряд малогабаритних транспортних засобів за розміром їхньої довжини;
- визначити потужнісні, масові та інші параметри членів геометричного ряду.

Таблиця 1 – Класифікація дистанційно керованих малогабаритних транспортних засобів [2]

№ з/п	Довжина, мм	Класифікація	Рівень застосування у військових справах
1	від 250 до 600	Особливо малий	Оперативна група
2	від 600 до 1000	Малий	Оперативна група, відділення, взвод
3	від 1000 до 2000	Середній	Рота, батальйон
4	від 2000 до 3000	Великий	Полк, бригада

Визначимо знаменник геометричної прогресії зміни лінійного масштабу членів типорозмірного ряду. Розрахунок зазначеного показника  $q$  наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Розрахунок знаменника  $q$  геометричної прогресії типорозмірного ряду дистанційно керованих малогабаритних транспортних засобів

№ з/п	$\frac{D_i}{D_{i-1}}$			$\left(\frac{\overline{D_i}}{\overline{D_{i-1}}}\right) = q$	$D_{НОМ i},$ мм	$(D_{НОМ i})_p,$ мм
	1-2	2-3	3-4			
1	1,880	1,875	1,667	1,807	425	425
2					768	1000
3					1388	1400
4					2508	2500

Середні значення габаритної довжини дистанційно керованих малогабаритних транспортних засобів (ДКМГТЗ) становлять (табл. 1):  $D_1 = 425$  мм – для особливо малого класу;  $D_2 = 1000$  мм – для малого класу;  $D_3 = 1500$  мм – для середнього класу;  $D_4 = 2500$  мм – для великого класу.

При побудові типорозмірного ряду прийнято величину знаменника геометричної прогресії  $q=1,807$ . Остаточоно отримаємо значення габаритної довжини ДКМГТЗ для кожного члена ряду у правому стовпці таблиці 2.

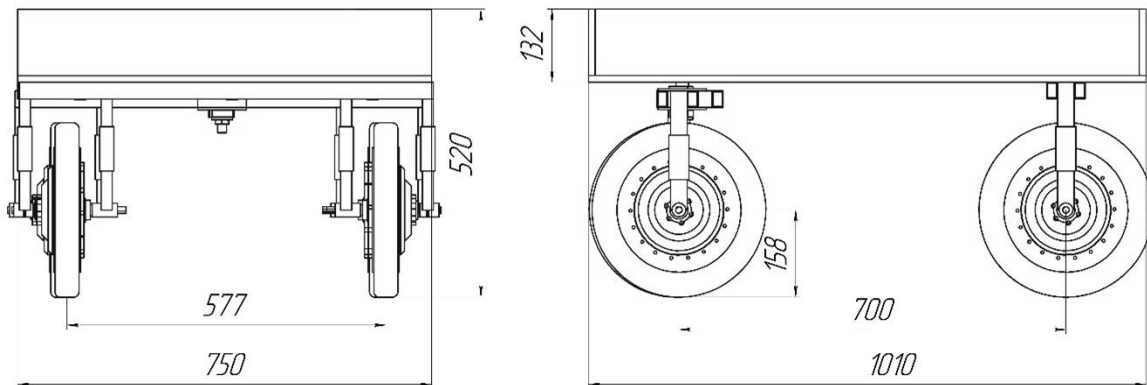


Рисунок 1 – Дистанційно керований малогабаритний транспортний засіб, що розроблено авторами й який є базовим для побудови розмірного ряду

Нами розроблено малогабаритний транспортний засіб, що має довжину  $D_1=1010\pm 13$  мм. Ця модель може бути прийнята як базова для побудови розмірного ряду машин. Основні розміри базової машини представлені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Основні розміри базової моделі малогабаритного транспортного засобу

Довжина $D,$ м	Ширина $Ш,$ м	Висота $H,$ м	Потужність колісного двигуна, $N_{дв},$ кВт	Сумарна потужність двигунів, $N_{дв\Sigma},$ кВт	Максимальна швидкість $V_{max},$ км/ч (м/с)	Споряджена маса $M_{сн},$ кг
1,010	0,75	0,52	0,75	3,00	12,71 (3,53)	100

У таблиці 4 наведено основні розрахункові параметри для чотирьох членів розмірного ряду ДКМГТЗ.

Таблиця 4 – Основні розрахункові параметри для чотирьох членів розмірного ряду ДКМГТЗ

№ з/п	Лінійний розмір		Швидкість		Маса		Потужність	
	Масштаб	Значення, м	Масштаб	Значення, км/ч (м/с)	Масштаб	Значення, кг	Масштаб	Значення, кВт
1	0,425	0,425	0,652	8,287 (2,302)	0,077	7,7	0,050	0,15
2	1,000	1,000	1,000	12,71 (3,53)	1,000	100	1,000	3,00
3	1,400	1,400	1,183	15,036 (4,177)	2,744	274,4	3,247	9,74
4	2,500	2500	1,581	20,095 (5,582)	15,625	1562,5	24,705	74,11

Масштабні коефіцієнти швидкості  $m_V$ , маси  $m_M$  і потужності  $m_N$  визначаються за умови подоби по залежностям, отриманим у роботі [3]

$$m_V = \sqrt{m_L}; \quad (1)$$

$$m_M = m_L^3; \quad (2)$$

$$m_N = m_L^{7/2}; \quad (3)$$

де  $m_L$  – лінійний масштабний коефіцієнт

$$m_L = \frac{L_H}{L_B}; \quad (4)$$

$L_H$  – лінійний розмір розглянутого члена ряду;

$L_B$  – лінійний розмір базового зразка,  $L_B = 1,000$  м.

Таким чином, у таблиці 4 наведено основні розміри величин лінійних розмірів, швидкості, маси та потужності двигунів типорозмірного ряду дистанційно керованих малогабаритних транспортних засобів. Отримані результати орієнтовні для попереднього проектування й можуть бути скориговані при розробці робочого проекту.

#### Список використаних джерел

1. Подригало М.А., Клец Д.М., Мостова А.М. Оцінка технічного рівня за показниками динамічних властивостей автомобілів // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник. Київ : НТУ, 2012. Випуск 25. С. 226-233.

2. Нікорчук А.І. Класифікація дистанційно керованих малогабаритних транспортних засобів // Збірник матеріалів II-го Всеукраїнського науково-практичного онлайн-семінару «Підвищення якості продукції машинобудівних та ремонтних підприємств» (Харків, 25 травня, 2023), Харків : ХНАДУ, 2023. С. 53-55.

3. Подригало М.А., Шеїн В.С. Масштабне моделювання при проведенні експериментальних досліджень автомобіля // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. №1(20), 2023. Луцьк : ЛНТУ, 2023. С. 187-197.

**Подригало Михайло Абович** - д.т.н., професор, Завідувач кафедри технології машинобудування та ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, e-mail: [pmikhab@gmail.com](mailto:pmikhab@gmail.com).

**Нікорчук Андрій Іванович** - к.т.н., начальник кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України, м. Харків, e-mail: [nikorchuk@ukr.net](mailto:nikorchuk@ukr.net)

**Шишкін Олег Юрійович** - начальник відділу інспектувань Головного управління Національної гвардії України, e-mail: [olegyur5@gmail.com](mailto:olegyur5@gmail.com)

***Podrigalo Mykhailo Abovych*** - Ph.D., Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering and Machine Repair Technology of the Kharkiv National Road University, Kharkiv, e-mail: pmikhab@gmail.com.

***Nikorchuk Andriy Ivanovich*** - Ph.D., Head of the Department of Armored Vehicles of the National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, e-mail: nikorchuk@ukr.net.

***Shishkin Oleg Yuriyovych*** - Head of the Inspection Department of the Main Directorate of the National Guard of Ukraine, e-mail: olegyr5@gmail.com



УДК 629.018

**М.А. Подригало, А.С. Полянський, В.М. Краснокутський, В.С. Шеїн**  
**ПОБУДОВА МОДЕЛЬНИХ РЯДІВ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ ЗА**  
**ДОПОМОГОЮ ЕНТРОПІЇ**

*Для скорочення різноманіття продукції будують модельні ряди (розмірні та параметричні) ряди на основі використання головного параметра, який найбільш повно характеризує данні вироби. В тезах запропоновані метод будівництва модельних рядів з використанням умовної ентропії, за якої перехід від минулого члена ряду до наступного супроводжується, постійним значенням прирощення умовної ентропії, вимірюваним по головному параметру машини.*

**Ключові слова:** *автомобіль, трактор, модельний ряд, ентропія, типорозмірний ряд.*

*To reduce the variety of products, model series (dimensional and parametric) series are built based on the use of the main parameter that most fully characterizes these products. The theses propose a method of building model series using conditional entropy, in which the transition from the previous member of the series to the next one is accompanied by a constant value of the conditional entropy increment, measured by the main parameter of the machine.*

**Keywords:** *car, tractor, model series, entropy, standard size series.*

Науково-технічний прогрес сучасного виробництва супроводжується створенням різних типів, видів, марок та розмірів машин та їх обладнання для задоволення потреб галузей господарства будь-якої країни світу. Тому одним з основних завдань стандартизації є зменшення кількості об'єктів виробництва до розумного мінімуму.

Кожна різновидність продукції має сукупність визначених параметрів.

Номенклатура стандартизованих параметрів повинна бути мінімальною, але достатньою для оцінки експлуатаційних характеристик даного різновиду виробу.

Під параметром продукції розуміють її ознаку, яка кількісно характеризує якусь властивість або стан, а під головним параметром – такий, який найбільш повно характеризує дану машину, залишається незмінним довгий час та має змогу змінитися лише при розробці більш сучасної машини. Традиційно, в якості даного параметру для тракторів використовуються тягові зусилля на гаку, але при одному й тому ж параметрі трактор може рухатися з різною швидкістю. Поява енергонасичених тракторів, здатних рухатися зі швидкістю 40 км/г та вище, поставило під сумнів правильність вибору зусилля на гаку в якості головного параметру при стандартизації. Слід відзначити, що зусилля на гаку, а також максимальна ефективна потужність двигуна не є параметрами, які зберігають свої значення тривалий час. Як показали дослідження, потужність на ведучих колесах автомобіля може зменшуватися у процесі експлуатації на 20 %. Тому, на наш погляд, більш об'єктивним головним параметром стандартизації може бути повна маса автомобіля та експлуатаційна маса трактора. Знайти співвідношення між зусиллям на гаку (максимальна ефективна потужність двигуна) та масою нескладно, використовуючи відомі залежності з теорії трактора.

Побудова модельного ряду автомобілів та тракторів можна розглядати як масштабне моделювання, за якого натурним зразком буде перший (базовий) член ряду, а масштабною моделлю кожний наступний член ряду. При цьому першим (базовим) членом ряду може бути машина як з найменшим, так і з найбільшим значенням головного параметру стандартизації. При цьому всі інші параметри можуть бути визначені за допомогою системи масштабних коефіцієнтів для різних фізичних величин.

Метою дослідження є розробка методу побудови модельних (розмірних та параметричних) рядів автомобілів та тракторів з використанням умовної ентропії.

Для дослідження поставленої цілі необхідно вирішити наступні задачі:

- побудувати розмірний ряд машин за головним параметром стандартизації;
- на прикладі модельного ряду тракторів показати перевагу використання умовної ентропії при його будівництві.

Параметричний (модельний) ряд машин побудованих за головним параметром  $b$ , має наступний вигляд:

$$4\{b_0; b_1; b_2; \dots b_i; \dots b_n\}$$

де  $b_0; b_n$  – крайні члени ряду (перший та останній)

Побудову ряду можна починати як з першого, так і з останнього  $b_n$  членів, приймаючи їх відповідно, за базові.

З збільшенням відношення  $b_n/b_0$  число членів параметричного ряду збільшується, а з збільшенням прирощення  $q$  умовної ентропії, навпаки спадає.

Розмірний ряд при постійному прирощенні умовної ентропії перетворюється з арифметичного ряду у геометричний ряд з постійним значенням  $Z=1+q$ .

Для ілюстрації ефективності запропонованого методу побудову розмірних рядів розглянемо модельний ряд колісних тракторів фірми "Fendt".

Для модельного ряду тракторів фірми "Fendt"  $b_0=26$  кВт та  $b_n=136$  кВт. Знаходимо число членів ряду  $n$ . Прирощення умовної ентропії ряду знаходиться через різницю головних параметрів членів ряду  $b_0$  та  $b_1$ . Ця величина буде дорівнювати:

$$q = \frac{b_1 - b_0}{b_0} = \frac{30 - 26}{26} = 0,1538$$

Запропонований модельний ряд, побудований при постійному прирощенні умовної ентропії головного параметру стандартизації – максимальної ефективної потужності. Порівняння даних показує, що запропонований метод дозволяє скоротити модельний ряд з 19 машин до 12.

#### Висновки

Запропонований метод побудови модельних рядів автомобілів та тракторів з використанням постійного прирощування умовної ентропії головного параметру стандартизації дозволяє скоротити число членів ряду.

Виконані на прикладі модельного ряду тракторів фірми "Fendt" розрахунки показали, що використання запропонованого методу дозволяє скоротити число членів ряду (відмінних максимально ефективною потужністю двигуна) з 19 до 12. Вказане зменшення складає 36,8 %.

#### Список використаних джерел

1. Базієвський С.Д. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання/ С.Д.Базієвський, В.Ф. Дмитришин. - Р: Видавничий Дім «Слово», 2006.-504с.
2. Абрамов Д.В. Вибір та обґрунтування параметрів багатодискових тракторних гальм, що працюють у мастилi: автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02-автомобілі та трактори/ Д.В. Абрамов- Харків, 2005.- 20 с.
3. SchlipperKatalog/landwir/tshaftsverlagGmbhMunster-Hiltrup, 1988. – 239 pp.
4. SchlipperKatalog/landwir/tshaftsverlagGmbhMunster-Hiltrup, 1989. – 215 pp.
5. Подригало М.А. Оцінка падіння потужності на ведучих колесах автомобіля в процесі тривалої експлуатації/М.А.Подригало, Д.В. Абрамов, Ю.В. Тарасов, А.У. Коробко, Р.О. Кайдалов, А.У.Нікоряк // технічний сервіс агропромислового, лісового та комплексів. – 2015. – Вип. 3. – с. 308-314. (російською мовою)
6. Тарасов Ю.В. Наукові основи забезпечення технічного рівня автотранспортних засобів при проектуванні та модернізації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.22.02- автомобілі та трактори/ Ю.В. Тарасов.- Харків, 2021.- 40с.
7. Мазін О.С. Підвищення енергоефективності автомобілів при маневруванні зниженням непродуктивних витрат енергії. Автореф. Дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук: спец. 05.22.20- експлуатація та ремонт засобів транспорту/ О.С. Мазін.- Харків, 2020.- 20с.
8. Поригало М.Н. Маштабне моделювання при проведенні експериментальних досліджень автомобіля/ М.А. Подригало, В.С Шеїн // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал.- №1(20), 2023, Луцьк.- с 187-197.

**Подригало Михайло Абович** - д.т.н., професор, завідувач кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, e-mail: pmikhub@gmail.com.

*Полянський Олександр Сергійович* - д.т.н., професор, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, e-mail: khadi.pas@gmail.com.

*Краснокутський Володимир Миколайович* - к.т.н, доцент, професор кафедри автомобіле- і тракторобудування, Національний технічний університет "ХПІ", м. Харків, e-mail: hvukvn62@gmail.com.

*Шейн Віталій Сергійович* - к.т.н, доцент, докторант кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, e-mail: khadi.pas@gmail.com.

*Podrigalo Mykhailo Abovych* - Ph.D., Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering and Machine Repair Technology, Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv, e-mail: pmikhub@gmail.com.

*Polyanskyi Oleksandr Serhiyovych* - Ph.D., professor, professor of the Department of Mechanical Engineering and Machine Repair Technology, Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv, e-mail: khadi.pas@gmail.com.

*Krasnokutskyi Volodymyr Mykolayovych* - Ph.D., Associate Professor, Professor of the Automobile and Tractor Engineering Department, KhPI National Technical University, Kharkiv, e-mail: hvukvn62@gmail.com.

*Shein Vitaliy Serhiyovych* - Ph.D., associate professor, doctoral student of the Department of Mechanical Engineering and Machine Repair Technology, Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv, e-mail: khadi.pas@gmail.com.

УДК 621.436

А.П. Поляков, Л.В. Мороз

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ПОКАЗНИКИ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ ДИЗЕЛЯ НА РОБОТУ НА БІОДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ

*Розглянуто аналіз впливу на зовнішню швидкісну характеристику дизеля переведення його на роботу на біопаливо. При дослідженнях розглянуто вплив застосування біопалива на баланс сил та потужностей дизеля, динамічний фактор та графік прискорень автомобіля, проаналізовано, як змінюються показники розгону до 60 км/год автомобіля масою 28000 кг при переведенні дизеля на роботу на біопаливо.*

**Ключові слова:** техніко-економічні показники автомобіля, біодизель, зовнішня швидкісна характеристика двигуна.

*The analysis of the impact on the external speed characteristics of a diesel engine by converting it to work on biofuel is considered. During the studies, the impact of the use of biofuel on the balance of forces and capacities of the diesel engine, the dynamic factor and the acceleration schedule of the car was considered, and it was analyzed how the indicators of acceleration up to 60 km/h of a car weighing 28,000 kg change when the diesel engine is switched to work on biofuel.*

**Keywords:** technical and economic indicators of the car, biodiesel, external speed characteristics of the engine.

Фундаментальною проблемою людства є загальне виробництво енергії. Слід відмітити, що темпи споживання енергії на планеті перевищують темпи росту населення. Світові запаси енергоносіїв, які не відновлюються, обмежені. Прогнозоване на перспективу до 2050 року співвідношення джерел енергії в світовому енергоспоживанні показує, що доля відновлюваних джерел енергії буде інтенсивно зростати, в основному, за рахунок енергії біомаси.

Забезпеченість України власними енергоресурсами, що виробляються з нафти, складає лише 10%. Тому розвитку нових відновлюваних джерел енергії в Україні альтернативи немає. На даний час їх частка складає всього 3-4% і до 2020 року планується довести до 15%. Найбільше зростання відновлювальних джерел енергії має стати нетрадиційне паливо (рослинна олія, солома, біомаса).

Більше половини (до 60-70%) спожитої агропромисловим виробництвом енергії припадає на двигуни внутрішнього згорання, які потребують використання світлих нафтопродуктів, ресурси яких не тільки в державі, але і у світі обмежені. В найближчому майбутньому передбачається покриття значної частини (до 12%) світової потреби в дизельному пальному за рахунок рослинного палива.

Біодизельне паливо - це вид біопалива, який одержують із жирів рослинного й тваринного походження і яким замінюють нафтове дизельне паливо. З хімічного погляду біодизель являє собою суміш метилових (етилових) ефірів насичених і ненасичених жирних кислот. У процесі реакції олії жири вступають у реакцію з метиловим (етиловим) спиртом за наявності каталізатора (лугу), внаслідок чого утворюються складні ефіри.

Біодизельне паливо можна використовувати в будь-яких дизельних двигунах (вихрокамерних і передкамерних, а також із безпосереднім упорскуванням) як самостійно (в адаптованих двигунах), так і в суміші з дизельним паливом без змін у конструкції двигуна.

Але використання біодизельного палива на дизелях змінюють їх характеристики, тому доцільно провести дослідження впливу на техніко-економічні показники транспортних засобів переведення їх дизелів на роботу на біодизельне паливо.

В якості об'єкта дослідження в роботі прийнято автомобіль КрАЗ-65053 з базовим двигуном ЯМЗ-238ДЕ2 та переобладнаний на біодизельне паливо двигун ЯМЗ-238ДЕ2Б.

В розрахунках прийнято що автомобіль з повною масою 28000 кг розганявся по рівній, горизонтальній дорозі з сухим асфальтобетонним покриттям. Приймаємо, що розгін здійснювався при повній подачі палива з перемиканням передач.

Розглянемо, як змінюються техніко-економічні та екологічні показники автомобіля КрАЗ-65053 при переведенні двигуна ЯМЗ-238ДЕ на роботу на біодизельне паливо.

Таблиця 1 - Порівняння основних показників автомобіля

Показник	Двигун	
	ЯМЗ-238ДЕ2	ЯМЗ-238ДЕ2Б
Двигун	дизель	біодизель
Робочий об'єм, см <sup>3</sup>	14860	14860
Максимальна потужність двигуна $N_{e \max}$ , кВт	330	320
Частота обертання колін валу при максимальній потужності $N_{\max}$ , об/хв.	2100	2100
Максимальний крутний момент $M_{e \max}$ , Н*м	1274	1215
Частота обертання колінчастого валу при максимальному крутному моменті $n_{me}$ , об/хв.	1300-1500	1300-1500

Переобладнання двигуна на роботу на біодизельне паливо показує що для забезпечення необхідних показників тягово-швидкісних характеристик необхідно збільшити циклову подачу палива на 14% порівняно із базовим двигуном. Щоб забезпечити необхідну потужність двигуна питома витрата біодизельного палива має зрости на 17%. Необхідно зазначити, що ККД переобладнаного двигуна складає 37,2%, а ККД базового двигуна дорівнює 40,6%. Зміна ККД пов'язана зі зменшенням ряду показників, а саме: максимальний тиск циклу зменшився із 124,18 бар до 116,31 бар, а максимальна температура циклу зменшилась із 1843,7 до 1717,0 К.

Показники процесу згорання палив наведені в табл. 2.

Таблиця 2 - Показники процесу згорання дизельного та біодизельного палив

Показники, які впливають на згорання палива	Значення, що відповідають базовому двигуну	Значення, що відповідають переобладнаному двигуну
Максимальний тиск вприску, Па	1667,3	1792,8
Середній діаметр крапель, мкм	11,979	13,668
Випередження вприску, град. до ВМТ	20	20
Тривалість подачі палива, град	37,9	40,7
Період затримки самозаймання, град	9,58	2,07
Частка палива випаруваного за період затримки самозаймання	0,007	0,139
Тривалість згорання, град п.к.в.	90	155,2

Зміни та регулювання паливної апаратури, що впливають на згорання палива викликані відмінністю фізико-хімічних характеристик палив.

Використання біодизельного палива знижує викиди шкідливих речовин в дизелях при його згорянні. Кількість викидів твердих часток зменшується на 20-25%, чадного газу - на 10-12%, сірки - на 98%, а сажі - від 50 до 61%, зменшується емісія диму по шкалі Бош у 2,8 рази. Однак, при використанні біодизельного палива підвищується кількість викидів оксидів азоту (NOx) на 50%.

Ще однією важливою перевагою біодизельного палива над нафтовим дизельним паливом є його менша вартість. У цілому по Європі 1 літр біодизелю на 0,15-0,2 євро дешевше за літр дизельного палива. В Україні, за різними даними, собівартість 1 літра біодизельного палива менша від собівартості дизельного палива на 2,2 грн. Його вартість залежить від низки факторів: урожайності ріпаку, ефективність використання соломи й шроту, вартість хімічних інгредієнтів - метанолу й луку, глибина переробки гліцеринової води, якість технологічного процесу одержання біодизелю.

Як видно з розрахунків для отримання від двигуна одних і тих же тягово-швидкісних характеристик біодизельного палива споживається на 17% більше ніж дизельного палива, однак його собівартість майже на 20% менша.

Для оцінки впливу на техніко-економічні та екологічні показники автомобіля переведення двигуна на роботу на біодизельне паливо на першому етапі проаналізуємо зовнішні швидкісні характеристики дизеля, які наведені на рис. 1.

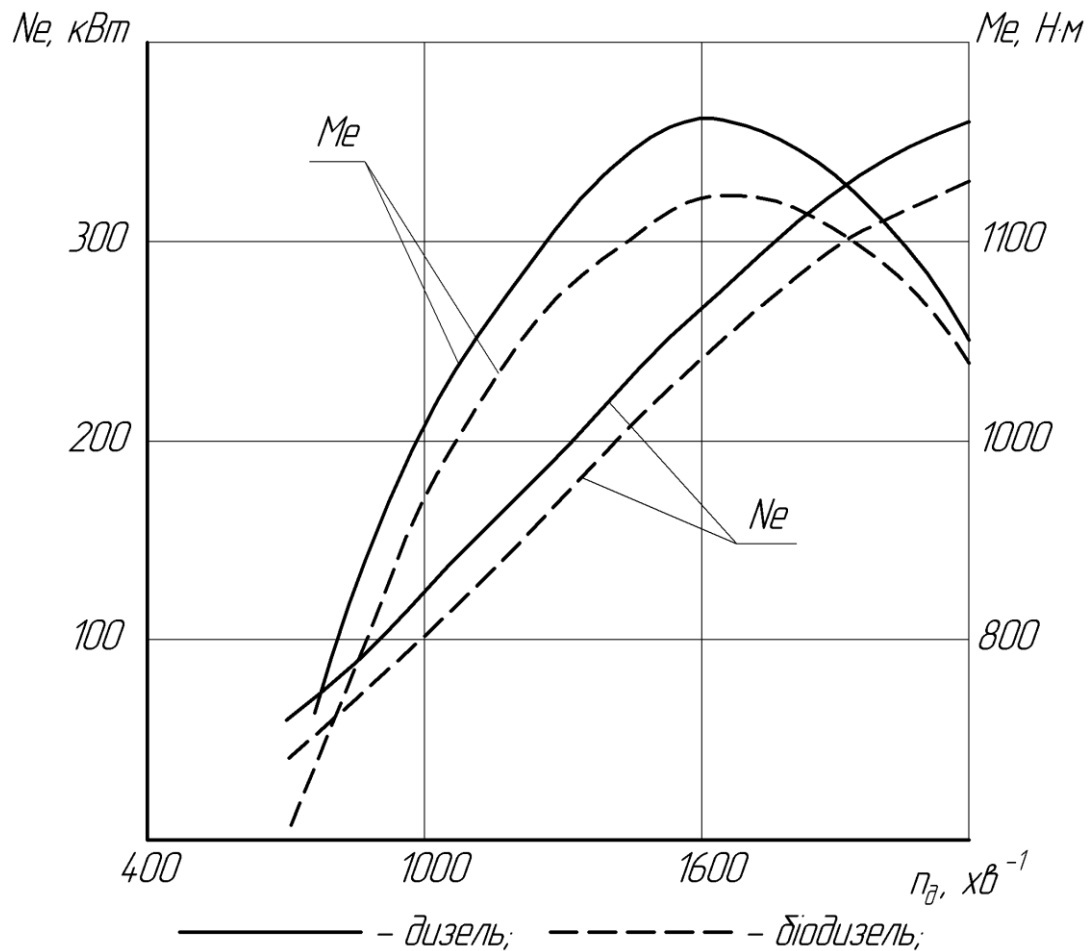


Рисунок 1- Зовнішня швидкісна характеристика дизеля

З графіків видно, що крутний момент двигуна переобладнаного на біодизельне паливо на режимі холостого ходу зменшується з 750 до 600 Н\*м, що на 20% менше, але це значно не впливає на характеристики руху автомобіля, оскільки на режимі холостого ходу двигун під навантаженням працює дуже рідко.

На режимі максимального крутного моменту, при частоті обертання колінчастого валу 1600  $\text{хв}^{-1}$  значення крутного моменту при роботі двигуна на біодизельному паливі складає 1150 Н\*м, що на 6,4% менший ніж максимальний крутний момент двигуна, що працює на дизельному паливі. Таке зниження крутного моменту при переведенні двигуна на роботу на біодизельному паливі може погіршити тягово-швидкісні показники автомобіля, але це потребує додаткових досліджень.

На номінальній частоті обертання колінчастого валу дизеля 2100  $\text{хв}^{-1}$  крутний момент знижується з 1050 н\*м до 1040 Н\*м при переведенні двигуна на роботу на біопаливі, зниження складає 2%, що практично не змінює показники автомобіля.

Розглянемо, як змінюється потужність двигуна при переведенні його на роботу на біопаливо. На режимі холостого ходу потужність знижується на 19% - з 70 до 50 кВт, на режимі максимального крутного моменту на 11% - з 270 кВт до 240 кВт, на режимі максимальної потужності на 8% - з 360 до 330 кВт. Необхідно провести дослідження впливу такого падіння потужності на показники руху автомобіля.

На рис. 2 наведені розраховані графічні залежності балансу потужностей двигуна при різних передаточних числах коробки передач та швидкостях руху автомобіля.

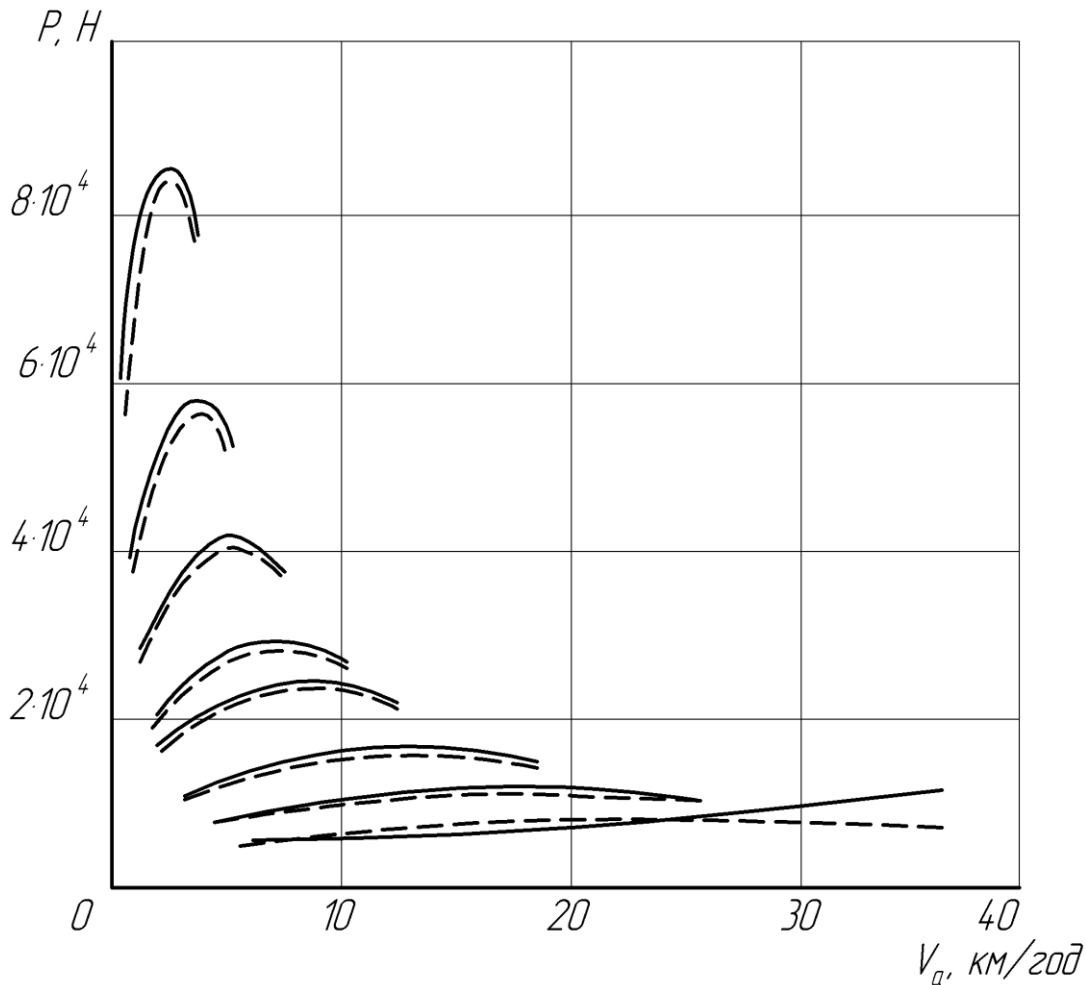


Рисунок 2 - Баланс сил дизеля

Переобладнання дизеля на роботу на біодизельному паливі впливає на баланс сил дизеля. Як видно з графіка (рис. 2) найбільший вплив відбувається на нижчих передачах, сягаючи 4,5% на першій передачі. При збільшенні швидкості руху автомобіля зменшується вплив переведення дизеля на роботу на біопаливі на баланс сил, також перехід на вищі передачі зменшує цей вплив.

Аналіз залежності балансу потужностей дозволяє зробити висновок, що вплив переведення дизеля на роботу на біопаливо на потужності показники двигуна такий же, як у балансу сил.

На рис. 3 наведено графічні залежності динамічного фактору автомобіля, розраховані при різних швидкостях руху на різних передачах.

З графіка видно, що на першій передачі максимальне зниження значення динамічного фактору складає 10,7% - з 0,32 до 0,3 одиниць, при збільшенні передачі на який рухається автомобіль це відхилення зменшується і на 5 передачі складає 8% - з 0,055 до 0,052. Подальше збільшення швидкості руху автомобіля нівелює різницю між значеннями динамічного фактору автомобіля при роботі дизеля на дизельному і біодизельному паливі.

На рис. 4 наведено графік прискорень автомобіля при роботі дизеля на дизельному і біопаливі при русі на різних швидкостях та на різних передачах.

Аналіз наведених результатів показує, що переведення дизеля на роботу на біопаливі здійснює такий же вплив на показники прискорення автомобіля, як і на показники динамічного фактору.

Такий вплив не може не сказатися на значення показників розгону – час і шлях розгону. Розглянемо, як змінюються показники розгону до 60 км/год для автомобіля масою 28000 кг при переведенні дизеля на роботу на біопаливо. В табл. 3 наведено результати розрахунків.

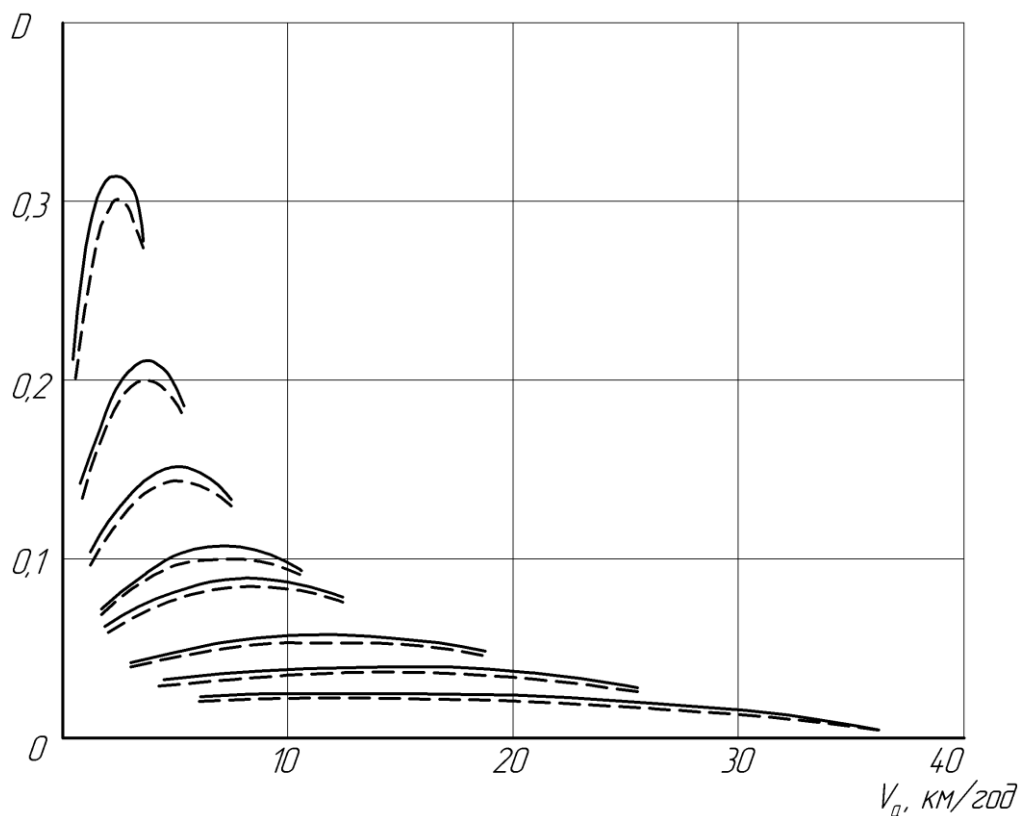


Рисунок 3 - Динамічний фактор автомобіля

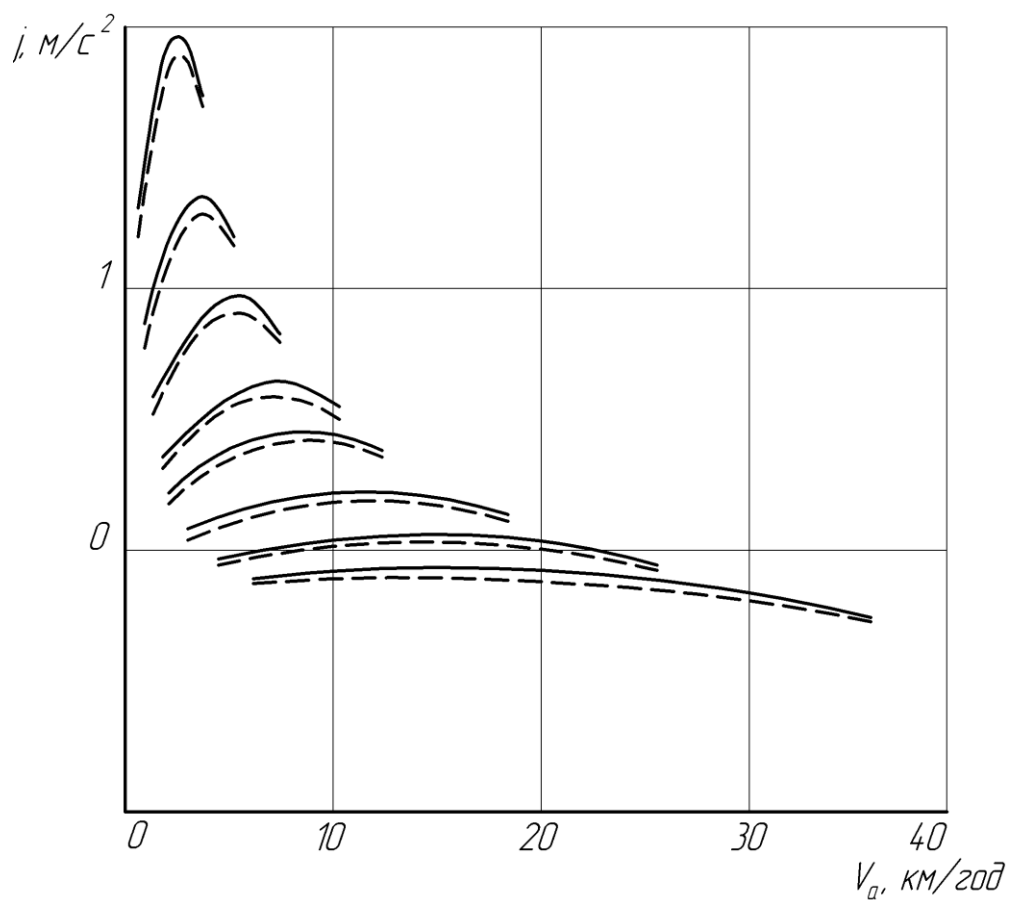


Рисунок 4 - Графік прискорень автомобіля



Таблиця 3 – Результати розрахунку шляху та часу розгону

Параметр	Значення параметрів				
Швидкість руху автомобіля, км/год	15	25	37	49	60
Шлях розгону при роботі двигуна на дизельному паливі, м	24	66	135	257	420
Шлях розгону при роботі двигуна на біопаливі паливі, м	29	74	142	279	452
Відношення показників, %	17,2	10,3	9,5	8,1	6,9
Час розгону при роботі двигуна на дизельному паливі, м	4,2	9,7	19,9	37,9	62
Час розгону при роботі двигуна на біопаливі паливі, м	5,1	10,8	22	41,2	66,6
Відношення показників, %	17,1	10,2	9,7	7,9	7,1

Як видно з наведених даних при збільшенні швидкості автомобіля при русі на вищих передачах негативний вплив переведення дизеля на роботу на біопаливі знижується.

Аналіз результатів розрахункового дослідження показав, що зміна потужностних характеристик двигуна практично не впливає на показники розгону, при загальному збільшенні витрати біодизельного палива, завдяки його меншій вартості, загальна вартість перевезення вантажу зменшується. Необхідно відмітити, що навантаження автомобіля значно впливає на його експлуатаційні витрати, але це потребує додаткового дослідження.

Таким чином, виробництво й застосування біодизельного палива в Україні дасть можливість радикально розв'язати еколого-енергетичні проблеми економіки нашої держави.

#### Список використаних джерел

1. Аналіз можливостей розширення альтернативної паливної бази автомобільного транспорту України в умовах кризового подорожчання енергоносіїв [Електронний ресурс]: / А.М. Редзюк, Ю.Ф. Гутаревич, В.С.Устименко // – Режим доступу до журн. : [http://ukrautoprom.com.ua/index2.php?option=com\\_docman](http://ukrautoprom.com.ua/index2.php?option=com_docman)
2. Ковтун Г.О. Альтернативні моторні палива / Г.О. Ковтун // Вісник НАН України, 2005.– № 2.– С.19–27. – ISSN 0372-6436
3. Кухар В.П. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення і розвитку / В.П. Кухар, Є.В. Кузьмінський, О.А. Гнатюк, Н.Б. Голуб // Вісник НАН України.– 2005. № 9.– С.3–18. – ISSN 0372-6436
4. Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. [електронний ресурс] / Vozbas Kahraman // Published by Elsevier Ltd. стр.4, 2005р. Режим доступу до журн. [http://aoatools.aua.gr/pilotec/files/bibliography/biodiesel\\_in\\_europe2005-3865689856/biodiesel\\_in\\_europe2005.pdf](http://aoatools.aua.gr/pilotec/files/bibliography/biodiesel_in_europe2005-3865689856/biodiesel_in_europe2005.pdf)
5. Demirbas A. Biodiesel A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines./ A. Demirbas // s.l. : Springer-Verlag London Limited, 2008.
6. Demirbas A. Current advances in alternative motor fuels. / A. Demirbas // Energy Explor Exploit, 2003; P. 75–87.
7. Knothe G. The Biodiesel Handbook (Jon Van Gerpen, Jürgen Krahl) / G. Knothe// – Champaign, Illinois: AOCS Press, 2005. – 302 p.
8. Qianfan Xin Diesel engine system design/ Qianfan Xin // Woodhead Publishing Limited, 2011 - ISBN 978-1-84569-715-0 (print)
9. Jindal S. Effect of injection timing on combustion and performance of a direct injection diesel engine running on Jatropha methyl ester / S. Jindal // International journal of energy and environment/Volume 2, Issue 1, 2011 P. 113-122.

10. Rao P.V. Experimental Investigation on the Influence of Properties of Jatropha Biodiesel on Performance, Combustion, and Emission Characteristics of a Di – Ci Engine/P.V. Rao // Journal World Academy of Science, Engineering and Technology 75, 2011 pp. 855 – 866.

*Поляков Андрій Павлович – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [farv@vntu.edu.ua](mailto:farv@vntu.edu.ua)*

*Мороз Лариса Василівна — ст. викладач, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [morozlarisa764@gmail.com](mailto:morozlarisa764@gmail.com)*

*Polakov Andriy – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [farv@vntu.edu.ua](mailto:farv@vntu.edu.ua)*

*Moroz Larysa V. — senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [morozlarisa764@gmail.com](mailto:morozlarisa764@gmail.com).*

УДК 656.78

В.І. Порфіренко, Я.В. Гнатюк

## ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СКЛАДСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ

*Розглянуто проблеми та перспективи складської логістики для розвитку транспортної інфраструктури в Україні, порівнено логістичні склади України та країн ЄС*

**Ключові слова:** логістика, складська логістика, складські приміщення, склади.

*Consider the problems and prospects of warehouse logistics for the development of transport infrastructure in Ukraine, and compare the warehouses of Ukraine and EU countries.*  
**Keywords:** logistics, warehouse logistics, warehouses spaces, storage facilities.

### Вступ

Логістика – це кровноносна система економіки. Складське господарство торгівлі складає частину матеріально-технічної бази суспільства, де склади мають велике народногосподарське значення і відіграють важливу роль у розв'язанні проблеми раціоналізації товаропросування.

### Мета роботи

Дослідити актуальність проблеми складської логістики, проаналізувати статистику кількості складів до війни та під час війни в Україні. Порівняти українські склади з складами в ЄС та спрогнозувати, як зміниться вітчизняна складська логістика після вступу України до ЄС.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Основні тренди, за якими живе і розвивається сьогодні українська логістика, почали формуватися кілька років тому. Однак під час пандемії та тієї кризи, яку вона створила для економіки в цілому, деякі тенденції посилювалися та стали яскравішими.

До повномасштабної російської агресії найбільший складський хаб в Україні – 70–80% усіх професійних складських площ – був у Київській області. Тут було зосереджено 1,8–2,2 млн кв. м професійних складів, компанії оперували площами 10 000–20 000 кв. м.[1]

Внаслідок повномасштабної російської агресії в Україні, зокрема, знищено і пошкоджено 22% складських приміщень. Сума прямих збитків, завданих росією українській інфраструктурі, промисловим об'єктам та виробничій логістиці, зростає майже до 50 мільярдів доларів.

Тепер же її обсяг суттєво зменшився. Аджє агресор повністю або частково знищив приблизно 382 тисячі кв.м. складських площ. Найбільше — саме у столичній області. Причому, понад 200 тис. кв.м. складів ворог зруйнував повністю.

Зокрема, на Київщині постраждали склади компаній МХП, Rozetka, Фокстрот, Fozzy Group, АТБ, NOVUS, Bohnenkamp Україна, Good Wine, Ekol Logistics Ukraine, Logistic Plus, Watsons, SAV Service, DC Ukraine і Mary Kay та багатьох інших виробників, девелоперів, продавців і постачальників. [2]

Частину зруйнованих логістичних комплексів вже відбудовано. Так, мережа супермаркетів “АТБ” почала відновлювати одразу два свої складські приміщення, а компанія “РЛС” реконструює пошкоджені ворогом склади у Броварах. Dragon Capital відновила одну з будівель повністю зруйнованого ворогом великого логістичного комплексу Wes tGate Logistic поблизу села Стоянка.

У зв'язку з релокацією десятків підприємств та зростанням ділової активності, на Заході України різко зріс попит на оренду складської нерухомості, - на Львівщині, Тернопільщині, Івано-Франківщині та на Волині. Тому вартість оренди складських приміщень для клієнтів там зростає майже вдвічі.[3]

Бізнес був змушений змінити складський ланцюжок, і тим самим збільшити складність та вартість цих операцій.

Якщо раніше товар міг довгий час перебувати на складах, звідки йшло відвантаження, то зараз бізнес почав відвантажувати «з колес», намагаючись мінімально накопичувати залишки, щоб у разі можливої атаки на склади не було втрат товару.

### Порівняння зі складами Європи

Україна, порівняно з Європою, має менш розвинену складську логістику, тому що використовує і застосовує старі технології та методики складування. Також одна із відмінностей – це автоматизація. Наразі багато процесів, які в Україні виконують люди – у Європі виконують машини.

Також причинами занепаду складської логістики є дефіцит кваліфікованих кадрів — немає актуальних навчальних програм із теорії та практики складської справи; загальний дефіцит кадрів у зв'язку з міграцією персоналу за кордон; слабка інфраструктура логістики загалом; нерозуміння керівниками підприємств важливості логістики. [4]

### Перспективи

Існує прямий зв'язок між розвитком виробництва й логістики. Один із показників — це валові капіталовкладення. В Україні він не перевищує 14% (станом на довоєнний 2021 рік), а в Польщі — 21%, в Румунії — 26%, в Німеччині — 23%, у Чехії — 30%. Вочевидь, зараз наш показник ще знизився. Але найближчим часом очікується його зростання, адже країна потребуватиме великої кількості логістичних центрів.

Порівнюючи внесок логістики в національний ВВП, можна акцентувати, що у наших європейських сусідів її структурна складова коливається в межах від 6,5% до 10% ВВП. В Україні ж — не перевищує й 4%, тобто є куди рости.

До 2030 року Одеса має стати “дверима” для торгівлі з Європою і центром логістичної системи України – вважають експерти зі сфери складської логістики. Київщина потребуватиме, за оцінками дослідників, щонайменше 500 тисяч кв.м. додаткових логістичних складських приміщень.

Важливо, щоб це були сучасні об'єкти, створені з використанням найкращих технологій. Перспектива - в будівництві комплексної інфраструктури для виробництва, пакування, зберігання, сортування та відвантаження продукції.

Зараз країна має значний дефіцит складських приміщень класу “А”, тому варто працювати над збільшення логістичних хабів у найбільших містах. Керівник Advanter Group зазначає, що компанія має в планах інвестувати в логістичну систему України понад 450 мільйонів доларів.

Вступ до ЄС надасть можливість та спростить процес залучення іноземних інвесторів, що однозначно покращить становище складської логістики в Україні.

Український уряд та законодавство для залучення як іноземного, так й вітчизняного капіталу, гарантує інвесторам фінансову підтримку за Законом [“Про державну підтримку інвестиційних проєктів зі значними інвестиціями в Україні”](#).

Передбачається надання інвест-проєктам, що відповідають визначеним критеріям, державних гарантій щодо незмінності законодавства протягом 15 років, а також відшкодування можливих збитків, завданих держорганами, та надання держпідтримки інвестиційним проєктам обсягом до 30% від суми інвестицій.

Також, згідно цього ж закону, інвестори зможуть розпочинати підготовку до втілення проєктів за 12 місяців до офіційного подання заявки, що дозволить заощадити час на бюрократичні процедури й узгодження. Також із 20 мільйонів до 12 мільйонів євро зменшать порогову суму інвестицій, яка дає право на державну підтримку проєкту.

Окрім того, буде лібералізовано вимоги щодо кількості нових робочих місць, які створюються у межах інвест-проєктів.

### Список використаних джерел

1. Олександр Ісаченко, засновник компанії «CoreTeKa та WareTeKa», « Як змінилася логістика в Україні під час війни». Режим доступу: <https://mind.ua/openmind/20241674-zberegiti-ta-zabezpechiti-yak-zminilasya-logistika-v-ukrayini-pid-chas-vijni>
2. «Повноцінне відновлення української економіки неможливе без відбудови та модернізації логістичної інфраструктури» Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-vidbudova/3700927-logisticna-skladova-povoennogo-vidnovlenna-pidhodi-ta-posuk-resursiv.html>
3. «Стан, тенденції та перспективи розвитку Українського ринку логістики». Режим доступу: <https://logist.fm/publications/stan-tendenciyi-ta-perspektivi-rozvitku-ukrayinskogo-rinku-logistiki>

4. Віктор Берестенко, президент Асоціації міжнародних експедиторів України « Як логістика адаптувалася до війни». Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/07/24/702529/>

*Порфіренко Володимир Іванович* – к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com).

*Гнатюк Яна Валеріївна* – студентка, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [yanagn21042003@gmail.com](mailto:yanagn21042003@gmail.com).

*Porfirenko Volodymyr Ivanovych* – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Management, National Transport University, Kiev, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com).

*Hnatiyk Yana Valeriivna* - student, National Transport University, Kyiv, e-mail: [yanagn21042003@gmail.com](mailto:yanagn21042003@gmail.com)

УДК 656.13

В.І. Порфіренко, Д.П. Дехтяренко

**ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ В МІСТАХ-МЕГАПОЛІСАХ У ВОЄННИЙ ЧАС**

*Розглянуто сучасний стан міського автотранспортного сполучення, перспективи його розвитку та електрифікації. Запропоновано дієві кроки для зниження забруднення повітря від роботи паливних двигунів та зменшення популярності персональних автомобілів.*

**Ключові слова:** екологічний транспорт, дрібнодисперсний пил, електробус, тролейбус, війна.

*The current state of urban road transport, prospects for its development and electrification are considered. Effective steps are proposed to reduce air pollution from the operation of fuel engines and reduce the popularity of personal cars.*

**Keywords:** ecological transport, fine dust, electric bus, trolleybus, war.

Війна Росії проти України вплинула на всі сфери економіки, включаючи одну з найважливіших – транспортну, яка попри виклики, руйнування і знищення основних засобів і фондів продовжила працювати, виконуючи ключову роль – перевезення: людей в безпечні регіони, гуманітарної допомоги з інших країн та продовольчої продукції закордон.

Попри те, що з України за час повномасштабного вторгнення виїхало близько 8,2 млн громадян та ще 5 млн є внутрішньо переміщеними [1] питання розвитку міського пасажирського транспорту є актуальним і нагальним, оскільки відбулася часткова заміна населення або його збільшення у великих тилових містах, які відчували збільшення попиту на перевезення та відсутність транспортних засобів великої та надвеликої місткостей для такої транспортної роботи.

Екологічно нейтральний транспорт має замінити дизельний, який є одним з основних забруднювачів повітря на рівні з викидами промислових підприємств та наслідків бойових дій. Найшкідливішими елементами викидів паливних двигунів є дрібнодисперсний пил.  $PM_{2,5}$  та  $PM_{10}$  - це тверді або рідкі частинки, які можуть рухатися в атмосфері. Часто їх концентрації використовують для визначення рівня забруднення повітря. Їх розрізняють за розміром. Груба фракція -  $PM_{10}$  являє собою частинки розміром від 2,5 до 10 мкм. Дрібна фракція -  $PM_{2,5}$  розміром до 2,5 мкм. Частинки діаметром менше 10 мікрон ( $\leq PM_{10}$ ) здатні глибоко проникати в легені та блокувати їх. Частинки діаметром менше 2,5 мікрона ( $\leq PM_{2,5}$ ) мають більший згубний вплив на здоров'я. Вони здатні долати аерогематичний бар'єр у легенях та потрапляти у кровоносну систему. ВООЗ вважає доведеним вплив  $PM$  на серцево-судинні захворювання, хронічну обструктивну хворобу легень, гострі інфекції нижніх дихальних шляхів, рак легенів.

Рекомендовані граничні концентрації частинок станом на 2005 р:  $PM_{2,5}$  – 25 мкг/м<sup>3</sup>,  $PM_{10}$  – 50 мкг/м<sup>3</sup>, на 2021 р:  $PM_{2,5}$  – 15 мкг/м<sup>3</sup>,  $PM_{10}$  – 45 мкг/м<sup>3</sup>.

Дрібнодисперсні зважені частинки ( $PM_{2,5}$ ):

- 5 мкг/м<sup>3</sup> середньорічне значення;
- 15 мкг/м<sup>3</sup> середньодобове значення у разі 3-4 днів перевищення фонового рівня на рік.

Великодисперсні тверді частинки ( $PM_{10}$ ):

- 15 мкг/м<sup>3</sup> середньорічне значення;
- 45 мкг/м<sup>3</sup> середньодобове значення у разі 3-4 днів перевищення фонового рівня на рік.

Не встановлено порогу, нижче якого цей тип забруднення не становить небезпеки для здоров'я. Граничні значення спрямовані на досягнення мінімально можливих концентрацій зважених частинок [2].

Згідно досліджень та аналізу супутникових знімків Copernicus Sentinel 5p та даних Служби моніторингу атмосфери Copernicus протягом липня 2017 р – липня 2020 року середня концентрація  $PM_{2,5}$  досягла значення 9,02 мкг/м<sup>3</sup>. Кількість  $PM_{2,5}$  зменшується з півдня на північ країни, причому найвищі концентрації спостерігаються у промислових областях сходу України. Загалом Донецька (11,85 мкг/м<sup>3</sup>), Дніпропетровська (10,88 мкг/м<sup>3</sup>) та Запорізька області (10,15

мкг/м<sup>3</sup>), а також місто Київ (10,76 мкг/м<sup>3</sup>) належать до найбільш забруднених територій, враховуючи довготривалий вплив РМ<sub>2,5</sub>.

У кількох районах концентрації РМ<sub>2,5</sub> не відповідають рівню 10 мкг/м<sup>3</sup> відповідно до настанов ВООЗ. Кількість таких територій сягає 127 районів, половина з яких розташована у межах Донецької області, 31 - у Дніпропетровській області, 9 - у межах міста Київ, 16 - у межах Луганської області, а також у межах Закарпатської та Чернівецької областей. Крім того, граничні значення концентрації РМ<sub>2,5</sub> були перевищені у декількох містах - Запоріжжя (16,10 мкг/м<sup>3</sup>), Одеса (12,02 мкг/м<sup>3</sup>) та Ужгород (11,03 мкг/м<sup>3</sup>). Найвищі середні концентрації встановлені у таких містах: Маріуполь (25,65 мкг/м<sup>3</sup>), Кривий Ріг (18,93 мкг/м<sup>3</sup>), Мангуш (17,51 мкг/м<sup>3</sup>) та Дніпро (16,64 мкг/м<sup>3</sup>). У загальному випадку середні значення РМ<sub>2,5</sub> на території України становлять 5-11 мкг/м<sup>3</sup>. Піки значення концентрації РМ<sub>2,5</sub> спостерігаються пізньої осені та у зимовий період. Як правило, зменшення значень концентрації РМ<sub>2,5</sub> відбувається у літній період та на початку осені [3]. Це пояснюється погодними умовами та періодом масових відпусток населення, коли використання власного автомобільного транспорту розпорошується країною або тимчасово припиняється.

Міста-мегаполіси України найбільше потерпають від дрібнодисперсного пилу, який є наслідком скупчення автомобілів (затори), але влада й досі ігнорує розвиток екологічного наземного громадського транспорту. Потрібно зробити користування персональним автомобілем не вигідним, шляхом:

- збільшення одиниць тролейбусів та електробусів та зменшення інтервалів;
- безкоштовного навчання на категорії Т, Д та Д1 у філіях комунального перевізника для поповнення кадрів депо кваліфікованими водіями;
- зручної оплати проїзду;
- масовості виділених смуг та посилення контролю за дотримання ПДР;
- будівництва парковок на в'їздах до міста з доступними тарифами та зручних пересадочних хабів.

До прикладу, в Києві до війни, у лютому 2021 року планувалося придбати і протестувати 20 електробусів. Вони мали бути придбані за кошти Кіотського протоколу. Це ті квоти, які країни продають одна одній за право викидати парникові гази в атмосферу. Україна реалізувала свої квоти Іспанії. Ці кошти більше 5 років знаходяться на рахунках Міністерства екології. І через складну процедуру освоєння, їх не використовували. Зараз є 24 млн євро, які планують витратити на придбання електробусів. Київ – одне з міст, разом із Запоріжжям та Вінницею, які планують освоїти ці кошти. Столиця претендує на 22% від суми [4]. До цієї ідеї повернулись у липні 2023 р і стало відомо, що вони з'являться у наступні 2 роки на 55 маршруті.

Знищення або часткове пошкодження енергетичної інфраструктури України з боку країни-агресора є ще одним важливим, шкідливим фактором гальмування прийняття рішень на користь розвитку електротранспорту, оскільки потрібно було обирати між присутністю електроенергії в оселях громадян або часткового або повного обмеження на випуск тролейбусів. Наприклад, у Києві на 2,5 місяці дизельні автобуси повністю замінили тролейбусні випуски. За рахунок гуманітарних вживаних автобусів з Європи та присутності у частини водіїв тролейбусів категорії Д цей план стало можливо втілити, але загальний випуск наземного громадського транспорту тоді становив лише 500 одиниць, а в мирний час – 900 – 1000 одиниць, з яких близько 300 – 350 тролейбуси. Інші великі міста не могли дозволити собі такого, тому просто припиняли рух тролейбусів або забезпечувати мінімальний рух на маршрутах, з великими інтервалами.

Частково проблему відсутності постійного живлення від контактної мережі тролейбусів можна вирішити за допомогою їх дообладнання акумуляторами, які забезпечують автономний хід до 80 км або встановленням на кінцевих пунктах швидких зарядних станцій, якій забезпечують 100 % живлення протягом 12 хв або обідньої перерви водіїв. Інше рішення – модернізація дизельних автобусів в електричні шляхом заміни двигунів. Практика Німеччини показує, що така процедура для однієї одиниці займає не більше двох тижнів.

Проаналізуємо історію появи електробусів вітчизняного виробництва задля того, щоб дати відповідь на питання чи швидко їх можна зробити масовим транспортом.

Перший український електробус був побудований транспортниками фірми "Санрайз" (м. Луцьк) на базі автобуса Богдан А091. Він оснащений двома електродвигунами, сумарною потужністю 120 кВт, які працюють від акумуляторів, розрахованих на 3000 циклів

зарядки/розрядки. Електробус витрачає 50-55 кВт електроенергії на 100 км шляху залежно від рельєфу місцевості і може проїхати без підзарядки 180-220 км. Електробус було запущено в комерційну експлуатацію на маршрут, він щодня приносить економію до 1000 грн. Під час багатоденних замірів було визначено, що 1 км пробігу на електробусі коштує 1,83 грн, (за умови заряду за нічним тарифом), тоді як витрати на 1 км у дизельного аналога досягали 4,96 грн. Місткість – однакова з дизельним "Богданом" – 45 осіб.

У 2015 році Концерн «Електрон» випускає першу модель 12 м електричного автобуса E191. На одному заряді він може проїхати 225 км. Зарядка відбувається від станції за допомогою кабеля. До лютого 2022 року перебував на балансі львівського тролейбусного депо і експлуатувався на тролейбусних маршрутах, нині – не працює.

2016 року Богдан Моторс спільно з компанією Ursus випускає електробус T701.00, для польського Любліна, які до того спільно виграють тендер на постачання 38 тролейбусів. Електробус має запас ходу 120 км, кузов виготовлений з нержавіючої сталі у найкоротші терміни – 2 місяці. Зарядка відбувається від станції, яка розміщені біля тролейбусної контактної мережі за допомогою пантографа.

У 2018 році Чернігівський автозавод веде переговори про виробництво електробусів з представниками китайської компанії.

У 2019 році Богдан Моторс повідомляє, що його конструкторське бюро завершило розробку нової моделі електричного автобуса і вже ведуться роботи з виготовлення передсерійного зразка. Новий електробус Богдан 2020 року буде серійно вироблятися на потужностях заводу в Луцьку. Електробус матиме 12 м кузов із нержавіючої сталі та абсолютно низький рівень підлоги. Автобус призначено для перевезення пасажирів за міськими маршрутами. Пасажиромісткість становитиме щонайменше 80 пасажирів. За словами розробників, характеристики електробуса залежатимуть від комплектації: пробіг на одній зарядці від 200 км, сумарна потужність двигунів 260 кВт, максимальна швидкість понад 70 км/год.

2020 року Львів анонсував закупівлю 250 електробусів у концерну "Електрон" Концерн "Електрон", Львівська міська рада, ЛКП "Львівелектротранс" і приватний перевізник "Екопастранс" підписали меморандум, що передбачає закупівлю містом 250 електробусів, з яких 200 одиниць закуплять приватні перевізники.

Також в Національній транспортній стратегії до 2030 року планувалось повністю замінити весь міський громадський транспорт на електричний і створити відповідну інфраструктуру для цього. Про це повідомив Владислав Криклій – Міністр інфраструктури України, 19 листопада 2020 р, під час Global e-Mobility Forum, організованому Міністерством клімату та навколишнього середовища Республіки Польща [5].

Загалом купа планів, одиничні екземпляри, але жодної масовості.

Нині варто сконцентруватися на збереженні потенціалу електротранспорту та його модернізації наступними кроками:

- виводити на лінію весь існуючий справний парк;
- перетворювати дизельні автобуси в електричні;
- встановлювати акумулятори для автономного ходу тролейбусам.

#### Список використаних джерел

1. Унаслідок війни за кордон виїхали 8,2 мільйона українців – Шуляк. Укрінформ – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3728049-unaslidok-vijni-za-kordon-viihali-82-miljona-ukrainciv-sulak.html>

2. Сердюк О. Вимоги до якості повітря стали більш жорсткими. OKNA.ua – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://okna.ua/ua/library/vymohy-do-yakosti-povitrya-staly-bilsh#table-of-contents-h2h3class-name-3>

3. Бочкова С., Богович Р., Грнчар М., Муронь М., Філіповова П., Скальський М., Сорока М. Забруднення повітря в Україні – погляд з космосу. Arnika, World from Space, Чисте повітря для України, Transition Promotion Program, National Endowment for Democracy. Прага – Київ, 2020. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2020/11/cleanair.org.ua-ukraine-space-ua-final-web.pdf>

4. Змагання за екологічний транспорт: у Києві може з'явитися 20 автобусів з електричними



двигунами. Київська Міська Рада. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://kmr.gov.ua/uk/content/zmagannya-za-ekologichnyy-transport-u-kyievi-mozhe-zyavtytsya-20-avtobusiv-z-elektrychnymy>

5. Як в Україні намагалися впроваджувати електробуси. Ретроспектива гучних заяв. Auto-Consulting – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://autoconsulting.ua/article.php?sid=53790>

**Порфіренко Володимир Іванович** – к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com)

**Дехтяренко Дмитро Павлович** – аспірант, асистент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [mr.dima2304@gmail.com](mailto:mr.dima2304@gmail.com)

**Porfirenko Volodymyr Ivanovych** - Ph.D., associate professor, associate professor the Department of Management, National Transport University, Kyiv, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com)

**Dekhtiarenko Dmytro Pavlovych** - post graduate student, assistant of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, e-mail: [mr.dima2304@gmail.com](mailto:mr.dima2304@gmail.com)

УДК 621.314

В.І. Порфіренко, С.Р. Норець

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРО- ТА ВОДНЕВОГО АВТОТРАНСПОРТУ

*Розглянуто перспективи розвитку та експлуатації електро- та водневого автотранспорту з урахуванням технічної та екологічної складових.*

**Ключові слова:** електричний автотранспорт, гідроген, водневий автотранспорт, двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), екологія.

*The prospects of developing the operation of electric and hydrogen automotive transport have been considered, taking into account both technical and environmental aspects*

**Keywords:** Electric vehicle, hydrogen, hydrogen vehicle, internal combustion engine (ICE), ecology.

Транспорт завжди був невід'ємною частиною життя людства, і він постійно змінювався та адаптувався на всіх етапах історії, відповідно до розвитку та потреб людей. Наразі автотранспорт переживає революцію, спрямовану на створення більш екологічно чистих рішень. Одними з головних учасників цієї трансформації є електромобілі та автомобілі на водневих пальниках.

Для аналізу перспектив розвитку та експлуатації електро- та водневого автотранспорту, та їхнього впливу на наше майбутнє у сфері транспорту, важливо проаналізувати перспективи розвитку найпоширенішого на сьогодні виду – автомобілів з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) з технічної та екологічної сторони.

На жаль, на сьогоднішній день автомобілі з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) є досить неекологічними з точки зору викидів шкідливих газів і споживання пального.

Двигуни на ДВЗ також викидають шкідливі речовини, такі як оксиди азоту, вуглеводні, і чадний газ (СО), які мають негативний вплив на здоров'я людей і навколишнє середовище. Ці викиди сприяють формуванню приземного озону та інших шкідливих речовин [1].

Однак не слід забувати й про можливість вдосконалення ДВЗ. Ефективний метод запропонував автор статті «Зниження шкідливого впливу викидів моторного транспорту на стан атмосферного повітря», він передбачає використання каталізаторів для очищення вихлопних газів без потреби у генераторі нейтрального газу. Цей удосконалений метод пропонується як практичний спосіб зменшення забруднення повітря від вихлопних газів моторних транспортних засобів у реальних умовах експлуатації [2].

Щодо подальшого розвитку автомобільного транспорту в світі, "Велика сімка" (G7) має спільний план, спрямований на досягнення повного усунення викидів на дорогах до 2050 року. Це є значущим кроком у боротьбі зі зміною клімату. Основний пункт цього плану передбачає: повністю електричні, гібридні або без викидні автомобілі до 2035 року. Країни G7 планують впровадити обмеження на продаж нових автомобілів, які використовують традиційні ДВЗ. Це означає, що всі нові автомобілі, що будуть продані в цих країнах, повинні бути повністю електричними, гібридними або використовувати паливо з нульовими викидами вуглекислого газу.

Велика Британія планує заборонити продаж нових автомобілів з ДВЗ після 2030 року. У той же час Європейський союз розглядає впровадження стандарту Євро-7 і планує припинити продаж автомобілів з ДВЗ до 2035 року, хоча це не буде повністю вдаватися. У Сполучених Штатах Америки наразі лише штати Нью-Йорк і Каліфорнія мають намір заборонити продаж автомобілів з ДВЗ [3].

Отже, перехід до більш технічно досконалих та екологічно-дружніх альтернатив, необхідний, і спонукає до розвитку та експлуатації електро- та водневого автотранспорту.

Електромобілі вже давно не є диковинкою на ринку автотранспорту. Цікавий факт: електромобіль з'явився раніше, ніж двигун внутрішнього згорання. Протягом останніх декількох років електромобілі значно набули популярності та стали більш доступними для споживачів. Велика кількість автовиробників представляє на ринку різноманітні моделі електромобілів з різними характеристиками і ціновими діапазонами (рис. 1).

## TYPES OF ELECTRIC VEHICLES

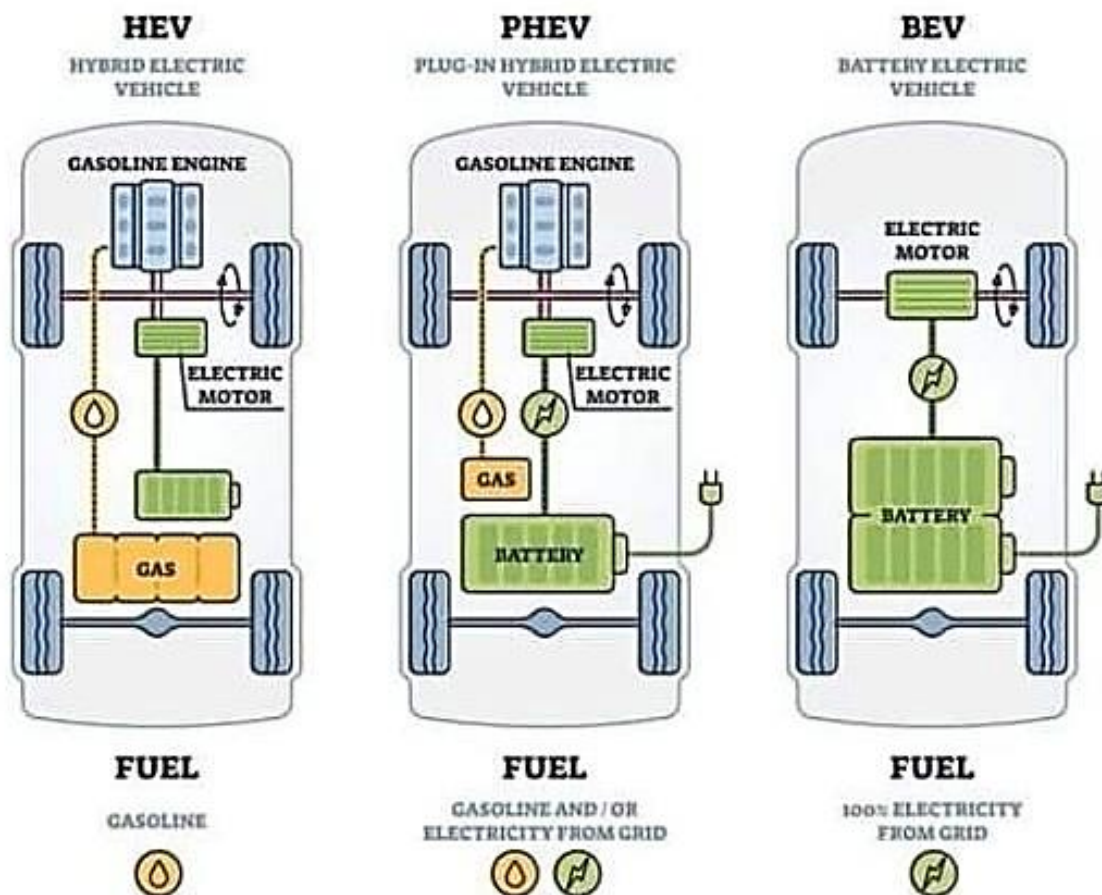


Рисунок 1 – Типи електроавтомобілів

З рисунку видно, що наразі існують три типи електроавтомобілів:

- гібридні, які мають невеликий ДВЗ, який підзаряджає через генератор акумуляторні батареї (АКБ), для приводу в дію електричного двигуна авто;
- plug-in автомобілі, в яких АКБ при необхідності може підзаряджатись від загальної чи виділеної мережі електроструму;
- повністю електричні авто, що працюють виключно від електроструму вмонтованого блоку АКБ.

Споживачі все більше віддають перевагу електромобілям через їхні численні переваги, такі як екологічність (менше викидів шкідливих газів), економічність (менше витрат на паливо), та технологічні можливості (автопілот, висока продуктивність, мережеве підключення тощо). Наразі електромобілі мають всі можливості витіснити автомобілі з ДВЗ до 2035 року, але все залежить від низки факторів, таких як: розвиток акумуляторних батарейних технологій, збільшення місткості батарей, збільшення швидкості зарядки та зменшення вартості батарей, розвиток мережі зарядних станцій, вартість електроавтомобілів, вартість пального, податки та інші економічні фактори, які можуть впливати на вибір водіїв при купівлі автомобіля.

Електромобілі сповна вирішують питання, пов'язані з викидами автомобільного транспорту, але й не можна сказати, що вони на 100% екологічно чисті. Коли електромобіль рухається, він залишається екологічно чистим та відносно безпечним на дорозі, але негативні

впливи його експлуатації переносяться на те місце, де виробляється електроенергія у випадку, коли електромобіль не заряджався від джерела відновлюваної енергії.

Другий аспект, за який часто висловлюють критику стосовно електромобілів, полягає в проблемі переробки батарей. Крім того, під час виробництва електромобілів заводи можуть виділяти парникові гази та шкідливі забруднювачі, іноді навіть у більших кількостях, ніж під час виробництва автомобілів з двигунами внутрішнього згорання [4].

Ці питання може вирішити електроавтомобіль з водневим двигуном. Гідроген працює не від великої важкої батареї, а від блоку паливних елементів. Проте для обертання коліс в такому транспортному засобі використовується той самий тип електродвигуна, який мають акумуляторні електромобілі. Чистий водень проходить через мембрану і з'єднується з киснем з повітря, генеруючи електрику, яка в свою чергу обертає колеса.

Водневі електромобілі є однією із складових, спрямованих на розвиток екологічно чистої транспортної інфраструктури, і зараз вони ще не отримали широкого розповсюдження. Україна також поки що має невелику кількість таких автомобілів на дорогах, власники яких заправляють авто в Польщі через відсутність відповідної інфраструктури в межах України.

Електромобілі та водневий транспорт - перспективні напрямки, але вимагають розв'язання ряду проблем, включаючи недорогі та надійні місткі акумулятори, інфраструктуру для електро- та водневих автомобілів, ефективні та відносно недорогі засоби зберігання водню та заправки його для водневого транспорту. Якщо ці питання вирішити, це може бути майбутнє технічно досконалого та екологічно чистого транспорту.

#### Список використаних джерел

1. Архіпова Г. І., Ткачук І.С., Глушков Є.І. «Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах» URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/519/1/stat%27ya.pdf>
2. Трофімов І. Л. «Зниження шкідливого впливу викидів моторного транспорту на стан атмосферного повітря» URL: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/7418/8479>
3. Інформаційно-аналітична група AUTO CONSULTING «На зустрічі G7 було оголошено про відмову від двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) до 2035 року» URL: <https://autoconsulting.ua/article.php?sid=53921>
4. Бондаренко І. «Чи дійсно екологічні електрокари?» URL: <https://www.the-village.com.ua/village/city/eco/299547-chi-ekologichni-naspravdi-elektrokari>

**Порфіренко Володимир Іванович** – к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com).

**Норець Станіслав Романович** – студент, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [st.norets@gmail.com](mailto:st.norets@gmail.com).

**Porfirenko Volodymyr Ivanovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Management, National Transport University, Kiev, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com).

**Norets Stanislav Romanovych** - student, National Transport University, Kyiv, e-mail: [st.norets@gmail.com](mailto:st.norets@gmail.com).

УДК 656.073.3

Г.С. Прокудін, А.П. Назарова, А.М. Поліщук, Ю.В. Лабунець

## МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Розглянуто технологічний процес доставки вантажів на прикладі структури найпростішого логістичного ланцюга, яка відображає послідовність участі в процесі доставки різних суб'єктів транспортного ринку. Запропоновано принципову модель аналізу логістичного ланцюга доставки вантажів, яка представлена у вигляді мережі СМО.

**Ключові слова:** логістичний ланцюг, доставка вантажів, мережа СМО, граф станів, ймовірність переходів, абсолютна пропускну здатність.

The technological process of cargo delivery is considered on the example of the structure of the simplest logistics chain, which reflects the sequence of participation in the delivery process of various subjects of the transport market. A principled model of the analysis of logistics chain of cargo delivery is proposed, which is presented in the form of a network of MSS.

**Keywords:** logistics chain, delivery of goods, network of MSS, graph of states, probability of transitions, absolute throughput.

Структура технологічного процесу доставки партії вантажу описується структурою логістичного ланцюга (ЛЛ), яка відображає послідовність участі в процесі доставки різних суб'єктів транспортного ринку. При цьому слід розрізняти задачу вибору оптимальної структури ЛЛ від задачі вибору оптимального суб'єкта транспортного ринку. Вибір оптимальних варіантів логістичних ланцюгів доставки вантажів здійснюється на основі їх альтернативних варіантів, що у значній мірі визначає ефективність вантажних перевезень [1].

Розглянемо найпростіший варіант ЛЛ при доставці вантажів автомобільним транспортом (рис. 1). Для ЛЛ доставки вантажу початковою ланкою, яка генерує вантажопотік, являється вантажовідправник ( $FO$ ), а кінцевою ланкою, являється вантажоотримувач ( $FC$ ). Фізичне переміщення вантажопотоку ( $\rightarrow$ ) здійснює перевізник в країні вантажовідправника  $A$  ( $C^A$ ). Функцію організації процесу переміщення вантажопотоків реалізує експедитор в країні вантажовідправника  $A$  ( $FF^A$ ). Як організатор процесу реалізації потреби в переміщенні вантажу, експедитор являється ланкою ЛЛ, на якому замикаються інформаційні потоки ( $\dashrightarrow$ ). Оскільки вантажовідправник з метою реалізації своєї потреби в переміщенні вантажу звертається до експедитора, то фінансовий потік ( $\dashrightarrow$ ) в ЛЛ проходить першочергово від вантажовідправника до експедитора, а далі – до інших учасників ланцюга.

Перевізник здійснює доставку партії вантажу від вантажовідправника до вантажоотримувача (якщо доставка здійснюється у внутрішньому сполученні) і до кордону, а далі від пропускового пункту на митниці ( $CP$ ) до вантажоотримувача (якщо доставка здійснюється у міжнародному сполученні). Формально найпростіший ЛЛ є сукупністю елементів наступного виду:

$$LC^{1F} = \{FO; C^A; FF^A; CP; FC\}.$$

(1)

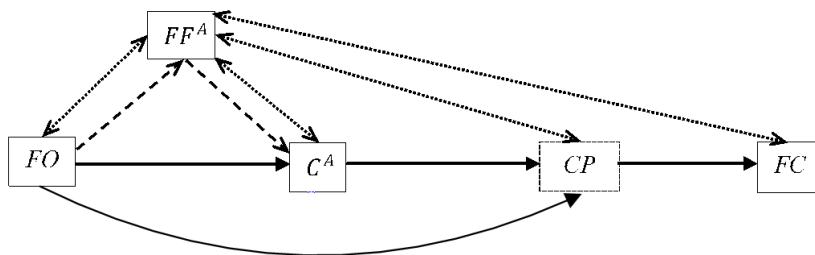


Рисунок 1 – Найпростіший варіант ЛЛ

Для розробки математичного апарату мережі систем масового обслуговування (МСМО) представимо її можливі стани (рис. 2). Також з метою спрощення моделі, вхідні потоки партій

вантажу, що надходять до вантажовідправника та розподіляються від вантажоотримувача, з'єднуються в одне зовнішнє джерело (0), що представлено на рис. 2. На основі рисунку 2 представлено матрицю передач (2), що дозволяє визначити інтенсивності внутрішніх потоків.

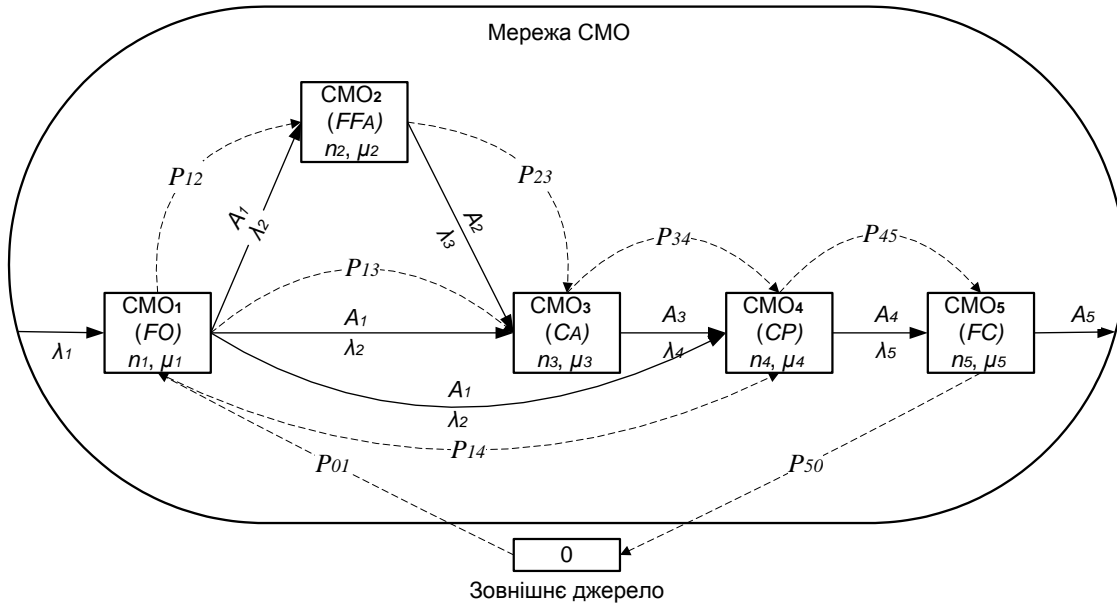


Рисунок 2 – Графи станів та передач МСМО

$$T = \begin{pmatrix} \lambda_0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & \lambda_5 & \\ 0 & P_{01} & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_0 \\ 0 & 0 & P_{12} & P_{13} & P_{14} & 0 & \lambda_1 \\ 0 & 0 & 0 & P_{23} & 0 & 0 & \lambda_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{34} & 0 & \lambda_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{45} & \lambda_4 \\ P_{50} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_5 \end{pmatrix} \quad (2)$$

де  $P_{ij}$  – ймовірність виходу вимоги з  $i$ -ої та надходження її до  $j$ -тої системи.

Очевидно, має місце:

$$\sum_{j=0}^M P_{ij} = 1, \quad i = 0, 1, 2, \dots, M. \quad (3)$$

де  $M$  – кількість СМО (у нашому випадку  $M = 5$  з 0-им зовнішнім середовищем).

Інтенсивність вхідного потоку становить  $\lambda_0 = \lambda_1$ . Виходячи з статистичних даних імовірність при здійсненні вантажних перевезень не використовувати допомогу експедитора, а саме  $P_{13}$  складає 10%, тобто 0.1, або використовувати власний рухомий склад  $P_{14}$  (при його наявності) – 30%, тобто 0.3, тоді на підставі (2)–(3) одержуємо:

$$\{P_{01} = 1.0; P_{12} = 0.6; P_{13} = 0.1; P_{14} = 0.3; P_{23} = 1; P_{34} = 1; P_{45} = 1; P_{50} = 1\} \quad (4)$$

Передбачається, що ймовірність того, що вимога, що залишає систему  $i$ , направиться в систему  $j$ , не залежить від попереднього шляху цієї вимоги й стану мережі в цілому. Отже, якщо існує сталий режим, то

$$\lambda_j = \sum_{i=0}^M \lambda_i \cdot P_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, M. \quad (5)$$

У цьому виразі  $\lambda_0$  позначає сумарну інтенсивність джерела. Звідки одержуємо:

$$\{\lambda_1 = \lambda_0 \cdot P_{01}; \lambda_2 = \lambda_1 \cdot P_{12}; \lambda_3 = \lambda_1 \cdot P_{13} + \lambda_2 \cdot P_{23}; \lambda_4 = \lambda_1 \cdot P_{14} + \lambda_3 \cdot P_{34}; \lambda_5 = \lambda_4 \cdot P_{45}\} \quad (6)$$

Оскільки  $\lambda_1$  відома, можемо через систему рівнянь знайти значення інших інтенсивностей. Розрахувавши відповідні значення  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5$ , можна, при відповідних інтенсивностях  $\mu_1, \dots, \mu_5$  (пропускних здатностях СМО) одержати основні характеристики мережі СМО. При одержанні даних характеристик, можливе збільшення чи зменшення кількості каналів або кількості місць у чергах очікування різних СМО з метою поліпшення функціонування мережі.

Універсальною характеристикою СМО є її відносна пропускна здатність:

$$q_i = \frac{\mu_i \cdot n_i}{\lambda_i}. \quad (7)$$

Тоді, згідно рис. 2 сумарна відносна пропускна здатність для мережі СМО:

$$q_{\text{МСМО}} = \frac{\left(\frac{q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 + q_1 \cdot q_3}{2} \cdot q_4 + q_1 \cdot q_4\right)}{2} \cdot q_5. \quad (8)$$

В свою чергу абсолютна пропускна здатність для мережі СМО визначатиметься як:

$$A_0 = q_{\text{МСМО}} \cdot \lambda_0. \quad (9)$$

Для підвищення ефективності вантажних перевезень в роботі запропоновано технологічний процес доставки партії вантажів описувати структурою логістичного ланцюга. На основі цього розроблена принципова модель функціонування логістичного ланцюга доставки вантажів, яка представлена у вигляді мережі СМО і яка дозволяє значно збільшити її абсолютну пропускну здатність, що в кінцевому результаті зменшить час доставки вантажів.

#### Список використаних джерел

1. Прокудін Г.С. Моделі альтернативних варіантів логістичних ланцюгів доставки вантажів / Г.С. Прокудін, А.П. Назарова // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: «Технічні науки». Том 34 (73) № 2, 2023, С. 189-193.
2. Prokudin G. Logistics of freight transportation and customs service in international transportation / G. Prokudin, O. Chupaylenko, V. Lebid, O. Denys, T. Khabotnia, A. Nazarova // Logistics systems: technological and economic aspects of efficiency: collective monograph. – Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2022. P. 38-74. ISBN 978-617-7319-66-4 (on-line).

**Прокудін Георгій Семенович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: p\_g\_s@ukr.net.

**Назарова Аліна Павлівна** – Phd-аспірант кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: lyalyuska87@gmail.com.

**Поліщук Анастасія Миколаївна** – магістр, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: nastya2001ua@gmail.com.

**Лабунець Юлія Василівна** – магістр, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: julianalabunets@gmail.com.

**Prokudin Georgiy Semenovych** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: p\_g\_s@ukr.net.

**Nazarova Alina Pavlivna** – Phd graduate student of the Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: lyalyuska87@gmail.com.

**Polishchuk Anastasia Mykolaivna** – Master, National Transport University, Kyiv, e-mail: nastya2001ua@gmail.com.

**Labunets Yuliya Vasyliivna** – Master, National Transport University, Kyiv, e-mail: julianalabunets@gmail.com.

УДК 711.7-163

Р.О. Пустовойт, О.В. Степанчук

## ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ У АЕРОПОРТАХ

Виявлено та сформульовано фактори, які впливають на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. Розглянуто особливості специфіки їхньої взаємодії в структурі комплексного аналізу проектного вирішення пересадочного вузла. Встановлено першочергові фактори, які організують та розподіляють людські та транспортні потоки на аеровокзальній площі та всередині терміналу.

**Ключові слова:** фактори впливу, людські потоки, транспортні потоки, аеровокзальна площа.

*Factors influencing the formation and development of transport and transfer hubs at airports have been identified and formulated. The peculiarities of the specificity of their interaction in the structure of the complex analysis of the project solution of the transfer node are considered. The primary factors that organize and distribute human and transport flows on the airport area and inside the terminal are established.*

**Keywords:** influencing factors, human flows, traffic flows, airport area.

Широкий спектр методів проведення наукового аналізу у сфері архітектурного формоутворення транспортно-пересадочних вузлів потребує проведення комплексного розгляду факторів, які впливають на їхнє формування та розвиток і виявлення особливостей специфіки їхньої взаємодії в процесі функціонування з іншими елементами інфраструктури аеродромних комплексів [1].

Постійне збільшення річного пасажиропотоку аеропортів зумовлює реалізацію удосконалення транспортної системи аеровокзального комплексу. У свою чергу, пасажирські аеровокзальні комплекси призначені для здійснення пересадки пасажирів з наземного транспорту на повітряний і навпаки також вимушені приймати та обслуговувати та задовольняти потреби пасажирів і організувати зручні, комфортні та безпечні умови для переміщення людей. Тому пасажирські термінали для успішної діяльності обслуговування мають взаємодіяти з різними видами міського пасажирського транспорту, які підвозять та відвозять людей до аеропортів. Звідси виходить, що сучасний аеропорт необхідно розглядати, як не тільки підприємство де здійснюється обслуговування людей авіаційним транспортом, а і як місце обслуговування людей автомобільним та залізничним транспортом. Ефективність та безпека відповідного обслуговування людей значно залежить від організації пасажирських потоків всередині аеровокзалу та пішохідних і транспортних потоків на привокзальній площі.

Тому покращення та удосконалення транспортної інфраструктури аеропортів зумовлюється формуванням на їх території саме транспортно-пересадочних вузлів.

Транспортно-планувальний вузол (ТПВ) - це елемент планувальної структури найкрупнішого, крупного та великого міста, що виконує функцію розподілу пасажиропотоків при здійсненні пересадки між різними видами зовнішнього та внутрішнього транспорту або між маршрутами одного та різних видів внутрішнього пасажирського транспорту [2].

Основними факторами впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах є:

- транспортно-інфраструктурні фактори;
- функціонально-технологічні фактори;
- містобудівні фактори;
- забезпечення безпеки і комфортності пасажирів і вантажів;
- соціально-економічні фактори.

**Транспортно-інфраструктурні фактори** є одні з найважливіших факторів впливу на формування та розвиток транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах. Так як розподіл пасажирських і транспортних потоків на привокзальній площі перед терміналом задають місця перетину та скупчення транспорту та пасажирів на аеровокзальній площі. Весь аеровокзальний комплекс поділяється на три основні планувальні зони: привокзальна площа, пасажирський



аеровокзал, перон. Всі ці зони повинні поєднуватися функціонально-технологічними взаємозв'язками.

**Функціонально-технологічними факторами** є схеми організації потоків пасажирів всередині аеровокзала. Виходячи з даного твердження, рішення по функціонально-просторовій організації ТПВ, а саме по кординації в ньому пасажирських і транспортних потоків повинно відповідати схемам організації потоків пасажирів всередині терміналу. Тому дослідження схем організації потоків аеровокзального комплексу є принципово важливим.

В залежності від схеми рішення руху людських потоків в аеровокзалі існують дві схеми організації потоків людей і транспорту на аеровокзальній площі: однорівнева та двохрівнева. При двохрівневій системі потік вилітаючих пасажирів попадає в аеровокзал по під'їзній естакаді на другій рівень, а потік прилетівших пасажирів покидає аеровокзал на першому рівні. При рішенні привокзальної площі в одному рівні – зали прибуття, зали відправлення та службові входи відокремлюються один від одного для розподілення потоків різних категорій пасажирів всередині аеровокзала і зменшення точок пересічення пішохідних і транспортних шляхів на території аеровокзальної площі.

Рішення по формуванню транспортно-пересадочних вузлів напряму залежить не тільки від внутрішніх транспортно-інфраструктурних і технологічних факторів, але й від зовнішніх **містобудівних факторів**, так як вони пов'язують між собою аеровокзальний комплекс і місто. Організація авіаційно-транспортного вузла задає кількість ТПВ на території аеропорту. При складній організації авіаційно-транспортного вузла, кожний із входящих в нього аеропортів (аеровокзалів) має більш однорідний потік пасажирів: одного направлення або тільки визначених повітряних ліній.

**Фактор безпеки і комфортності пасажирів і вантажів** визначає й забезпечує обслуговування пасажирів декількох видів транспорту (наприклад, авіаційного, автомобільного, залізничного). Уникнути пересічення людських потоків на аеровокзальній площі в більшості випадків не представляється можливим. Вирішити дану проблему можна скориставшись моделюванням вільного руху потоків, виходячи із обмеження їхньої щільності і на його основі визначенням необхідної ширини пішохідних шляхів по довжині шляху.

**Соціально-економічні фактори:** впливають на сприйняття ТПВ й аеропортового комплексу загалом, адже він є візитною карткою міста або країни. Крім того, цей чинник є провідним у процесі управління функціонуванням транспортними і пішохідними потоками аеровокзального комплексу й аеропорту. Прагнення отримати максимум прибутку визначає політику аеропортів і диктує правила при організації управління. Доцільність розширення або будівництва ТПВ залежить, передусім, від очікуваного прибутку. Тому при проектуванні та реконструкції транспортних вузлів враховують, насамперед, їх доходи і витрати.

Аналіз комплексного проектного вирішення показує, що архітектурне формоутворення тісно взаємодіє з методами наукового аналізу, з подальшим виявленням принципів та прийомів проектування, а також виявленням їх особливостей і специфіки взаємодії в процесі проектування будівель та споруд.

Підсумовуючи всі перераховані фактори впливу на формування функціонально-просторової організації ТПВ, можна стверджувати, що першочерговими по важливості є транспортно-інфраструктурні та функціонально-технологічні фактори, які організують та розподіляють людські та транспортні потоки на аеровокзальній площі та всередині терміналу. Зовнішні містобудівні фактори визначають кількість ТПВ в структурі аеровокзального комплексу. Фактори безпеки і комфортності пасажирів та соціально-економічні показники обґрунтовують доцільність будівництва ТПВ в межах обслуговування пасажирів декількох видів транспорту та фінансових доходів і витрат.

Також слід окремо акцентувати увагу на залізничній транспортній системі в структурі аеропортового комплексу, як одного з найважливіших чинників формування та розвитку ТПВ на території аеропортів. Досвід аеропортобудування показує, що залізнична транспортна система аеропортів підключена до швидкісної залізниці (обслуговуються середні та дальні пасажирські перевезення по міській агломерації) та міжміської залізниці (забезпечуються ефективні та зручні транспортні послуги для пасажирів середніх і близьких відстаней, між сусідніми містами міської агломерації). Швидкісні транзитні лінії безпосередньо формують інтегровані транспортні вузли в аеропортах, які можуть розташовуватися в терміналах (в різних рівнях) та на аеровокзальній

площі. Прикладом термінального розташування ТПВ є аеропорт Хітроу (Великобританія). Залізнична лінія аеропорту має по одній зупинці в трьох терміналах, а лінія метро Piccadilly має станції у всіх чотирьох терміналах. Британський аеропорт Гатвік також має інтегрований вузол всередині терміналів, де проходить національна залізниця та аеропортовий експрес (Gatwick Express). Ще одним прикладом є аеропорт Станстед (Великобританія), що має на першому поверсі терміналу залізничну станцію Airport Express (Stansted Express). Вивчення організації залізничної транспортної системи аеропортів показало, що вона є ключовим фактором формування інтегрованого транспортно-пересадочного вузла та за її допомогою забезпечується залізничне сполучення між аеропортами та аеропортом і містом.

Запровадження залізничних ліній в аеропорту є відмінною особливістю великих міст та світової практики. Основними критеріями рентабельності будівництва залізничних ліній є [3]:

- достатній рівень пасажиропотоку понад 2 млн пасажирів на рік (без урахування трансферних пасажирів);

- співвідношення ціни/якість послуги;

- віддаленість аеропорту – понад 14 км від центру міста;

- конкурентоспроможність у порівнянні з іншими альтернативами

На основі проведеного аналізу залізничних транспортних систем аеропортів, можна зробити висновок, що основним фактором впливу на запровадження рейкового транспорту в аеропортах є пасажиропотік, який формує метод вибору транспорту між містом та аеропортом [3].

Отже, варто додати, що до основних транспортно-інфраструктурних факторів, які впливають на формування транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах належать: наявність транзитних ліній залізничного транспорту всередині аеропорту; включення транспортної системи аеропорту до приміського та міського транспорту; різноманітність автомобільних та залізничних типів транспортних засобів (автобуси, таксі, метро, електротранспорт, монорельси).

#### Список використаних джерел

1. Проектування та будівництво аеродромних комплексів: монографія /За заг. ред. Карпова В. В. — Херсон: Олді+, 2022. — 336 с.
2. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. – К.: Мінгребіон України, 2019. – 179 с.
3. Пустовойт Р.О. Практичний досвід організації транспортного сполучення міста та аеропорту та його вплив на формування транспортно-пересадочних вузлів/ Р. О. Пустовойт // Теорія та практика дизайну. К., НАУ, 2022. - Вип. 25– С. 100–109.

**Пустовойт Руслан Олександрович** – аспірант кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів, Національний авіаційний університет, м. Київ, e-mail: gmail97@ukr.net.

**Степанчук Олександр Васильович** – д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів, Національний авіаційний університет, м. Київ, e-mail: olstnau@gmail.com.

**Pustovoit Ruslan Oleksandrovich** – postgraduate student of the Department of Computer Technologies of Airport Construction and Reconstruction, National Aviation University, Kyiv, e-mail: gmail97@ukr.net.

**Stepanchuk Oleksandr Vasyliovych** – Dr. Sci. (Engin.), professor, professor of the Department of Computer Technologies of Airport Construction and Reconstruction, National Aviation University, Kyiv, e-mail: olstnau@gmail.com.

УДК 656.13:004.94

**А.Ю. Рожкова, В.В. Бурдун, О.О. Ревякіна, Н.О. Бикадорова, Л.О. Васецька**  
**ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ**  
**ДЛЯ АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*У роботі наведено деякі відомості стосовно розвитку автономних транспортних засобів. Наголошено на застосуванні комп'ютерного програмного забезпечення для безпілотних автомобілів. Стисло наведені дані в цих тезах можна застосовувати в навчальному процесі.*

**Ключові слова:** транспорт, автомобіль, автономний транспортний засіб, безпілотний автомобіль, комп'ютерне програмне забезпечення.

*The paper provides some information on the development of autonomous vehicles. The use of computer software for unmanned vehicles is emphasized.*

**Keywords:** transport, car, autonomous vehicle, unmanned vehicle, computer software.

Безпілотний автомобіль (також, (самокерівний автомобіль, самокерований автомобіль, автономний автомобіль, роботизований автомобіль, робомобіль)) - автомобіль, обладнаний системою автоматичного керування, який може безпечно пересуватися без участі людини.

Безпілотні автомобілі здатні пересуватися самостійно, завдяки спеціальному програмному забезпеченню (ПЗ) і сенсорам. ПЗ керує роботою всіх систем автомобіля: поворотом керма, зміною передач, газом і гальмом. Датчики (сенсори) збирають інформацію про навколишнє оточення, яка лягає в основу дій автомобіля.

Зазвичай встановлюються датчики: лідари - далекомір оптичного розпізнавання; радары; камери; система глобального позиціонування (GPS); датчики одометрії; гіростабілізатор.

Програмне забезпечення безпілотного автомобіля може включати комп'ютерний зір і нейромережі.

Деякі системи покладаються на інфраструктурні системи (наприклад, вбудовані в дорогу або біля неї), але більш просунуті технології здатні пересуватися автономно в тих самих умовах, що й людина, ухвалюючи рішення про зміну положення керма і швидкості на основі даних із сенсорів.

Для створення архітектури системи перевірки безпеки (*safety gate architecture*), що оцінює небезпечні ситуації та ризики, використовуються комп'ютерний програмний продукт *medini analyze*. Він же використовується для оцінювання функціональної безпеки та відгуку на зовнішні впливи системи загалом та її компонентів. Програмне забезпечення, яке закладається у функціональні компоненти під час системного моделювання, розробляється в продукті *SCADE Suite*.

За допомогою програмного продукту *ANSYS VRX* можна оцінити роботу системи в цілому у віртуальній реальності. *ANSYS VRX* наповнює цифрову модель вулиці різними об'єктами, перешкодами, а також задає погодні та дорожні умови. При цьому поведінка автомобіля в цьому цифровому середовищі визначається розроблюваним програмним забезпеченням. Для оцінки роботи оптичних датчиків у модельованому середовищі використовується продукт *ANSYS SPEOS*. Завдяки йому можна валідувати апаратну частину системи перевірки безпеки.

Перший «розумний» український автомобіль спеціального призначення створено на базі автомобіля КрАЗ Спартан. Проект реалізовано ПАТ «АвтоКрАЗ» і Запорізькою інжиніринговою компанією «Інфоком Лтд». Автопілот *Pilotdrive*, встановлений на КрАЗі Спартан, оснащено комплексом спеціальних датчиків, що дозволяють автомобілю легко орієнтуватися в дорозі. У їх числі тепловізор із системою автоматичної цілевказівки й захоплення, відеокамера з охопленням 360°, передній і задній радары для виявлення перешкод, далекомір, емнісний датчик присутності людини в радіусі 18 метрів. Завдяки системі *Pilotdrive*, КрАЗ Спартан розпізнає ширину дороги, а також перешкоди, що знаходяться навколо нього. Система аналізу й ухвалення рішень дозволяє автомобілю миттєво реагувати на перешкоди. Управління безпілотним КрАЗом Спартан може здійснюватися за допомогою планшета, «розумної» рукавички або операторської станції.

Також можна додати, що ймовірно самокеровані транспортні засоби можуть бути електро або водневими автомобілями, а стисло наведені дані в цих тезах можна застосовувати в навчальному процесі.

Таким чином, розробка, впровадження та застосування комп'ютерного програмного забезпечення для безпілотних автомобілів буде надалі розвиватись допомагати просувати цей перспективний технологічний напрямок.

Список використаних джерел

1. Shawn Wasserman. Simulation is the Fastest Way to Get Autonomous Cars on the Market. Дата оновлення: 29.08.2023. URL: <https://www.ansys.com/blog/simulation-is-the-fastest-way-to-get-autonomous-cars-on-the-market>. (дата звернення 12.10.2023).

2. Перший безпілотний КраЗ - перший «розумний» український автомобіль. Дата оновлення: 06.10.2016. URL: <https://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/novini-ta-media/news/item/2839-pershyi-bezpilotnyi-kraz-pershyi-rozumnyi-ukrainskyi-avtomobil> (дата звернення 12.10.2023).

3. Wentao Zhu, Jun Miao, Jiangbi Hu, Laiyun Qing, Vehicle detection in driving simulation using extreme learning machine, Neurocomputing, Volume 128, 2014, Pages 160-165, ISSN 0925-2312, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.05.052>.

4. Віктор Васильович Бурдун, Валерій Олександрович Колесніков, Наталія Олексіївна Бикадорова. Перспективи та необхідність застосування сучасних комп'ютерних програмних комплексів в навчальному процесі для підготовки фахівців в транспортній галузі. Міжнародна науково-технічна конференція. «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту-2023», Вінницький національний технічний університет. 01.06.2023 – 03.06.2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/schedConf/presentations>. (дата звернення 12.10.2023).

5. Бурдун В.В., Ревякіна О.О., Колеснікова Є.Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.

6. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2018. 160 с.

7. Балицький О.І., Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Абрамек К.Ф., Іваськевич Л.М., Гаврилук М.Р., Колеснікова Є.Б. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту. XIV-та міжн. науково-практичн. конф., 25-27 жовтня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 22–25.

8. Колесніков Валерій, Колеснікова Єлизавета. Перспективи застосування технологій віртуальної та доповненої реальності при викладанні дисциплін пов'язаних з транспортною галуззю. «Сучасна наука та освіта». Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. м. Старобільськ, 14-15 квітня 2021 р. С. 37 – 39. ISBN 978-617-95067-7-2.

9. Колесніков В. О., Васецька Л. О., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Приклади застосування та впровадження нових технологій в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Частина 2. Застосування програмного комплексу ABAQUS. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 132–138.

10. Єльбакієв Д. Г., Мілютін Є. В., Колесніков В. О. Системи мульти-зарядки для електромобілів Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту. IX-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. Матеріали. 14-15 квітня 2021 р., м. Вінниця, 2021.

11. Колесніков В. О. Деякі приклади застосування комп'ютерних програм для дизайну та рестайлінгу автомобілів. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту. IX-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. Матеріали. 14-15 квітня 2021 р., м. Вінниця, 2021. С. 127 – 130. ISBN 978-966-641-851-0 (PDF).

12. Бикадорова Н. О., Бурдун В. В., Сидоренко Р. С. Комп'ютерне моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 38–42. ISBN 978-966-641-929-6.

13. Ставицький О. В., Стадник Л. Г., Колесніков В. О. Концепція автомобіля майбутнього. Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 181 - 189.

14. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.

15. Цимбалюк П. Ю., Колесніков В. О. Системи зв'язку транспортних засобів // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 204 - 208.

16. Рулевська Т. Ф., Єльбакієв Д. Г., Колесніков В. О. Перспективи «водневих» автомобілів. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 168 -172.

17. Ташев Ю. В., Войтко С. В., Трофименко О. О., Репкін О. О., Кудря Т. С. Глобальні тенденції розвитку водневих технологій у промисловості // Бізнес Інформ, 2020. № 8. С. 103-114. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-8-103-114>.

**Рожкова Анастасія Юрївна** – викладач кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [cracks2010@ukr.net](mailto:cracks2010@ukr.net)

**Бурдун Віктор Васильович** – к.пед.н., доцент, зав. кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [burdun\\_v\\_v@ukr.net](mailto:burdun_v_v@ukr.net).

**Ревакіна Ольга Олександрівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [olga.0509239777@gmail.com](mailto:olga.0509239777@gmail.com).

**Бикадорова Наталія Олексіївна** – ст. викладач кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [itottstar@gmail.com](mailto:itottstar@gmail.com).

**Васецька Лариса Олександрівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [vasla@i.ua](mailto:vasla@i.ua).

**Rozhkova Anastasiia Yuriivna** - Lecturer at the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: [cracks2010@ukr.net](mailto:cracks2010@ukr.net)

**Burdun Viktor Vasilovich** – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: [burdun\\_v\\_v@ukr.net](mailto:burdun_v_v@ukr.net).

**Reviakina Olga Olexandrivna** - PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: [olga.0509239777@gmail.com](mailto:olga.0509239777@gmail.com).

**Bykadorova Natalia Oleksiivna** - Senior Lecturer, Department of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: [itottstar@gmail.com](mailto:itottstar@gmail.com).

**Vasecka Larysa Olexandrivna** - PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny, e-mail: [vasla@i.ua](mailto:vasla@i.ua).

УДК 65; 629.017:629.083

О.П. Сакно, Є.П. Медведєв, О.Р. Сакно

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНУ  
ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Розглянуто статистику щодо продажів електромобілів (EV) в Україні за 2022-2023 рр., на підставі якої встановлено новий місячний рекорд продажів електромобілів в Україні. Визначено умови, що сприяють збільшенню попиту на зелений транспорт.

**Ключові слова:** електромобіль, інфраструктура, розвиток.

Statistics on sales of electric vehicles (EV) in Ukraine for 2022-2023 were considered, based on which a new monthly record for sales of electric vehicles in Ukraine was established. The conditions contributing to the increase in demand for green transport have been determined.

**Keywords:** electric vehicle, infrastructure, development.

У серпні 2023 року в Україні стався небувалий стрибок продажів електромобілів (EV). Українці придбали понад 5600 нових і вживаних електромобілів, що на 115% більше, ніж у серпні минулого року, і майже на 22% у порівнянні з липнем 2023 року. Цей стрибок встановив новий місячний рекорд продажів електромобілів у країні, що вказує на значні позитивні зміни в напрямку зеленого транспорту (рис. 1).



Рисунок 1 – Динаміка продажів електромобілів в Україні

Із загального обсягу проданих електромобілів 31,3% (1754 од.) було придбано на внутрішньому ринку. У списку найпопулярніших моделей електромобілів – Nissan Leaf, Tesla Model 3 і Volkswagen E-Golf з 449, 154 і 139 проданими одиницями відповідно. Серед інших популярних моделей – Tesla Model S, Renault Zoe, Volkswagen ID.4, Tesla Model Y і Honda M-NV. Різноманітність моделей електромобілів, таких як BMW i3, Audi E-Tron, Mercedes-Benz B-Class, Fiat 500e, Chevrolet Bolt, Hyundai Ioniq, Tesla Model X, Smart, Renault Kangoo Z.E., Mitsubishi I-Miev, Volkswagen ID. 6, і Toyota bZ4X також потрапила до списку.

Цікаво, що понад половину проданих в Україні електромобілів у серпні 2023 року становили вживані автомобілі, привезені з-за кордону. Їх частка становила 56,3% (3149 одиниць) від загального обсягу продажів. Ця тенденція відображає зростання популярності вживаних електромобілів на українському ринку та потенційно означає більш доступний спосіб переходу споживачів на більш екологічні види транспорту.

Згідно з даними Future Energy [1], середня вартість встановлення зарядної станції для електромобілів для станції другого рівня становить близько 6000 доларів США за порт. Але кілька факторів впливають на вартість комерційних зарядних станцій для електромобілів: інфраструктура, обладнання, пільгові витрати, субсидії та програмне забезпечення.

#### Умова №1. Інфраструктура

Зарядна станція забезпечує електрикою ТЗ через її підключення до комунального підприємства. Але ці електропроводи можуть вимагати оновлення, яке може коштувати в середньому від 12000 до 15000 доларів США, згідно з Future Energy.

Наприклад, для підключення до існуючої 240-вольтової схеми може знадобитися лише кілька годин роботи електрика. Але встановлення спеціальної схеми на 480 вольт може коштувати десятки тисяч доларів. Модернізація електрики тягне за собою відповідні витрати, включаючи електричні панелі, лічильники для контролю споживання електроенергії або навіть додатковий трансформатор. Оновлення також може включати буріння, риття траншей і цементування ліній електропередач.

#### Умова №2. Обладнання для зарядних станцій

На відміну від витрат на інфраструктуру, плата за обладнання відносно статична і залежить від рівня зарядного пристрою.

Перший рівень, або побутові зарядні пристрої, коштують близько 600 доларів за виділену схему на 120 Вольт. Однак домашнього зарядного пристрою недостатньо для комерційних підприємств, яким для роботи з навантаженням потрібні зарядні пристрої другого або третього рівня. Найвищою специфікацією для комерційної зарядної станції для електромобілів є рівень третього рівня, або швидка зарядка постійним струмом (direct current fast charge – DCFC). Станції третього рівня можуть зарядити автомобіль за годину постійним струмом 480 Вольт. Такі станції коштують близько 50000 доларів США за один порт. Більшість комерційних підприємств намагаються встановити зарядні станції другого рівня, які працюють від 240 Вольт і забезпечують компроміс між потужністю та вартістю. Станція для зарядки електромобілів другого рівня коштує близько 7200 доларів за станцію з двома портами – вона може заряджати два автомобілі одночасно за 8-10 годин.

#### Умова №3. Інші витрати

Компанії можуть додати цінність, співпрацюючи з досвідченим партнером над розробкою користувацьких середовищ та вартості упаковки комерційних додаткових зарядних станцій для електромобілів. Наприклад, клієнт може обрати індивідуальні смуги для паркувальних місць і вивісок, які відповідають умовам зарядки, що може коштувати близько 1500 доларів.

Крім того, захисні тумби – короткі міцні стовпи, які захищають техніку, і коштують близько 400 доларів США кожен. Станція може вимагати паркувальні блоки приблизно за 600 доларів за штуку.

#### Умова №4. Програмне забезпечення

Щоб отримати певні фінансові стимули, власник зарядної станції для електромобілів повинен встановити програмне забезпечення, яке зв'язується з компанією, що збирає та аналізує дані з мережевих зарядних станцій, щоб покращити загальну систему та дізнатися про попит на зарядку EV. Як правило, вартість розміщення цієї інформації в хмарі становить близько 28 доларів США на місяць для кожного порту.

#### Умова №5. Вартість управління енергією

Крім кваліфікації для заохочень, підприємства, які розумно використовують дані, можуть заощадити гроші в довгостроковій перспективі. Відстежуючи пікове навантаження, найбільшу кількість електроенергії, використану за встановлений період, компанії можуть контролювати ставку своїх рахунків за електроенергію

#### Умова №6. Інтеграція управління даними

Розумні рішення фірм, що пропонують зарядні станції наголошують на проактивному управлінні використанням електроенергії за допомогою передової програмної платформи.

#### Умова №7. Стимули від держави.

Стимули відіграють вирішальну роль у зростанні впровадження електромобілів. Наприклад, потужна програма стимулювання Китаю як для автовиробників, так і для споживачів допомогла країні стати світовим лідером у сфері електромобілів. Китай продовжив свої споживчі субсидії до 2023 року, навіть після того, як у 2021 році вирішив їх припинити. Крім того,

китайська політика подвійного кредитування для автовиробників мала величезний успіх, і уряд планує поступово скасовувати споживчі субсидії, коли ринок електромобілів досягне успіху зрілості.

Висновок – ринок електромобілів в Україні значно зростає через умови, які забезпечують ці зміни. Нині Nissan Leaf є найпопулярнішою моделлю на внутрішньому ринку, і більше половини автомобілів імпортується з-за кордону. Ці дані вказують на значний вибір українців до екологічного транспорту, й очікується, що це матиме далекосяжні наслідки для транспортної та екологічної політики країни. Популярність вживаних електромобілів також свідчить про те, що вартість може бути суттєвим фактором у виборі споживачів, який може вплинути на майбутні ринкові тенденції та державні стимули для впровадження електромобілів.

#### Список використаних джерел

1. Future energy. Офіційний сайт. URL: <https://futureenergy.com/how-much-do-ev-charging-stations-cost/> (дата звернення 5.10.2023).
2. Ukraine's Green Shift: Record Sales of Electric Vehicles in August 2023. Офіційний сайт. URL: <https://bnn.network/world/ukraine/ukraines-green-shift-record-sales-of-electric-vehicles-in-august-2023/> (дата звернення 5.10.2023).
3. Ukrainians Bought A Record Number Of Electric Cars. Офіційний сайт. URL: <https://sundries.com.ua/en/ukrainians-bought-a-record-number-of-electric-cars/> (дата звернення 5.10.2023).

**Сакно Ольга Петрівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, e-mail: [sakno-olga@ukr.net](mailto:sakno-olga@ukr.net)

**Медведєв Євген Павлович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ, e-mail: [medvedev.ep@gmail.com](mailto:medvedev.ep@gmail.com).

**Сакно Олена Русланівна** – здобувач вищої освіти, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, [sakno.o.r@nmu.one](mailto:sakno.o.r@nmu.one)

**Sakno Olha** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Dnipro, e-mail: [sakno-olga@ukr.net](mailto:sakno-olga@ukr.net)

**Ievgen Medvediev** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Railway and Road Transport, Lift and Care Systems, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, e-mail: [medvedev.ep@gmail.com](mailto:medvedev.ep@gmail.com).

**Sakno Olena** - higher education student, Dnipro University of Technology, Dnipro, e-mail: [sakno.o.r@nmu.one](mailto:sakno.o.r@nmu.one)



УДК 629.113

В.П. Сахно, В.М. Поляков, С.М. Шарай, О.О. Разбойников

## ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ ТА ДОРОЖНЬОЇ НЕРІВНОСТІ НА НАВАНТАЖЕННІСТЬ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ АВТОБУСА КАТЕГОРІЇ М3

**Анотація.** Показано використання штучних дорожніх нерівностей для підвищення безпеки руху автотранспортних засобів. Проведено теоретичні дослідження руху автобуса категорії М3 при долатті штучної дорожньої нерівності. Аналіз результатів дослідження дозволив оцінити вплив швидкості руху автобуса в зазначених умовах на параметри його навантаженості в ходовій частині та контактні коліс з полотном дороги.

**Ключові слова:** автобус, штучна дорожня нерівність, керованість, ходова частина.

**Abstract.** The use of artificial road bumps to increase the safety of motor vehicles is shown. Theoretical studies of the movement of the M3 category bus when overcoming an artificial road bump have been conducted. The analysis of the results of the study made it possible to assess the influence of the speed of the bus in the specified conditions on the parameters of its load in the undercarriage and the contact of the wheels with the road surface.

**Keywords:** bus, artificial road unevenness, controllability, undercarriage.

Автобусні перевезення займають в Україні провідне місце серед міських пасажирських перевезень. Це реалізується завдяки наявності структури транспортних підприємств, які надають послуги з перевезення пасажирів. Особливістю таких підприємств є велика кількість марок, моделей і модифікацій автомобільних транспортних засобів (АТЗ), які одночасно використовуються у транспортному процесі.

Для підвищення безпеки руху автобусів шляхом примусового зменшення швидкості руху та зменшення травматизму у місцях з великим скупченням пішоходів (біля закладів освіти, торговельних центрів) на дорожнє покриття встановлюють штучні нерівності (наприклад, так звані «лежачі поліцейські»). Найчастіше маршрути посилюють додатковими дорожніми знаками.

Слід зазначити, що у великих містах автомобільний транспорт є основним джерелом забруднення повітря. Факторами суттєвого впливу на різні типи забруднення (відпрацьовані гази, тверді частини від автомобільних шин та гальмівних колодок тощо) АТЗ є швидкість та інтенсивність руху, кількість смуг руху, час затримки перед світлофором, стан автомобільних доріг, наявність елементів для зниження швидкості руху та ін.

Для зменшення негативного впливу автотранспортного засобу на дорожнє полотно його максимальне осьове навантаження обмежується на законодавчому рівні. Разом з тим, при русі АТЗ по нерівній дорозі (у тому числі через штучну нерівність), його динамічне навантаження на дорожнє покриття може в рази перевищувати статичне, а також і зменшуватись до нуля (відрив колеса від опорної поверхні) [1]. При цьому еластична шина деформується в різних напрямках, що супроводжується силами і моментами, які через обід, диск та маточину передаються на систему рульового керування автомобіля та його підвіску. Зазначене може призвести не тільки до коливань підресореної та невідресорених мас автомобіля (вплив на плавність ходу, паливну економічність тощо) та зміни його напрямку руху (втрата стійкості та керованості) [2], а й до подальшого руйнування дорожнього одягу. Варто зауважити, що відхилення значень динамічного навантаження коліс автомобіля на дорожнє покриття від статичного в значній мірі залежить від швидкості долаття дорожньої нерівності [1].

Особливості долаття дорожньої нерівності автомобілем розглядалося в багатьох роботах, в яких враховано вплив різних факторів, наприклад, геометричних параметрів дорожньої нерівності гармонічного профілю на реакції в контактні шини з опорною поверхнею; параметрів роботи підвіски автомобіля при його русі по нерівній опорній поверхні; швидкості руху автомобіля по нерівній дорозі на зміну сил, що діють в його ходовій частині. Підвищенню точності оцінки стійкості автомобілів і колісних тракторів при наїзді на збурення присвячена робота [3]. Теоретичне дослідження руху автомобіля по дорозі, що має нерівність на шляху коліс обох бортів автомобіля, проведено в роботі [4]. Теоретичне дослідження руху автомобіля з вільним рульовим колесом по дорозі, що має нерівність на шляху коліс лівого борту автомобіля,

проведено в роботі [5]. Разом з тим викликає інтерес у проведенні дослідження щодо впливу швидкості руху автобуса категорії М3 на характер долаття штучної дорожньої нерівності.

Проведено теоретичні дослідження руху автобуса категорії М3, якій колесами обох бортів долає штучну дорожню нерівність за різної швидкості (від 20 до 80 км/год). Визначена зміна параметрів руху автобуса в зазначених умовах, а також залежності зміни нормальних реакцій опорної поверхні на його колеса за різних швидкостей долаття штучної дорожньої нерівності. Отримані дані дозволяють проаналізувати та оцінити вплив швидкості руху автобуса на навантаженість елементів ходової частини при долатті штучної дорожньої нерівності. Визначено, що зі збільшенням швидкості руху в зазначених умовах зменшується амплітуда коливання його підресореної маси та зміна її кутової орієнтації. Водночас зростає динамічне навантаження, що діє в контактні коліс з дорогою.

Подальша робота буде присвячена дослідженню параметрів експлуатаційних властивостей зчленованого автобуса при долатті штучної дорожньої нерівності.

#### Список використаних джерел

1. Поляков В.М. Формування навантаження від автомобіля на дорожнє покриття за різної швидкості долаття нерівності / В.М. Поляков, М.О. Білякович, О.О. Разбойніков, О.М. Іванушко, Є.М. Місько // Науковий журнал «АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ І ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО» – 2023. Випуск 113. Частина 2. – С. 180-192.
2. Разбойніков О. О. Поліпшення курсової стійкості легкового автомобіля при русі по нерівній дорозі : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.02 / Разбойніков Олександр Олександрович. – Київ : НТУ, 2021. – 214 с.
3. Полянський А. С. Повышение точности оценки устойчивости автомобилей и тракторов при наезде на препятствие / А. С. Полянський, Д. М. Клец, Е. А. Дубинин, В. В. Задорожня // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2018. – Вип. 190. – С. 162-171.
4. Jan Dizo, Miroslav Blatnický, Oleksandr Kravchenko, Peter Gasper. Vehicle passage over an uneven road. Zilina: Zilinska univerzita, Strojnicka fakulta. Technolog. 2022. Vol 14, No. 1. pp. 11-14.
5. Поляков В. М. Теоретичне дослідження руху автомобіля по нерівній дорозі / В. М. Поляков, О. О. Разбойніков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». – 2018. – Вип. 1(40). – С. 252-261.

**Сахно Володимир Прохорович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net)

**Поляков Віктор Михайлович**, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)

**Шарай Світлана Михайлівна**, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [svetasharai@gmail.com](mailto:svetasharai@gmail.com)

**Разбойніков Олександр Олександрович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, e-mail: [razboyn1k@ukr.net](mailto:razboyn1k@ukr.net)

**Sakhno Volodymyr, Ph.D, Engineering (Dr.)**, professor, head of the department of automobiles, National Transport University, Kyiv, e-mail: [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net)

**Poljakov Victor**, associate professor, professor of the department of automobiles, National Transport University, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)

**Sharai Svitlana**, associate professor, professor of the department of international transport and customs control, National Transport University, e-mail: [svetasharai@gmail.com](mailto:svetasharai@gmail.com)

**Razboynikov Alexander**, associate professor, Assistant Lecturer of automobiles, National Transport University, e-mail: [razboyn1k@ukr.net](mailto:razboyn1k@ukr.net)

УДК 629.113

В.П. Сахно, С.М. Шарай, В.М. Поляков, М.П. Рой

## ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

*Розглянуті теоретичні засади використання триланкових автопоїздів в Україні при виконанні перевезень вантажів у міжміському сполученні, що пов'язано із можливістю забезпечення одного із принципів ефективності функціонування транспортно-логістичної системи - надійності доставки вантажів. Запропоновано методи досліджень тягово-швидкісних властивостей і маневреності триланкових автопоїздів різних компоувальних схем.*

**Ключові слова:** надійність доставки вантажів, триланковий автопоїзд, керована причіпна ланка, середня швидкість, маневреність.

*The considered theoretical principles of using of the three-link road trains in Ukraine for the transportation of goods in intercity connections, which is connected with the possibility of ensuring one of the principles of the efficiency of the transport-logistics system functioning – the reliability of delivery of goods. Research methods of traction-speed properties and maneuverability of three-link road trains of various layout schemes are proposed.*

**Keywords:** reliability of cargo delivery, three-link road train, controlled towing link, average speed, maneuverability.

Ефективність функціонування транспортно-логістичної системи при виконанні перевезень вантажів забезпечується формуванням цілісної системи логістичних принципів. Одним із таких принципів є надійність доставки вантажів, яким припускається створення організаційно-економічних умов, які б забезпечували безперебійне виконання графіку постачання підприємств необхідними матеріальними ресурсами та готовою продукцією. При дотриманні цього принципу відбувається синхронізація усіх стадій транспортно-технологічного процесу доставки вантажів. Підвищення ефективності його виконання можливо досягнути шляхом використання в процесі перевезень вантажів, особливо вантажів сільського господарства та будівництва, ефективних автотранспортних засобів (АТЗ), зокрема, триланкових автопоїздів. Це сприятиме зменшенню кількості АТЗ на транспортних магістралях, а відповідно і водіїв, забезпеченню безпечних умов перевезень вантажів, і, як результат, – підвищенню надійності їх доставки.

Протягом останніх років триланкові автопоїзди набули широкого застосування в країнах Європейського Союзу, США, Канаді та в Австралії, де вони використовуються для виконання перевезень промислових, сільськогосподарських та будівельних вантажів. Для України в умовах військового стану при зростанні обсягів вантажних автомобільних перевезень та наявності практично незмінної мережі автомобільних доріг питання використання автопоїздів, у тому числі і триланкових, стає актуальним.

Використання триланкових автопоїздів при виконанні перевезень вантажів у міжміському сполученні, порівняно із одиночними АТЗ, має ряд переваг, а саме: підвищення коефіцієнту використання пробігу АТЗ; зниження часу простою АТЗ під операціями навантаження-розвантаження; підвищення швидкості доставки вантажу; скорочення часу доставки вантажу; зменшення кількості їздок та загального пробігу АТЗ; зниження витрат на паливно-мастильні матеріали; зниження загальних витрат на перевезення вантажу; більш повне використання запасу потужності двигуна АТЗ; зменшення кількості шкідливих викидів в навколишнє середовище; зменшення зносу дорожнього покриття; підвищення безпеки дорожнього руху.

Основними техніко-експлуатаційними показниками, які впливають на ефективність використання триланкових автопоїздів та підвищення їх продуктивності, є вантажопідйомність АТЗ, середня швидкість та витрати на паливо. Оскільки середня швидкість руху є фактором, який разом із вантажопідйомністю визначає продуктивність АТЗ та надає більш повного уявлення стосовно його тягово-швидкісних властивостей, цей оціночний показник безперечно набуває вагомого значення серед критеріїв, за якими доцільно проводити порівняльні аналізи автопоїздів [1]. Середня швидкість руху залежить від взаємодії основних елементів системи «транспортний засіб – дорога – водій – навколишнє середовище». Перші два елементи є задаючими, два останні

– обмежуючими, оскільки їх вплив завжди зменшує швидкість руху, яку б міг розвинути той чи інший автопоїзд при повному використанні своїх технічних можливостей [1,2]. При цьому слід враховувати, що мають місце законодавчі нормативні обмеження щодо повної маси АТЗ, допустимих навантажень на осі, габаритних характеристик, які пов'язані з їх маневреністю, стійкістю та керованістю. Тому для практичного використання триланкових автопоїздів в Україні слід внести зміни як у транспортне законодавство, так і в конструкцію автопоїздів, зокрема, введення до їх складу керованих причіпних ланок та обґрунтування схеми їх розміщення у складі автопоїзда.

Вибір кращої комбінації автопоїзда у складі тягача і причіпних ланок (напівпричепів і причепів) здійснюється за показниками тягово-швидкісних властивостей (швидкісний режим руху) і маневреності (дорожні обмеження). Вибір типу автомобіля-тягача і причіпних ланок для виконання вантажних перевезень має здійснюватися з урахуванням безпечності їх конструкцій, а також з урахуванням відповідності їх експлуатаційних характеристик умовам, за яких планується здійснення перевезень.

Характеристики маневреності і стійкості руху АТЗ, як відомо, визначаються комбінацією експлуатаційних, масово-геометричних і конструктивних параметрів його модулів і систем їх управління. В загальному випадку бажані сполучення вказаних параметрів з точки зору маневреності і стійкості навіть для одного і того ж транспортного засобу в діапазоні експлуатаційних навантажень і швидкостей руху бувають різними. Як, наслідок, є складність отримання на ранніх стадіях створення АТЗ точних конструктивних параметрів і кількісних показників за критеріями маневреності і стійкості його руху. Успіх у вирішенні подібних задач залежить від того, наскільки вдало буде обрана математична модель і її істотні параметри, що описують поведінку динамічної системи у різних режимах руху [3,4]. В основу вибору компоувальної схеми триланкового автопоїзда слід покласти такі властивості як маневреність і стійкість руху. Порівняльна оцінка триланкових автопоїздів різних компоувальних схем за показниками тягово-швидкісних властивостей і маневреності є метою запропонованих досліджень.

Методами досліджень тягово-швидкісних властивостей і маневреності триланкових автопоїздів різних компоувальних схем передбачалось:

- розробка методики визначення показників тягово-швидкісних властивостей триланкових автопоїздів у складі тягачів MAN TGA, Iveco Magirus, Scania Rseries, DAF XF 105 і Volvo FH16 із напівпричепами і причепами марки Krone для вибору кращого варіанту;

- моделювання руху автопоїздів по кривим автомобільних доріг для оцінки впливу компоувальної схеми триланкового автопоїзда на показники маневреності та її відповідність вимогам нормативних документів.

Проведені дослідження маневреності автопоїздів різних компоувальних схем показали, що жодна з них не задовольняє вимогам Директиви 2002/7/ЕС щодо маневреності [5]. Пояснюється це тим, що довжина триланкового автопоїзда лежить в межах 26,0...27,0 м. Для поліпшення маневреності таких автопоїздів слід в їх конструкцію вводити керовані причіпні ланки [3].

Порівняння триланкових автопоїздів у складі тягачів категорії N3 (MAN TGA, Iveco Magirus, Scania Rseries, DAF XF 105, Volvo FH16) із напівпричепами і причепами категорії O4 марки KRONE у заданих дорожніх умовах за показниками тягово-швидкісних властивостей виконано за узагальнюючим показником - середньою швидкістю. При цьому встановлено, що за середньою швидкістю руху розглянуті автопоїзди мало відрізняються між собою, не зважаючи на те, що потужність двигуна автомобіля-тягача Volvo FH16 ( $N_e=449$  кВт) перевищує потужність двигуна DAF XF 105 ( $N_e=375$  кВт) на 16,5%. З цього можна зробити висновок, що вибір автомобіля-тягача для триланкового автопоїзда за потужністю двигуна автомобіля-тягача не є доцільним. В основу вибору компоувальної схеми триланкового автопоїзда слід покласти такі властивості як маневреність і стійкість руху.

#### Список використаних джерел

1. Сахно В.П. До вибору типу автомобіля-тягача для автопоїзда великої вантажопідйомності/В.П.Сахно, В.М.Поляков, І.С.Мурований, С.М.Шарай //Вісник машинобудування та транспорту: науковий журнал /Міністерство освіти і науки України,

Вінницький національний технічний університет – Вінниця: ВНТУ, № 2(10), 2019. – С.120-125.  
doi: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-120-125>.

2. Жаров К.С. Вибір та обґрунтування типу автомобіля-тягача автопоїзда великої вантажопідйомності /дисер. наук. ступеня канд. техн. наук. Національний транспортний університет, Київ, 2014. – 166 с.

3. Прикладна теорія руху автопоїзда: навч. посібн. /Сахно В.П., Поляков В.М., Шарай С.М., Босенко В.М. – К.: НТУ, 2016 – 232 с.

4. Hsueh-Ju Chen, Wei-Jiun Su and Fu-Cheng Wang. Modeling and analyses of a connected multi-car train system employing the inerter //Special Issue Article .Advances in Mechanical Engineering 2017, Vol. 9(8) 1–13, 2017. doi: 10.1177/1687814017701703.

5. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities. – 2002. – No L67/47-49.

**Сахно Володимир Прохорович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net).

**Шарай Світлана Михайлівна** – к.т.н., доцент, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [svetasharai@gmail.com](mailto:svetasharai@gmail.com).

**Поляков Віктор Михайлович** – к.т.н., доцент, професор кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net).

**Рой Максим Петрович** – доктор філософії, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [7569027@ukr.net](mailto:7569027@ukr.net).

**Sakhno Volodymyr Prokhorovych** – Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Automobiles, National Transport University, Kyiv, e-mail: [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net).

**Sharai Svitlana Mykhailivna** – Ph.D., associate professor, professor of the Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: [svetasharai@gmail.com](mailto:svetasharai@gmail.com).

**Poliakov Victor Mykhailovych** – Ph.D., associate professor, professor of the Department of Automobiles, National Transport University, Kyiv, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net).

**Roi Maksym Petrovych** – Doctor of Philosophy, associate professor of the Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: [7569027@ukr.net](mailto:7569027@ukr.net).

УДК 629.331:661.96

Р.С. Сидоренко, В.А. Ануфрієв, В.О. Колесніков

## НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ АВТОМОБІЛЬНОГО ВОДНЕВОГО ТРАНСПОРТУ

Наведено деякі відомості стосовно розвитку та впровадження водневих технологій пов'язаних з автомобільним транспортом.

**Ключові слова:** транспорт, автомобіль, водень, водневі технології.

*The article provides some information on the development and implementation of hydrogen technologies related to road transport.*

**Keywords:** transport, automobile, hydrogen, hydrogen technologies.

Проблеми, пов'язані з викопним паливом, зокрема викиди  $\text{CO}_2$ , змушують світову енергетику шукати альтернативні способи виробництва, зберігання та перетворення енергії. У цьому процесі паливні елементи, що працюють на водні, є дуже перспективними, оскільки вони не забруднюють навколишнє середовище (при згорянні водню в паливному елементі утворюється лише вода для виробництва електроенергії), а водень має високу густину енергії на одиницю ваги. Однак утримувати водень складно, оскільки за атмосферних умов він є газом, а отже, має дуже низьку об'ємну густину енергії.

Дослідники з Лундського університету у Швеції розробляють технологію автомобільного палива, яке базується на рідині, що перетворюється на водень за допомогою твердого каталізатора. Після використання ця рідина збирається у резервуар і перетворюється назад у водень, після чого може бути повторно використана в безвикидній круговій системі, яка не викидає парникових газів.

Запропонованим рішенням для зберігання і транспортування водню є використання рідких органічних носіїв водню (ЛОНС), рідин з високим масовим вмістом  $\text{H}_2$ , які замінюють транспортування газоподібного водню на транспортування рідин, сумісних з існуючою системою розподілу. ЛОНС - це ковалентно зв'язані рідкі органічні сполуки з високим масовим вмістом ємності для зберігання водню. Ці системи функціонують за допомогою циклів каталізованої гідрогенізації та дегідрогенізації, завантажуючи ЛОНС у певному джерелі водню і розвантажуючи його, коли й де потрібен газ водню (рис. 1). Таким чином, хороший ЛОНС повинен мати високий ваговий відсоток  $\text{H}_2$ , а також здатність піддаватися як дегідрогенізації, так і регенерації селективно і легко.

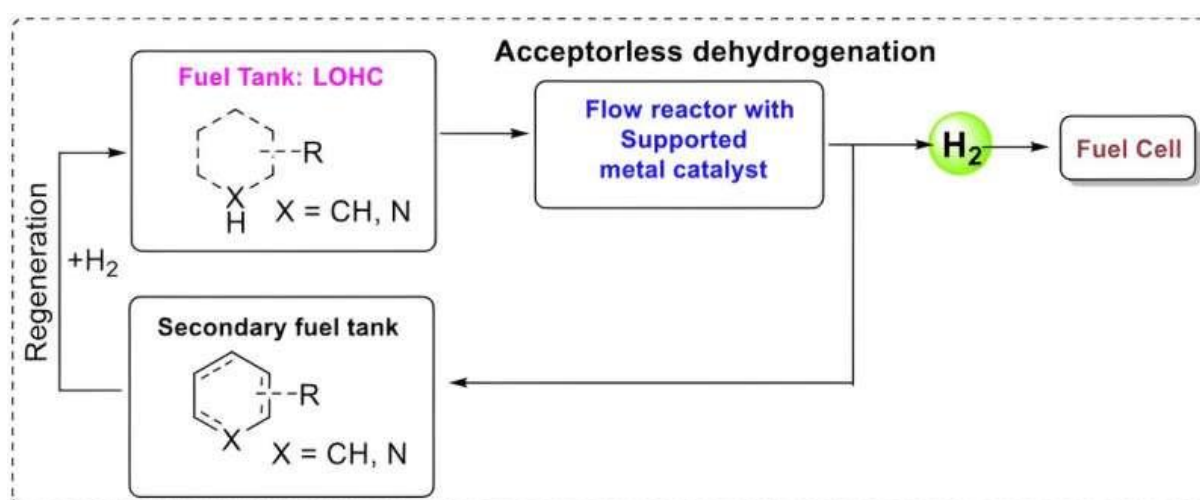


Рисунок 1 – Концепція ЛОНС в умовах безперервного потоку. Авторство: Catalysis Science & Techno

До середини 2022 року на дорогах США, наприклад, можна було нарахувати близько 15 000 таких водневих автомобілів, тоді як електромобілів продали приблизно 2,5 мільйона.

Насамперед це пов'язано з відсутністю достатньої кількості водневих заправних станцій. Єдиний штат, де є ціла мережа таких заправок, це Каліфорнія.

Кілька років тому три автомобільні компанії презентували три автомобілі з водневим двигуном:

Honda Clarity Fuel Cell,  
Hyundai Nexo,  
Toyota Mirai.

Однак зараз Honda припинила виробництво всіх моделей Clarity, а Hyundai продала менше ніж 1500 позашляховиків Nexo. Toyota вдалося перевершити конкурентів: у США було реалізовано близько 10700 седанів Mirai двох поколінь.

Автомобільний гігант Toyota разом з партнерами працюватиме над розробкою легких електричних вантажівок на паливних елементах з метою виведення їх у Японію 2023 року.

Одним із потенційних сегментів використання транспортних засобів на паливних елементах може бути сектор супермаркетів і магазинів, де, як зазначили в Toyota, легким вантажівкам потрібно їздити на великі відстані протягом тривалого часу, щоб виконувати кілька операцій доставлення за один день.

Також Toyota долучилася до розробки великих автомобілів на водневих паливних елементах, зокрема до автобуса Sora та прототипів великотоннажних вантажівок. Окрім паливних елементів, Toyota розглядає можливість використання водню у двигунах внутрішнього згорання.

Водень, який використовують у різних галузях господарства, сприяє чималому скороченню шкідливих викидів. Значних його обсягів уже потребують нафтопереробна, аміачна та металургійна промисловості. Водень може повністю замінити бензин та дизпаливо шляхом його вприскування у двигуни внутрішнього згорання, внаслідок чого економляться значні кошти для автомобілістів. Його можна змішувати із природним газом для опалення осель. Для України, яка намагається знайти способи зменшення собівартості та вартості енергії для опалення багатоквартирних будинків, це важливий напрям.

#### Список використаних джерел

1. Новий каталізатор може стати рідким водневим паливом майбутнього. Дата оновлення 13.10.2023. URL: <https://portalele.com.ua/news/nauka/novij-katalizator-mozhe-stati-ridkim-vodnevim-palivom-majbutnogo.html>. (дата звернення 13.10.2023).
2. Acceptorless dehydrogenation of 4-methylpiperidine by supported pincer-ligated iridium catalysts in continuous flow. Chakrabarti, Kaushik; Spangenberg, Alice and etc. Catalysis Science & Technology. URL: <https://doi.org/10.1039/D3CY00881A>. (дата звернення 12.10.2023).
3. Верецун А. В., Ануфрієв В. А., Колесніков В. О. Висвітлення деяких недоліків та переваг гібридних та водневих автомобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 71–74. ISBN 978-966-641-929-6.
4. Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О., Іваськевич Л.М., Мочульський В.М., Гребенюк С.О., Глюзицький О.О. Дослідження матеріалів для розробки гібридних автомобілів // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14–15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 28 – 38.
5. Шуліка С.О., Серіков О.Р. Застосування нових технологій в гібридних автомобілях Toyota Prius. „Науковий пошук молодих дослідників”. Серія „Технічні науки”. ДЗ „ЛНУ ім. Тараса Шевченка”, 2020 № 4. м. Старобільськ. С. 79 – 87.
6. Шуліка С. О., Серіков О. Р. Гібридні автомобілі // Матеріали I всеукраїнської наукової інтернет-конференції студентів та молодих вчених 16 квітня 2020 рік, м. Старобільськ, Україна. С. 100 – 103.
7. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-та міжн. науково-практичн. конф., 12–13 квітня 2018 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 97– 102.

8. Рулевська Т. Ф., Єльбакієв Д. Г., Колесніков В. О. Перспективи «водневих» автомобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-та міжн. науково-практичн. конф., 12–13 квітня 2018 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 168–172.
9. Колесніков В.О. Водневі технології. Частина 2. Вантажні водневі автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково- практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 158–165.
10. Колесніков В.О. Водневі технології. Частина 2. Вантажні водневі автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково- практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 158–165.
11. Балицький О.І., Колесніков В.О., Іщенко Б.М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 1. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 23–30.
12. Балицький О.І., Колесніков В.О., Іщенко Б.М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 31–45.
13. Балицький О.І., Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Абрамек К.Ф., Іваськевич Л.М., Гаврилук М.Р., Колеснікова С.Б. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту. XIV-та міжн. науково-практичн. конф., 25-27 жовтня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 22–25.
14. Названо моделі кращих водневих автомобілів у 2023 році. Дата оновлення: 1.05.2023. URL: <https://avtosota.com/28172-nazvano-modeli-krashhyh-vodnevyh-avtomobiliv-u-2023-rocz.html>. (дата звернення 12.10.2023).
15. Toyota планує випустити водневі вантажівки у 2023 році в Японії. Дата оновлення: 22.07.2023. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/toyota-planuie-vipustiti-vodnevi-vantazhivki-u-2023-roci-v-yaponii>. (дата звернення 12.10.2023).
16. Олег Громов. Водень змінює світ і Україну. Дата оновлення: 19.04.2023. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/voden-zminyuye-svit-i-ukrayinu>. (дата звернення 12.10.2023).

**Сидоренко Ростислав Сергійович** – здобувач вищої освіти 3 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни.

**Ануфрієв Владислав Андрійович**– здобувач вищої освіти 3 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни.

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

**Sydorenko Rostyslav Serhiyovych** – 3rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education.Transport" of the State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University" Poltava, Lubny.

**Anufriyev Vladyslav Andriyovych** – 3rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education.Transport" of the State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University" Poltava, Lubny.

**Kolesnikov Valerii Oleksandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of Strength of Materials and Structures in Hydrogen-Bearing Media, Karpenko Institute of Physics and Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).



УДК 629.46-1

В.О. Сістук, Ю.А. Монастирський

### РОЗРОБКА АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ СВІТЛОФОРМ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ VISVAP

*Розглянуто модель адаптивного світлофорного регулювання дорожнього руху за допомогою VisVap на прикладі мережі вулиць міста Кривий Ріг.*

**Ключові слова:** світлофорне регулювання, PTV Vissim, VisVap, адаптивне регулювання дорожнього руху.

*The paper considers a model of adaptive traffic signal control using VisVap on the example of the street network of the city of Kryvyi Rih.*

**Keywords:** traffic light control, PTV VISSIM, VisVap, adaptive traffic control.

Традиційні системи управління світлофорами ґрунтуються на використанні фіксованих часових інтервалів для регулювання їх роботи. Такі світлофорні контролери мають важливі обмеження, оскільки вони опираються на апаратне забезпечення, що функціонує заздалегідь визначеною програмою та нездатне динамічно змінювати параметри в реальному часі, що призводить до надмірного очікування транспортних засобів через неефективно довгі інтервали роботи світлофорів. У місті Кривий Ріг, де проживає практично 600 тисяч жителів, важко знайти приклади широкого впровадження такої системи регулювання дорожнього руху, оскільки більшість світлофорів в передових країнах вже функціонують на основі адаптивних програм, де тривалість світлофорного циклу не є фіксованою, а встановлюється в залежності від поточного транспортного навантаження.

Використання мікроскопічного моделювання стає важливою альтернативою для оцінки продуктивності управління та контролю дорожнього руху. Декілька програмних продуктів, таких як PTV Vissim, TSIS-CORSIM і SUMO, широко використовуються в транспортній галузі для моделювання та імітації дорожнього руху [1-3]. Серед них PTV Vissim [1] вважається одним із найбільш прийнятним та ефективним рішенням.

VisVAP [] розширює можливості регулювання сигналами світлофору, використовуючи мову VAP. Він надає зручний інструмент для створення та редагування програмної логіки у вигляді блок-схем. Дизайн блок-схем та їх зовнішній вигляд, що використовуються у VisVAP, були запозичені з RiLSA 1992 (який фактично є німецьким законом, регулюючим сигнали світлофорів), та подальше вдосконалені для врахування управління зворотнім зв'язком та іншими функціями. VisVAP може бути використаний як для проєктування фази, так і для управління групами сигналів світлофору.

Для реалізації пофазового керування світлофором, формування інтервальних фаз повинно виконуватися через CROSSIG, який генерує файл у форматі ASCII (\*.PUA), в якому зберігаються всі команди для групи сигналів, що відповідають кожній інтервальній фазі. Після цього VisVAP аналізує структуру програмної логіки і, в разі успішного аналізу, експортує її у файл VAP. Це робить процес створення файлів VAP для використання в PTV Vissim набагато більш простим, ніж написання VAP-коду вручну.

VisVAP пропонує зручний метод відображення поточного стану логіки управління сигналом світлофора під час моделювання в PTV VISSIM. Це досягається шляхом надання різних команд для візуалізації потоку управління та відображення поточних значень всіх параметрів і виразів. У PTV Vissim кожен світлосигнальний пристрій має унікальний ідентифікатор, який називається номером ССП (системний номер сигнального пристрою). Сюди включаються групи сигналів, які є найменшими одиницями схеми.

За допомогою детекторів можна виявляти рух транспортних засобів та пішоходів у процедурах світлофорного регулювання, які залежать від конкретного транспортного засобу. Кожен детектор повинен бути призначений певному ССП та може бути обмежений певними маршрутами громадського транспорту. У PTV Vissim, детектори представлені як об'єкти мережі, розташовані на відрізках дороги. Коли передній бампер транспортного засобу знаходиться на рівні детектора, спрацьовує механізм імпульсної передачі до процедур управління. При виході заднього бампера транспортного засобу за межі дії детектора генерується додатковий імпульс.

Логіка регулювання аналізує різні імпульси та трансформує їх у відповідні команди для управління регулюванням світлофорів.

За допомогою детекторів PTV Vissim розпізнає пішоходів на пішохідних відрізках. Якщо пішохід залишає пішохідний відрізок або вступає на вільний пішохідний відрізок, PTV Vissim розпізнає це наприкінці часового кроку ССП. Такі переходи із «зайнято на вільно» або «вільно на зайнято» сприймаються в логіці регулювання аналогічно передньому і задньому бамперу транспортного засобу. Якщо вибрано звуковий файл, він буде запущений, коли перший пішохід підійде до порожнього детектора.

Область дослідження включала перетин вулиці Віталія Матусевича та проспекту Металургів у центральній частині міста Кривий Ріг.

Для перехрестя області дослідження була розроблена нова циклограма світлосигнального регулювання пішохідного та транспортного руху та схема пофазного роз'їзду. У першій фазі А на перехресті пропускаються транспортні засоби, друга фаза В є пішохідною.

Час перебування в проміжному стані під час переходу від першої фази до другої складає 5 с, при цьому 3 с витрачаються на жовтий сигнал, а 2 с - на заборону для транспортного світлофору. Протягом всіх 5 с встановлюється заборона для пішоходів у пішохідному світлофорі. Тривалість переходу від другої фази до першої становить 8 с, при цьому 7 с витрачаються на заборону, а 1 с відводиться на мигаючий сигнал для першої фази. Протягом всіх 8 с встановлюється заборона для пішоходів у другому світлофорі.

Реалізація циклограми світлосигнального регулювання транспортного та пішохідного руху для заданої програми у програмному забезпеченні PTV VISSIM представлена на рис. 1 та 2.

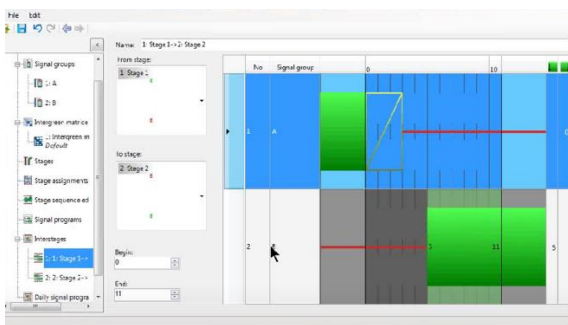


Рисунок 1 – Фаза А в програмі PTV VISSIM

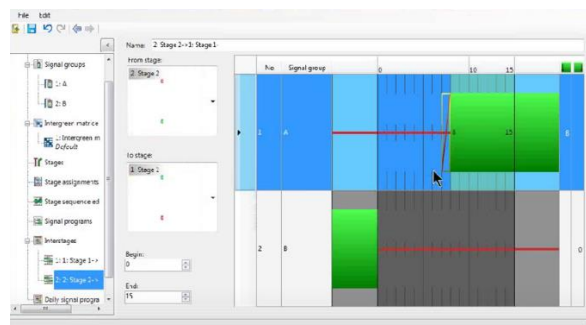


Рисунок 2 – Фаза Б в програмі PTV VISSIM

Для відтворення світлофорного регулювання на перехресті в програмному забезпеченні PTV Vissim було розроблено адаптивну логіку світлофору VAP (рис. 3).

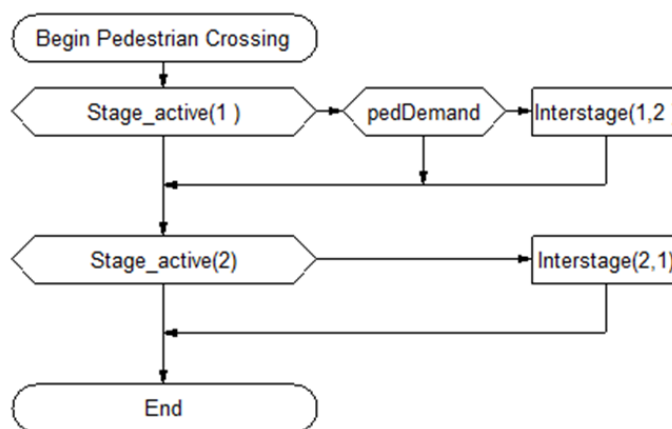


Рисунок 3 – Розроблена логіка адаптивного світлофорного регулювання

Якщо фаза А активується (Stage\_active (1)), проводиться перевірка мінімального часу дозволяючого сигналу та відбувається перевірка пішохідного навантаження (pedDemand) із

викликом детектору пішохода. Для цього в описанні виразу redDemand призначається номер відповідного детектору у VISSIM (у нашому випадку 1) та функція часу знаходження (occupancy time) більше 0 с. Далі виконується функція VAP Interstage для переходу із першої фази у другу. Після переходу активується пішохідна фаза В (Stage\_active (2)), за якої відбувається виконання переходу із другою у першу фазу Interstage (2,1) – немає необхідності перевірки транспортного попиту. Після виконання перехідної фази цикл закінчується.

Слід відмітити, що у моделі PTV VISSIM були виконані додаткові налаштування для підключення VAP (рис.3.9) та відкореговані тривалості проміжних тактів.

Отримані в результаті детального моделювання техніко-економічні показники дорожнього руху представлені у табл.1. Як видно з табл.1, середня швидкість руху транспортних засобів при введенні адаптивного регулювання світлофорів підвищиться з 48 до 53 км/год., середня затримка транспортних засобів у мережі зменшиться з 8,2 до 2,1 с, а кількість зупинок зменшиться з 2,3 до 1,3 на один автомобіль. Таким чином, введення адаптивного світлофорного регулювання позитивно відобразиться на показниках дорожнього руху.

Таблиця 1 – Техніко-економічні показники в результаті розрахунку

Показник	Сценарії	
	Фіксована програма	Адаптивне регулювання
Середня швидкість руху, км/год	48	53
Середня затримка, с	8,2	2,1
Кількість зупинок ТЗ	2,3	1,3

Таким чином, впровадження адаптивного регулювання світлофорів призведе до позитивних змін у показниках дорожнього руху на перехресті дослідження.

#### Список використаних джерел

1. PTV VISSIM. Multimodal Traffic Simulation Software. <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim>
2. Traffic Software Integrated System – Corridor Simulation. <https://mctrans.ce.ufl.edu/tsis-corsim/>
3. SUMO User Documentation. <https://sumo.dlr.de/docs/index.html>
4. Guo, Yaru & Ma, Jihui. (2016). An Improved Actuated Signal Control of Intersection Based on VISVAP. 10.2991/icsnce-16.2016.24.

**Сістук Володимир Олександрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, e-mail: [sistuk@knu.edu.ua](mailto:sistuk@knu.edu.ua).

**Монастирський Юрій Анатолійович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, e-mail: [monastyrskiy@knu.edu.ua](mailto:monastyrskiy@knu.edu.ua).

**Sistuk Volodymyr Oleksandrovych**– Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, e-mail: [sistuk@knu.edu.ua](mailto:sistuk@knu.edu.ua).

**Monastyrskiy Yurii Anatoliyovych**– Ph.D. (Doctor of science), professor, head of the Department of Automobiles, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, e-mail: [monastyrskiy@knu.edu.ua](mailto:monastyrskiy@knu.edu.ua).

УДК 371.214.2:621.3:629.331

В.С. Славгородський, В.О. Колесніков

## РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА З ОСНОВАМИ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ» ПРИ ПІДГОТОВЦІ СЛЮСАРЯ З РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Наведено деякі відомості стосовно розробки дисципліни «Електротехніка з основами промислової електроніки» для підготовки слюсарів з ремонту колісних транспортних засобів.*

**Ключові слова:** транспорт, електротехніка, промислова електроніка, навчання, дисципліна, методичне забезпечення, слюсар, колісний транспортний засіб.

*Some information on the development of the discipline «Electrical Engineering with the basics of industrial electronics» for the training of mechanics for the repair of wheeled vehicles is presented.*

**Keywords:** transport, electrical engineering, industrial electronics, training, discipline, methodological support, mechanic, wheeled vehicle.

Електричні та електронні системи в колісному транспорті відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки та комфорту водіїв та пасажирів. Вони стають все більш складними та розширеними з розвитком технологій. Підготовка спеціалістів, які розуміють електричні та електронні системи в колісному транспорті, стає надзвичайно важливою. Вони повинні бути здатні не лише виявляти та виправляти ламання, але й розуміти принципи роботи цих систем та при можливості вдосконалювати їх, щоб покращувати якість і безпеку транспортних засобів. Також знання з цієї дисципліни повинні забезпечити впевненість та досвідченість при використанні електричного інструменту та обладнання для ремонту транспорту, а при необхідності фахівці повинні підтримувати його у працездатному стані та вміти полагодити.

Розробка методичного забезпечення для дисципліни «Електротехніка з основами промислової електроніки» при підготовці слюсаря з ремонту колісних транспортних засобів є важливим етапом у процесі навчання студентів цієї спеціальності. Методичне забезпечення має на меті структуровано і систематично надавати інформацію та навички, необхідні для розуміння та використання електротехнічних і електронних аспектів ремонту колісних транспортних засобів.

Основні елементи розробки методичного забезпечення можуть включати:

*План навчального курсу.* Розкриття структури дисципліни, розподіл тем, практичних і лабораторних занять, самостійної роботи студентів тощо.

*Навчальні матеріали.* Підручники, навчальні посібники, лекційні матеріали, презентації та інші джерела інформації, які використовуються для викладання.

*Лабораторні роботи.* Опис лабораторних робіт, методичні рекомендації, списки обладнання і матеріалів для виконання практичних завдань.

*Завдання для самостійної роботи.* Завдання, які студенти виконують самостійно для закріплення знань і навичок.

*Тести та контрольні завдання.* Списки питань для тестів, контрольних робіт та інших форм оцінювання знань студентів.

*Практичні приклади.* Реальні приклади й задачі, які допомагають студентам застосовувати здобуті знання в практичних ситуаціях.

*Рекомендації щодо літератури.* Список рекомендованої літератури для додаткового вивчення і поглиблення знань.

*Підтримка викладача.* Методичне забезпечення також може включати рекомендації для викладачів щодо методів викладання, підходів до ефективного навчання та оцінювання студентів.

Розробка такого методичного забезпечення допомагає забезпечити якісну підготовку студентів у галузі електротехніки та промислової електроніки, що є критичним у контексті ремонту колісних транспортних засобів, які містять в себе складну електроніку та електротехнічні системи.

Список використаних джерел

1. Коротков В.И., Колесников В.А., Балицкий А.И. Методология инженерной и изобретательской деятельности: Учебн. пособ. – К.: Краснодар. ВНУ им. В. Даля, 2013. – 110 с. Номер електронного сертифіката 2917.
2. Коротков В.И., Колесников В.А., Балицкий А.И. Машиноведение: Учебное пособие. – Луганск: Издательство ВНУ им. Владимира Даля, 2013. – 151с. Номер електронного сертифіката 2918.
3. Колесников В.А., Сыроваткин С.В., Колесникова Е.Б. Использование технологий виртуальной реальности для подготовки специалистов в области автомобильного транспорта // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 18-22.
4. Olexiy Balitskii, Valerii Kolesnikov Identification of Wear Products in the Automotive Tribotechnical System Using Computer Vision Methods, Artificial Intelligence and Big Data // 2019 XIth International Scientific and Practical Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT) September 16 – 18, 2019, Lviv, Ukraine. P. 24 – 27.
5. Ставицький О. В., Стадник Л. Г., Колесніков В. О. Концепція автомобіля майбутнього. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-та міжн. науково-практичн. конф., 12–13 квітня 2018 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 181–189.
6. Колесников В.А., Верительник Е.А., Манченко М.В., Колесникова Е.Б. Перспективы использования новых пакетов компьютерных программ при изложении курсов инженерных дисциплин // XV Науково-практична конференція «Університет і регіон: Проблеми сучасної освіти». 11-12 листопада 2009 року // Зб. Наук. Праць СНУ. - Частина II. - Луганськ. - 2009. – С. 259 - 261.
7. Колесніков В. О., Павлова Ю. В. Нові технології підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою в галузі автомобільного транспорту. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 95 -99.
8. Цимбалюк П. Ю., Колесніков В. О. Системи зв'язку транспортних засобів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-та міжн. науково-практичн. конф., 12–13 квітня 2018 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 204–208.
9. Бурдун В. В., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.

**Славгородський Владислав Сергійович** – здобувач вищої освіти 2 курсу другого (магістерського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, м. Лубни, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

**Slavhorods'kyu Vladyslav Serhiyovych** – 2nd year student of another (master's) level of specialty "Professional education. Transport", "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny.

**Kolesnikov Valerii Olexsandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko physico-mechanical institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, e-mail: [kolesnikov197612@gmail.com](mailto:kolesnikov197612@gmail.com).

УДК 629.3

І.М. Слатов

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НОРМИ ВИТРАТИ ПАЛИВА ПАСАЖИРСЬКИМ АВТОБУСОМ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ВАГОВОГО КОНТРОЛЮ НА МАРШРУТІ

*У статті розглядається питання визначення завантаженості автобусів як складової для розрахунку норми витрати пального. Обговорюється традиційний метод вимірювання завантаженості пасажирського автобуса та запропонований підхід, який використовує пневматичну систему для збору даних. Переваги цього покращеного методу полягають у більшій точності та адаптивності розрахунків, що можуть покращити математично модель розрахунку норми витрати пального.*

**Ключові слова:** Норма витрати пального; пасажирські перевезення; покращення математичної моделі; пневматична підвіска; завантаженість автобусу.

*The article considers the issue of determining bus occupancy as a component for calculating fuel consumption rates. It discusses the traditional method of measuring passenger bus occupancy and the proposed approach that uses a pneumatic system for data collection. The advantages of this improved method are greater accuracy and adaptability of calculations, which can improve the mathematical model for calculating the fuel consumption rate.*

**Keywords:** fuel consumption rate; passenger transportation; improvement of the mathematical model; pneumatic suspension; bus load.

Одним із ключових аспектів транспортної ефективності та економічної доцільності є норма-витрата палива. Ця величина впливає на витрати власників автомобілів і має значний вплив на навколишнє середовище та енергетичні ресурси. Визначення норми витрати палива дозволяє споживачам та виробникам здійснювати об'єктивні порівняльні оцінки автомобільної техніки, враховуючи різноманітні фактори, такі як тип двигуна, умови експлуатації, аеродинамічні характеристики, маса автомобіля та інші параметри.

В Україні нормування витрат палива регламентується згідно з Наказом Міністерства транспорту України № 43 від 10 лютого 1998 року. Останні зміни та доповнення до цього нормативного акту були внесені в 2012 році через Наказ Міністерства інфраструктури України № 36 від 24.01.2012. Ці зміни призвели до публікації третьої редакції "Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті" під загальною редакцією А. М. Редзюка.

Цей документ оперує основним принципом, який передбачає визначення фіксованого чисельного значення базової лінійної норми витрати палива для кожної моделі транспортного засобу. Ця величина може бути коригована за допомогою спеціальних коефіцієнтів в залежності від конкретних умов експлуатації.

Проте, цей підхід може бути недостатньо точним в разі, коли автотранспортні підприємства використовують транспортні засоби, для яких відсутні дані у офіційних документах. Крім того, рекомендації щодо коригування норми витрати палива, подані в цьому документі, можуть бути недостатніми для врахування всіх специфічних умов експлуатації транспортних засобів, що може призводити до похибок при розрахунках норми витрати пального.

Одним із ефективних методів поліпшення точності розрахунку норми споживання пального у сфері пасажирського автомобільного транспорту є використання математичних моделей функціонування автобусів на маршруті. Важливим перевагою цього підходу є стабільність та незмінність маршрутів громадського транспорту, що уникає необхідності розробляти окрему модель для кожного нового маршруту.

Основні складові цих моделей включають:

Моделювання двигуна: Модель враховує характеристики двигуна, такі як об'єм, потужність, крутний момент і ефективність спалювання. Це дозволяє оцінити, як двигун працює та як він використовує паливо.

Умови експлуатації: Модель враховує фактори, такі як швидкість руху, тип дороги, навантаження, акселерація та гальмування. Ці параметри впливають на витрати пального в різних ситуаціях.

Аеродинаміка та опір: Опір повітря та інші опірні фактори розглядаються у моделі, оскільки вони важливі для оцінки витрат пального.

Температура та клімат: Кліматичні умови, такі як температура і вологість, враховуються, оскільки вони можуть впливати на роботу двигуна та ефективність палива.

Тип палива: Модель бере до уваги характеристики використовуваного палива, включаючи його енергетичний вміст та ефективність спалювання.

Динаміка руху та оптимальне управління: Деякі моделі включають аспекти динаміки руху, щоб визначити оптимальні стратегії керування автомобілем для мінімізації витрат пального.

У цій статті ми розглядаємо проблему визначення завантаженості автобусів як параметра для розрахунку норм витрати пального в пасажирському автомобільному транспорті. Класичний метод для цього полягає в обстеженні пасажиропотоку на маршруті. Це дозволяє нам отримувати кількісні показники завантаження автобусів пасажиром у формі вагових одиниць, які потім використовуються для розрахунків. Проте, цей метод має свої переваги та обмеження.

Класичний метод є простим і може задовольнити основний критерій точності в розрахунку норм витрати пального. Його також можна удосконалювати, враховуючи зміни завантаженості автобуса залежно від різних чинників, таких як період доби, ділянка маршруту, або сезонні варіації пасажиропотоку. Це може покращити точність моделі, враховуючи різноманітні умови експлуатації.

Проте, важливо зауважити, що класичний метод вимагає підготовки та ресурсів для обстеження пасажиропотоку. Ситуація ускладнюється, коли автобусні підприємства обслуговують багато маршрутів. Це може призвести до тривалих обстежень, які не завжди є практичними, або вимагати додаткового персоналу для збору даних про пасажиропотік.

Крім того, класичний метод сприймається як інструмент для комплексного аналізу роботи автотранспортного підприємства. Він надає інформацію про функціонування підприємства і надає можливість здійснювати детальний аналіз роботи рухомого складу. Отже, виникає питання щодо доцільності використання цього методу лише для визначення одного параметру математичної моделі.

Якщо ми прагнемо підвищити точність цих моделей, необхідно розглянути альтернативи. Однією з ідей є використання пневматичної підвіски пасажирських автобусів для визначення їх завантаженості. Цей метод полягає в зборі даних про тиск в пневматичних подушках автобуса та їх подальшому використанні для визначення завантаженості. Ця практика може покращити точність розрахунків та діагностики технічного стану автобусів.

Застосування пневматичної підвіски дозволяє отримувати дані про завантаженість автобуса щодня, що поліпшує точність математичних моделей. Крім того, цей метод може бути використаний для розробки графіків завантаженості автобуса на різних ділянках маршруту, що дозволяє застосовувати різні поправочні коефіцієнти в рамках одного маршруту.

Враховуючи різноманітність автобусів та їх велику кількість, пневматична підвіска надає інформацію, яка особливо цінна при використанні автобусів великого класу, що перевозять велику кількість пасажирів, 90 та більше. Перевагою цієї системи також є можливість отримання графіків змін тиску в пневмосистемі автобуса під час руху, що дозволяє обчислювати коефіцієнт нерівності дорожнього покриття. Це вносить додатковий фактор у математичну модель для розрахунку норм витрати пального. Також ця інформація може бути корисною для оцінки ефективності пневматичної підвіски та її технічного стану в конкретних умовах експлуатації.

Якщо математичні моделі також використовуються для діагностики та попередження несправностей автобусів, пневматична підвіска може покращити точність таких розрахунків. Збираючи дані про фактичні та розрахункові витрати пального, можна вчасно виявляти аномалії та забезпечувати ефективне управління технічним станом транспортних засобів. Загалом, використання пневматичної підвіски для визначення завантаженості автобусів може значно покращити точність математичних моделей та забезпечити кращу діагностику та управління рухомим складом.

Метод обліку завантаженості автобусів для розрахунку норм витрати пального може бути покращений завдяки використанню пневматичної системи для вимірювання тиску в

пневмосистемі під час руху. Цей метод надає більшу точність та дозволяє враховувати різні умови експлуатації автобусів, забезпечуючи більшу адаптивність математичної моделі для розрахунків.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті: Наказ Міністерства транспорту України від 10.02.1998 № 43 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98>. (дата звернення: 12.03.17)
2. Редзюк А.М. та ін. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Третя редакція / ДП «ДержавтотрансНДІпроект». Київ : Видавництво НВЦ «ІнформАвтоДор», 2012. 119 с.
3. Савостін-Косяк Д., Сахно В. Дослідження витрати палива міських автобусів з дизелем шляхом математичного моделювання. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. Seria Transport № 9. Rzeszów : Politehnika Rzeszowska, 2017. С. 95–103.
4. Сохацький А. В. Динаміка автомобільних та інших транспортних засобів. Ч. 1. Тягово-швидкісні властивості автотранспортних засобів. Паливна економічність: навч. посібник / А. В. Сохацький, О. В. Трофімов, О. Д. Фірсов. – Дніпро: Університет митної справи та фінансів, 2018. – 56 с.

**Слатов Іван Миколайович**, аспірант II року навчання, Луцький національний технічний університет, факультет транспорту та механічної інженерії, e-mail: [ivan.slatov97@gmail.com](mailto:ivan.slatov97@gmail.com)

**Ivan Slatov**, PhD student (second year), Lutsk National Technical University, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, e-mail: [ivan.slatov97@gmail.com](mailto:ivan.slatov97@gmail.com)



УДК 656.078:629.083

Є.В. Смирнов

## ПРОБЛЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ КОМЕРЦІЙНИХ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Розглянуто проблеми та обмеження, які виникають у спеціалістів технічної служби автотранспортних підприємств при плануванні виробничої програми з технічного обслуговування та ремонту сучасних комерційних автомобілів.*

**Ключові слова:** автотранспортне підприємство, виробнича програма, технічне обслуговування, поточний ремонт, виробничо-технічна база.

*The problems and limitations that arise in the technical service specialists of motor transport enterprises when planning a production program for maintenance and repair of modern commercial vehicles are considered.*

**Keywords:** motor transport enterprise, production program, maintenance, current repair, production and technical base.

На сьогоднішній день існує проблема планування роботи технічної служби автотранспортних підприємств (АТП). Так, переважна більшість АТП експлуатує автомобільний парк іноземного виробництва, конструкція якого суттєво відрізняється від тих автомобілів, для яких розроблялась існуюча методологічна і нормативна бази планування виробництва з технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) рухомого складу. Сучасна автомобільна техніка характеризується високим ресурсом та значно більшою періодичністю ТО, новітньою конструкцією, мехатронними системами, системами допомоги водію та інформаційними телематичними системами. Проте для цих автомобілів на АТП відсутні нормативні дані щодо трудомісткості та тривалості технічних впливів через відсутність даної інформації щодо сучасної закордонної техніки. Тому виникають складнощі щодо визначення виробничої програми підприємств з ТО та ремонту автомобілів. Відповідно виникають труднощі при розробці планувальних рішень зон ТО та ПР автомобілів.

Підтримка автомобілів у технічно справному стані значною мірою залежить від рівня розвитку та умов функціонування виробничо-технічної бази (ВТБ) АТП. У сучасних умовах розвиток ВТБ відстає від темпів розвитку парку автомобілів. При цьому наявні методологічні основи не відповідають сучасним умовам, коли АТП розробляє інвестиційні проекти свого розвитку і, зокрема, розвитку ВТБ.

Існуючі методики розрахунку виробничої програми з ТО та ПР рухомого складу базуються на так званому цикловому методі розрахунку, де під циклом досі розуміється пробіг автомобіля до капітального ремонту (КР) або до його списання (ресурс). Однак наявна нормативна документація не передбачає виконання КР, як обов'язкового технічного впливу, тим більше, що на сьогодні відсутні ті авторемонтні заводи, які раніше виконували КР автомобілів. Відповідно наявні методики передбачають лише розрахунок річної виробничої програми. Більш того, розрахунок лише річної виробничої програми суттєво звужує можливості підприємств у стратегічному плануванні розвитку ВТБ [1-3].

Обмеження щодо застосування існуючих методик планування виробничої програми з ТО і ПР щодо сучасних закордонних автомобілів пов'язано з таким:

– сучасні автомобілі закордонного виробництва мають ресурс, який, за умови правильної експлуатації, перевищує 1,5 млн км, відповідно встановлення пробігу до списання є недоцільним, адже через моральне старіння техніки доцільно встановлення терміну експлуатації 8-10 років незалежно від пробігу, тобто зазначений ресурс досить часто є недосяжним;

– нормативна періодичність робіт ТО може бути визначена згідно з регламентом ТО заводу-виробника автомобілів, проте нормативи трудомісткості та норми простою автомобілів у ТО та ПР заводами-виробниками не регламентуються, а існуюча нормативно-технічна документація є неактуальною. При цьому нормування тривалості простою автомобілів в ТО і ПР як загальної питомої норми простою на 1000 км пробігу, в закордонній практиці відсутнє;

– конструкція сучасних автомобілів в цілому, їх окремих механізмів та систем за останні роки якісно змінилася, що, природно, викликає необхідність якісної та кількісної зміни регламентованих робіт та технологій ТО та ПР.

Більш того автовиробники комерційної техніки оснащують свої сучасні автомобілі вбудованими телематичними системами з он-лайн комунікацією, що дозволяють фіксувати та передавати дані про експлуатацію автомобілів до системи контролю в режимі реального часу. Це створює можливість складання індивідуальної програми технічного обслуговування для кожної одиниці автопарку відповідно до реальних умов її експлуатації. Гнучка система формування програми з ТО і ПР автомобілів враховує фактичну інформацію, що дозволяє оптимізувати періодичність ТО та мінімізувати простой в ТО та ПР відповідно до фактичних показників. Завдяки комплексному підходу та безперервному моніторингу скорочується ймовірність виникнення несправностей та відмов, знижується обсяг ремонтних робіт та тривалість простою автомобілів в ремонті [4-5].

Телематичне обладнання дозволяє виконувати віддалене діагностування, передавати діагностичні коди несправностей та інформувати технічну службу про появу несправностей в режимі реального часу, виконувати дистанційне перепрограмування автомобілів, дистанційний контроль за роботою транспорту та багато іншого. Таким чином технічна служба АТП може оперативно реагувати на виникнення несправностей, запобігаючи більш важким наслідкам та швидко їх усувати [4-5].

В цілому телематичні інформаційні системи, якими автовиробники оснащують сучасні автомобілі, дозволяють підвищити ефективність експлуатації автопарку, скоротити витрати палива (на 3-5%), підвищити експлуатаційну надійність автомобілів, знизити простой в ТО і ремонті [6].

**Висновок.** Існуючі методи управління технічним станом автомобілів в експлуатації перестали задовольняти сучасним умовам господарювання та конструкціям нових автомобілів. В результаті системи технічної експлуатації автомобілів більшості суб'єктів господарювання не відповідають сучасним вимогам, що призвело до зниження експлуатаційної надійності автомобілів та ефективності експлуатації, збільшення собівартості перевезень. Назріла необхідність адаптації методологічних основ управління технічним станом автомобілів до існуючої ситуації. Більш того застосування сучасних телематичних систем на комерційних автомобілях вимагає розробки нових наукових підходів, що будуть враховувати такі можливості.

#### Список використаних джерел

1. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навч. посібник / Є.Ю. Форнальчик, М. С. Оліскевич, О. Л. Мاستикаш, Р. А. Пельо. Львів : Афіша, 2004. 492с.
2. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : технологія : підручник. К. : Вища шк., 2007. 527 с. : іл.
3. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : організація і управління : підручник. К. : Знання, 2004. 478 с.
4. Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів : навч. посіб. / [ кол. авт.: В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов та ін. ; за ред. В. П. Волкова] ; Харків. нац. автомобільно-дорож. ун-т. Харків : ХНАДУ, 2015. 388 с.
5. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів / [Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В. і інш.]. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 299 с.
6. The Scania Fleet Management System made Brazilian haulier choose Scania. URL: <https://www.scania.com/group/en/home/newsroom/news/2020/the-scania-fleet-management-system-made-brazilian-haulier-choose-scania.html>

**Смирнов Євгеній Валерійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: zhekasmirnov@vntu.edu.ua.

**Smyrnov Yevhenii Valeriiovych** – PhD in Technical Science, Docent, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: zhekasmirnov@vntu.edu.ua.

УДК 629.3

О.П. Смирнов, А.О. Борисенко

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДОВИХ СИСТЕМ ДОПОМОГИ ВОДІЯ**

*Розглянуто доцільність впровадження та використання передових систем допомоги водія для підвищення безпеки дорожнього руху. Визначена оцінка ефективності безпеки різних систем допомоги водія. Серед досліджуваних технологій автоматичне екстрене гальмування є найбільш впливовим на безпеку дорожнього руху.*

**Ключові слова:** транспортний засіб, передові системи допомоги водія, безпека дорожнього руху, ефективність систем безпеки, автоматичне екстрене гальмування.

*The feasibility of implementing and using advanced driver assistance systems to improve road safety is considered. The assessment of the safety effectiveness of various driver assistance systems is determined. Among the researched technologies, automatic emergency braking is the most influential on road safety.*

**Keywords:** vehicle, advanced driver assistance systems, road safety, effectiveness of safety systems, automatic emergency braking.

Зростаюча кількість автомобільного електронного обладнання та програмного забезпечення вимагає суттєвих змін у сучасному процесі проектування транспортних засобів, щоб вирішити конвергенцію суперечливих цілей:

- підвищення безпеки дорожнього руху;
- економія витрат на розробку електронних та електромеханічних систем автомобілів та на експлуатацію транспортних засобів;
- інтелектуалізація та інтеграція транспортних засобів в транспортну інфраструктуру.

Впровадження передових систем допомоги водія, які в англійській літературі визначені як «Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)» [1-7] сприяють досягненню цих цілей. Сучасну термінологію передових систем допомоги водія, яку використовують для опису однієї функції ADAS визначила група автомобільних інженерів Американської автомобільної асоціації (AAA) [1] та Товариство автомобільних інженерів США (SAE) [3].

Перевірені данні про покращення безпеки дорожнього руху та комфорту водіння, що пов'язані з впровадженням систем допомоги водія, спонукали політиків просувати їх встановлення в більшості сучасних транспортних засобів і прискорити розгортання передових автомобільних технологій. Інституції ЄС досягли попередньої політичної згоди щодо переглянутого Регламенту загальної безпеки. З 2022 року передові технології безпеки стали обов'язковими для європейських транспортних засобів для захисту пасажирів, пішоходів і велосипедистів [2].

Незважаючи на те, що передові системи допомоги водія забезпечують значні переваги для суспільства, відсутня вичерпна література про потенційне зниження аварійності в різних ситуаціях водіння. Декілька факторів можуть впливати на ефективність систем допомоги водію:

- технічний стан автомобіля;
- поведінка та фізичний стан водія;
- стан дорожнього покриття;
- погодні умови.

Різні методи оцінки та експериментальні умови призвели до відмінностей в оцінках ефективності безпеки системи допомоги водію у літературі [3-7]. Щоб кількісно визначити потенційне зменшення аварій за допомогою кількох систем допомоги водію, автори [3-7] дослідили ефективність безпеки кожної технології та пов'язали їх із записами про нещасні випадки. Вони переглянули найсучасніші технології систем допомоги водія та узагальнили їх переваги щодо безпеки. Автори визначили типи аварій, які систем допомоги водію може пом'якшити, а потім оцінили зниження частоти аварій шляхом застосування переваг систем допомоги водію до відповідних записів про аварії. Незважаючи на те, що ці роботи представляють важливу інформацію про потенціал систем допомоги водію для безпеки дорожнього руху, суттєвим обмеженням є те, що вони не враховують обставини ДТП. У таблиці 1 представлено порівняння оцінок безпеки згаданих вище досліджень.

Таблиця 1 – Оцінки ефективності безпеки систем допомоги водія

Система допомоги водію	Оцінки ефективності безпеки [6], %	Оцінки ефективності безпеки [7], %
ACC (адаптивний круїз-контроль)	не визначено	від 5 до 14
AEB (автоматичне екстрене гальмування)	43	від 20 до 31
BSW (попередження про сліпу зону)	14	від 10 до 20
ESC (електронний контроль стійкості)	41	від 38 до 48
FCW (попередження про лобове зіткнення)	35	від 17 до 25
IMA (допомога при русі на перехресті)	40	від 40 до 57
LCW (попередження про зміну смуги руху)	28	від 10 до 33
LDW (попередження про виїзд зі смуги руху)	не визначено	від 21 до 30
PCAM (захист від зіткнення з пішоходами)	59	від 36 до 42
FCW + ACC	10	не визначено
FCW + AEB	50	не визначено
FCW (туман)	35	не визначено
LDW + попередження про швидкість на повороті (CSW)	11	не визначено

Вибір основних факторів, що впливають на ефективність систем допомоги водія, було виконано за допомогою систематичного огляду, який складався з пошуку проблем, сильних сторін і загальної ефективності досліджуваних технологій. Обрані три основні контекстуальні змінні та їх складові, від яких залежить ефективність систем допомоги:

- тип дороги: автострада, сільська та міська, автомагістраль та нешляхові дороги;
- погодні умови: ясно, дощ або туман, сильний дощ, сніг або лід, несприятливі умови;
- умови освітлення: денне світло і темнота.

У таблиці 2 зведена ефективність найбільш розповсюджених систем допомоги водія, проаналізованих у попередніх дослідженнях [3-7].

Таблиця 2 – Оцінка ефективності систем допомоги у різних умовах

Система допомоги водію	Тип дороги	Метеорологічні умови	Умови освітлення
1	2	3	4
ACC (адаптивний круїз-контроль)	Найкраща ефективність на автомагістралях. Обмеження на сільських дорогах через повороти та кругові перехрестя. Обмеження на міських дорогах через умови руху та схему доріг	Найкраща ефективність за ясної погоди. Обмеження з несприятливою погодою призводять до вищих показників втраченого виявлення або до помилкових спрацьовувань	Потенційні обмеження в темноті призводять до вищих показників втрати виявлення, ніж в умовах денного світла
AEB (автоматичне екстрене гальмування)	Обмеження на високошвидкісних дорогах, оскільки система виконує лише часткове гальмування на помірних та високих швидкостях. Найкраща ефективність на міських дорогах завдяки низькій швидкості	Найкраща ефективність у ясну погоду завдяки хорошему коефіцієнту зчеплення з дорогою та видимості. Обмеження з несприятливою погодою через обмеження гальмування	Потенційні обмеження систем на основі камери в темноті

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
BSW (попередження про сліпу зону)	Найкраща ефективність на автомагістралях завдяки стандартизованій ширині смуги руху та транспортному потоку, за якими йдуть міські дороги.	Найкраща ефективність у ясну погоду та обмеження з несприятливою погодою через пошкодження датчиків	Потенційні обмеження систем на основі камери в темноті
ESC (електронний контроль стійкості)	Найкраща ефективність на швидкісних дорогах. Автомагістралі показали кращу ефективність, ніж на сільських дорогах	Найкраща ефективність, коли умови погіршуються та зменшується коефіцієнт тертя дороги	Немає відмінностей через дизайн системи
FCW (попередження про лобове зіткнення)	Немає істотних відмінностей у продуктивності різних типів доріг. На автомагістралях дещо кращі показники, ніж на міських та сільських дорогах	Найкраща ефективність у ясну погоду та обмеження з несприятливою погодою	Потенційні обмеження систем на основі камери в темряві

Таким чином, впровадження систем допомоги водіїв ефективно впливають на зниження аварійності на дорогах. Такі дослідження можуть допомогти зацікавленим сторонам у сфері безпеки дорожнього руху та автомобільної галузі визначити пріоритети в політиках, дослідженнях і розробках, щоб зробити транспорт безпечнішим і зменшити критичні аварії. Серед досліджуваних технологій автоматичне екстрене гальмування (АЕВ) є найбільш впливовим на безпеку дорожнього руху, забезпечуючи ефективне зменшення кількості аварій. Такі висновки узгоджуються з транспортною політикою щодо оснащення нових транспортних засобів системами допомоги водія.

## Список використаних джерел

1. AAA Recommends Common Naming for ADAS Technology. AAA Newsroom. URL: <https://newsroom.aaa.com/2019/01/common-naming-for-adas-technology/> (date of access: 13.07.2023).
2. Press corner. European Commission - European Commission. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_19\\_1793](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_19_1793) (date of access: 13.07.2023).
3. On the road safety benefits of advanced driver assistance systems in different driving contexts / L. Masello et al. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2022. Vol. 15. P. 100670. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100670> (date of access: 13.07.2023).
4. Fintl P., Nikolaus R., Zimmermann M. Efficiently Safeguarding Driver Assistance Systems. ATZelextronik worldwide. 2017. Vol. 12, no. 1. P. 64–69. URL: <https://doi.org/10.1007/s38314-016-0099-2> (date of access: 13.07.2023).
5. Cicchino J. B. Effectiveness of forward collision warning and autonomous emergency braking systems in reducing front-to-rear crash rates. Accident Analysis & Prevention. 2017. Vol. 99. P. 142–152. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.11.009> (date of access: 13.07.2023).
6. Assessment of the safety benefits of vehicles' advanced driver assistance, connectivity and low level automation systems / L. Yue et al. Accident Analysis & Prevention. 2018. Vol. 117. P. 55–64. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.04.002> (date of access: 13.07.2023).
7. How many crashes can connected vehicle and automated vehicle technologies prevent: A meta-analysis / L. Wang et al. Accident Analysis & Prevention. 2020. Vol. 136. P. 105299. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105299> (date of access: 13.07.2023).

**Смирнов Олег Петрович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, e-mail: [smirnov1oleg@gmail.com](mailto:smirnov1oleg@gmail.com),

**Борисенко Анна Олегівна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, e-mail: [anutochka2111@gmail.com](mailto:anutochka2111@gmail.com).

*Smyrnov Oleh Petrovych* – DSci (Engineering), professor, professor of the Vehicle Electronics Department, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: [smirnov1oleg@gmail.com](mailto:smirnov1oleg@gmail.com) ,

*Borysenko Anna Olehovna* – Ph.D., associate professor, associate professor of the Vehicle Electronics Department, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: [anutochka2111@gmail.com](mailto:anutochka2111@gmail.com).

УДК 519.8:656.13

Л.Л. Сніжко

## УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ В ОПЕРАЦІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Досліджено основні складові теорії і практики управління якістю продукції в операційній діяльності автотранспортних підприємств. Запропоновано напрями покращення управління якістю сервісних продуктів в автотранспортних підприємствах.*

**Ключові слова:** автотранспортне підприємство, операційна діяльність, послуга, сервісний продукт, управління якістю продукції, якість продукції.

*The main components of the theory and practice of product quality management in the operational activities of motor transport enterprises were studied. Directions for improving the quality management of service products in motor vehicle enterprises are proposed.*

**Keywords:** motor transport enterprise, operational activity, service, service product, product quality management, product quality.

Зосередження уваги на якості та її поліпшенні має бути частиною менеджменту кожної бізнес-організації незалежно від того, чим займається організація: виробництвом і продажем різноманітних товарів чи наданням різнопланових послуг.

У цей технологічний вік якість є міжнародною характеристикою. В останні декілька десятиліть одним із основних аргументів у боротьбі за споживача є якість товарів, що випускаються та реалізуються (послуг, що надаються). Це підтверджує те, що двома ключовими елементами кожного рішення при купівлі продукції є її ціна та якість. Отже, в сьогоденних умовах для забезпечення автотранспортним підприємством необхідного рівня його конкурентоспроможності є орієнтація операційної діяльності на кінцевого споживача та його вимоги.

Еволюція визначення поняття якості пов'язана із розвитком як технологій виробництва, так і науки управління. Ще півстоліття тому цивілізований світ вважав продукт якісним, якщо він відповідав стандартам. З часом з'ясувалося, що цього недостатньо. На даний час існує безліч визначень і тлумачень якості. Це підтверджує той факт, що навіть ідеологи руху за підвищення якості - так звані "гуру якості" - по-різному визначають якість: Ф. Кросбі - відповідність встановленим вимогам; Е. Демінг -передбачуваний ступінь однорідності і надійності при низьких витратах і відповідний до потреб ринку; Дж. Джуран - придатність до вживання [1].

Крім того визначення якості може відрізнятися залежно від того, який суб'єкт визначає якість: замовник (клієнт) чи виробник сервісних продуктів. Виробник, як правило, зосереджується на технологічних вимогах. Тлумачення клієнтів щодо якості можуть бути неоднозначними, невизначеними, змінними та суб'єктивними. Тому легко зрозуміти, наскільки складним є однозначне тлумачення якості. І особливо це стосується сервісної сфери, коли визначення якості суттєво залежить від клієнта і може відрізнятися залежно від його віку, статі, досвіду, рівня доходу, уподобань та ін. [2].

Стосовно до транспорту якість сервісного продукту має певну специфіку, обумовлену споживчим призначенням транспортної продукції, матеріально-технічною базою і технологією, що використовуються та ін.

У ДСТУ 9000 наведено таке тлумачення якості, яке складено на основі ISO 9000: «Якість продукції та послуг організації визначають здатністю задовольняти замовників, а також передбаченим і непередбаченим впливом на відповідні зацікавлені сторони. Якість продукції та послуг охоплює не тільки їхні передбачені функції та характеристики, але також їхні сприймані цінності і користь для замовника» [3, с. 2]. Слід зазначити, що в контексті сімейства стандартів ISO 9000 будь-яке посилання на продукцію також включає і послуги.

Отже, на сучасному рівні розвитку теорії управління «якість» доцільно розглядати як комплексне поняття, що включає в себе якість кінцевого сервісного продукту, якість операційних процесів, якість управління, якість постачань та робіт, якість життя і діяльності працівників та

суспільства в цілому. Якість співвідноситься з уявленням про ступінь, в якій послуги задовольняють очікування та вимоги споживача.

Для формування відмінної якості сервісного продукту в операційній діяльності автотранспортного підприємства потрібні «шира зацікавленість у вирішенні цієї проблеми вищого керівництва компанії» [2]. З метою довгострокового виживання усі успішні транспортні компанії в світі (від великих до малих) в самих різних видах транспорту займаються питаннями менеджменту якості (quality management), батьківщиною якого стала Японія.

Менеджмент якості – це комплексна, скоординована і взаємопов'язана діяльність з управління, яка знаходиться у веденні вищого керівництва і впливає на всі аспекти роботи автотранспортного підприємства для забезпечення надійної і безперебійної його роботи в напрямі постійного поліпшення якості сервісних продуктів та всіх основних, допоміжних та управлінських процесів.

Менеджмент якості - швидше така концепція управління автотранспортним підприємством, яка стосується діяльність всіх категорій персоналу і далеко не в останню чергу - інженерно-технічного персоналу. Концепція менеджменту якості, що зв'язує в єдину систему всі види діяльності підприємства, необхідна для того, щоб споживач був максимально задоволений обслуговуванням, і щоб це задоволення зростало і гарантувало зміцнення конкурентних позицій організації.

Крім того менеджмент якості - це процес, який зосереджений не тільки на якості продукції, але також на засобах його досягнення. Під поняттям «об'єкт» менеджмент якості розглядає сервісні продукти, процеси, систему управління і автотранспортне підприємство в цілому.

Процес управління якістю щодо об'єкту на автотранспортному підприємстві включає в себе чотири основні складові: планування якості (quality planning); забезпечення якості (quality assurance); контроль якості (quality control); підвищення якості (quality improvement).

Планування якості - це дії, що передбачають визначення необхідних характеристик об'єкта, встановлення цілей в області якості та визначення процесів і ресурсів, потрібних для їх досягнення. Забезпечення якості – сукупність дій, необхідних для створення впевненості в тому, що сервісний продукт буде задовольняти вимогам щодо якості. Ключовим елементом для досягнення цілей щодо забезпечення якості є її контроль - це діяльність з оцінки відповідності об'єкта контролю встановленим вимогам, а саме: вимірювання, випробування, спостереження, моніторинг, перевірку і т.д. та порівняння їх із заданими. Покращення якості полягає в реалізації дій, за рахунок яких можна підвищити можливості автотранспортного підприємства щодо дотримання вимог, що пред'являються до об'єкту: підвищення технічного рівня транспортних засобів, підвищення технологічного рівня сервісних продуктів, якості їх виготовлення, удосконалювання елементів перевізного процесу та ін.

Менеджмент якості базується на таких принципах управління якістю [3, с.3-7] (основа для стандартів на системи менеджменту якості): орієнтація на замовника; лідерство; задіяність персоналу; процесний підхід; поліпшення; прийняття рішень на підставі фактичних; керування взаємовідносинами.

Як такий, менеджмент якості містить і філософію менеджменту якості, і теорію, і практичні методи. На сучасному етапі розвитку менеджмент якості має велику теоретичну базу, яка включає в себе надбання багатьох наук. Найбільш значущими складовими теорії і практики, які менеджмент якості включає в себе на сьогоднішній день, є:

1. Загальний менеджмент якості (TQM - Total Quality Management) - базова концепція щодо впровадження менеджменту якості на підприємстві, яка стала однією з найбільш значних інновацій в сфері операційного менеджменту, як і в практиці управління в цілому.

2. Стандарти: міжнародні стандарти сімейства ISO 9000 (описують мінімальну модель системи менеджменту якості, яка дозволяє реалізувати основні принципи TQM в практичній діяльності підприємств); національні стандарти (розроблені на основі серії ISO 9000 і узгоджують визначення термінів, вимог, підходів до створення систем управління якістю в національному та міжнародному бізнес-середовищі); міжнародні галузеві стандарти якості (побудовані на основі стандартів серії ISO 9000); європейські стандарти серії EN 29000 (є аналогами стандартів серії ISO 9000), ISO 9003 і EN 45000 (регламентують розробку систем якості, оцінювання відповідності, сертифікації систем якості та акредитації органів з сертифікації) та ін.



3. Кайзен (kaizen) – філософія і набір практик, спрямовані на покращення якості та орієнтовані на здійснення постійних поліпшень по підвищенню якості, які впроваджуються кожним працівником компанії.

4. Розгортання функції якості (QFD – Quality Function Deployment) – є одним із ключових методів управління якістю, який рекомендується до використання методологією TQM.

5. «Шість сигм» (six sigma) – концепція поліпшення якості процесів організації, яка фокусується на виявленні та усуненні причин помилок у бізнес-процесах шляхом зосередження на тих вихідних параметрах, які виявляються критично важливими для споживача.

6. Премії за якість - їх можна розглядати як варіант системи якості, так як премій удостоюються тільки кращі організації, які відповідають критеріям, що встановлені відповідними преміями.

7. Ощадливе виробництво (lean manufacturing, lean production) - це набір виробничих практик, застосування яких дозволяє скоротити витрати виробництва та підвищити якість кінцевого продукту.

7. Lean Six Sigma (LSS) - інтегрована концепція, яка виникла в результаті об'єднання концепції ощадливого виробництва (Lean), основою якого є скорочення непродуктивних витрат і прискорення процесів, і концепції «Шість сигм» (Six Sigma), основою якої є поліпшення якості та підвищення задоволеності клієнтів націлену на основі зниження варіабельності процесів і стабілізації характеристик продукції.

8. Кращі практики (best practice) - це набір методів і технік, які дозволяють отримати якісний результат від операційної діяльності.

9. Зовнішній бенчмаркінг (external benchmarking) - це техніка, спрямована на поліпшення бізнесу або сервісного продукту на основі порівняння та аналізу різних бізнес-процесів фахівцями компанії з аналогічними процесами конкурентів у відповідній галузі, а також передових компаній інших галузей, після якого покращення, що підходять для даного бізнесу, впроваджуються в нього.

Це не весь перелік концепцій, методик і систем, які розроблені та застосовуються у сфері управління якістю.

У сучасних умовах з метою впровадження та(або) удосконалення менеджменту якості в операційній діяльності українськими автотранспортним підприємствами доцільно використовувати комплекс вищеперерахованих методик, проте необхідним є їх коригування з урахуванням державної політики та національних стандартів з питань якості [4].

У даний час відбувається формування нових концепцій і методів з управління якістю. Та й саме поняття «якість» стає все більш багатограним. Українським автотранспортним підприємствам варто скористатися досвідом світового менеджменту для вирішення проблеми формування якості сервісних продуктів в їх операційній діяльності.

#### Список використаних джерел

1. Тенденції розвитку теорії і практики управління організаціями: монографія / За заг. ред. проф. Ложачевської О.М. Київ : ФОП Маслаков, 2018. 244 с.
2. Chase R.B., Aquilano N.J., Jacobs F.R. Operations Management for Competitive Advantage. New York, NY, USA: McGraw-Hill Irwin, 2001. 763 p.
3. ДСТУ ISO 9000:2015 (ISO 9000:2005, IDT) Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. URL: <http://www.uaq.org.ua/>(дата звернення 17.12.2022).
4. Концепція державної політики у сфері управління якістю продукції (товарів, робіт, послуг). Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 серпня 2002 р. No 447-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/447-2002-p> (дата звернення 18.09.2023).

**Сніжко Лариса Леонідівна** - к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, м.Київ, e-mail: [lsnizhko@ntu.edu.ua](mailto:lsnizhko@ntu.edu.ua).

**Snizhko Larisa Leonidivna** - Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, e-mail: [lsnizhko@ntu.edu.ua](mailto:lsnizhko@ntu.edu.ua).

УДК 629.33

О.С. Стадник, М.М. Марчук, В.В. Абрамчук

РОЗРОБКА МАГНІТНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КУЗОВНОГО РЕМОНТУ  
АВТОМОБІЛІВ БЕЗ ФАРБУВАННЯ

У роботі запропонована конструкція магнітного захоплювача, що можна використати замість клеючих пластикових грибоків, які використовують у кузовному ремонті автомобілів без фарбування. В основі конструкції використано рідкісно-земельні високоенергетичні магніти сплаву Nd-Fe-B.

**Ключові слова:** кузовний ремонт, магнітний захоплювач, магніт зі сплаву Nd-Fe-B, клеючий пластиковий грибок, розривне зусилля

*The work proposes a design of a magnetic grabber, which can be used instead of adhesive plastic mushrooms, which are used in body repair of cars without painting. This design is based on high-energy rare-earth magnets of the Nd-Fe-B alloy.*

**Keywords:** body repair, magnetic grabber, Nd-Fe-B alloy magnet, adhesive plastic mushroom, breaking force

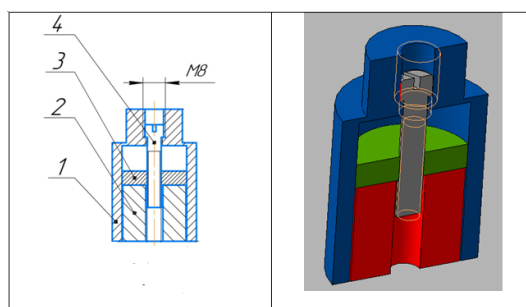
У зв'язку зі значним розширенням автомобільного парку в Україні та враховуючи те, що понад 80% – це вживані автомобілі з Європи та Америки, значно зросла потреба в підприємствах, які займаються ремонтом транспортних засобів, зокрема кузовним ремонтом легкових автомобілів.

Більшість автомобілів після дорожньо-транспортних пригод мають легкі пошкодження, існує потреба у удосконаленні методів рихтування деталей кузовів легкових автомобілів без подальшого їх фарбування, або з частковим підфарбовуванням та поліруванням, оскільки методи дозволяють збільшити продуктивність праці та вартість ремонту [1].

У роботі обґрунтуванні силових параметрів магнітних захоплювачів мініліфтерів та зворотних молотків у момент витягування вмістину кузовних елементів та їх легкого від'єднання після робочого циклу, виготовлених на основі високоенергетичних рідкоземельних магнітів сплаву системи Nd-Fe-B, що забезпечує збільшення продуктивності праці процесу рихтування.

Постійні магніти – це вироби, виготовлені з феромагнітного магнітотвердого матеріалу, здатного зберігати залишкову намагніченість після вимкнення зовнішнього магнітного поля. Сьогодні найбільш поширені рідкоземельні високоенергетичні неодимові магніти зі сплаву Nd-Fe-B та феритові (керамічні) магніти. Більш широко використовують магніти зі сплаву Nd-Fe-B.

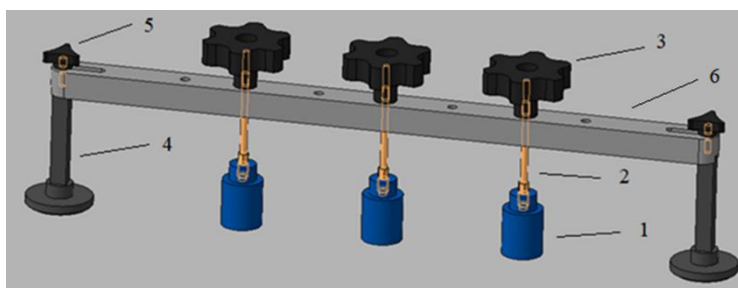
На основі рідкоземельних магнітів розроблені численні конструкції магнітних захоплювачів, що дозволяють забезпечити розривне зусилля 10-15 кг, вибрано у якості прототипу для виготовлення закріплюючих пристроїв мініліфтерів та магнітних молотків. Недоліком є складність зняти магнітний захоплювач після робочого циклу. Для усунення цього недоліку була запропонована конструкція магнітного захоплювача (рис. 1), що забезпечує відвести магніт від робочої поверхні елемента кузова автомобіля та у 7–10 разів зменшити магнітну силу.



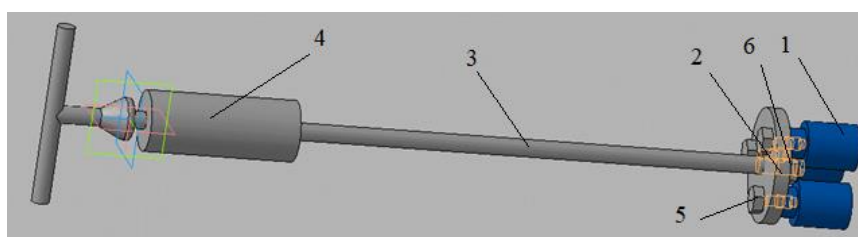
Риунок 1 - Магнітний захоплювач: 1 – стакан; 2 – магніт Nd-Fe-B марки №38; 3 – шунт; 4 – гвинт

Для збільшення робочої сили було запропоновано використовувати на одному спільному диску використовувати 2, 3, 4 і більше магнітних захоплювачів. Запропоновані удосконалені

конструкції інструментів для рихтування кузовних елементів автомобілів у яких замість клеючих грибків використані магнітні захоплювачі, зокрема мініліфтери та зворотні молотки (рис. 2 та 3).



Риунок 2 - Мініліфтер з магнітними захоплювачами: 1 – магнітний захоплювач; 2 – гвинт магнітного захоплювача; 3 – різьбова ручка; 4 – опора; 5 – зажим опори; 6 – поперечна планка



Риунок 3 - Зворотний молоток із потрійним магнітним захоплювачем: 1 – магнітний захоплювач; 2 – спільний диск; 3 – рукоятка; 4 – вантаж; 5 – гвинт; 6 – гайка рукоятки

Відповідно до лабораторних випробувань запропоновані конструкції мініліфтерів та зворотних молотків забезпечують розривне зусилля при рихтуванні кузовних елементів автомобілів 0,104–0,173 МПа, що не поступається використанню клеючих полімерних грибків з розривним зусиллям 0,146 МПа та скорочення технологічного часу на закріплення на поверхні вм'ятини у 4–5 разів.

#### Список використаних джерел

1. Удаление вмятин без покраски (PDR). URL: <https://www.automaster.net.ua/artykuly/udalenie-vmyatin-bez-pokraski-pdr,50378> (дата звернення 10.10.2023).

**Стадник Олександр Святославович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.s.stadnyk@nuwm.edu.ua.

**Марчук Микола Михайлович** – к.т.н., професор кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, m.m.marchuk@nuwm.edu.ua

**Абрамчук Віталій Вікторович**, студент спеціальності «Автомобільний транспорт» магістерського рівня, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, abramchuk\_m20@nuwm.edu.ua

**Oleksandr Stadnyk** – PhD (Eng.), Associate Professor of Automobile and Automobile Industry Department, Institute of Mechanics, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, o.s.stadnyk@nuwm.edu.ua.

**Marchuk Mykola Mykhaylovych** – PhD (Eng.), Professor of Automobile and Automobile Industry Department, Institute of Mechanics, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, m.m.marchuk@nuwm.edu.ua

**Abramchuk Vitaliy Viktorovych**, student of specialty "Automobile transport" at the master's level, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, abramchuk\_m20@nuwm.edu.ua

УДК 656.025.22

Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка, В.С. Скороход

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

*Розроблено математичну модель оптимізації структури парку рухомого складу міського пасажирського транспорту з урахуванням взаємного накладання маршрутів, що дає змогу визначити програму перевезень пасажирів та забезпечує максимально можливий рівень якості транспортного обслуговування при встановлених обмеженнях.*

**Ключові слова:** математична модель, рухомий склад, якість обслуговування, інтенсивність руху, ефективність перевезень.

*A mathematical model has been developed to optimize the structure of the fleet of urban passenger transport, taking into account the mutual overlapping of routes, which makes it possible to determine the program of passenger transportation and ensures the highest possible level of quality of transport service under the established restrictions.*

**Keywords:** mathematical model, rolling stock, service quality, traffic intensity, transportation efficiency.

Ефективність міського пасажирського транспорту загального користування полягає у забезпеченні максимально можливого рівня якості транспортного обслуговування населення. Розвиток пасажирського міського транспорту є одним з найважливіших напрямків вирішення ефективності дорожнього руху в межах міста. При цьому головним чинником є забезпечення якісного транспортного обслуговування населення [1].

На транспортній мережі зазвичай організуються маршрути, таким чином, що є ділянки, якими прокладено кілька маршрутів (накладення, перетин маршрутів). Наявність конкуруючих маршрутів приводить до того, що деякі пасажирські кореспонденції можуть бути обслужені декількома маршрутами. В результаті здійснюється перерозподіл пасажирських кореспонденцій. Кількість виконаних пасажирських кореспонденцій залежить від інтенсивності руху. Також важливим показником ефективності функціонування міського пасажирського транспорту є рівень доходів від перевезень. Він обумовлюється діючим пасажирським тарифом та нормативом бюджетних субсидій і визначає рівень фінансових ресурсів, які можуть бути витрачені на транспортний процес [2].

Розрахунок програми перевезень полягає у визначенні для кожного маршруту класу рухомого складу та інтервалу руху при встановлених обмеженнях техніко-експлуатаційних показників. Рухомий склад, призначений для міського пасажирського транспорту загального користування місткістю більше 22 пасажирів поділяється на три класи: I (конструкція автобуса, дозволяє вільне переміщення пасажирів), II (конструкція автобуса має місця для сидіння і не більше двох стоячих місць), III (конструкція автобуса має тільки місця для сидіння).

Якість транспортного обслуговування будемо оцінювати ступенем використання місткості транспортних засобів, при виконанні встановлених обмежень з інтервалу руху за маршрутом з урахуванням рівня фінансових ресурсів, що забезпечують рентабельну роботу перевізника [3].

Граничний рівень фінансових ресурсів для виконання транспортного процесу встановлюватимемо через норматив витрат на 1 км пробігу транспортного засобу за маршрутом. Розмір бюджетних субсидій сьогодні так само, як правило, визначається на 1 км пробігу за маршрутом. Порівняння витрат з доходами будемо здійснювати через кількість пасажирів, які перебувають на 1 км пробігу транспортного засобу за маршрутом. Це дозволить визначити питомий рівень доходів перевізника (на 1 км пробігу за маршрутом).

Таким чином, потрібно розрахувати програму перевезень пасажирів маршрутною мережею міського пасажирського транспорту, що забезпечує задоволення цільової функції - мінімуму коефіцієнта динамічного використання місткості:

$$\bar{\gamma}_d = \frac{\sum_k P_k^{\text{год}}}{\sum_k Pr_k^{\text{год}}} \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $\bar{\gamma}_d$  – середньогодинний коефіцієнт використання місткості рухомого складу на мережі;

$P_k^{\text{год}}$  – середньогодинна транспортна робота по  $k$ -му маршруту, пас·км/год;  
 $P_k^{\text{год}}$  – середньогодинна номінальна транспортна робота по  $k$ -му маршруту (транспортна робота при повному використанні місткості рухомого складу), пас·км/год;

Обов'язковою складовою є врахування наступних обмежень:

динамічного коефіцієнта використання місткості рухомого складу:

$$\gamma_{dk} \leq \gamma_{\max} \quad (2)$$

інтенсивності руху ділянками маршрутної мережі:

$$\sum_k a_k \leq a_{ij}^{\max}, i \in I_k \quad (3)$$

інтенсивності руху за маршрутом:

$$a_{\min} \leq a_k \leq a_{\max} \quad (4)$$

Економічної ефективності перевезень:

$$q_k^{km} \geq Q_m^{km} \quad (5)$$

де  $a_{\min}$ ,  $a_{\max}$  – обмеження інтенсивності руху рухомого складу за маршрутами, од./год;

$a_k$  – інтенсивність руху за  $k$ -м маршрутом, од./год;

$q_k^{km}$  – кількість пасажирів на один км пробігу рухомого складу за  $k$ -м маршрутом;

$Q_m^{km}$  – мінімальна кількість пасажирів на 1 км пробігу  $m$ -го класу автобусу (що використовується на  $k$ -му маршруті), що забезпечує рентабельну роботу;

$\gamma_{dk}$  – середньогодинний коефіцієнт динамічного використання місткості для  $k$ -го маршруту;

$\gamma_{\max}$  – граничний коефіцієнт використання місткості транспортних засобів;

$I_k$  – множина автобусних зупинок на  $k$ -му маршруті;

$a_{ij}^{\max}$  – обмеження пропускної здатності ділянки маршрутної мережі.

Як норматив, що визначає рентабельну роботу транспортної організації, пропонується використовувати кількість пасажирів, що припадають на 1 км пробігу транспортного засобу за маршрутом ( $Q_m^{km}$ ), який встановлюється для кожного  $m$ -го класу рухомого складу.

Для вирішення розглянутого завдання необхідно варіювати класами транспортних засобів та інтервалом їх руху за маршрутами для отримання оптимального значення цільової функції (1).

#### Список використаних джерел

1. Кужель В. П. Оцінка рівня якості пасажирських перевезень з позиції пасажирів / В. П. Кужель, А. П. Іщенко // VII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання». – Кір-д: КНТУ, 2013. – С. 179 – 180.
2. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. – 272 с.
3. Гудима Р.Р. Проблемні аспекти розвитку транспортної інфраструктури України / Проблеми і перспективи розвитку національної економіки в умовах євроінтеграції та світової фінансово-економічної кризи. Чернівці, 2009. – С.238–239.

**Тарандушка Людмила Анатоліївна** – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, e-mail: [tarandushkal@ukr.net](mailto:tarandushkal@ukr.net).

**Тарандушка Іван Павлович** - старший викладач кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, e-mail: [tarandushka@ukr.net](mailto:tarandushka@ukr.net).

**Скороход Володимир Сергійович** – студент гр. мТТ-84, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, e-mail: [v.s.skorokhod.fetam22@chdtu.edu.ua](mailto:v.s.skorokhod.fetam22@chdtu.edu.ua).

**Tarandushka Liudmyla Anatoliivna** – Doctor of Technical Sciences, professor, head of the automobiles and technologies of their operating Department, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, e-mail: [tarandushkal@ukr.net](mailto:tarandushkal@ukr.net).

**Tarandushka Ivan Pavlovich**– Senior Lecturer of the automobiles and technologies of their operating Department, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, e-mail: [tarandushka@ukr.net](mailto:tarandushka@ukr.net).

**Skorokhod Volodymyr Serhiyovych** – student mTT-84, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, e-mail: [v.s.skorokhod.fetam22@chdtu.edu.ua](mailto:v.s.skorokhod.fetam22@chdtu.edu.ua).

УДК 621.436

О.П. Терещенко, Л.В. Мороз, Я.В. Сафтьок

## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

*Розглянуто особливості визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Проаналізовані етапи розробки, режимів технічного обслуговування.*

**Ключові слова:** *режими обслуговування і ремонту, планування, оптимальна періодичність, питомі витрати.*

*The peculiarities of determining the optimal periodicity of maintenance and repair of cars are considered. Analyzed stages of development, modes of maintenance.*

**Keywords:** *maintenance and repair modes, reliability, planning, regulations, operational qualities.*

Найважливішим питанням у загальній проблемі технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) є визначення його оптимальної періодичності. Дане завдання вирішене Крамаренко Г.В. за допомогою техніко-економічного критерію, що передбачає мінімізацію сумарних питомих витрат на ТО і Р автомобілів [1].

Запропонований Крамаренко Г.В. метод визначення періодичності, заснований на мінімізації витрат, є основним, тому що технічне обслуговування призначено знижувати витрати на підтримку надійності автомобілів.

Дуже важливим моментом у процесі створення режимів ТО є аналіз етапів їх розробки. Щодо цього фундаментальними роботами є дослідження, проведені Кузнецовим Е.С. [2].

Узагальнюючи раніше проведені дослідження і розглядаючи методику розробки і удосконалення системи ТО і ремонту, запропоновану в роботі [3], наведено поетапний алгоритм формування структури системи ТО і Р автомобілів.

У цьому випадку інтерес викликає саме наукова основа та наукове забезпечення етапів розробки режимів ТО і підвищення експлуатаційної надійності автомобіля:

Етап 1 – Первинні випробування

Мета – виявлення рівня експлуатаційної надійності виробу.

Етап 2 - Аналіз отриманих результатів експерименту і поділення всієї сукупності елементів виробу на дві групи елементів: ті, що відмовляють і ті, що не відмовляють. Цікавлять в першу чергу елементи, що відмовляють, адже саме надійність цих елементів завод-виробник повинен підвищити на стадії виробництва. Так виконується важлива функція керування експлуатаційної надійності.

Етап 3 - Поділення сукупності елементів. Що відмовляють на профілактовані і непрофілактовані з метою виділення однорідних одиниць, які мають якісну спільність, а потім їх поділяють (для проведення уточнюючих випробувань, якщо вони необхідні (етап 4), найбільш важливі і типові. Цей процес звичайно проводиться за допомогою спеціально розроблених класифікаторів. Тут проводиться угруповання статистичних сукупностей: угруповання вузлів, механізмів, з'єднань по подібності роботи; - угруповання по видах операцій ТО; класифікація елементів по: середньому наробітку на відмову; величині трудомісткості усунення відмови; по видах відмов і ін. Мета даного етапу - зменшення розмірності завдання.

Після проведення етапу 3 розглядається сукупність тільки профілактованих елементів. Цей етап найбільш складний, тому що практично не піддається формалізації на якісному рівні і тому існує імовірність помилкового віднесення профілактованих елементів, внесок яких у надійність виробу досить вагомий, до непрофілактованих.

Етап 4 - Уточнюючі випробування.

Етап 5 - Визначення оптимальних періодичностей по сукупності профілактованих елементів на основі отриманої експериментальної інформації. У теорії технічної експлуатації це найбільш розроблене питання. Згідно [4] відомі методи визначення оптимальних періодичностей ТО: метод аналогії і уточнень; метод по зміні зовнішнього вигляду вузла, механізму, з'єднання матеріалу; метод визначення періодичності ТО за припустимим значенням і закономірності

зміни параметра, що характеризує технічний стан; визначення періодичності ТО по припустимому рівню безвідмовності; техніко-економічний метод; економіко-імовірнісний метод.

Розглянемо два останні методи: техніко-економічний метод заснований на тому положенні, що зміна періодичності ТО впливає на вартість технічного обслуговування і ремонту елемента [5]. Оптимізація здійснюється за рахунок мінімізації питомих сумарних витрат на ТО і ремонт, які складаються з витрат на ТО залежно від періодичності і питомих витрат на ремонт залежно від періодичності. У загальному виді це гіперболічні функції, тому при підсумовуванні двох функцій одержуємо екстремальне значення відповідне до оптимальної періодичності.

Мінімальні витрати на ТО і Р є лише однієї економічною характеристикою або критерієм оптимальної періодичності, хоча в ньому можуть бути враховані так само і технічні критерії, такі як безпека руху, втрати, пов'язані з припиненням транспортного процесу, простоями.

Таким чином з техніко-економічного аспекту зору під оптимальним, тобто під найвигіднішим режимом технічного обслуговування розуміється такий режим, який забезпечує надійну і безпечну роботу рухомого складу при мінімальних витратах матеріалів, засобів і робочої сили на технічне обслуговування, ремонт, віднесених на одиницю пробігу або транспортної роботи [5].

Техніко-економічний метод знайшов широке застосування при обґрунтуванні оптимальних періодичностей технічного обслуговування автомобілів [1]. Однак, одержання експериментальних величин для розв'язку цього завдання вимагає дуже складних і тривалих експериментів. Перевірка пропонуваніх режимів ТО вимагає складних, трудомістких і тривалих досліджень. Для отриманого режиму ТО (періодичність, перелік роботи, трудомісткість) після циклу експериментів може бути отримана тільки одна оцінна величина, а для кожного іншого режиму ТО потрібні ще тривалі дослідження з тим же рухомим складом, у таких же умовах, у тому же АТП, що практично виконати неможливо.

До основного недоліку техніко-економічного методу відноситься неможливість обліку стохастичного процесу експлуатації автомобілів, безвідмовність вузлів, систем і деталей.

Логічним продовженням техніко-економічного методу і методу визначення оптимальної періодичності по припустимому рівню безвідмовної роботи є економіко-імовірнісний метод [9].

Розрізняються дві стратегії заміни деталей: по потребі та профілактична.

Існують кілька модифікацій економіко-імовірнісного методу, які запропоновані Михлиним В.М. [2], Мирошниковим Л.В. [7], для людино-машинних систем Маньшиним Г.Г. та іншими. Відомий метод визначення періодичності профілактичного обслуговування на осно в і використання параметра потоку відмов [5], який запропонований Шейниним А.М.

Таким чином, для визначення оптимальних періодичностей обслуговування створений широкий спектр методів їх визначення для різних випадків і варіантів.

Однак, при переході від оптимальних періодичностей елементів до раціональних періодичностей рівнів системи ТО і Р відбувається відхід від принципу оптимальності.

Перехід до рівнів ТО викликаний тим, що якщо проводити ТО по отриманим оптимальним періодичностям профілактіваних елементів, то автомобіль буде безупинно перебувати в ТО [8].

Етап 6 служить для усунення цієї невідповідності - зведення оптимальних періодичностей елементів (угруповання) до раціональних періодичностей ступенів ТО.

Мета угруповання - зменшення простоїв автомобілів у ТО і скорочення заїздів автомобілів на ТО, спрощення обліку робіт ТО.

Необхідно відзначити, що методи угруповання операцій по видам ТО, іншими словами методи структуризації системи ТО і ремонту вимагають подальшого вдосконалювання [9]. Така проблема існує при створенні системи ТО і ремонту іншої техніки, де найчастіше просто зводять оптимальні періодичності окремих елементів до найближчих регламентів [3].

Головним недоліком цих методів є необхідність мати дуже значні обсяги експериментальних даних, одержати які досить важко.

Етап 7 - перевірка розроблених режимів ТО, а точніше всієї створеної нормативної бази системи ТО і ремонту в експлуатації. Існують методи коректування періодичності проведення профілактики, які засновані на кореляційному аналізі безвідмовності системи в експлуатації [10].

Етап 8 - з отриманням практичного досвіду і даних по експлуатації конкретної моделі періодично проводиться коректування режимів ТО. Отримані результати узагальнюються та

використовуються для прогнозування експлуатаційної надійності нової моделі

Розглянувши всю процедуру розробки режимів ТО можна зробити наступний висновок. Існуючий підхід до формування структури системи ТО і ремонту має велику кількість етапів, деякі з яких ще не досить вивчені, не мають простих інженерних методик. Термін розробки режимів ТО при такому підході значний, не менш 3-5 років, що неприйнятно при прискореній модернізації рухомого складу і впровадження нової техніки. З іншої сторони велике число нових моделей автомобілів зажадає тривалих і дорогих експлуатаційних досліджень.

#### Список використаних джерел

1. Чабанний В.Я. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с. - ISBN 978-966-96904-2-5
2. Лукинский В.С. Прогнозирование надежности автомобилей/ В.С. Лукинский, Е.И. Зайцев. - Л.: Политехника, 1991. - 224 с.
3. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты / Малкин В.С. – М.: издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
4. Степнов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник / Степнов М.Н. – М.: Машиностроение, – 1985. – 232 с.
5. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн./ Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. - 535 с. - ISBN 5-02-002593-3
6. Малкин В.С. Нормирование запасных частей для текущего ремонта автомобилей / Малкин В.С. – Куйбишев: Изд-во КуАИ, 1986. – 66 с.
7. Казарцев В.И. Ремонт машин/ В.И. Казарцев. - М. -Л.: Сельхозиздат, 1961. - 584 с.
8. Егоров Л.А. Прогнозирование ресурсов до капитального ремонта агрегатов автомобиля с помощью временных рядов / Л.А. Егоров, В.С. Лукинский, Р.Н. Черепанова. - Надежность и контроль качества, 1976. - №7. - С. 15-22.
9. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Кузнецов Е.С. – М. : Транспорт, 1982 – 224 с.
10. Волгин В.В. Автобизнес. Техника, сервис, запчасти / Волгин В.В. М.: Издательско-книготорговый центр «Маркетинг», 2003. – 848 с.

**Терещенко Олександр Петрович - к.т.н., доцент кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [atereschenko96@gmail.com](mailto:atereschenko96@gmail.com)**

**Мороз Лариса Василівна — ст. викладач, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [morozlarisa764@gmail.com](mailto:morozlarisa764@gmail.com)**

**Сафтук Ярослав Владиславович - студент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [farv@gmail.com](mailto:farv@gmail.com)**

**Tereschenko Oleksandr - Ph.D., Associate Professor of military training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [atereschenko96@gmail.com](mailto:atereschenko96@gmail.com)**

**Moroz Larisa V. — senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [morozlarisa764@gmail.com](mailto:morozlarisa764@gmail.com)**

**Saftuk Jaroslav. — student, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [farv@gmail.com](mailto:farv@gmail.com)**



УДК 621.436

О.П. Терещенко, Л.В. Мороз, Я.В. Сафтьок

## ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ПІДХОДІВ І МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ СИСТЕМ

*Розглянуто загальні підходи і методики визначення режимів обслуговування і ремонту автомобільних систем. Проаналізований значний науковий і методичний заділ по розробці режимів технічного обслуговування автомобілів.*

**Ключові слова:** *режими обслуговування і ремонту, надійність, планування, нормативи, експлуатаційні якості.*

*General approaches and methods of determining modes of maintenance and repair of automobile systems are considered. A significant scientific and methodical department for the development of car maintenance regimes was analyzed.*

**Keywords:** *maintenance and repair modes, reliability, planning, regulations, operational qualities.*

Структура системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) визначається метою, поставленою перед технікою, умовами експлуатації, рівнем надійності і якістю техніки, наявними ресурсами і організаційно-технічними умовами. Розробка системи ТО і Р є складною і багато в чому не вирішеним завданням [2].

Існуючі системи ТО і ремонту масових виробів базується на двох стратегіях забезпечення працездатності - профілактичної і «очікування ремонту» [2].

Профілактична стратегія має два основні методи реалізації:

- планування впливів по напрацюванню;
- планування контролю технічного стану об'єкта по напрацюванню [2].

Основними нормативами системи ТО і Р є періодичності впливів, переліки операцій і трудомісткості, тобто режими ТО і ремонту. Основою для розробки нормативів системи ТО і Р служать дані про надійність об'єкта.

Вивченню надійності автомобільної техніки стали приділяти увагу на початку 30-х років. Ще в 1923-30 рр. Чудаковим Е.А. [3] був розроблений комплекс експлуатаційних якостей автомобіля, а так саме методи їх теоретичного і експериментального визначення. Запропонований метод оцінки надійності автомобільних конструкцій по ушкодженню та зносу деталей, амортизаційному пробігу, пробігу до капітального ремонту був покладений в основу державних випробувань нових автомобілів.

Великий розвиток методів оцінки досконалості конструкцій автомобілів по експлуатаційним якостям і по надійності спостерігалось в післявоєнні роки. У цій області проводили дослідження провідні вчені тих років, такі як Гнеденко Б.В. [4], Кокс Д. [5], Герцбах І.Б. [6] і ін. У свою чергу теорія надійності базується на математичному апараті теорії ймовірностей і математичній статистиці [7]. Потім з теорії надійності стали виділятися питання, пов'язані з теорією оптимальних профілактик, згодом ці питання стали основою для створення самостійної дисципліни [8].

По теорії надійності автомобілів і методам визначення режимів ТО і Р на автомобільному транспорті виконана значна кількість робіт. Цими питаннями займалися провідні вчені Кузнєцов Е.С. [9], Луйк І.А. [10], Ротенберг Р.В. [11], Мирошников Л.В. [12] і багато інших.

Велетнів Д.П. [4] розробив комплекс експлуатаційних якостей, який визначає наступні параметри надійності та довговічності автомобіля: середній пробіг між зупинками по технічних несправностях; середні витрати часу на зупинки з технічних несправностей на 1000 км пробігу; поломки та ушкодження агрегатів, вузлів і деталей; розрахункові показники режимів роботи основних деталей; інтенсивність наростання зносів деталей (мікрон/1000 км); пробіг до капітального ремонту.

Гольд Б.В. [12] вважав, що для розв'язку проблеми надійності необхідно вивчення міцності та термінів служби механізмів і деталей існуючих автомобілів у реальних умовах експлуатації, а також розробка нормативних термінів служби перспективних автомобілів, і теоретичних основ розрахунків конструкцій на міцність і довговічність. Отримані експериментальні дані в реальних умовах експлуатації необхідно обробляти і використовувати для оцінки як існуючих, так і перспективних конструкцій [13].

Проблема надійності в працях Гольда Б.В. досліджується одночасно у фізичному та математичному напрямках при їх взаємозв'язку.

Значні дослідження в області надійності і довговічності автомобілів проведені Кугелем Р.В. [20]. У своїх працях він звертає увагу на зв'язок між довговічністю будь-якого агрегату та умовами його експлуатації.

При оцінці довговічності конструкції автомобіля, виявленні її переваг і недоліків Кугель Р.В. вважає за необхідне аналізувати режим роботи, відповідний до типових умов експлуатації, імовірність безвідмовної роботи та заданий технічний ресурс.

Кугель Р.В. уперше запропонував запровадити імовірнісні методи оцінки надійності та довговічності агрегатів автомобіля, а найважливішими даними вважати матеріали, отримані з дослідної експлуатації. Особливу роль відіграють дослідження Кугеля Р.В., що відносяться до підтримки надійності автомобілів під час експлуатації.

При нормуванні довговічності агрегатів автомобіля, їх конструкція та технологія виготовлення з урахуванням обслуговування повинні забезпечувати прийнятний рівень експлуатаційних витрат протягом усього призначеного терміну служби. У цілому роботи Кугеля Р.В. внесли істотний внесок у розвиток загальної теорії надійності і довговічності машин і механізмів.

У працях Несвитского К.Я. [15] велика увага приділяється виявленню характеру функціональних зв'язків і причин виходу з ладу елементів автомобіля. Це дозволяє визначати теоретичні функції розподілу ресурсу основних його агрегатів для подальшого вдосконалення конструкції та методів технічної експлуатації.

Основною умовою подальшого вдосконалення конструкцій автомобілів і розробки науково обґрунтованих методів їх технічної експлуатації є систематичний збір і аналіз матеріалів, що характеризують надійність і довговічність у конкретних умовах експлуатації. Несвитским К.Я. розроблені основні напрямки підтримки і підвищення надійності автомобілів у конкретних умовах їх експлуатації: правильна діагностика технічного стану автомобіля без розбирання; впровадження оптимальних режимів технічного обслуговування; раціональна організація та технологія технічного обслуговування і поточного ремонту.

Велике практичне значення має запропонований Шейніним А.М. метод керування використанням ресурсу автомобіля та експлуатації, сутність якого полягає в наступному. Установлюють витрати запасних запчастин у вартісному вираженні по моделях автомобілів і відповідні їм ресурси. Ці витрати є основними показниками. При досягненні сумарного встановленого значення витрат автомобіль направляють у капітальний ремонт або списують.

У працях Шейніна А.М. [16] проблема надійності розглядається з позиції мінімізації сумарних витрат на виготовлення (придбання) автомобілів і на їхній ремонт і технічне обслуговування. Для оцінки раціонального розподілу витрат між сферами виробництва та експлуатації введений коефіцієнт підтримки надійності.

У цілому праці Шейніна А.М. мають важливе значення в дослідженні надійності автомобілів і можуть бути використані для розв'язку багатьох завдань технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту.

Таким чином, сформований значний науковий і методичний задел по розробці режимів ТО автомобілів. Розробка нормативів технічної експлуатації автомобілів є трудомістким

завданням і вимагає проведення тривалих експериментальних досліджень.

Список використаних джерел

1. Волгин В.В. Запасные части: особенности маркетинга и менеджмента / Волгин В.В. – М.: Радио, 1999. – 899 с.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты / Малкин В.С. – М.: издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
3. Малкин В.С. Нормирование запасных частей для текущего ремонта автомобилей / Малкин В.С. – Куйбишев: Изд-во КуАИ, 1986. – 66 с.
4. Бережной В.И. Методы и модели управления материальными потоками микрологической системы автопредприятия / Бережной В.И., Бережная Е.В. – Ставрополь: Интеллект-сервис, 1996. – 155 с.
5. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств : учебник в 3т. / Канарчук В.Е., Лудченко А.А., Курников И.П., Луйк И.А. – К. : Выща шк., 1991. – Т.1: Теоретические основы. Терминология. – 1991. – 359 с.
6. Щетина В.А. Снабжение запасными частями на автомобильном транспорте / Щетина В.А., Лукинский В.С., Сергеев В.И. – М.: Транспорт, 1988 – 112 с.
7. Сухарев Э.А. Эксплуатационная надежность машин. Теория, методология, моделирование / Сухарев Э.А. – Ровно: НУВХП, 2006, – 192с.
8. Трикозюк В.А. Повышение надежности автомобиля / Трикозюк В.А. –М.: Транспорт, 1980. - 87 с.
9. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія / Лудченко О.А. – К.: Вища шк., 2007.- 527с.
10. Крамаренко Г.В. Техническая эксплуатация автомобилей / Крамаренко Г.В. – М.: Транспорт, 1983. – 448 с.
11. Бідняк М.Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика: [монографія] / Бідняк М.Н., Біліченко В.В. – Вінниця: Універсум, 2006. – 176 с.
12. Лукинский В.С. Логистика автомобильного транспорта / Лукинский В.С., Бережной В.И., Бережная Е.В. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 368 с.
13. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным : РД 50-690-89 (взамен ГОСТ 27.201-81, ГОСТ 27.502-83, ГОСТ 27.503-81, ГОСТ 27.504-84). – [введ. 1990–01–01]. – М.: ВНИИНМАШ, 1987 – 14 с.
14. Надежность в технике. Сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации. Основные положения: РД 50-204-87 (взамен ГОСТ 17526-72, ГОСТ 19490-74, ГОСТ 20307-74, ГОСТ 20857-76, РД 50-204-80) . – [введ. 1988–07–01]. – М.: ВНИИНМАШ, 1987 – 10 с.
15. Степнов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник / Степнов М.Н. – М.: Машиностроение, – 1985. – 232 с.
16. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн./ Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. - 535 с. - ISBN 5-02-002593-3

**Терещенко Олександр Петрович - к.т.н., доцент кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [atereschenko96@gmail.com](mailto:atereschenko96@gmail.com)**

**Мороз Лариса Василівна — ст. викладач, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [morozlarisa764@gmail.com](mailto:morozlarisa764@gmail.com)**

**Сафтук Ярослав Владиславович -студент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [farv@gmail.com](mailto:farv@gmail.com)**

**Tereschenko Oleksandr - Ph.D., Associate Professor of military training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [atereschenko96@gmail.com](mailto:atereschenko96@gmail.com)**

**Moroz Larisa V. — senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [morozlarisa764@gmail.com](mailto:morozlarisa764@gmail.com)**

**Saftuk Jaroslav. — student, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [farv@gmail.com](mailto:farv@gmail.com)**

УДК 629.3.017

В.О. Тесля, М.Д. Сіправська

## ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ВРАХУВАННІ ДОРОЖНІХ УМОВ ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ

*Розглянуто доцільність застосування сучасних систем при оптимізації руху автомобільного транспорту у потоці автомобілів в міських умовах. Запропоновано використати комплекс для оптимізації руху в дорожніх умовах та з урахуванням технічного стану автомобіля.*

**Ключові слова:** безпека руху, запас потужності двигуна, система запобігання зіткнення, прогнозування руху автомобіля.

*The expediency of using modern systems for optimizing the movement of automobile transport in the flow of cars in urban conditions is considered. It is proposed to use the complex for traffic optimization in road conditions and taking into account the technical condition of the car.*

**Keywords:** traffic safety, engine power reserve, collision avoidance system, vehicle motion prediction.

У сучасному світі автомобільна мобільність стала необхідною складовою нашого повсякденного життя. Однак зростання кількості транспортних засобів та дорожньої інфраструктури зумовило виникнення серйозної проблеми: наявність великої кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Аварії призводять до значних матеріальних та людських втрат. Щорічно тисячі людей гинуть або отримують серйозні травми на дорогах. Це підкреслює необхідність впровадження додаткових заходів і систем для підвищення безпеки дорожнього руху.

Тому технологічні інновації, зокрема системи запобігання зіткнення [1–3], стали важливим кроком до зменшення кількості ДТП та їхніх негативних наслідків. Дані системи та їх удосконалення використовують передові алгоритми та сучасні давачі, аби вчасно виявляти можливі загрози зіткнення та надавати водіям відповідні попередження чи навіть автоматично втручатися для уникнення аварійних ситуацій.

Розглянемо важливість впровадження й використання системи запобігання зіткнення автомобілів на автошляхах. Проаналізуємо використання даних систем та вплив на безпеку дорожнього руху в міських умовах з врахуванням світлофорів та інших учасників дорожнього руху, а також взаємодію даних систем з іншими ключовими умовами дорожньої безпеки, такими як дорожні знаки, розмітка та рух інших учасників дорожнього руху.

Отже, підтримання автомобіля у справному стані відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки та зменшенні витрат на транспортування. Впровадження сучасних технологій та моніторингу технічного стану автомобіля може значно полегшити оптимізацію руху та сприяти безпечнішим та ефективнішим поїздкам.

Система запобігання зіткнення автомобілів при використанні маневру обгін (далі - система запобігання зіткнення) взаємодіє з дорожніми знаками, сигналом світлофора, наявністю або відсутністю заторів, іншими учасниками дорожнього руху за допомогою системи GPS, щоб забезпечити безпечне здійснення пересування автошляхами.

Система GPS використовується для визначення поточної геолокації автомобіля. Ця інформація слугує для визначення типу дороги, на якій рухається автомобіль і наявності або відсутності дорожніх знаків, що вказують про можливість руху по даній ділянці дороги.

Використання карти світлофора дає змогу системі обробляти дані щодо поточного стану світлофора та прогнозувати наступні сигнали разом із їх тривалістю. Згодом на основі цих даних система може запропонувати найбільш прийнятну швидкість для під'їзду транспортного засобу до майбутнього зеленого сигналу світлофора. Це допомагає звести до мінімуму або запобігти зупинкам і забезпечує безперервний потік автомобіля.

Завдяки аналізу даних, отриманих із дорожніх знаків та розмітки, система зможе надати водіям рекомендації щодо дотримання швидкісних обмежень та правил руху. Що в свою чергу дає можливість уникнути порушень та штрафів, а також зберігати ефективність руху.

За допомогою карти заторів можна визначити про наявності або відсутності заторів. Отримані дані допоможуть зменшити час перебування автомобіля у дорозі та знаходити найбільш оптимальний маршрут з коротшою відстанню або ділянками із меншою затратою часу на їх проїзд.

Щодо отриманої інформації із системи про наявність інших учасників дорожнього руху, а саме автомобілів та інших транспортних засобів, це дає можливість спрогнозувати наступні кроки та зменшити можливість зіткнень автомобілів. Отримані дані також допоможуть визначити більш сприятливу траєкторію руху та підтримувати безпеку на дорозі.

Система також може запропонувати оптимальні маршрути та надати рекомендації щодо вибору менш завантажених ділянок дороги. І як наслідок, сприяє рівномірному розподілу трафіку, зменшує затори та допомагає економити час водіїв.

Отже, завдяки оптимізації руху на основі інформації з різних джерел, система допомагає ефективнішому використанню дорожньої інфраструктури, що напряду впливає на зменшення транспортних заторів, економію часу та палива для водіїв, що відображається у загальній економії коштів.

Підсумовуючи важливо відзначити, що впровадження систем, спрямованих на оптимізацію у відстані та часі тривалості поїздки, є ключовим кроком в поліпшенні безпеки та комфорту дорожнього руху. Незважаючи на значні початкові витрати, пов'язані з розробкою, встановленням і обслуговуванням цих систем, потенційні переваги, які вони принесуть, неоспоримі.

Спрощення та оптимізація руху автотранспорту дозволять ефективно використовувати ресурси, зменшити витрати на паливо, а також відчутно зменшити кількість часу, який витрачається водіями у дорозі. Це важливо як для індивідуальних користувачів, так і для підприємств, які залежать від швидкості та надійності транспортування товарів та послуг.

Найважливішою перевагою цих систем є їхній внесок у збереження життів та запобігання ДТП. Усе це вказує на необхідність та перспективність впровадження таких систем для покращення якості та безпеки автомобільних перевезень, а також збереження людських життів.

#### Список використаних джерел

1. Розробка способу та бортових засобів запобігання зіткненню автомобілів при виконанні маневру обгону / Подригало М.А., Абрамов Д.В., Тесля В.О. // Сборник научных трудов. Автомобильный транспорт. – Харків: ХНАДУ, 2013. – Випуск 33. – С. 29-35.
2. Пат. 86134 Україна, МПК G08G 1/16 (2006.01), B60W 30/08 (2012.01). Система запобігання зіткнення автомобілів при виконанні маневру обгону / Подригало М.А., Абрамов Д.В., Тесля В.О.; заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2013 09325; заявл. 25.07.2013; опубл. 10.12.2013. Бюл. № 23.
3. Пат. 86133 Україна, МПК G08G 1/16 (2006.01), B60W 30/08 (2012.01). Спосіб запобігання зіткнення автомобілів при виконанні маневру обгону / Подригало М.А., Абрамов Д.В., Тесля В.О.; заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2013 09323; заявл. 25.07.2013; опубл. 10.12.2013. Бюл. № 23.

**Тесля Володимир Олегович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: volodymyr\_teslya@ukr.net.

**Сіправська Марія Дмитрівна** – асистент кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: mariaradyk03@ukr.net.

**Teslia Volodymyr Olehovych** – Ph.D., associate professor of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: volodymyr\_teslya@ukr.net.

**Sipravska Mariia Dmitrivna** – assistant of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: mariaradyk03@ukr.net.

УДК 656.132: 629.083

В.Є. Титаренко, В.П. Шумляківський, О.О. Добровінський, Г.І. Грищук

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ РІЗНОМАНІТТЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ПАСАЖИРСЬКОГО АТП НА СКЛАДНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СПРАВНОГО СТАНУ АВТОБУСІВ

*Розглянуто рухомий склад автотранспортного підприємства ТОВ «Сав-Транс» за номенклатурним та віковим різноманіттям. Проаналізована тенденція оновлення автопарку та зменшення номенклатури.*

**Ключові слова:** автотранспортне підприємство, рухомий склад, виробничо-технічна база, організаційна структура.

*The rolling stock of the motor vehicle enterprise "Sav-Trans" LLC was considered by nomenclature and age diversity. The trend of renewing the fleet and reducing the range was analyzed.*

**Keywords:** motor transport enterprise, rolling stock, production and technical base, organizational structure.

На кафедрі автомобілів і транспортних технологій Державного університету «Житомирська політехніка» згідно укладеної угоди з Житомирською міськрадою ведуться роботи з оптимізації транспортної системи міста по наданню послуг пасажироперевезень. На початковому етапі роботи важливим є визначення проблемних задач, які потребують вирішення для покращення роботи системи «водій-автомобіль-дорога-середовище» (ВАДС) при наданні транспортних послуг.

Найбільшим підприємством міста з пасажироперевезень, що обслуговує автобусні маршрути є ТОВ «Сав-Транс». Дане підприємство має структуру рухомого складу, яка формувалась на протязі тривалого відрізка часу та характеризується значною різноманітністю моделей транспортних засобів, що використовуються в технологічних процесах переміщення населення автобусами. Різноманіття моделей рухомого складу вносить певні проблеми в задачі системи технічного обслуговування та поточного ремонту. Значно ускладнюється технічне обслуговування та планові ремонти за рахунок великого об'єму номенклатурних позицій запчастин, видів робіт та потребує універсальних спеціалістів для забезпечення надійності експлуатаційного стану транспортних засобів. Аналіз роботи системи ВАДС в даному випадку є важливим, перш за все, за складовою «автомобіль» тому, що підтримання його нормального технічного стану в таких умовах є складною задачею за багатьма напрямками: забезпечення запчастинами, обладнанням, спеціалістами.

Детальний аналіз рухомого складу даного підприємства з надання транспортних послуг міських та приміських пасажироперевезення дозволить з'ясувати його вплив на виробничо-технічну базу та виявити напрямки оптимізації для покращення виконання основної задачі - надання місту якісних послуг з пасажироперевезень. При виконанні аналізу впливу рухомого складу на надійність надання послуг пасажироперевезень важливо розглянути вплив таких факторів, як вік транспортних засобів, вид пального, модель та виробник транспортного засобу.

Вік рухомого складу, перш за все, є важливим для забезпечення показника комфортності пасажироперевезень, але одночасно має вагомий зв'язок з технологічними процесами технічного обслуговування та ремонту. Вид пального впливає на процеси організації заправок транспортних засобів для забезпечення максимальних пробігів при пасажироперевезеннях. Модель транспортного засобу та його виробник визначає номенклатурні запаси запчастин та специфіку технологій технічного обслуговування та ремонтів.

Попередньо проведений нами аналіз показує, що на початку діяльності підприємством ТОВ «Сав-Транс» в пасажирських перевезеннях було залучено 257 автобусів, з яких залишилось 213. Це може бути свідченням того, що система підтримки працездатного стану на підприємстві є не зовсім ефективною, наявний рухомий склад, що використовується як комерційний, обслуговується та ремонтується за вимогою.

Розглянувши підприємство ТОВ «Сав-Транс» за даними на 2022 рік можна визначити, що з 46 наявних автобусів Рута 25, на маршрутах діючими залишилось всього 11 ( 3 – передано в межах міста, 4 – відправлено до іншого міста, 5 – списаних, 23 - не працює з технічних причин). Також на підприємстві використовуються ПАЗ-4234 тут можна спостерігати значно кращу ситуацію, а саме: з 40 автобусів, діючими на маршрутах є 31 (3 автобуси відправлено до іншого міста, 2 – передано в межах міста та всього 4 – не працює з технічних причин), що свідчить про більшу надійність даних транспортних засобів та їх кращу ремонтпридатність. Серед іншого автобуси Volvo 8700LE можна стверджувати, що ця модель найкраще підходять для забезпечення надійності надання транспортних послуг, адже з 18 транспортних засобів всі 18 є діючими на маршрутах.

Варто звернути увагу на те, що наявний рухомий склад в основного перевізника переважно 2005 – 2018 років випуску, що характеризує його як застарілий та вимагає оновлення. Аналізуючи приведені нижче гістограми (рис. 1,2), слід зазначити, що середній вік транспортних засобів даного підприємства, на 2022 рік, складає близько 12 років з моменту їх випуску. Конвенція про автомобільні перевезення пасажирів і багажу в Україні не регулює вік транспортних засобів, залучених до перевезень, в той час, як законодавство Європейського Союзу забороняє експлуатацію автомобілів, старіших за 7 років з моменту їх випуску з заводу.

На рис. 2, ми можемо спостерігати, що перевізник намагається щорічно оновлювати парк транспортних засобів. Найбільша кількість нових автобусів була закуплена в 2021 році в кількості 35 автомобілів, серед яких: 18 автомобілів Volvo, 1 ПАЗ та 16 ГАЗ. Це характеризує дане підприємство, як перевізника, який намагається наблизитись до європейських стандартів. Завдяки оновленню автопарку, зменшується складність в пошуку запчастин, яка наявна для застарілих автомобілів. Також це збільшує безпеку руху та комфортність для пасажирів, завдяки сучасним системам допомоги в керуванні на новітніх автобусах.

Керівництвом АТП прийнято рішення щодо переобладнання автобусів РУТА 25 встановленням дизельних двигунів для уніфікації технологічних процесів обслуговування паливної апаратури.

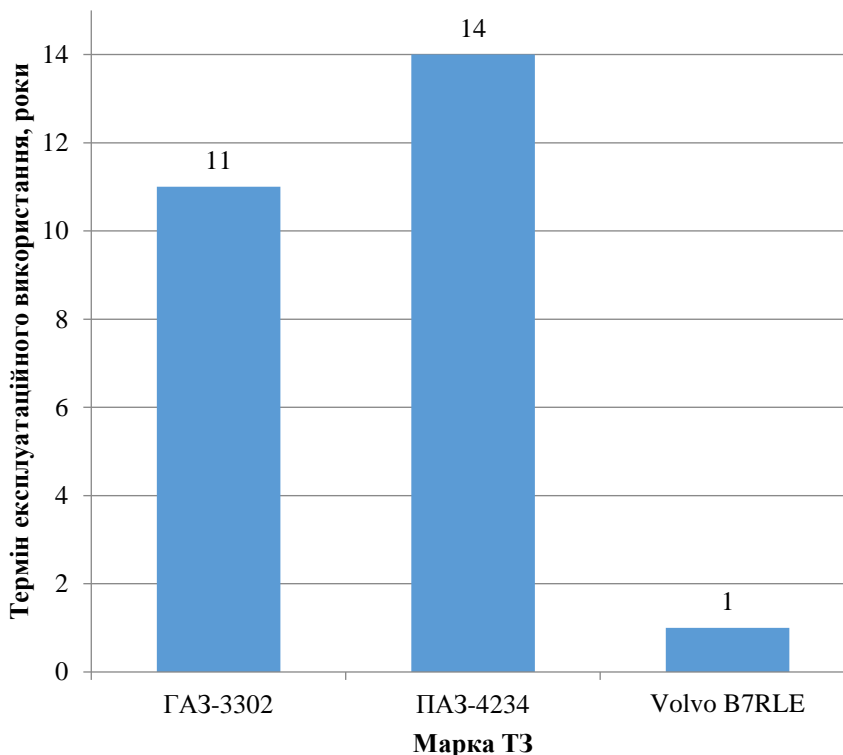


Рисунок 1 - Терміни використання складу ТЗ головного підприємства з пасажироперевезень

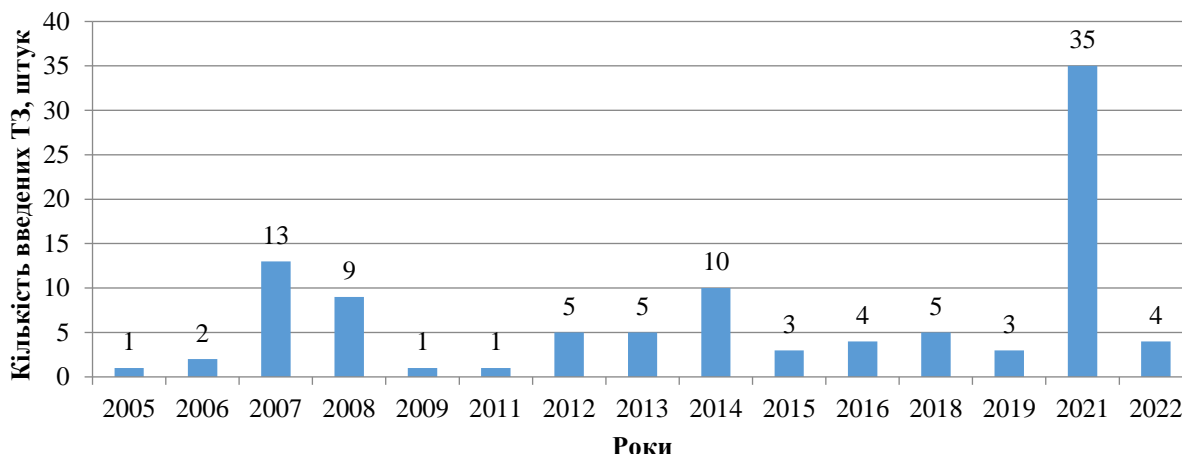


Рисунок 2 - Оновлення рухомого складу підприємства

Формування автобусного парку міста знаходиться на перехідному етапі, коли комерційні підходи надання послуг пасажироперевезення поступово замінюються на такі, що формуються на якісних показниках комфортності, соціальної справедливості та екологічної безпеки. При цьому задачі технічного обслуговування та ремонту ТЗ вимагають особливо належної уваги для свого вирішення.

## Список використаних джерел

1. Біліченко В. В., Антонюк О.П. Аналіз залежності витрат на запасні частини від віку рухомого складу АТП. XLIX -а наук.-техн. конф. фак.-ту машинобудування та транспорту ВНТУ, м. Вінниця, 18-19 травня 2020 р.: тези доповіді. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/index/pages/view/zbirn2020>
2. Форнальчик Є.Ю. До оцінки ефективності роботи ремонтно-обслуговувальної бази автобусних АТП / Є.Ю. Форнальчик // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця, 2016. – № 1. – С. 94-101.

**Титаренко Володимир Євгенович** – к.т.н., доцент, відокремлений структурний підрозділ Житомирський автомобільно-дорожній фаховий коледж Національного транспортного університету м. Житомир, e-mail: [voldtit@gmail.com](mailto:voldtit@gmail.com)

**Шумляківський Володимир Петрович** – к.т.н., завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, e-mail: [shumliakivskyiv@ztu.edu.ua](mailto:shumliakivskyiv@ztu.edu.ua)

**Добровінський Олександр Олександрович** – аспірант, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир e-mail: [dobrovinskyi.o@ztu.edu.ua](mailto:dobrovinskyi.o@ztu.edu.ua)

**Гришук Геннадій Іванович** – магістр, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир e-mail: [gennadijgrisuk@gmail.com](mailto:gennadijgrisuk@gmail.com)

**Tytarenko Volodymyr Yevgenovych** - Ph.D., associate professor, separate structural division of the Zhytomyr Automobile and Road Professional College of the National Transport University of Zhytomyr, e-mail: [volddit@gmail.com](mailto:volddit@gmail.com)

**Shumliakivskyi Volodymyr Petrovych** - Ph.D., Head of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, e-mail: [shumliakivskyiv@ztu.edu.ua](mailto:shumliakivskyiv@ztu.edu.ua)

**Oleksandr Oleksandrovich Dobrovinskyi** - PhD student, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr e-mail: [dobrovinskyi.o@ztu.edu.ua](mailto:dobrovinskyi.o@ztu.edu.ua)

**Hryshchuk Gennadiy Ivanovich** - Master, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr e-mail: [gennadijgrisuk@gmail.com](mailto:gennadijgrisuk@gmail.com)



УДК 656

С.М. Турпак, О.О. Падченко, П.В. Мороз

## УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МЕТАЛОПРОКАТУ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖНИХ МІСЦЬ У ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

*Ефективність перевезення металопрокату у рулонах автомобільним транспортом залежить від багатьох факторів, зокрема від коефіцієнту використання вантажопідйомності транспортних засобів. Особливістю даного вантажу є широкий діапазон ваги окремих рулонів, що обумовлено технологією виробництва, яка, в свою чергу, орієнтована на умови ринку споживання металопродукції. На реальному прикладі проаналізовано ефективність використання алгоритмів пакування First-fit-decreasing та Best-fit-decreasing. Визначено подальші шляхи підвищення ефективності використання даних оптимізаційних алгоритмів.*

*Ключові слова: автомобільний транспорт, алгоритм, пакування, коефіцієнт використання вантажопідйомності.*

*The efficiency of transporting rolled steel coils by road depends on many factors, including the utilization rate of the vehicles' carrying capacity. The peculiarity of this cargo is a wide range of weights of individual coils, which is due to the production technology, which, in turn, is focused on the conditions of the market for the consumption of metal products. The efficiency of using the First-fit-decreasing and Best-fit-decreasing packaging algorithms is analyzed on a real example. Further ways to improve the efficiency of using these optimization algorithms are identified.*

*Keywords: automobile transport, algorithm, packaging, capacity utilization ratio.*

У довоєнний період Україна займала провідне місце у Європі та світі серед виробників металопрокату, певні підприємства продовжують свою роботу і в дійсний час. На сьогоднішній день перспективним напрямом виробництва листового металопрокату є формування вантажних місць у вигляді рулонів.

Технологія виробництва багатьох підприємств, не зважаючи на технологічні особливості, які обмежують масу злитків обсягом виливниць, передбачає зварювання полоси та відвантаження рулонів подвоєної та потроєної маси. На сьогодні основні тенденції виробництва холоднокатаної сталі в рулонах орієнтовані на використання безперервних станів з масою рулону до 60 т [1,2].

Звісно, більшість українських споживачів, особливо ті, у кого відсутні залізничні під'їзні колій, не орієнтовані на максимальні показники ваги рулонного металопрокату. Тим не менш, зазначені тенденції обумовлюють суттєвий розбіг вантажних місць за масою, зокрема, в умовах ПАТ «Запоріжсталь» - 2...16 тонн при широкому використанні на перевезеннях по території України автотранспортних засобів вантажопідйомністю 20...22 тони.

За даних умов постає задача розміщення рулонів металопрокату у вантажних автомобілях із забезпеченням максимального використання їх вантажопідйомності. Розглянемо реальні дані минулих років відвантаження металопрокату ПАТ «Запоріжсталь» до одного з підприємств міста Вінниця, яке виготовляє побутову техніку, електрообігрівальні прилади і радіатори опалення.

У таблиці 1 наведено показники фактичного відвантаження 7 автомобілів.

Проаналізуємо на цих даних ефективність використання алгоритму пакування First-fit-decreasing [3].

Вхідними параметрами для даного алгоритму є перелік маси вантажних місць. Упорядковуємо їх вагу від найбільшої до найменшої та заповнюємо автомобіль послідовно вантажними місцями з цього ряду, починаючи з найбільшого за масою. При неможливості додавання наступного рулону через перевищення вантажопідйомності транспортного засобу, додаємо максимально можливе вантажне місце з ряду, використовуючи алгоритм Best-fit-decreasing.

Отримуємо наступні результати (таблиця 2). Зеленим кольором позначено підсумкове значення завантаження відповідного автомобіля та коефіцієнт використання його

вантажопідйомності. Жовтим кольором показано показники для останнього автомобіля 7, обсяг підсумкового недовантаження для нього становить  $22 - 14,86 = 7,14$  тонн, що свідчить про ущільнення завантаження розглянутої загальної партії вантажу на третину вантажопідйомності одного транспортного засобу.

Таблиця 1 - Показники фактичного відвантаження автомобілів

Авто-мобіль	Вага вантажу, т	Коефіцієнт використання вантажопідйомності, $K_B$	Сумарна вага вантажних місць $Q_B$ , т	Вага окремих вантажних місць бруто, т						
				2,21	2,35	2,21	2,35	2,83	2,46	3,66
1	21,22	0,96	3,15	2,21	2,35	2,21	2,35	2,83	2,46	3,66
2	20,05	0,91	11,33	3,8	4,92					
3	20,37	0,93	7,9	4,22	8,25					
4	21,64	0,98	5,51	5,64	5,22	5,27				
5	21,6	0,98	4,65	4,48	4,12	4,35	4			
6	17,18	0,78	4,89	3,06	1,18	3,16	4,89			
7	19,62	0,89	3,22	2,66	3,92	4,74	3,12	1,96		

Таблиця 2 – План навантаження автомобілів

Показники	Номер автомобіля						
	1	2	3	4	5	6	7
Вага вантажних місць, т	11,33	7,9	5,27	4,89	4,35	3,8	2,83
	8,25	5,64	5,22	4,74	4,22	3,66	2,66
	2,21	5,51	4,92	4,65	4,12	3,16	2,46
			4,89	4,48	4	3,15	2,35
			1,18	3,22	3,92	3,12	2,35
						3,06	2,21
						1,96	
$Q_B$ , т	21,79	19,05	21,48	21,98	20,61	21,91	14,86
$K_B$	0,99	0,866	0,976	0,999	0,937	0,996	0,675

Таблиця 3 – Показники удосконаленого плану навантаження автомобілів

Показники	Номер автомобіля						
	1	2	3	4	5	6	7
Вага вантажних місць, т	11,33	7,9	5,27	4,89	4,35	3,8	5,51
	8,25	5,64	5,22	4,74	4,22	3,66	2,35
	2,21	2,83	4,92	4,65	4,12	3,16	2,35
		2,66	4,89	4,48	4	3,15	2,21
		2,46	1,18	3,22	3,92	3,12	
						3,06	
						1,96	
$Q_B$ , т	21,79	21,49	21,48	21,98	20,61	21,91	12,42
$K_B$	0,99	0,977	0,976	0,999	0,937	0,996	0,565

За умов даного прикладу – при порівняно невисокій інтенсивності відвантаження металопродукції, достатньо застосувати експертний метод, щоб підвищити ефективність перевезень. Серед коефіцієнтів використання вантажопідйомності привертає увагу даний показник – 0,866 для автомобілю 2. Замінюємо останнє вантажне місце цього транспортного засобу рулоном вагою 5,51 т на інші, з обсягу автомобіля 7, де сконцентровані найбільш легковагові вантажні місця (2,83 т, 2,66 т та 2,46 т) та отримуємо план удосконалений план навантаження автомобілів – таблиця 3 (зміни позначено синім кольором).

Завдяки комбінаторній оптимізації, резерв навантаження складає  $22 - 12,42 = 9,58$  т – майже половина вантажопідйомності автомобіля.

Подальшими напрямками підвищення ефективності використання даних оптимізаційних алгоритмів є:

- розподіл вантажних місць на групи за діапазонами маси, встановленими за статистичним аналізом даних;

- аналіз залежності ефективності використання методів при збільшенні розміру складського майданчика, де тимчасово розміщується вантаж перед навантаженням у транспортні засоби. Це дозволить збільшити кількість можливих комбінацій розміщення металопродукату у рулонах у автомобілях для забезпечення вибору з них найбільш ефективних за критерієм максимізації коефіцієнту використання вантажопідйомності.

#### Список використаних джерел

1. Класифікація, сортамент і властивості холоднокатаної рулонної сталі. Офіційний сайт ТОВ «Метінвест Холдинг». URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-coils/cold-rolled-coils> (дата звернення: 01.10.2023).

2. Турпак С.М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств : монографія. Херсон : Грін Д. С. 2015. 264 с.

3. Coffman, Jr., E. G.; Garey, M. R.; Johnson, D. S. (1978). «An Application of Bin-Packing to Multiprocessor Scheduling». *SIAM Journal on Computing*. 7 (1): 1–17.

*Турпак Сергій Миколайович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, sergeyturpak@gmail.com*

*Падченко Олена Олександрівна, старший викладач кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, padchenkolena@ukr.net*

*Мороз Павло Володимирович, студент гр. Т-322М, Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, pmoroz107@gmail.com*

*Turpak Serhii, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Transport Technologies, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, sergeyturpak@gmail.com*

*Padchenko Olena, Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, padchenkolena@ukr.net*

*Moroz Pavlo, student of group T-322M National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, pmoroz107@gmail.com*

УДК 656.13

І.О. Хігров

## ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПЕРЕХРЕСТЯ З КРУГОВИМ РУХОМ

Наведено узагальнені результати досліджень геометричного дизайну, інтенсивності, пропускної здатності та безпечності перехрестя з круговим рухом міста Дубно Рівненської області.

**Ключові слова:** перехрестя з круговим рухом, транспортний потік, інтенсивність, пропускна здатність, безпечність, геометрія.

*The paper summarizes the results of research on the geometric design, intensity, capacity, and safety of a roundabout in the city of Dubno, Rivne region.*

**Keywords:** roundabout, traffic flow, intensity, capacity, safety, geometry.

Перехрестя з круговим рухом, які зазвичай називають «транспортними колами», широко використовуються у всіх частинах світу. В Україні, хоча вони вже і давно, але стали поширені вже тепер (розглядаються як альтернатива регульованим перехрестям). Транспортний потік такого перехрестя характеризується режимом пріоритетного перерозподілу, в якому транспортний засіб, що рухається колом, має переважне право проїзду. Транспортні засоби на перехрестях повинні дочекатися прийняттого інтервалу, а потім в'їхати, проїхати колом і виїхати з перехрестя на відповідному з'їзді.

Геометричний дизайн кільцевих перехресть – це поєднання балансу експлуатаційних характеристик і пропускної здатності з підвищенням рівня безпеки. Рух в'їзду на кожен смугу на кільцевому перехресті має вирішальне значення для його загального дизайну. Геометрія перехресть не завжди однакова, кожне перехрестя має свої особливості і вимагає окремого проектування.

Місто Дубно (Рівненська область, Україна) – невеличке містечко із специфічною транспортною мережею, для перетину вулично-дорожньої мережі облаштовано класичні перехрестя різного типу. Натурні спостереження за основними вулицями магістрального і загальноміського значення показали, що у місті Дубно нараховується 95 перехресть нерегульованого та 3 перехрестя з регульованим рухом, більшість з яких «Т(У)-подібного» типу, а також ізюминка міста – перехрестя з круговим рухом (рис. 1).

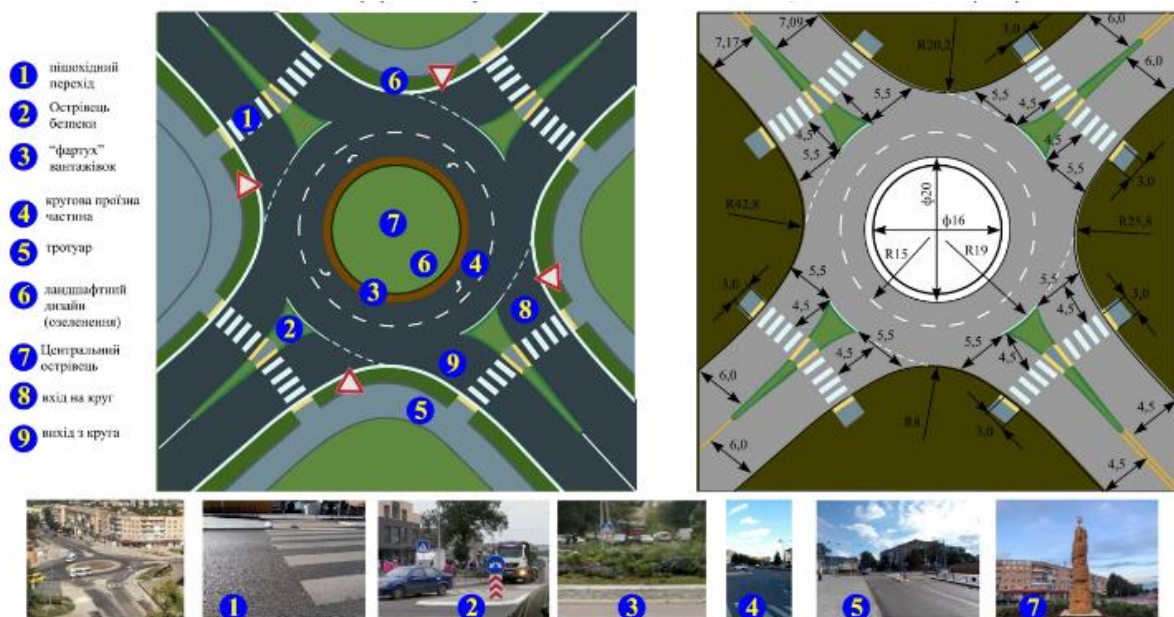


Рисунок 1 – Планувальні особливості перехрестя з круговим рухом в м. Дубно

Досліджуване перехрестя з круговим рухом міста Дубно включає такі геометричні елементи: центральний острівець (підвищена ділянка в центрі кільця, яка обмежена круговим рухом); розділювальний острівець безпеки (підвищена зона під'їзду для розмежування, відхилення та сповільнення руху транспорту); кругова дорога (вигнутий шлях для руху транспортних засобів проти годинникової стрілки навколо центрального острівця); фартух (додаткова частина центрального острівця для проїзду габаритних транспортних засобів); доступні пішохідні переходи (проходить через розділювальний острівець); ландшафтна смуга (додаткові зони для розділення транспортного та пішохідного потоків, позначення місць переходу та естетичного облаштування).

Пропускна здатність перехрестя з круговим рухом, загалом, визначається як максимальна стійка кількість транспортних засобів, які можуть поїхати ділянку за певний проміжок часу за існуючих умов. Для перехрестя з круговим рухом це означає, що кожен підхід має пропускну здатність для в'їзду транспортних засобів, що перетинають лінію розмежування. Пропускна спроможність є динамічною за своєю природою через постійну зміну складу транспортного потоку (чергування легкових, і вантажних транспортних засобів, мотоциклів або велосипедистів), габаритні розміри самих транспортних засобів, стилю водіння автомобіля, погодні умови, часовий період доби тощо.

Для оцінки пропускну здатності в'їзду на перехрестя з круговим рухом міста Дубно проводилися натурні спостереження за інтенсивністю, складом руху та розподілом транспортних потоків за всіма напрямками (їх чотири) в пікові години – 8:00-9:00 год та 16:00-17:00 год. (характеризуються трудовою міграцією містян) у літній період з 10-30 липня 2023 року.

Встановлено, що найбільша кількість транспортних засобів за всіма напрямками складають саме легкові автомобілів від 82 до 87 %, що цілком прогнозовано для умов міста (рис. 2). Найбільший транспортний потік складає для напрямку за вулицями Грушевського та Сурмичі, оскільки це головний магістральний шлях, через який проходять переважна більшість автомобілів і диктується містобудівною особливістю вулично-дорожньої мережі Дубно.

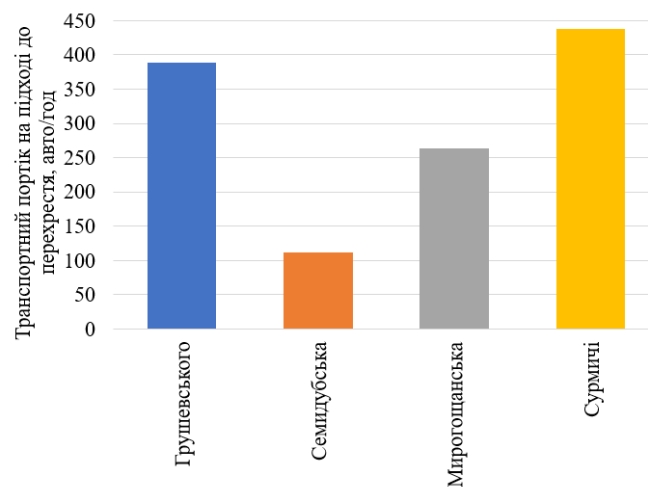


Рисунок 2 – Кількість транспортних засобів за напрямками на вході перехрестя з круговим рухом міста Дубно

Розрахункова максимальна пропускна здатність в'їзду на кільце за результатами натурних досліджень складає 1323 авто/год., а рівень його теперішнього завантаження складає 34% (відмітимо, що його введено в експлуатацію у 2018 році).

Різноманітні дослідження проведені науковцями для пояснення зменшення кількості ДТП на перехрестях з круговим рухом, підкреслили, що переваги безпеки в основному пов'язані з низькою швидкістю руху і меншою кількістю потенційних конфліктних точок.

Застосовувавши модель індонезійського аналітика з безпеки руху Шейн Тернера (Turner) щодо річної кількості ДТП з в'їздом та виїздом на перехрестя тільки за участю автотранспорту встановлено, що рівень аварійності для швидкості руху 40 км/год майже в 6 разів вищий, ніж для швидкості руху 20 км/год.

Узагальнимо отримані результати дослідження безпечності обраного перехрестя з круговим рухом (рис. 3).



Рисунок 3 – Результати досліджень безпечності перехрестя з круговим рухом м. Дубно: а – ступінь складності перехрестя; б – загальний рівень небезпеки за конфліктними точками; в – імовірна річна кількість дорожньо-транспортних пригод; г – загальна безпечність руху на перехресті

Проаналізувавши статистичні дані щодо ДТП починаючи з 2018 року на перехресті з круговим рухом в місті Дубно, можемо стверджувати, що найбільш імовірна кількість ДТП вкладає саме вихід з круга – 41%.

Таким чином, згідно проведених досліджень введено в експлуатацію у 2018 році перехрестя в місті Дубно є простим за організацією складності перетину і цілком безпечне, однак потребує уточнення даних щодо конкретних дорожньо-кліматичних умов. Збір даних необхідний для побудови математичної моделі що описує пропускну здатність перехрестя з кільцевим рухом та його прогнозовану безпечність.

#### Список використаних джерел

1. Pan B., Liu S., Xie Z., Shao Y., Li X., Ge R. Evaluating Operational Features of Three Unconventional Intersections under Heavy Traffic Based on CRITIC Method. Sustainability, 2021. 13(8), 4098.
2. Stevanovic A. Mitrovic N. Traffic microsimulation for flexible utilization of urban roadways. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2019. 2673(10), pp. 92–104.
3. У місті очікуються грандіозні зміни на майже 12 мільйонів. Інформаційний портал Дубно (03656.com.ua) : веб-сайт. Режим доступу : <https://03656.com.ua/u-misti-ochikuyutsya-grandiozni-zmini-na-mayzhe-12-milyoniv/> (дата звернення 02.08.2023).
4. Кашканов А. А. Організація дорожнього руху : навчальний посібник / А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2017. 125 с.
5. Turner S., Roozenburg A., Smith A. W. Roundabout crash prediction models June 2009. NZ Transport Group Conference. URL: [https://www.researchgate.net/publication/237436313\\_Roundabout\\_crash\\_prediction\\_models\\_June\\_2009](https://www.researchgate.net/publication/237436313_Roundabout_crash_prediction_models_June_2009)

**Хітров Ігор Олександрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне e-mail: [i.o.khitrov@nuwm.edu.ua](mailto:i.o.khitrov@nuwm.edu.ua).

**Khitrov Igor Oleksandrovich** – Ph.D., associate professor, associate Professor of the Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: [i.o.khitrov@nuwm.edu.ua](mailto:i.o.khitrov@nuwm.edu.ua).

УДК 681.518.5

І.В. Худяков, І.В. Грицук, А.В. Пінчук, Д.Г. Музичка

**ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ  
МОНІТОРИНГУ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*Проведено аналіз систем дистанційної оцінки технічної експлуатації ТЗ, які використовуються на транспорті, а саме на автомобільному транспорті. Наведено їх основні недоліки і перспективи використання, а також наведено напрямки їх подальшого розвитку. Виявлено, що подальший ТЗ складних технічних систем у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів краще здійснювати в напрямку: морфологічного метода.*

**Ключові слова:** інформаційна система, морфологічна матриця, моніторинг, технічна діагностика, прогнозування, транспорт, транспортний засіб.

*Analysis of remote evaluation systems TC technical operation, used in transport, namely road transport. Given their major weaknesses and use, and provides directions for their further development. It is determined that the monitoring of the TC of complex technical systems in the composition of the onboard information and diagnostic systems is better carried out in the direction of: the morphological method.*

**Key words:** Information system, the morphological matrix, monitoring, technical diagnostics, forecasting, transport, vehicles.

Питанням формування інформаційних систем моніторингу транспортних засобів займалися численні дослідники. Фундаментом при розробці сучасних систем моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів, нормування і планування на транспорті за допомогою засобів і способів отримання інформації в умовах ITS є основи теорії експлуатації транспортних засобів [1-3].

У роботах [1-3] представлені конструктивні схеми елементів вимірювального комплексу для автоматичного управління двигуном внутрішнього згорання. У роботі [2] описаний інтелектуальний вимірювальний комплекс для дистанційного автоматизованого або автоматичного керування працездатністю ТЗ в умовах експлуатації. Відомі сучасні системи NaviFleet (Латвія, Geospars), Dynafleet (Швеція, Volvo Group), ruDi (Німеччина, Fritz Rensmann Maschinenfabrik (Дортмунд)) [1-3], які дозволяють здійснювати моніторинг, контроль і керування транспортними засобами, які пересуваються на всій території, де є мобільний зв'язок GPRS/GSM. Крім цього, відомі програми Torque, GPS-Trace Orange, M2M, СКВП, Teletrack [1-3], що представляють електронні інформаційні системи і технології і в цілому формують абсолютно нові принципи технічної експлуатації ТЗ. Названі системи і більшість менш розповсюджених, мають розвинений інтерфейс і дозволяють працювати з досить великими й складними мережами зв'язку і великими об'ємами даних. Недоліком названих систем і програм є відсутність оцінки спектра сучасних умов експлуатації транспорту, обмеженість функціональних можливостей складових компонентів, неможливість раціонального управління експлуатацією ТЗ з урахуванням дорожніх і експлуатаційних умов в оперативному режимі [3-5].

В НУ «Чернігівська політехніка, ХДМА і ХНАДУ проводяться роботи щодо подальшого розвитку інформаційних програмних комплексів моніторингу транспорту для дослідження можливості дистанційного отримання інформації про параметри експлуатації ТЗ в умовах ITS.

Використовуючи метод морфологічного (структурного) аналізу [5-8], проведений синтез та аналіз, сформовані можливі схеми інформаційної системи моніторингу транспортних засобів (ІС ТЗ) за вказаними функціональними елементами на різних етапах виконання властивих їй функцій у ЖЦ в умовах їх експлуатації.

Морфологічні ознаки (характеристики) ІС ТЗ з їх альтернативами на всіх етапах роботи ТЗ, в умовах експлуатації, розташовані у вигляді морфологічної матриці. Для точного виконання морфологічного аналізу були точно сформульовані цілі функціонування ІС ТЗ, як системи. Для ТЗ в цілому такими цілями є визначений підхід до забезпечення безпеки експлуатації в умовах ITS за показниками і особливостями сучасних технологій експлуатації ТЗ.

Для кожного з функціональних елементів системи, для адаптації за своїми властивостями в частині особливостей кузова і двигуна ТЗ, основні морфологічні ознаки, від яких залежить досягнення поставленої мети, показані в [9]. Представлення особливостей кузова і двигуна ТЗ в системних об'єктах дозволяє виділити їх основні функціональні елементи на різних рівнях, як для кузова ТЗ і двигуна.

У досліджуваній системі, для формування основної морфологічної формули інформаційної системи моніторингу автомобілів в умовах експлуатації було виділено декілька характерних для неї основних характеристик функціональних елементів – морфологічних ознак, за якою з яких було попередньо складено максимально повний перелік різних відповідних варіантів (альтернатив) технічного вираження наведених ознак. Для кожної морфологічної ознаки було наведено характерні властивості класифікацій, особливостей конструкції автомобілю, складових системи моніторингу, умов експлуатації тощо, від яких залежить вирішення задачі дослідження і досягнення основної мети функціонування системи в умовах експлуатації.

Для зручнішого використання структурної ознаки інформаційної системи моніторингу автомобілі в умовах експлуатації було розташовано у вигляд морфологічної матриці [8].

Для кожного з функціональних елементів інформаційної системи моніторингу автомобілів в умовах експлуатації, для адаптації за особливими властивостями до ТЗ основні морфологічні ознаки, від яких залежить досягнення поставленої мети, показані в табл.1 [9].

Морфологічна матриця містить велику кількість несумісних варіантів, що є недоліком методу. Однак велика його перевага - багатоваріантність. Оскільки метод оснований на морфології об'єктів, він дозволяє системно аналізувати різні структури об'єкту.

Так схема легкового ТЗ KIA CEE'D 2.0 5MT2 бензинової ЕУ буде включати такі сполучення виділених ознак:

$$\begin{aligned} & (X_{1.1}; X_{2.1}; X_{3.1}; X_{4.1}; X_{6.1.4}; X_{7.1}; X_{8.1}; X_{9.1}; X_{10.1}) + \\ & + (X_{5.1.1.2}; X_{5.1.2.2}; X_{5.1.3.1}; X_{5.1.5.2}) + \\ & + (X_{11.1}; X_{12.1}; X_{13.2}; X_{14.1}) + X_{15.2} \end{aligned}$$

Тобто це ТЗ який працює на паливі нафтового походження ( $X_{1.1}$ ), що зберігається в рідкому стані ( $X_{2.1}$ ) при нормальних умовах ( $X_{3.1}$ ) відноситься до категорії М1 легковий ТЗ ( $X_{4.1}$ ) без причепа ( $X_{6.1.4}$ ), базова модель ( $X_{7.1}$ ) з колісною формулою 4x2 ( $X_{8.1}$ ) двоосний ( $X_{9.1}$ ) та пристосований до роботи в звичайних дорожніх умовах ( $X_{10.1}$ ). ТЗ має тип кузова хетчбек ( $X_{5.1.1.2}$ ), літраж двигуна малого класу ( $X_{5.1.2.2}$ ) з переднім приводом ( $X_{5.1.3.1}$ ) легковий ТЗ класу В ( $X_{5.1.5.2}$ ). Також автомобільний двигун оснащений штатними датчиками і ЕБУ ( $X_{11.1}$ ) та додатковими датчиками адаптованими для встановлення трекера-комунікатора ( $X_{12.1}$ ), ПЗ ЕБУ не здатне повідомляти VIN-код ТЗ при під'єднанні OBD – сканера ( $X_{13.2}$ ), системи випуску двигуна оснащена каталітичним нейтралізатором і відповідними для ТЗ датчиками, а саме температури і напруги на датчику O2 (лямбда-датчик) ( $X_{14.1}$ ). ТЗ не пристосовано до дистанційного діагностування ( $X_{15.2}$ ).

По аналогії маємо можливість описати ознаки інших ТЗ.

Схема вантажного ТЗ Mercedes-Benz Actros 3 1841 LS:

$$\begin{aligned} & (X_{1.1}; X_{2.1}; X_{3.1}; X_{4.5}; X_{6.1.2}; X_{7.1}; X_{9.1}; X_{10.1}) + \\ & + X_{5.3.1.5} + (X_{11.1}; X_{12.1}; X_{13.1}; X_{14.1}) + X_{15.3} \end{aligned}$$

Схема автобуса Volvo B7R:

$$\begin{aligned} & (X_{1.1}; X_{2.1}; X_{3.1}; X_{4.3}; X_{6.1.4}; X_{7.1}; X_{8.3}; X_{9.2}; X_{10.1}) + \\ & + (X_{5.2.1.4}; X_{5.2.2.2}; X_{5.2.3.2}; X_{5.2.4.3}) + \\ & + (X_{11.1}; X_{12.1}; X_{13.1}; X_{14.1}) + X_{15.3} \end{aligned}$$

Таким чином, зміна конструктивного вираження конкретного варіанту будь-якої із ознак формує нову схему ТЗ. Розглянутий підхід дозволяє системно досліджувати усі можливі схеми ТЗ, які витікають із закономірностей будови (морфології), тим самим враховуючи, крім відомих, незвичайні варіанти, які при простому переборі могли бути знехтувані. При цьому на відміну від



простого перебору виключається пропуск якихось варіантів, що дозволяє розглядати перспективні технічні рішення, які поки ще знаходяться на стадіях конструкторської і технологічної проробки, або тих, які на сьогодні здаються несумісними.

#### **Висновки.**

1. Обґрунтована концепція інформаційної системи моніторингу ТЗ в умовах ITS, яка об'єднує спостереження, аудит, прогноз експлуатації, та базується на використанні морфологічної матриці.

2. Розроблено модель функціонування системи інформаційної системи моніторингу ТЗ з використанням системних об'єктів, що дозволяє систематизувати можливі схеми побудови кузова ТЗ і двигуна та досліджувати вплив різних конструкцій двигуна і ТЗ на забезпечення моніторингу їх робочих процесів в умовах експлуатації в розробленій моделі функціонування системи.

3. Виконано систематизацію конструктивних схем ТЗ і двигуна, як підсистеми, яка визначає рівень забезпечення їх безпеки в умовах експлуатації. Систематизація схем ТЗ і двигуна проведена за методом морфологічного (структурного) аналізу, сформовані можливі існуючі і перспективні схеми ТЗ і двигуна за вказаними функціональними елементами на різних етапах виконання властивих їм функцій в умовах експлуатації засобами ITS.

#### **Список використаних джерел**

1. Волков В.П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). с.138-144.

2. Волков В.П. Особливості формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Г. К. Шурко, Ю.В. Волков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 14 (1236). – С. 10–20.

3. Говорущенко Н.Я. Системотехніка транспорту (з прикладу автомобільного транспорту)/ Н.Я. Говорущенко, О.М. Туренко - Харків: РІО ХДАДТУ, 1999. - 468 с.

4. Говорущенко Н.Я. Технічна експлуатація автомобілів/[Н.Я.Говорущенко]. – Харків: Вища школа. Вид-во при Харк. ун-ті, 2084. - 312 с.

5. Волков В.П. Інтеграція технічної експлуатації автомобілів у структури та процеси інтелектуальних транспортних систем: монографія / Волков В.П., Матейчик В.П., Ніконов О.Я. та ін; під. ред. Волкова В.П. -Донецьк: Ноулідж, 2013. - 400 с.

6. Матейчик В. П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В. П. Матейчик, В. П. Волков, П. Б. та ін.// Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. - 2014. - Вип. 13(1). - С. 125-137.

7. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А. Теорія технічних систем. – К.: - Тернопіль. - 1987. – 310 с.

8. Грицук І.В. Комплексний комбінований прогрів: системний підхід до формування схем забезпечення оптимального температурного стану тз в умовах експлуатації / І.В. Грицук // Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 10 (1119), с. 95-101.

9. Грицук І.В. Інформаційна система моніторингу стану транспортних засобів в умовах ITS: загальний підхід до формування морфологічної матриці / Грицук І.В., Володарець М.В., Худяков І.В., Погорлицький Д.С.// Збірник наукових праць державного університету інфраструктури та технологій Серія «Транспортні системи і технології» Київ·ДУІТ·2018 – №32 том 2 – с. 113-122.

**Худяков Ігор Валентинович** – к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, e-mail: [igor.khudiakov563@gmail.com](mailto:igor.khudiakov563@gmail.com),

**Грицук Ігор Валерійович** – д. т. н., професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, e-mail: [grytsuk\\_iv@ukr.net](mailto:grytsuk_iv@ukr.net).

*Пінчук Андрій Володимирович* – студент 1 курсу кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування НУ «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, andretan082@gmail.com

*Музичка Діана Геннадіївна* - студент 1 курсу кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування НУ «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, nnseraya@gmail.com

*Ihor Valentynovich Khudyakov* - Ph.D., Associate Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants, Kherson State Maritime Academy, Kherson, e-mail: igor.khudiakov563@gmail.com.

*Gritsuk Igor V.* - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kherson State Maritime Academy, Professor of the Operation Maritime Power Plants Department, e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net, Contact phone.. +38066-698-37-39, Ukraine, 73000, Kherson, Ushakova avenue, 20.

*Pinchuk Andriy Volodymyrovych* - 1st year student of the Department of Automobile Transport and Industrial Mechanical Engineering of Chernihiv Polytechnic University, Chernihiv, andretan082@gmail.com

*Musician Diana Hennadiivna* - 1st-year student of the Department of Automobile Transport and Industrial Mechanical Engineering of Chernihiv Polytechnic University, Chernihiv, nnseraya@gmail.com

УДК 656.072

С.В. Цимбал, О.В. Цимбал

## МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ МІСЬКИМ ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

На даний час якість транспортного обслуговування пасажирів знаходиться на незадовільному рівні. Частка перевезень пасажирів у міському сполученні з повним дотриманням вимог щодо їхньої якості в середньому не перевищує 25%. Недоліки транспортного обслуговування визначаються не лише нестачею необхідних фінансових ресурсів. Вони мають системний характер, оскільки традиційні цілі та критерії оцінки ефективності, організація управління пасажирськими перевезеннями виходять із досягнення лише кількісних кінцевих результатів.

Ключові слова: якість обслуговування, міський пасажирський транспорт, якість перевезень.

*Currently, the quality of passenger transport services is at an unsatisfactory level. The share of passenger transportation in urban transport with full compliance with quality requirements does not exceed 25% on average. Disadvantages of transport services are determined not only by the lack of necessary financial resources. They have a systemic nature, since the traditional goals and performance evaluation criteria, the organization of passenger transport management, are based on the achievement of only quantitative final results.*

Keywords: quality of service, public passenger transport, quality of transportations.

Розробка методів підвищення ефективності організації пасажирських перевезень – важливе питання, яке вимагає постійного аналізу показників роботи транспортних підприємств, оптимальних рішень та підходів до розв'язання проблем. Теоретичні й експериментальні дослідження різних аспектів міського пасажирського транспорту свідчать, що їхня поточна ефективність визначається комплексним впливом методів і технологій організації перевезень, розумінням потреб пасажирів послугах перевезення, формуванням маршрутних мереж МПТ, якістю транспортного обслуговування тощо.

Праці Левковця П.Р., Ігнатенка О.С., Шпильового І.Ф., та інших авторів [1–3] присвячені проблемам технології та організації автобусних перевезень пасажирів у містах. У їхніх працях наведено технології та методи міських пасажирських перевезень, а також методики вдосконалення рівня транспортного обслуговування населення з урахуванням управління технологічними процесами. Значний внесок у розробку основ теорії у цьому напрямку внесли вчені Лігум Ю.С., Логачов Є.Г. [4, 5] та інші.

В умовах постійної конкуренції з приватним транспортом міський громадський транспорт повинен надавати конкурентоспроможні послуги, тому якість транспортного обслуговування пасажирів є одним із його пріоритетних завдань.

Якість продукції (послуги) – сукупність її властивостей, що зумовлюють здатність задовольняти потреби населення. Незважаючи на велику кількість робіт, виконаних у даному напрямку, на сьогодні відсутній єдиний підхід до визначення комплексного показника якості обслуговування пасажирів міським громадським транспортом, що ускладнює його використання при формуванні тендерів на обслуговування маршрутів перевізниками, а також унеможливує вбудовування показника якості в методики щодо вибору кількості та місткості рухомого складу для роботи на маршруті міського громадського транспорту.

Показники якості пасажирських перевезень поділяються на шість груп:

- показники інформаційного обслуговування;
- показники комфортності;
- показники швидкості;
- показники своєчасності;
- показники безпеки багажу;
- показники безпеки.

До показників інформаційного обслуговування відносять частоту передачі інформації:

- про відправлення та прибуття транспортних засобів;

- про послуги, що надаються пасажиром, та їх вартість;
- про розміщення необхідних приміщень, засобів зв'язку, об'єктів громадського харчування тощо.

До показників комфортності відносять:

- площу приміщення, що припадає на одного пасажиром;
- частоту прибирання транспортних засобів та приміщень;
- частоту зміни постільної білизни;
- температуру повітря в транспортному засобі та приміщеннях;
- освітленість у транспортному засобі та приміщеннях;
- допустимі значення шуму, вібрації та вологості;
- середнє (допустиме) наповнення салону транспортного засобу та приміщень.

Показники швидкості характеризують властивості пасажирських перевезень, що зумовлюють тривалість перебування пасажиром у поїзді чи польоті. До показників швидкості відносять:

- тривалість поїздки, рейсу;
- середню швидкість руху транспортного засобу;
- частоту зупинок транспортного засобу.

До показників своєчасності відносять:

- частку транспортних засобів, що відправляються за розкладом;
- частку транспортних засобів, що прибувають за розкладом;
- середній інтервал руху транспортних засобів;
- максимальний інтервал руху транспортних засобів.

Показники безпеки багажу характеризують властивості пасажирських перевезень, що зумовлюють перевезення багажу без втрат і пошкоджень. До показників безпеки багажу відносять:

- відсоток багажних відправлень, що прибувають з пошкодженнями;
- середню вартість збитку від пошкодження багажу;
- вартість відшкодування втрати багажу.

На жаль, в існуючому стандарті перераховані лише параметри кожної з цих груп, але не наведено алгоритми їхнього розрахунку. Немає у ньому і методики побудови комплексної оцінки якості, не кажучи вже про визначення значимості кожного показника.

Показники якості поділяються на чотири групи:

- доступність транспортної системи;
- рівень організації роботи транспорту на маршруті;
- витрати часу на пересування;
- рівень комфортності поїздки.

При цьому доступність транспортної системи оцінюється через:

- густину маршрутної мережі;
- дальність підходу до зупинного пункту;
- маршрутний коефіцієнт;
- коефіцієнт пересадки.

Рівень організації роботи рухомого складу маршруті оцінюється через інтервал руху;

- регулярність руху;
- середня дальність подорожі.

Витрати часу на пересування складаються з:

- часу на підхід до пункту зупинки;
- часу на очікування транспорту;
- час поїздки (руху);
- час на пересадку.

Комфортабельність транспортної системи оцінюється комфортабельністю транспортних засобів та комфортом їх очікування.

Категорія комфорту транспортних засобів характеризується такими показниками:

- статистичним коефіцієнтом використання місткості;
- фізіологічним індексом комфорту.

Незважаючи на те, що в стандарті досить детально прописані окремі параметри якості транспортного обслуговування, у ньому відсутня можливість комплексної оцінки. Наявність великої кількості показників, відповідальність за які лежить на різних суб'єктах перевізного процесу,

ускладнює його використання та прописування параметрів якості у контрактах на обслуговування маршруту.

До середини 90-х років минулого століття основним показником якості був коефіцієнт якості  $K_k$ , який визначається як відношення величини витрат часу на поїздку за заданих теоретично абсолютно комфортних умов поїздки  $t_{\text{пер}}^3$  до фактичних витрат часу на поїздку в реальних умовах  $t_{\text{пер}}^{\text{ф}}$  [4]:

У роботі [5] основними показниками якості є своєчасність, час пересування та безпека. При цьому безпеку пропонується оцінювати за допомогою коефіцієнта динамічної зміни рівня дорожньо-транспортних пригод. На думку автора [6], визначальним показником якості обслуговування населення є регулярність руху, і якість пасажирських перевезень він оцінює, виходячи лише з регулярності руху. Нормативи витрат часу одного пасажиря на поїздки міським автобусом згідно з [7] наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 - Нормативи витрат часу одного пасажиря на поїздки міським автобусом

Категорія міста (кількість мешканців, чол.)	Рівень якості обслуговування	Нормативи часу на пересування, хв.
I (більше 1 млн.)	Зразковий	32
	Достатній	40
	Задовільний	49
II (500 тис. – 1 млн.)	Зразковий	28
	Достатній	35
	Задовільний	43
III (250 тис. – 500 тис.)	Зразковий	24
	Достатній	30
	Задовільний	37
IV (до 250 тис.)	Зразковий	20
	Достатній	25
	Задовільний	32

Критерії якості – основні показники властивостей послуг, які формують уявлення споживачів про якість наданих послуг і є основою для визначення ступеню їх задоволення отриманими послугами. Рівень якості при виконанні транспортної послуги залежить від показника надійності.

З метою вдосконалення перевезення пасажирів необхідно провести аналіз ефективності діяльності транспортних підприємств різних форм власності, удосконалити умови діяльності як підприємств комунальної власності, так і суб'єктів підприємницької діяльності – фізичних та юридичних осіб.

#### Висновки

Аналіз методів визначення якості послуг, що надаються міським пасажирським транспортом, виявив наступне:

1. Для оцінки якості пасажирських перевезень потрібен комплексний показник якості.
  2. На даний час немає єдиного затвердженого підходу до визначення комплексного показника якості послуг, що надаються пасажирським транспортом.
  3. Наявні методи враховують різну кількість окремих факторів без будь-якого обґрунтування.
  4. Використання різних методів порівняння двох маршрутів може дати різні результати.
- Враховуючи сказане вище, пропонується запровадити поняття комплексного показника якості у вигляді виваженої суми окремих показників. Визначення ваги показників провести шляхом проведення соціологічного дослідження та подальшої статистичної обробки результатів опитування.

#### Список використаних джерел

1. Левковець П.Р. Дослідження фактичного стану ринку пасажирських перевезень у м. Києві / П.Р. Левковець, І.Ф. Шпильовий, Н.М. Дмитрієва, Ю.С. Грисюк // Управління проектами, системний аналіз і логістика, НТУ. – 2009. – Вип.6. – С. 174–177.

2. Ігнатенко О. С. До обґрунтування критерію пасажирських перевезень / О.С. Ігнатенко, В.С. Маруніч, І.М. Дума, А.М. Ткаченко // Проектування, виробництво, експлуатація автотранспортних засобів і поїздів : в 2-х частинах: Ч.2. – Л.: Захід, наук, центр ТАУ. – 1995. – С. 43–45.
3. Шпильовий І.Ф. Методичні основи управління системами міських пасажирських перевезень: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» І.Ф. Шпильовий. – Київ, 2010. – 23 с.
4. Лігум Ю.С. Економічна модель якості обслуговування пасажирів на маршрутах міської пасажирської транспортної системи / Ю.С. Лігум, Є.Г. Логачов // Науко-во-економічний журнал «Актуальні проблеми економіки». – 2004. – Вип. 1. – С. 124–140.
5. Логачов Є.Г. Алгоритм розрахунку мінімального перевізного ресурсу на маршруті міської пасажирської транспортної системи із урахуванням якості обслуговування пасажирів / Є.Г. Логачов // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2004. – Вип. 9. – С. 173–177.
6. Біліченко В.В. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень. / В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, С.С. Коробов // ВНТУ. Серія машинобудування та транспорт: збірник наукових праць. – Вінниця, 2014.
7. Кучерук Г.Ю. Якість транспортних послуг: управління, розвиток та ефективність: Монографія. / Г.Ю. Кучерук. – К.: ДЕТУТ, 2011. – 208 с.

*Цимбал Сергій Володимирович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [tsymbal\\_s\\_v@ukr.net](mailto:tsymbal_s_v@ukr.net)*

*Цимбал Ольга Василівна, асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [unicorne@ukr.net](mailto:unicorne@ukr.net)*

*Tsymbal Serhii V., Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [tsymbal\\_s\\_v@ukr.net](mailto:tsymbal_s_v@ukr.net)*

*Tsymbal Olga V., assistant of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [unicorne@ukr.net](mailto:unicorne@ukr.net)*

УДК 656.078

В.Ю. Чернега, В.А. Макаров, Д.І. Стецюк

## ПРО ВАЖЛИВІСТЬ БАГАТОВЕКТОРНОГО ПІДХОДУ ПРИ РОЗГЛЯДІ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ «КОЛЕСО-ДОРОГА»

*Наведено сукупність можливих напрямів досліджень щодо зниження рівня негативних впливів системи «Колесо-Дорога» на довкілля та рух автомобіля. Проведений аналіз сучасних прикладів розвитку конструкцій еластичних рушіїв з діяльності елітних шинних концернів.*

**Ключові слова:** *шина, система колесо-дорога, низькошумна шина, викиди в довкілля, стійкість руху, екологічність матеріалу.*

*A set of possible directions of research on reducing the level of negative impacts of the "Wheel-Road" (W-R) system on the environment and vehicle traffic is presented. The analysis of modern examples of the development of structures of elastic drives from the activities of elite tire concerns was carried out.*

**Keywords:** *tires, elastic drives, road wheel, low-noise tire, emissions into the environment, stability of movement, environmental friendliness of the material.*

На першому етапі виконання роботи було сформовано алгоритм дослідження шуму та продуктів зносу матеріалів в системі КД та їх викидів в довкілля [1]. З аналізу джерел інформації впливає важливість впливу означеної вище системи на стійкість руху колісних транспортних засобів (КТЗ) [2], а також – використання безконтактного сигналу водію або СТО від інтелектуальної шини для оцінки необхідності виконання технічних впливів або заміни еластичного рушія [3]. Але вплив конструкцій або технічного стану шин на токсичність дії на довкілля викидів системи КД висвітлено недостатньо.

Метою роботи є розгляд особливостей еластичних рушіїв, що мають структуру та матеріали, які зменшують негативний вплив на первинну природу.

Результати аналітичного дослідження в результаті роботи. Слід виокремити стійку тенденцію посилення співпраці автомобільних концернів з виробниками шин.

Концерн Citroen, створює КТЗ що є міським пікапом і виконує кожний елемент його конструкції з екологічних матеріалів, що повністю переробляються [4]. До складу гумової суміші (ГС) шин Coodyear Eagle Go входять лише екологічні чисті матеріали. Означена ГС має соняшникову олію, смолу сосни, натуральний каучук і діоксид кремнію з лушпинням рису. Соняшникова олія та смола сосни є вдалим рішенням для заміни олій, які виробляються шляхом переробки нафти, що сприяє ресурсозбереженню підземних енергоматеріалів. Мета компанії – повністю замінити нафтові олії до 2040 року.

Створено означену шину технологію, що передбачає використання спеціального датчика контролю різних параметрів стану рушія. Існує завдання зробити життєвий цикл шини до 500 000 км.

Розглянуто еластичний рушії корейської фірми, спроектований так, що має чудову гнучкість, яка дозволяє повністю пристосуватися до дорожнього покриття. Цьому сприяють олії натурального походження, внаслідок чого силовий контакт з опорою забезпечує стійкість руху КТЗ. В Європі продовжується виготовлення шин електричних автомобілів для цілорічної експлуатації, вектор розвитку направлений на повністю екологічну та гібридну шину до 2030 року.

Компанія Carbon Air розробила технологію виготовлення еластичних рушіїв з використанням активованого вугілля. Рівень шуму у шин - це один з тих аспектів, які турбують як автомобілістів, так і виробників. Кожен поважуючий себе бренд, намагається зробити все можливе для того, щоб їхні шини оберталися під час руху максимально тихо. Вони навіть створюють спеціальні покриття із застосуванням особливих технологій виготовлення. Такі шини називаються "sound control" і зараз ми поговоримо з вами про них докладніше. Sound control, або ж шумоізолюючі шини - це такий тип покриття, які характеризуються своїм низьким рівнем шуму, що видається під час руху. Такі шини зазвичай мають унікальний рисунок протектора, а також спеціальні матеріали і технології виготовлення, які разом мінімізують шум, що видається шиною під час руху по дорожньому покриттю.

Для зниження дорожнього шуму та втоми водія працює змінювання поведінки повітря під тиском: мікропори в середині активованого вугілля адсорбують молекули повітря на всій поверхні шини, зберігаючи повну кількість газу, що утворює плівку на твердій поверхні.

Рисунок протектору низькошумної шини є унікальним, що обумовлює зменшення кількості повітря, яке затримується та виштовхується під час обертання еластичного рушія. Також змінюється структура оболонки, що зображена на рис. 1.



Рисунок 1 – Візуалізація конструктивних особливостей фрагментів малошумних шин.

Розглянута новітня шина Vredestein Quattrac Pro EV. Ця модель стала першою у Європі спеціалізованою всесезонною шиною для електричних автомобілів. Рушій демонструє відмінні тягово-зчіпні та гальмівні характеристики за будь-яких погодних умов, включаючи навіть засніжений та заледенілий асфальт. Ця модель була спроектована спеціально для цілорічної експлуатації на акумуляторних електромобілях та гібридах.

Тестування нової покритишки показало, що вона здійснює меншого впливу на навколишнє середовище, робить менше шуму, забезпечує більш тиху та комфортну їзду, а також скорочує гальмівний шлях. Ця модель стала першою всесезонною покритишкою, яка отримала мітку «трюхпикової вершини зі сніжинкою». Це означає, що дана шина сертифікована для цілорічної низький рівень експлуатації відповідно до найсуворіших галузевих стандартів для всесезонних шин.



Представники шинного концерну Тоуо Tyres оголосили про встановлення нових сонячних батарей на своєму заводі у Сербії. Компанія впевнена, що завдяки цьому зможе зробити виробництво автомобільних шин максимально безпечним для довкілля.

Станом на сьогодні встановлено та введено в експлуатацію уже 50% від загальної кількості сонячних панелей. Представники компанії заявляють, що панелі будуть повністю завантажені вже до кінця цього року. Фахівці Тоуо Tyres стверджують, що навіть половини від бажаної кількості сонячних панелей вистачить для того, щоб скоротити кількість викидів вуглекислого газу в атмосферу на 200 тисяч тонн протягом усього терміну служби батарей.

Крім цього, компанія вкладає сили та кошти у місцевих співробітників, проводячи навчання та надаючи належну кваліфікацію для того, щоб вони в майбутньому могли встановлювати сонячні панелі та керувати ними.

Цей проект шинний концерн реалізує у рамках програми розвитку від ООН на території Сербії. Сама програма фінансується урядом Японії, а її головна мета – покращення екології та декарбонізація у Сербії. Представники Тоуо Tyres пишаються тим, що вони перебувають на передовій у цій гонці за екологію. Прагнення компанії до сталого розвитку є кроком у правильному напрямку та є прикладом для інших компаній. Повністю використовуючи сонячну батарею, Тоуо Tyres готова вплинути на навколишнє середовище та місцеве населення.

Аналіз властивостей еластичних рушіїв дозволив виявити наступні особливості:

1. Існує стійка тенденція плідної співпраці автомобільних концернів з виробниками шин, що дозволяє суттєво поліпшувати створення інтелектуальних рушіїв КТЗ.
2. Можна виокремити використання для створення гумової суміші наступних інгредієнтів: соняшникової і кокосової олії, смоли сосни, активованого вугілля та натурального каучуку і лущиння рису. Означені вище матеріали поліпшують якість функціонування рушіїв та автомобіля в цілому. Окрім того, вони сприяють збереженню викопних ресурсів.
3. Прогресу інтенсивного використання електромобілів дієво сприяє розвитку еластичних рушіїв, що ураховують умови обертання коліс електричних та гібридних КТЗ.
4. Використання багатовекторного підходу при дослідженні ефективності функціонування системи «Колесо-Дорога» дозволить здійснити системний підхід до пізнання складних процесів руху КТЗ.

#### Список використаних джерел

1. Макаров В.А., Макарова Т. В., Чернега В. Ю.. До оцінки ефективності функціонування системи «колесо-дорога». Електронний збірник тез XV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 24-26 жовтня, м. Житомир. 2022. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/93.pdf>
2. Макаров В.А. Наукові основи поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля, 2012
3. Чернега В.Ю., Мамчур В.В., Макаров В.А. До питання поглиблення дослідження ефективності функціонування системи «Колесо-Дорога». Матеріали ХІМіжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2023 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет
4. CITROEN представляє концептуальний фургон CITROEN Type Holidays <https://autoconsulting.ua/article.php?sid=54559>

**Чернега Віталій Юрійович** – аспірант, аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [vitalij019283@gmail.com](mailto:vitalij019283@gmail.com)

**Макаров Володимир Андрійович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua)

**Стецюк Денис Іванович** – магістрант, магістрант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua)

**Chernega Vitalij Yuriyovych** - graduate student, graduate student of the Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [vitalij019283@gmail.com](mailto:vitalij019283@gmail.com)

**Makarov Volodymyr Andriyovych** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua)

**Stetsyuk Denys Ivanovych** – master's student, master's student of the department of automobiles and transport management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua)

УДК 629.3.021

С.М. Черненко, О.А. Мурашко

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАМІНИ СУЦІЛЬНОЇ ПОПЕРЕЧНОЇ ТЯГИ КЕРМОВОЇ ТРАПЕЦІЇ АВТОМОБІЛЯ КраЗ-5233 НА ТРУБЧАСТУ ЗАСОБАМИ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Єдине підприємство в Україні в м. Токмак, яке виготовляє суцільні поперечні тяги кермової трапеції для автомобілів КраЗ, знаходиться на невідконтрольній території. У зв'язку з цим актуальним є питання дослідження можливості заміни суцільної поперечної тяги із круглого прокату діаметром 50 мм (ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006) на трубчасту тягу із труби 48-10 ДСТУ 8939:2019 або 50-10 ДСТУ 8939:2019. Для дослідження напружень та зміщень, що виникають у поперечній тязі кермової трапеції використано програмні продукти Autodesk Inventor Professional 2015, PTC Creo Parametric 9.0.3.0, ANSYS 2022 R1 та SolidWorks 2020. Порівняння результатів здійснювалось за результатами задавання ідентичних навантажень на суцільну та трубчасту поперечну тягу кермової трапеції.

**Ключові слова:** поперечна тяга, кермова трапеція, тривимірне моделювання, напруження, міцність

*The only enterprise in Ukraine in the city of Tokmak, which manufactures solid cross bars of the steering trapezoid for KrAZ cars, is located in the uncontrolled territory. In this regard, the issue of researching the possibility of replacing a solid transverse rod from a rod with a diameter of 50 mm for a tubular rod from a pipe 48-10 DSTU 8939:2019 or 50-10 DSTU 8939: 2019. The software products Autodesk Inventor Professional 2015, PTC Creo Parametric 9.0.3.0, ANSYS 2022 R1, and SolidWorks 2020 were used to study the stresses and displacements occurring in the transverse thrust of the steering trapezoid. The comparison of the results was carried out based on the results of setting identical loads on the solid and tubular transverse thrust of the steering trapezium*

**Keywords:** transverse traction, steering trapezoid, three-dimensional modeling, stress, strength

Для аналізу напружень та зміщень, що виникають в тривимірних моделях поперечної тяги кермової трапеції, було використано програмні продукти Autodesk Inventor Professional 2015, PTC Creo Parametric 9.0.3.0 (додатки «Simulate» та «ANSYS Simulation»), ANSYS 2022 R1 та SolidWorks 2020.

Матеріал суцільної тяги згідно кресленника – Ст40-2ГП ДСТУ 7809: 2015. У всіх використаних програмах тривимірного моделювання при задаванні матеріалу обиралася з бібліотеки програм сталь, що відповідає за властивостями вищевказаній або створювався новий матеріал з відповідними властивостями. Для сталі 40 межа плинності складає не менше 335 МПа, тому перевіряти можливість використання труб замість прутка для поперечної тяги кермової трапеції будемо за цим параметром.

Алгоритм проведення розрахунку у всіх застосованих програмах тривимірного моделювання схожий і відрізняється лише способом задання тих чи інших параметрів розрахунку. Розглянувши весь процес моделювання можна виділити наступні етапи розрахунку: 1) створення нової моделі у програмі або завантаження раніше створеної моделі, що збережена у відповідному для програми форматі; 2) присвоєння моделі матеріалу з відповідними властивостями; 3) жорстке або рухоме закріплення елементів моделі; 4) задання відповідних навантажень у моделі; 5) створення розрахункової сітки моделі з відповідними параметрами за кількістю кінцевих елементів та за їх розміром; 6) етап розрахунку; 7) виведення результатів розрахунку на екран та їх аналіз.

Жорстке фіксування застосовувалось до торцевої поверхні прутка чи труби, а навантаження прикладалося з іншої торцевої сторони. Розмір прикладеного вздовж осі прутка чи труби навантаження складав 26270 Н відповідно до розрахунку. Для прикладу, загальний вигляд розрахункової моделі у програмі PTC Creo Parametric (додаток «ANSYS Simulation») з сіткою кінцевих елементів, фіксацією моделі та прикладеними навантаженнями представлено на рисунку 1.

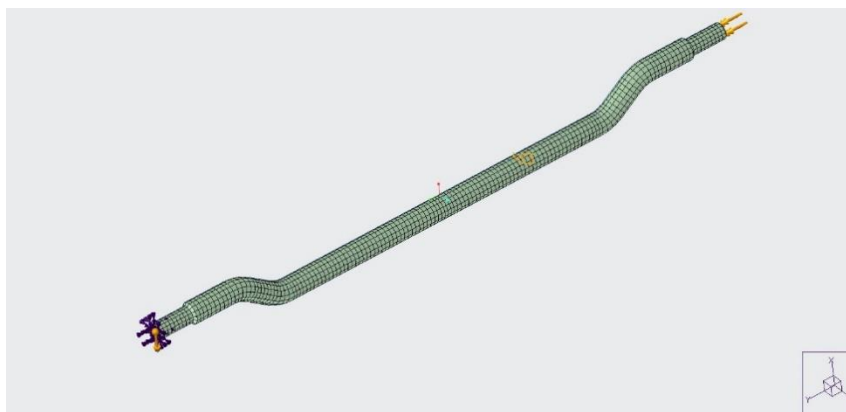


Рисунок 1 – Загальний вигляд розрахункової моделі у програмі PTC Creo Parametric (додаток «ANSYS Simulation»)

Після завершення етапу розрахунку отримали результати, що відображались на екрані з відповідними епіорами навантажень та зміщень на моделі (рис. 2 - 3).

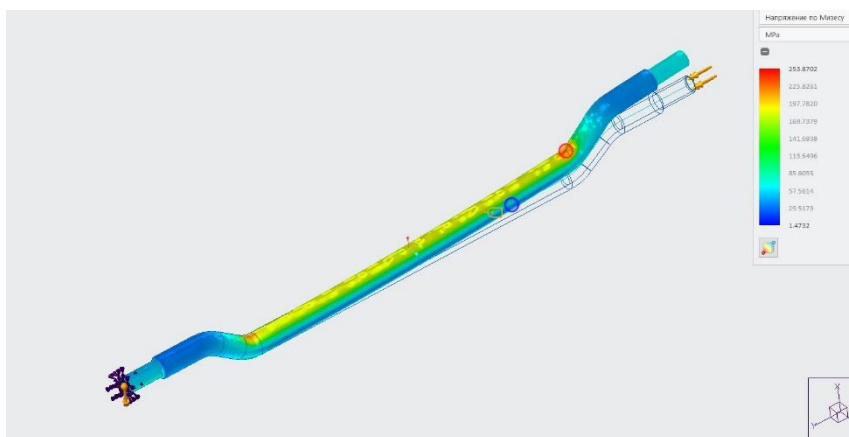


Рисунок 2 – Результат напружень у моделі за Мізесом у програмі PTC Creo Parametric (додаток «ANSYS Simulation»)

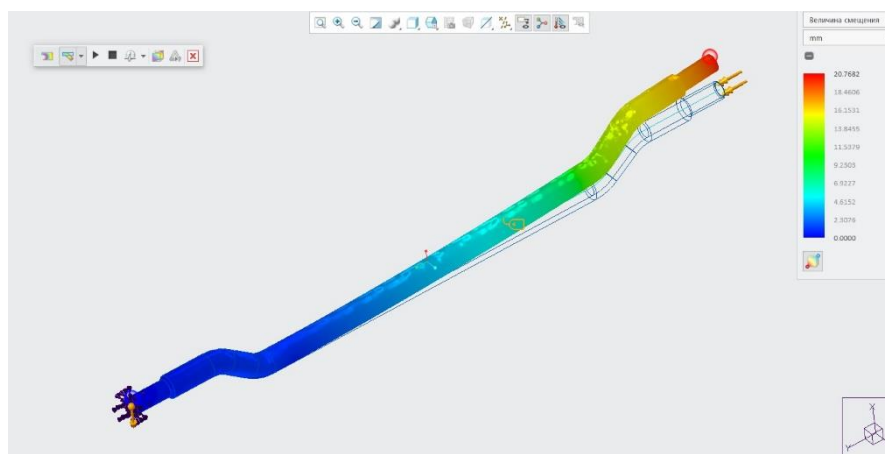


Рисунок 3 – Результат зміщень у моделі у програмі PTC Creo Parametric (додаток «ANSYS Simulation»)

Після розрахунку суцільної та трубчастих тяг у програмах Autodesk Inventor Professional 2015, PTC Creo Parametric 9.0.3.0 (додатки «Simulate» та «ANSYS Simulation»), ANSYS 2022 R1 та SolidWorks 2020 отримано результати, що представлені у вигляді графіків (рис. 4).

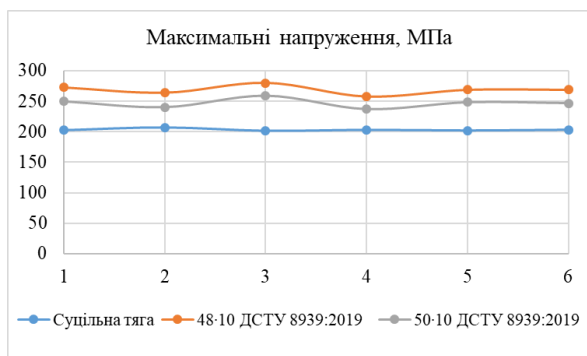


Рисунок 4 – Напруження у суцільній та трубчастих поперечних тягах

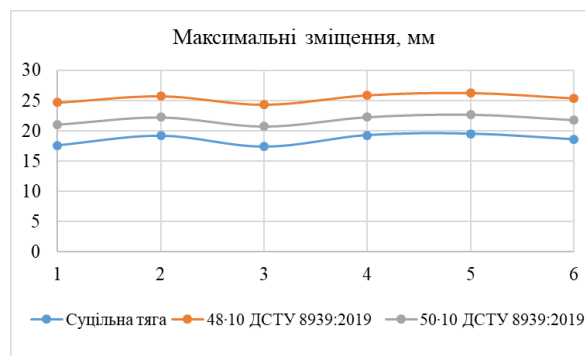


Рисунок 5 – Зміщення у суцільній та трубчастих поперечних тягах

По горизонтальній осі на рисунках 4 та 5 значення відповідають розрахунку у наступних програмах: 1 – Autodesk Inventor Professional 2015; 2, 3 – PTC Creo Parametric 9.0.3.0 (додатки «Simulate» та «ANSYS Simulation»); 4 – ANSYS 2022 R1; 5 – SolidWorks 2020; 6 – середнє значення максимальних напружень за результатами всіх використаних програм. Середні значення максимальних напружень та зміщень для суцільної та трубчастих поперечних тяг, що отримані при розрахунку різними програмами представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення напружень та зміщень у поперечних тягах

Параметр	Суцільна 50 мм	Трубчаста 50·10	Трубчаста 48·10
Межа плинності для Ст40, МПа	335	335	335
Середнє значення максимального напруження, МПа	203,358	246,834	268,797
Середнє значення максимального зміщення, мм	18,61	21,8	25,4

Враховуючи вищенаведені результати, можна вважати, що заміна суцільної поперечної тяги кермової трапеції з прутка на трубчасту для автомобіля КрАЗ-5233 є можливим. Проте впровадження в експлуатацію трубчастої поперечної тяги замість суцільної потребує додаткових експериментальних досліджень.

#### Список використаних джерел

1. Черненко С.М., Клімов Е.С., Черниш А.А., Пузир Р.Г. Оптимізація параметрів чотириланкової кермової трапеції на основі плоскої моделі. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця: ВНТУ. Том. 10, № 2, 2019. С. 141-147. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-141-147>
2. Дмитрів В.Т., Дмитрів І.В., Городняк Р.В., Карп М.А., Клімов Е.С. Системи автоматизованого проектування. Autodesk Inventor: навч посібник. Львів: Національний університет «Львівська політехніка». СПОЛЮМ, 2022. 286 с.

**Черненко Сергій Михайлович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та тракторів, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, e-mail: [sercher174@gmail.com](mailto:sercher174@gmail.com).

**Мурашко Олексій Андрійович** – аспірант, асистент кафедри автомобілів та тракторів, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, e-mail: [murashkostudy@gmail.com](mailto:murashkostudy@gmail.com).

**Cherenenko Serhiy Mykhailovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Automobiles and Tractors, Kremenchug National University named after Mykhailo Ostrogradskyi, e-mail: [sercher174@gmail.com](mailto:sercher174@gmail.com).

**Murashko Oleksiy Andriyovych** – graduate student, assistant of the Department of Automobiles and Tractors, Kremenchug National University named after Mykhailo Ostrogradskyi, e-mail: [murashkostudy@gmail.com](mailto:murashkostudy@gmail.com).

УДК 656.132

С.П. Чуйко, О.П. Кравченко

## ЦИФРОВІЗАЦІЯ В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ЯК ФАКТОР ПРИВАБЛИВОСТІ ПАСАЖИРІВ

*Розглянуті фактори зростання значення транспортних систем в послугах громадського транспорту шляхом трансформації цифрових технологій. Запропоновано модель розширення первинного цифрового транспортного середовища шляхом додавання супутніх цифрових технологій, що призведе до транспортної привабливості користувачів послуг.*

**Ключові слова:** громадський транспорт, пасажирські перевезення, транспортна привабливість, цифрові технології.

*Considered factors of the growth of the importance of transport systems in public transport services through the transformation of digital technologies. A model of expanding the primary digital transport environment by adding accompanying digital technologies is proposed, which will lead to the transport attractiveness of service users.*

**Keywords:** public transport, passenger transport, transport attractiveness, digital technologies.

Громадський транспорт є життєво важливим рішенням для задоволення потреб у мобільності, особливо в містах. У сучасному світі з кожним роком зростає рівень мобільності населення, а це означає, що зростає також значення транспортних систем.

Разом з тим, сучасні пасажирі стали більш вимогливішими до обставин, при яких вони готові користуватись громадським транспортом. Безсумнівно, що для залучення нових пасажирів громадський транспорт повинен бути сучасним, інноваційним, зручним, ергономічним і економічним.

Перевантаження в години підвищеної пасажирської активності, транспортні затори, неузгодженість маршрутів і розкладів руху, застарілі транспортні засоби, неналежна якість надання послуги перевізником – це лише деякі з проблем, з якими стикається галузь, що призводить до зниження рівня задоволеності користувачів послуг.

Майбутнє транспортної галузі – за технологіями та інноваціями. Цифровізація сприяє посиленню ролі громадського транспорту, приносячи користь як пасажирам, так і навколишньому середовищу. Використовуючи цифрові технології, транспортні оператори можуть пропонувати більш привабливі послуги, надавати інтегровані мультимодальні платформи для зручності безперешкодних подорожей.

Цифрові та інформаційні технології поступово впроваджуються в різні транспортні системи в різних країнах.

У роботі [1] пропонується інноваційний метод відтворення мультимодальної системи громадського транспорту в Сінгапурі з високою точністю за допомогою бази даних смарт-карт. Він повторює роботу системи громадського транспорту з відомим екзогенним попитом на пасажирів і надає багато операційних деталей, у тому числі ланцюги пасажирських інтермодальних поїздок, робочий розклад і детальну поведінку трансферу.

При організації роботи громадського транспорту у місті Сан-Дієго заслуговує уваги інноваційне рішення, яке виводить транспортну цифровізацію на новий рівень, це підключення користувачів послуг до маршрутної стільникової мережі, де додатково відображаються зміни в розкладі руху маршрутних транспортних засобів, актуальні транспортні ситуації на маршруті, актуальні навігаційні переміщення. Інформація оновлюється кожні п'ять секунд і публікується в мережі цифрових даних всіх автобусів та на зупинках [2].

Підвищення безпеки дорожнього руху, ефективності та якості надання транспортних послуг є постійними прагненнями транспортної галузі. Безпека громадського транспорту передбачає не тільки внутрішню здатність транспортного комплексу безпечно виконувати його функції, а й здатність забезпечувати надійний захист пасажирів і персоналу від зовнішніх впливів. Вирішуючи загальні проблеми в галузі, рішення на основі цифрових дорожніх технологій роблять дороги безпечнішими, ефективнішими та пропонують кращі умови для користувачів. **Кооперативні інтелектуальні транспортні системи (C-ITS)**, які дозволяють

обмінюватися інформацією між транспортними засобами, а також між транспортними засобами та дорожньою інфраструктурою, мають вирішальне значення для розгортання автоматизованої мобільності. Очікується, що вони покращать безпеку дорожнього руху, ефективність руху та комфорт [3].

**Нові звички та поведінка сучасного користувача транспортних послуг**, викликані цифровізацією, такі як швидкий розвиток електронної комерції віддаленої роботи, змінюють моделі мобільності. Зростання транспортних технологій і політичних ініціатив по наданню комплексних транспортних послуг підкреслюють необхідність розробки і втілення системних підходів. Такі підходи дозволяють виявити тенденції попиту на пасажирські перевезення, а також заміщення альтернативних видів транспорту.

Пасажирські перевезення вирішуючи соціальні завдання покращують умови життя населення. Пасажирське сполучення забезпечує необхідність задоволення потреб у роботі, повсякденному, дозвільному та туристичному спілкуванні. Правильно збудована інфраструктура пасажирських перевезень стимулює мобільність громадян, дозволяє компаніям розосередити виробничі підрозділи в єдиному просторі, раціональний підхід, що дозволяє розвивати регіональне економічне зростання, спеціалізацію тощо.

Багато факторів можуть вплинути на попит пасажирських перевезень, включаючи демографію, якість об'єктів транспорту, вартість квитка та ін.

Соціальний ефект, пов'язаний з обслуговуванням пасажирів, вимірюється за допомогою експертної оцінки. Для цього можуть бути використані такі якісні показники, як: час у дорозі, безпека у дорозі, надійність, комфорт, досяжність транспортного засобу, якість обслуговування на станціях, інформаційне обслуговування тощо [4].

Існує багато факторів, які можуть впливати на чутливість попиту і фактичне значення буде сильно змінюватись в залежності від мети поїздки, якості отриманої послуги, зручності і т.і. Як правило попит більш гнучкий в довгостроковій перспективі, так як користувачам потрібен час, щоб оцінити і змінити свої транспортні звички.

Розвиток цифрових транспортних платформ вигідний державним і муніципальним структурам, оскільки покращує якість життя населення, створює сприятливі умови для підприємницької діяльності.

Розвиток транспортної цифрової системи виглядає наступним чином (рис. 1).



Рисунок 1 - Цифрова транспортна система з розширеним цифровим середовищем

Формування первинного цифрового транспортного середовища здійснюється навколо транспортних операторів, з урахуванням факторів оснащення транспортних засобів, вимог замовника перевезень, дорожньої інфраструктури і операторів зв'язку. При цьому підприємства, які надають послуги, потребують інформації про поточну транспортну ситуацію шляхом

моніторингу транспортного процесу, моделі попиту на пасажирські перевезення для прогнозування впливу факторів на поведінку пасажирів. Оцифрована дорожня інфраструктура включає технічні засоби регулювання дорожнього руху, камери спостереження тощо. Оператори зв'язку забезпечують ідентифікацію цифрового об'єкта в електронному комунікаційному середовищі.

Вторинне цифрове середовище сприяє залученню додаткових супутніх послуг (заклади освітніх послуг, медичні установи, банківські установи, торгові заклади тощо) шляхом формування і розширення цифрової транспортної платформи, що призведе до залучення нових споживачів.

Отже, високий рівень важливості системи громадського транспорту потребує постійного цифрового розвитку та вдосконалення. Цифрові платформи здатні інтегрувати всі транспортні та логістичні процеси в єдину систему, а розширення інтерфейсів цифрової транспортної платформи є позитивним як для постачальників послуг (операторів послуг), так і для споживачів.

#### Список використаних джерел

1. Liu, X., Zhou, Y., Rau, A., 2019. Smart card data-centric replication of the multi-modal public transport system in Singapore. *Journal of Transport Geography* 76, 254-264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.02.004>.
2. Cisco, 2017. Case Study: San Diego Metropolitan Transit System. <https://www.cisco.com/c/en/us/about/case-studies-customer-successstories/san-diego-mts.html> (accessed 10 June 2020).
3. Ключові технології для посилення цифровізації транспорту. Режим звернення: URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/technologies-digitalisation-transport>.
4. Чуйко С.П., Кравченко О.П., Прохорчук М.В. Аналіз показників ефективності визначення якості перевізних послуг автобусами на міських маршрутах. *Науковий журнал Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Серія: Технічні науки. К.: ТНУ ім. В.І. Вернадського, 2023. Том 34 (73) № 4. С. 266-271.

**Чуйко Сергій Петрович** – док. філософії, голова циклової комісії транспортні технології (на автомобільному транспорті), Відокремлений структурний підрозділ «Житомирський автомобільно-дорожній фаховий коледж Національного транспортного університету», 10004, м. Житомир, вул. Велика Бердичівська, 2. e-mail: [expertoauto@ukr.net](mailto:expertoauto@ukr.net)

**Кравченко Олександр Петрович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», 10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103. e-mail: [avtoap@ukr.net](mailto:avtoap@ukr.net)

**Chuiko Serhii Petrovych** - PhD, head of the cycle commission transport technologies (on road transport), Separate structural division "Zhytomyr Automobile and Road College of the National Transport University", 10004, Zhytomyr, st. Velyka Berdychivska, 2. e-mail: [expertoauto@ukr.net](mailto:expertoauto@ukr.net)

**Kravchenko Oleksandr Petrovych**, doctor of technical sciences, professor, professor of the department of automobiles and transport technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 10005, Zhytomyr, str. Chudnivska, 103. e-mail: [avtoap@ukr.net](mailto:avtoap@ukr.net)



УДК 629.33

М.В. Шаповал, О.В. Орисенко, А.І. Криворот, В.В. Вірченко

## ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇ

*Проаналізовано перспективи розвитку автомобілебудування у світі. Висвітлені переваги і недоліки концептуально нових транспортних засобів на основі їх масової гібридизації та електрифікації. Розглянуто розвиток сучасних автомобілів світових брендів.*

**Ключові слова:** гібридний автомобіль, електромобіль, акумуляторна батарея, альтернативні джерела енергії, заправна станція.

*The prospects for the automotive industry development in the world are analyzed. The advantages and disadvantages of conceptually new vehicles based on their mass hybridization and electrification are highlighted. The world brands modern cars development is considered.*

**Keywords:** hybrid car, electric car, battery, alternative energy sources, gas station.

Автомобільний ринок України поповнюється автотранспортом сучасних конструктивних концепцій, що використовують альтернативні та нові види енергії, при покращених технічних параметрах. Зростає чисельний склад електрифікованих та гібридних автомобілів та відбувається збільшення транспортних засобів підвищеної вантажопідйомності та пасажиромісткості, а також вдосконалюється інфраструктура рухомого складу. Це і не дивно, бо перший електромобіль з'явився ще 1839 році і це було раніше, ніж двигун внутрішнього згоряння.

З 2014 році частка електромобілів у Норвегії досягла вражаючого показника у 20,3%. Наразі кожен п'ятий транспортний засіб, зареєстрований у цій скандинавській країні, має електричний двигун. Сталося це багато в чому завдяки зусиллям держави. Купівля електромобіля не оподатковується, власникам таких автомобілів надається безкоштовний проїзд платними ділянками трас, а також пільгове паркування в центрах великих міст.

Поступово підтримує тренд також Україна. З грудні 2014 року стало відомо про введення, що готується в експлуатацію 34 нових станцій для підзарядки машин, що працюють від електричної енергії. Причому не тільки дорогих моделей Tesla, які є представниками стимулюючої марки у розвитку електромобілів, а й доступніших, на кшталт тих, що виробляють Nissan або Renault. У січні 2015-го у Києві також запустився експериментальний сервіс таксі, автопарк якого складається з екологічних та економічних електромобілів. Щодо допомоги держави там, щоправда, не все так добре, як у Норвегії – після сплати ПДВ та ввізного мита, ціна на електромобіль у країні в середньому збільшиться на 40%.

Однією з найзручніших для власників електромобілів країн є США. Особливо зручно власникам транспортним засобам, які відмовилися від бензину, на західному узбережжі – в Сан-Дієго, Сан-Франциско і Портленді по всьому місту розміщено більше ста зарядних станцій. Цілком достатньо, щоб пересуватися міськими вулицями і не хвилюватися про те, щоб не залишитися посеред дороги з розрядженим електромобілем.

І все ж таки до того, щоб стати мейнстримом, електромобілям ще далеко. Для того, щоб всерйоз поборотися з бензиновими транспортними засобами, індустрії доведеться усунути ще багато недоліків у конструкції та експлуатації електромобілів.

До недоліків електромобілів можна віднести:

1. Не всі електромобілі дозволяють здійснювати тривалі поїздки на кілька сотень кілометрів і призначені переважно для пересування в межах одного міста. Уявити такий транспортний засіб, що спокійно витримує поїздку з Києва до Одеси чи Львова, поки неможливо, або це можуть зробити поодинокі електромобілі. З одного боку, цього недоліка легко було б позбутися, побудувавши розвинену мережу станцій підзарядки електромобілів. Але й тут не все так чудово. Час повного заряду сучасного електромобіля може становити у найкращому разі годину, але зазвичай заряджати транспортний засіб доводиться по кілька годин. Навіть для швидкої та неповної підзарядки потрібно щонайменше 30 хвилин, але що весь цей час має робити водію?

2. Електромобілі дещо дорожче коштують. Ціни на модель економ-класу починаються від 20 чи 30 тисяч доларів. Tesla Model S, Tesla Model Y, Model X PLAID обійдеться покупцеві вже

більше 100 тисяч. У американської компанії Lucid Motors, створеній у 2007 році, найбільш відомий седан преміум класу – Lucid Air коштує до 250 тисяч доларів. У США за останні два роки збільшилася кількість програм лізингу та довгострокової оренди електрокарів, однак і тут ціна для середньостатистичного покупця залишається досить високою. Навіть деякі моделі китайських виробників коштують по ціні відомих європейських електрокарів;

3. Зростає періодичність заряджання основних акумуляторних батарей та час їх підзарядки;
4. Не у всіх країнах розвинені мережі заправних станцій;
5. Строки експлуатації акумуляторних батарей обмежені 5-10 років;
6. Утилізація акумуляторних батарей не налагоджена.

До переваг електромобілів можна віднести:

1. Електромобілі набагато ефективніші за традиційні. У середньому близько 60% електричної енергії перетворюється на механічну. Водночас традиційні автомобілі використовують паливо з ефективністю 17-20%;

2. Електромобілі просто ідеальні з погляду екології під час експлуатації. Вони не забруднюють довкілля вихлопними газами;

3. Краще керування, за рахунок зниженому центру мас, так як значна частина ваги припадає на акумуляторну батарею, яка є днищем автомобіля;

4. Значно вища загальна потужність, та передача крутного пікового моменту вже з початку натискання на акселератор;

5. Знижені загальні шумові характеристики, як на зовні, так і в середині салону транспортного засобу. Краща аеродинаміка завдяки практично плоскому днищу кузова електромобіля.

5. Простіша конструкція системи «двигун–трансмсія–колісний модуль»;

6. Суттєво знижена трудомісткість проведення чергового ТО завдяки простішій механічній частині конструкції електромобіля.

Основними виробниками ринку електромобілів у світі можна вважати азійських виробників а саме:

– китайські компанії електромобілів бюджетного класу: BYD, GEELY, CHERY, Leapmotor, FEIFAN, GEOME, HONGCI, XPENG, TOMPSON і багато інших на фоні більше 300-т марок та автобрендів мають електромобілі бюджетного класу від 5 тисяч доларів до 20 тисяч доларів;

– преміального класу: GEELY (VOLVO, LOTUS, POLESTAR, ZEEKR, Lynk & Co), BYD (Denza by Mercedes) CHANGAN-HUAWEI, окремі компанії NIPHI, NIO, BYD, VOYAH, DIDI, YUAN-HAN, Li Auto, Great Wall Motors, WEY, ORA, ICAR, GAC, ARCFOX, концерн FAW Group (Hongqi) – є представниками преміальних гібридних та електричних преміальних авто з ціною від 30 тисяч доларів і вище. Правда є деякі автомобілі китайських виробників які коштують більше ніж 2 млн. доларів (гіперкари спортивного спрямування з високотехнологічних матеріалів), але це поодинокі прототипи у співпраці з європейськими, американськими чи японськими компаніями. До того ж суттєвий розвиток китайських виробників здебільшого полягає у державних програмах, залученні значних інвестицій, технологій, європейських з американських фахівців автомобілебудування.

– корейські виробники: Hyundai Motor (Ioniq), Kia Motors (EV).

– японські виробники: Honda, Toyota, Subaru, Nissan.

Важливими тенденціями розвитку електрифікації автомобілів є вдосконалення технологій, як створення транспортного засобу, так і збільшення ємності акумуляторних батарей до 150 кВт·год і вище, що вдається китайським виробникам особливо таким гігантам як BYD, CATL. До речі це два виробники, які забезпечують своїм продуктом не тільки внутрішній ринок, але і зовнішні світові компанії автопрому.

А що ж європейські компанії? Це питання можна вважати відкритим так, як азійський ринок в світових рейтингах має «шаленні» темпи зростання. Розвиток електрифікації європейських компаній дещо повільніший і навіть деякі потужності зосереджені у Китаї. Такі бренди Європи, як Volkswagen (серія ID), Audi (серія e-tron), Skoda, Mercedes-Benz AG (серія EQ, Smart), зосереджують свої потужності в Китаї.

Також європейські компанії наголошують на тому, що за період 2030-2035 років взагалі відмовляться від виробництва транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння.

Преміальні бренди все ж розробляють концепції нових електроавтомобілів, такі серійні прототипи преміального класу: Mercedes-Benz AG (серія EQ), BMW (серія IX), Porsche (Tauran), запустили серії електромобілів, які мають високий рівень розвитку електричних технологій. Не стоїть осторонь і такі концерни, як PSA, Abarth, Alfa Romeo, Chrysler, Citroën, Dodge, DS, Fiat, Jeep, Lancia, Maserati, Opel, Peugeot, Ram і Vauxhall. Всі потихеньку намагаються щось робити з електрифікацією транспортних засобів.

До речі тогорічним авто у Європі визнано Kia EV6, а у 2023 Jeep: Avenger і це електричні кросовери [2].

Компанія Dongfeng Motor випустила перші 50 електричних седанів E70 з інноваційними твердотільними акумуляторами. Дослідна експлуатація цих електромобілів почалася в таксопарках чотирьох китайських міст. Відомо, що різниця між традиційною і твердотільною батареєю полягає в її електроліті: при використанні твердого електроліту між анодом і катодом істотно збільшується щільність енергії і, отже, запас ходу, а також зменшуються габарити і вага акумуляторів.

Оскільки перегрів і переохолодження не роблять особливого впливу на їх функціонал твердотільні батареї можуть швидше заряджатися і мають більш тривалий термін служби, ніж батареї з рідкими електролітами.

Однак, попри багаторічні дослідження, до сьогоднішнього дня електромобілі з твердотільними батареями не випускаються. Хоча на початку минулого року компанія Nio і аносувала випуск електромобілів з твердотільними батареями ємністю 150 кВт·год.

У нових електромобілях DongFeng Aeolus E70 використовуються твердотільні батареї, розроблені спільно з фірмою Ganfeng Lithium Group. За прогнозами, твердотільні літійо-сірчані батареї ефективніше літій-іонних приблизно в п'ять разів.

Із Також співробітники Іллінойського університету створили перший робочий прототип літій-діоксид вуглецевого акумулятора. Така батарея має щільність зберігання енергії у сім разів більша, ніж літій-іонна. Чиказьким вченим вдалося позбутися головної нестачі літій-діоксид вуглецевих батарей (Li-CO<sub>2</sub>): малої кількості циклів перезарядки (близько 100), викликаній виділенням вуглецю під час хімічних реакцій. Для цього довелося змінити склад електроліту: до диметилсульфоксиду, який добре проводить іони, додали нанолусочки дисульфід молібдену. Гібридний електроліт дозволив запустити оборотний електрохімічний цикл, який повністю нейтралізує CO<sub>2</sub>, і досягти 500 циклів перезарядання. Щільність зберігання енергії такої батареї становить 1876 ват-годин на кілограм маси, що у сім разів більше, ніж можуть запропонувати нинішні літій-іонні акумулятори. Ще більший потенціал – у літій-сірчаних джерел струму: їхня теоретична питома ємність становить 2600 ват-годин на кілограм.

За результатами аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Тенденції розвитку та використання електромобілів невинно зростають і будуть зростати ще більше.
2. Перехідними технологіями в автомобілебудуванні є гібридні, які є найбільшою альтернативою іншим технологіям.
3. Поступово розвиваються технології такі, як з альтернативними паливами енергії: з паливними водневими елементами, біопалива, літальні технології (квадрокоптери).
4. Для України найбільш актуально здійснювати експлуатацію авто з гібридними технологіями.

#### Список використаних джерел

1. Zhao X, Wang L, Zhou Y, Pan B, Wang R, Wang L, Yan X (2022) Energy management strategies for fuel cell hybrid electric vehicles: Classification, comparison, and outlook. Energy Convers Manag 270:116179.
2. Аналіз визначення трудомісткостей проведення то концептуально різних середньорозмірних кросоверів [Текст] / М.В. Шаповал, В.В. Вірченко, О.С.Васильєв, М.О. Скорик // Інноваційні аспекти розвитку автомобільного транспорту України: зб. тез. доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Кам'янське, 16-18 травня 2023 р. – Кам'янське, 2023 – С. 18-21с.

*Шаповал Микола Віталійович* – к.т.н., доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, e-mail: [nvshapoval75@ukr.net](mailto:nvshapoval75@ukr.net).

*Орисенко Олександр Вікторович* – к.т.н., доцент, завідувач кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, e-mail: [oleksandr.orysenko@gmail.com](mailto:oleksandr.orysenko@gmail.com).

*Криворот Анатолій Ігорович* – к.т.н., доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, e-mail: [oleksandr.orysenko@gmail.com](mailto:oleksandr.orysenko@gmail.com).

*Вірченко Віктор Вікторович* – к.т.н., доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, e-mail: [virchenko.viktor@gmail.com](mailto:virchenko.viktor@gmail.com).

*Shapoval Mykola Vitaliyovych* - Ph.D., associate professor of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, e-mail: [nvshapoval75@ukr.net](mailto:nvshapoval75@ukr.net).

*Orysenko Oleksandr Viktorovich* – Ph.D., associate professor, Head of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, e-mail: [oleksandr.orysenko@gmail.com](mailto:oleksandr.orysenko@gmail.com).

*Kryvorot Anatolii Ihorovych* - Ph.D., associate professor, associate professor of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, e-mail: [anatoliikryvorot@gmail.com](mailto:anatoliikryvorot@gmail.com).

*Virchenko Viktor Viktorovich* - Ph.D., associate professor, associate professor of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, e-mail: [virchenko.viktor@gmail.com](mailto:virchenko.viktor@gmail.com).

УДК 656.13

С.А. Шевельков

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Розглянуто способи підвищення енергоефективності громадського транспорту, визначено основні заходи щодо ефективності пересування з мінімальною витратою енергії.

**Ключові слова:** підвищення енергоефективності, громадський транспорт, інструменти політики, транспортна політика та заходи, міське планування, місцева влада.

*Ways to increase the energy efficiency of public transport are considered, the main measures for the efficiency of movement with minimal energy consumption are determined.*

**Key words:** energy efficiency improvements, urban transport, policy instruments, transport policies and measures, urban planning, local authorities.

Енергоефективний транспорт потребує стимулювання на трьох різних рівнях. Існує потенціал для досягнення більшої енергоефективності транспортних засобів особистого користування (ефективність транспортного засобу) та поїздок (ефективність подорожей), а також усієї транспортної системи (ефективність системи).

Відповідно до цих трьох рівнів енергоефективності на транспорті є три основні стратегії підвищення енергоефективності:

- запобігання збільшеним обсягам транспортування та скорочення поточного попиту на транспорт;
- переорієнтація попиту більш ефективні види транспорту;
- удосконалення використовуваних транспортних засобів та видів палива.

Сумарна енергоефективність міської транспортної системи є наслідком експлуатаційних характеристик на всіх трьох рівнях (рис. 1) [1]:



Рисунок 1 – Три рівні енергоефективності в міському транспорті та ASI-підхід

Кожна зі стратегій звертається до різних рівнів енергоефективності: уникнення/скорочення попиту на транспорт підвищує ефективність системи, переорієнтування попиту – ефективність пересування, а вдосконалення транспортних засобів та видів палива підвищить ефективність транспортного засобу [2].

Ефективність системи – стратегія уникнення/скорочення

Ефективність системи обумовлена тим, як генерується попит на транспорт, і навіть різні засоби пересування. Дослідження показали, що попит на транспорт піддається впливу з боку інфраструктури та міських структур. Витрата енергії на душу населення зростає пропорційно в міру падіння міської густини. Скорочення обсягу руху є вирішальний аспект у справі забезпечення енергоефективності транспорту. Тому при плануванні землекористування має оптимізуватися розміщення поселень та виробничих структур для запобігання руху або скорочення відстаней, на які здійснюються поїздки. Щільна міська структура з використанням змішаного типу перевезень має істотне значення для забезпечення високої ефективності системи, адже вона відрізняється більш короткими відстанями, на які здійснюються поїздки, а також перехід з автодорожнього транспорту (що займає величезні площі) на інші, найбільш ефективні методи пересування, наприклад ходьбу пішки, їзду велосипедом, громадським транспортом. Передумови ефективності системи включають як ущільнену міську систему, так й належне управління попитом на транспорт і наявність відповідної мережі громадського транспорту.

Ефективність подорожей – стратегія переорієнтації

Ефективність пересування пов'язана з витратою енергії, що виникає від різних способів пересування. Основними параметрами ефективності пересування є відносні переважання різних видів транспорту (розподіл за видами транспорту) та коефіцієнти завантаження транспортних засобів. Питома витрата енергії на пасажиро-кілометр або на тонно-кілометр варіює у різних способів пересування. Ефективний шлях підвищення енергоефективності – це стимулювання пасажирів або перевізників для використання більш ефективних форм транспорту, наприклад, громадського та немоторизованого тощо.

Загалом, приватні моторизовані види транспорту є набагато менш енергоефективними, ніж громадський транспорт. Інші важливі альтернативи включають безмоторні види транспорту, які взагалі не потребують пального. Споживання енергії на душу населення значною мірою залежить від завантаженості використовуваних транспортних засобів.

Необхідно скоротити пересування приватним моторизованим транспортом, збільшити частку немоторного та громадського транспорту, особливо в міських районах де більшість поїздок передбачає відстань менше п'яти кілометрів. Можна вжити низку заходів, щоб заохотити громадян долати такі відстані на велосипеді чи пішки, таким чином уникаючи непотрібної витрати пального. Для тривалих подорожей громадський транспорт є альтернативою автомобілів. Збільшення частки громадського транспорту призведе до підвищення заповнюваності автобусів і поїздів, що ще більше підвищить їх енергоефективність.

Ефективність транспортного засобу – стратегія удосконалення

Скорочення витрати палива транспортними засобами з розрахунку на кілометр пробігу збільшує їхню ефективність. Цього можна досягти удосконаленням технологій та конструкції, а також за рахунок ефективної техніки водіння. Ці заходи можна поєднати у вигляді трьох категорій:

- удосконалення існуючих транспортних засобів;
- нові концепції палива;
- розробка нових концепцій для автомобілів.

Стратегія вдосконалення важлива не лише для приватних автомобілів, а й для вантажного та громадського транспорту. Специфічні заходи для пасажирських автомобілів включають використання легковагих матеріалів, зменшення розмірів (скорочення габаритів двигуна та розмірів автомобіля), а також використання гібридних двигунів. Поєднання таких заходів значно скорочує витрати енергії порівняно із середньою легковою машиною. Зіставлення різних автомобілів з однаковими параметрами, в яких витрата може варіювати в діапазоні до 20 %, наголошує на потенційних перевагах технологій транспортних засобів.

Такі вдосконалення технологій здебільшого належать до завдань виробників транспортних засобів та науково-дослідних інститутів. Проте, законодавство та податкові заходи можуть послужити важливими рушіями технологічного прогресу та національні адміністративні органи

можуть підтримати поширення ефективних технологій на ринку, задавати нормативи, посилювати розуміння проблем, а також стимулювати споживачів купувати більш енергоефективні транспортні засоби. Місцеві визначення досягнутої економії енергії необхідно користуватись деякими індикаторами, які сукупно описують експлуатаційні характеристики транспортної системи на всіх трьох рівнях ефективності.

Якщо індикатори піддаються безперервній оцінці, то можливо здійснити моніторинг довгострокового розвитку транспортної системи. Більшість індикаторів ґрунтуються на місцевій статистиці або потребують досліджування ситуацій з пасажирями, домашніх господарств. Наявність обмежених даних часто заважає належному плануванню або адекватній оцінці заходів щодо забезпечення енергоефективності [3].

Згідно плану сталої міської мобільності м. Житомир розвиток йде у напрямках [4]:

- стимулювання пересуватися пішки:
  - забезпечення якісної пішохідної інфраструктури, придатної для пересування маломобільних категорій населення;
  - розвиток системи зелених коридорів переміщення пішоходів містом;
  - розвиток пішохідних просторів та покращення якості громадського простору;
  - підвищення інформованості людей стосовно можливостей та мотивація пересуватись пішки.
- велосипедний рух:
  - створення безпечних і комфортних умов для руху велосипедистів;
  - підвищення привабливості велосипедного транспорту;
  - створення умов для безпечного зберігання велосипедів;
- громадський транспорт.

У Житомирі майже половина пересувань (46%) здійснюється громадським транспортом, тому важливо забезпечити його пасажирів вчасними, якісними та доступними послугами. Для цього має бути реалізований ряд заходів, що спрямовані на досягнення таких цілей:

1. Підвищення якості обслуговування пасажирів громадським транспортом;
2. Використання транспорту з вищим рівнем екологічності;
3. Інтеграція громадського транспорту в єдину систему;
4. Підвищення фінансової ефективності громадського транспорту;
5. Надання пріоритету громадському транспорту при організації дорожнього руху.

#### Список використаних джерел

1. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (2008): Transport in China. Energy Consumption and Emissions of Different Transport Modes. IFEU, Heidelberg.
2. Asian Development Bank. A new paradigm for sustainable urban transport. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank, 2009.
3. Kojima, K. and Ryan, L. (2010): Transport Energy Efficiency. Implementation of IE A Recommendations since 2009 and next steps. IE A Energy Efficiency Series.
4. План сталої міської мобільності м. Житомир.

**Шевельков Сергій Андрійович** – магістрант, кафедра автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, [S\\_serga@ukr.net](mailto:S_serga@ukr.net)

**Serhiy Andriyovych Shevelkov** – Master's student, Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr., [S\\_serga@ukr.net](mailto:S_serga@ukr.net)

УДК 621.787.4

**І.В. Шепеленко, В.П. Шумляківський, Я.Б. Немировський, С.О. Магопечь**  
**ПРИСКОРЕННІ ВИПРОБУВАННЯ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВЗ**

*Запропоновано та використано конструкцію пристрою для дослідження зносостійкості робочої поверхні гільзи, особливістю якої є наявність контртіла, що моделює роботу поршневих кілець. Використання такого рішення забезпечило значне скорочення часу випробувань на зносостійкість гільзи з врахуванням особливостей її роботи з поршневими кільцями.*

**Ключові слова:** гільза циліндрів, зносостійкість, антифрикційне покриття, прискоренні випробування, контртіло.

*The design of a device for studying the wear resistance of the working surface of the liner, which is characterised by the presence of a counterbody that simulates the operation of piston rings, has been proposed and used. The use of such a solution provided a significant reduction in the time of tests for the wear resistance of the liner, taking into account the peculiarities of its work with piston rings.*

**Key words:** cylinder liner, wear resistance, anti-friction coating, accelerated testing, counter body.

**Вступ.** Доцільність та ефективність використання технології фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО) при відновленні гільз циліндрів ДВЗ доведена в роботах [1, 2 та ін.]. Разом з підвищенням якості нанесення антифрикційного покриття авторами [3, 4] обґрунтовано покращення фізико-механічних та трибологічних характеристик робочої поверхні деталі, а також отримання шорсткості поверхні близькою до експлуатаційної.

Одним з етапів впровадження запропонованої технології відновлення деталей є проведення стендових випробувань. При цьому дуже важливим є відтворення умов роботи пари тертя. Враховуючи те, що традиційні методи та установки не завжди дозволяють в точності відтворити умови роботи пари тертя «гільза – кільце», а також пов'язані з витратою часу на проведення прискорених випробувань на зносостійкість гільз циліндрів запропоновано новий підхід до проведення випробувань на зносостійкість гільз циліндрів [5].

Методика проведення прискорених зносостійких випробувань стало результатом досліджень та аналізу напружено-деформованого стану в зоні контакту поршневого кільця з робочою поверхнею гільзи та враховує закономірності перебігу процесів, що відбуваються в антифрикційному покритті нанесеному ФАБО. Отже, при моделюванні зносу антифрикційного покриття створювалася періодична дія розтягуючих та стискаючих напружень у поєднанні зі звичайним зносом.

**Результати дослідження.** Встановленні закономірності лягли в основу розробки конструкції контртіла, що взаємодіє з поверхнею гільзи [6]. Особливістю конструкції контртіла є наявність на її зовнішній поверхні виступів, кожне з яких моделює кільце, що одночасно працює у пристрої [5]. Це має забезпечити значне скорочення часу випробувань на зносостійкість гільз циліндрів при максимальній відповідності умов роботи поршневого кільця.

Відповідно до зазначеного була виготовлена конструкція контртіла (рис. 1), що являє собою пружне розрізне кільце з пазами. Зазначимо, що розміри виступів відповідали розмірам кілець, а їх кількість – числу поршневих кілець, одночасно працюючих в моделюючому пристрої.

Така конструкція контртіла разом гільзою встановлювалася на токарно-гвинторізний верстат, де проводилися випробування. Це дозволило провести 2 годинне припрацювання пари «гільза – кільце», яке зазвичай виконується при стендових випробувань, за 30 хв. при використанні моделюючого пристрою на токарно-гвинторізному верстаті 16К20 при  $n_{ш} = 80$  об/хв (рис.2).

Результати зносостійких випробувань ще раз підтвердили ефективність комбінованої технології обробки гільз циліндрів з використанням ФАБО і деформуючого протягування (рис. 3).

Зменшення зносу поверхні гільзи після комбінованого протягування і хонінгування у порівнянні з існуючим технологічним процесом (хонінгування) слід пояснити отриманням практично рівноважної шорсткості, а також зміцненням поверхневого шару. Подальше



зменшення зносу при застосуванні ФАБО після протягування, на наш погляд, пов'язано наявністю антифрикційного покриття, що зменшує не лише коефіцієнт тертя, але і слугує твердим мастилом [7, 8].



Рисунок 1 – Конструкція контртіла при проведенні дослідження зношування пари тертя «гільза – кільце».



Рисунок 2 – Робоча зона установки для дослідження зношування пари тертя «гільза – кільце».

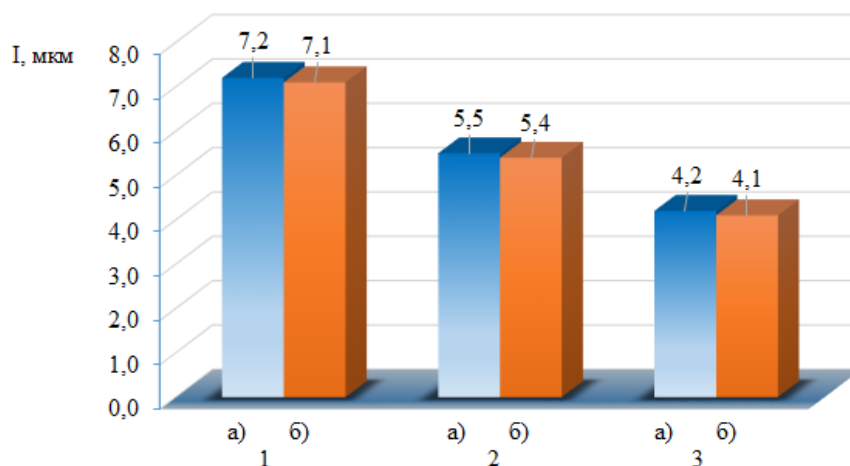


Рисунок 3 – Результати випробувань на зносостійкість гільз циліндрів, оброблених: 1 – розточуванням і хонінгуванням; 2 – комбінованим протягуванням і хонінгуванням; 3 – комбінованим протягуванням і ФАБО; а) – після 2-х годинних стендових випробувань; б) – за розробленою методикою.

Проведенні дослідження дозволяють стверджувати, що використання запропонованої методики дозволяє значно скоротити (в 4 рази) час проведення випробувань на зносостійкість гільз циліндрів ДВЗ.

Список використаних джерел

1. Паніна В.В. Спосіб відновлення гільз циліндрів з використанням ФАБО/ В.В. Паніна, Г.І. Дашивець // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2015. – Вип. 5, Т. 1. – С. 134–139.
2. Шепеленко І.В. Технологія зміцнення робочої поверхні гільз циліндрів із забезпеченням їх антифрикційних властивостей/ І.В. Шепеленко, Я.Б. Немировський, Е.К. Посвятенко// Технологія і техніка друкарства. – 2022. – № 1(75). – С. 29–36. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(75\).2022.266644](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(75).2022.266644).
3. Шепеленко І.В. Підвищення якості антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування/ І.В. Шепеленко, Я.Б. Немировський, Е.К. Посвятенко// *Mechanics and Advanced Technologies*, 2022. – Т. 6, № 1. – С.24–30.
4. Nemyrovskiy Yakiv, Shepelenko Ihor, Osin Ruslan, Posviatenko Eduard. Improving the processing quality of cylinder liners using combined technology. *Cutting and Tools in Technological Systems*. 2022; 96: 121–130. <http://rits.khpi.edu.ua/article/view/252506>.
5. Спосіб прискорених випробувань на зносостійкість гільз циліндрів // Патент на корисну модель № 153736, Україна. 2023. Шепеленко І.В., Магопець С.О., Красота М.В., Бевз О.В., Василенко І.Ф., Осін Р.А., Катеринич С.Є. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=286033>.
6. Шепеленко І.В., Немировський Я.Б., Магопець С.О., Красота М.В. Проведення прискорених зносостійких випробувань гільз циліндрів // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС - 2023): матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції (25–26 травня 2023 р.): у 2-х т. – Чернігів, 2023. – Т.1. С. 110 – 112. <https://drive.google.com/file/d/1xuW35h8W5s5MuzPfaF6hZrrSfVwuhD-r/view?pli=1>.
7. Shepelenko, I., Nemyrovskiy, Y., Stepchyn, Y., Mahopets, S., Melnyk, O. (2024). Creation of a Combined Technology for Processing Parts Based on the Application of an Antifriction Coating and Deforming Broaching. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) *Advanced Manufacturing Processes V. InterPartner 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_19).
8. Шепеленко, І.В., Немировський, Я.Б., Посвятенко, Е.К. (2022). Підвищення якості антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування. *Mechanics and Advanced Technologies*, 6(1). <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2022.6.1.255655>.

**Шепеленко Ігор Віталійович** – д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: [kntucpfzk@gmail.com](mailto:kntucpfzk@gmail.com).

**Шумляківський Володимир Петрович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», e-mail: [shumliakivskyiv@ztu.edu.ua](mailto:shumliakivskyiv@ztu.edu.ua).

**Немировський Яків Борисович** – д.т.н., професор кафедри механічної інженерії, Державний університет «Житомирська політехніка», e-mail: [kmi\\_nyab@ztu.edu.ua](mailto:kmi_nyab@ztu.edu.ua).

**Магопець Сергій Олександрович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: [magserg@ukr.net](mailto:magserg@ukr.net).

**Shepelenko Ihor** – Doctor of Technical Science, professor, professor department of Exploitation and repairing machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: [kntucpfzk@gmail.com](mailto:kntucpfzk@gmail.com).

**Shumliakivsky Volodymyr** – Ph.D, associate professor, Head of the Department of Automotive and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, e-mail: [shumliakivskyiv@ztu.edu.ua](mailto:shumliakivskyiv@ztu.edu.ua).

*Nemyrovskiy Yakiv* – Doctor of Technical Science, Professor of the Department of Mechanical Engineering, Zhytomyr Polytechnic State University, e-mail: [kmi\\_nyab@ztu.edu.ua](mailto:kmi_nyab@ztu.edu.ua).

*Mahopets Sergey* – Ph.D, associate professor, Head of the department of Exploitation and repairing machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: [magserg@ukr.net](mailto:magserg@ukr.net).

УДК 656.073.9

І.А. Шльончак, А.В. Йовченко

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ

Показано моделювання працездатності сконструйованого такелажного візка для перевезення великогабаритних та великовагових вантажів у складських комплексах або автосервісних підприємствах. В роботі використано систему Solidworks з метою моделювання навантаження умовним великоваговим та великогабаритним вантажем. В результаті цього була встановлена залежність деформації опорної поверхні такелажного візка від сили, що діє на неї.

**Ключові слова:** такелажний візок, симуляція навантаження, деформація, вантажні перевезення, підйомно-транспортне обладнання.

*The performance check of the designed rigging trolley for the transportation of large-sized and heavy loads in warehouse complexes or car service enterprises is shown. The Solidworks system was used in the work for the purpose of modeling the load with conditional heavy and large-sized cargo. As a result, the dependence of the deformation of the supporting surface of the rigging trolley on the force acting on it was established.*

**Keywords:** rigging trolley, load simulation, deformation, cargo transportation, lifting and transport equipment.

В наш час, не зважаючи на суттєвий розвиток новітніх технологій, підйомно-транспортне обладнання потребує оновлення та постійного вдосконалення. Одним із способів підвищення ефективності транспортного обладнання є впровадження адаптивного такелажного візка. Особливо, коли мова йде про великогабаритні чи великовагові вантажі, які, часом, неможливо або занадто важко транспортувати на автосервісному підприємстві [1, 2]. Під такелажним візком розуміється транспортна опора, що застосовується для переміщення вантажу великих габариту чи ваги. Транспортування відбувається за допомогою опори на спеціальні чотири ролики [2].

Застосовуючи такелажне обладнання, потрібно звернути увагу на особливості транспортування вантажів. Зокрема необхідно врахувати масові показники вантажів, їх розміри та форму, опірність конструкції візка та кількість роликів. Ці параметри є визначальними, коли мова йде про вибір кількості такелажних візків, що використовуються під час переміщення вантажів в складських комплексах чи на автосервісних підприємствах [3].

Необхідно зазначити, що важливим елементом проєктованого такелажного візка, окрім чотирьох опорних роликів, виготовлених з поліуретана, є опорна поверхня. Остання в свою чергу відіграє неабияку роль в конструкції такелажного візка щодо сприйняття навантаження в умовах переміщення та деформації. Вибір матеріалу опорних роликів обумовлений значно більшою вантажопідйомністю вибраного матеріалу, довготривалим життєвим циклом. Адже поліуретан – це матеріал, який здатний стійко витримувати вплив оливо та розчинників, витримувати екстремальні температури або унеможливити пошкодження напольного покриття [3, 4]. Поліуретани застосовують як діелектрики, які одержують безпосередньо в місці збереження деталей від вібрації, проникнення вологи, утворення плісняви, а також від корозії. Завдяки хорошим механічним властивостям поліуретани придатні для зміцнення навіть конструкційних деталей літаків [3, 4].

Потрібно зазначити, що питання поліпшення виробничого фонду автосервісних підприємств у сфері навантажувально-рвантажувальних робіт, досить поширене в науковому світі. Однак, в попередніх авторських роботах [2, 5] було встановлено розподіл реакцій на осі розробленого такелажного візка та проведено силовий розрахунок запропонованої конструкції. За допомогою комп'ютерного моделювання в системі Solidworks було перевірено працездатність такелажного візка з точки зору міцності опорної поверхні від умовного навантаження, що склало 30 кН, переміщення та деформації (рис. 1-3).

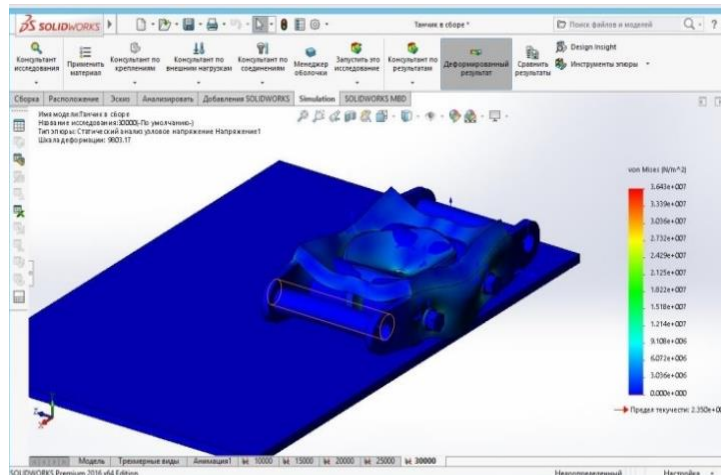


Рисунок 1 – Залежність напруження опорної поверхні від навантаження 30 кН

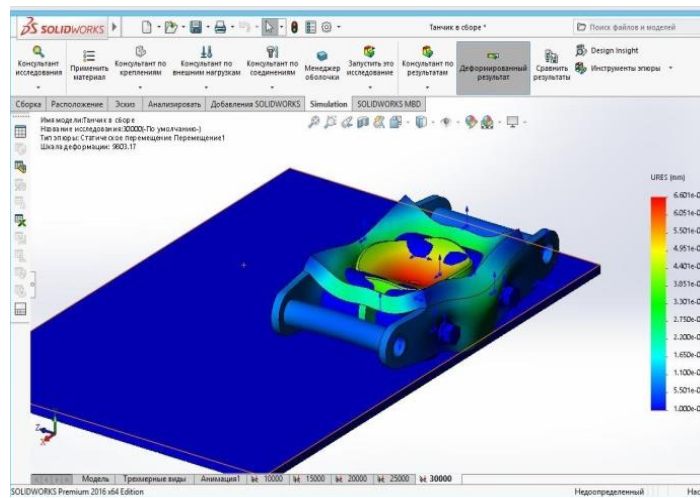


Рисунок 2 – Залежність переміщення опорної поверхні від навантаження 30 кН

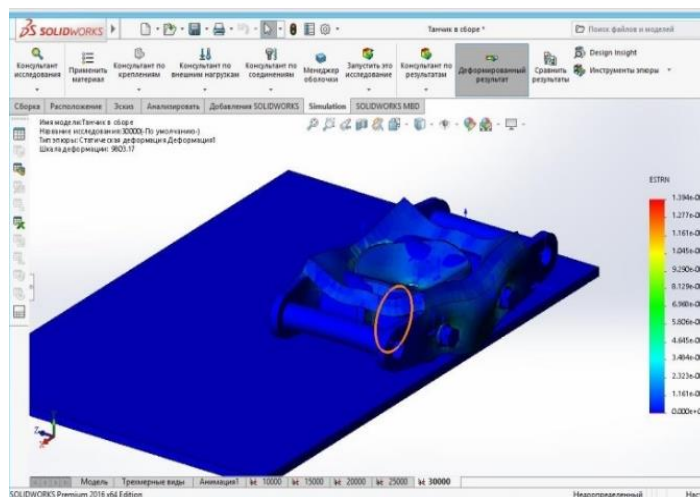


Рисунок 3 – Залежність деформації опорної поверхні від навантаження 30 кН

Під час транспортування великогабаритних та великовагових вантажів на кожен опорний ролик перпендикулярно прикладається відповідне навантаження. Якщо переміщення вантажу організувати правильно, то навантаження буде розміщуватися на опорній поверхні візка рівномірно. Система проєктування SolidWorks Simulation дозволила змоделювати відповідні навантаження та встановити напруження, переміщення та деформації опорної поверхні сконструйованого візка.

Список використаних джерел

1. Лудченко А. О. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: підручник. Київ: Вища шк., 2007. 527с.
2. І.А. Шльончак, А.В. Йовченко, А.М. Крейда, Є.А. Усенко «Розрахунок та конструювання такелажного візка для перевезення великогабаритних і великовагових вантажів на автотранспортних підприємствах та складських комплексах», Вісник ХНТУ. Херсон - 2021 – №3(78) – с. 75 - 82.
3. "Промислові полімери" та "Основи технології виробництва полімерних матеріалів" : навчальний посібник до дисципліни та практикумів для студентів хімічного факультету / упорядн. І. О. Савченко, В. Г. Сиромятніков. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. – 112 с.
4. Суберляк, О.В., Баштанник П. І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів / Суберляк О. В., Баштанник П. І. – Л. : Вид "Растр-7", 2007. – 376 с
5. І.А. Шльончак, А.В. Йовченко, Д.Р. Оліхнович, Є.А. Усенко «Розробка підйомно-транспортного обладнання для перевезення великовагових та великогабаритних вантажів в системах автосервісу», Наукові праці ХНАДУ. - Харків - 27-29 жовтня 2021 – с. 145-147.

**Шльончак Ігор Анатолійович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та технології їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м.Черкаси, e-mail: igor\_shlionchak@ukr.net, i.shlionchak@chdtu.edu.ua

**Йовченко Алла Василівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та технології їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м.Черкаси, e-mail: a.yovchenko@chdtu.edu.ua

**Shlionchak Ihor Anatoliyovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of automobiles and technologies of their operation, Cherkassy State Technological University, Cherkassy, e-mail: igor\_shlionchak@ukr.net

**Yovchenko Alla Vasylivna** – Ph.D., associate professor of the Department of automobiles and technologies of their operation, Cherkassy State Technological University, Cherkassy, e-mail: a.yovchenko@chdtu.edu.ua

УДК 62-231.311.2

А.М. Шостачук, С.В. Мельничук

## ГРАФИ ПЛОСКИХ ВАЖИЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ II ТА III КЛАСІВ

**Анотація.** Розглянуто графи плоских важільних механізмів II і III класів, як продовження попередніх досліджень, присвячених побудові графів механізму I класу, кінематичних пар та структурних груп. Запропоновано два підходи до створення графів механізмів, розглянуто деякі властивості таких графів. В тому випадку, коли для одного механізму при виборі різної початкової ланки має місце різна структурна формула, графи мають теж відмінний вигляд.

**Ключові слова:** механізм, важіль, структурна група, граф, вершина, ребро.

**Abstract.** They considered the graphs of class II and III plane lever mechanisms, as a continuation of the previous studies devoted to the construction of the class I mechanism graphs, the kinematic pairs and the structural groups. It was proposed two approaches to creating the graphs of mechanisms and it was considered some properties of such graphs. In the case when the different initial links are chosen for the same mechanism, a different structural formula takes place; the graphs also have a different appearance.

**Keywords:** mechanism, lever, structural group, graph, top, edge.

Як відомо, графами називають діаграми, які складаються з точок та ліній. Тут точки мають назву вершин, і лінії називають ребрами. Як відомо, між ланками в механізмі в кінематичних парах існують дозволені рухи, які можна на графі зображати ребрами, а самі ланки, або інші структурні елементи тоді можна буде зображати вершинами. В деяких попередніх роботах авторами було запропоновано графи структурних одиниць, з яких складається механізм: ланок, кінематичних пар та структурних груп.

Даною роботою з цієї теми є графи плоских важільних механізмів, які призначені для перетворення механічного руху та з яких (а також джерела енергії, яке не є предметом розгляду в механіці машин), власне, і складається будь-яка транспортна або технологічна машина. Саме плоскі механізми обрані внаслідок їх найширшого використання в сучасних машинах, та таких, що є простішими від просторових механізмів. Крім того, ми обмежилися механізмами другого та третього класів, по причині також найбільшої поширеності, особливо це стосується механізмів другого класу. Механізм, які і його складові – ланки, кінематичні пари та структурні групи є деякою структурою, яка складається з ланок, між якими, якщо вони утворюють кінематичні пари, існують певні зв'язки (або, іншими словами, накладаються певні обмеження на взаємний рух ланок). Так як і у випадку з графами кінематичних пар та структурних груп, доцільно структурні елементи (ланки, структурні групи) зображати вершинами, а зв'язки між ними (дозволені рухи) – ребрами.

Оскільки механізм утворюється приєднанням до механізму I класу структурних груп, особливий інтерес представляє граф механізму, якщо його розглядати, як такий, що утворений не ланками (кінематичними парами), а саме структурними групами. Звідси можемо бачити на такому графі, особливості структурної будови механізму.

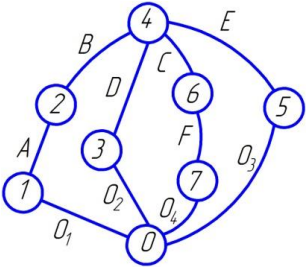
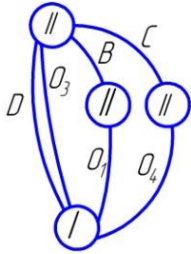
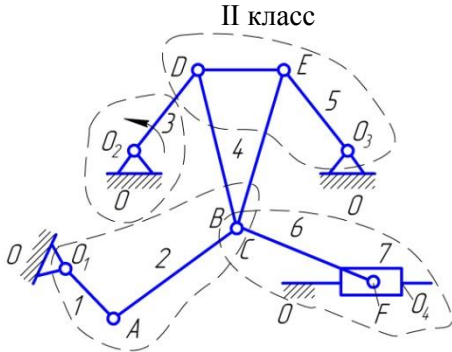
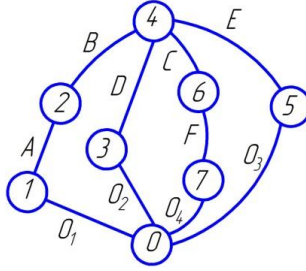
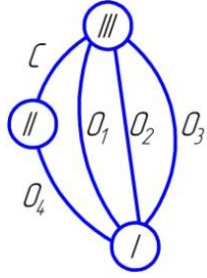
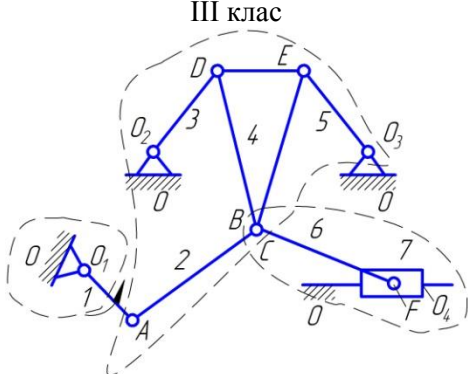
В таблиці 1 представлено приклади графів плоского механізму. В першому випадку початковий механізм (кінематичне з'єднання ланок 0 та 3) обрано таким чином, що механізм розбивається на механізм першого класу та три структурні групи II класу. Відповідно, спрощений граф представляє собою 4 вершини (одна, позначена цифрою I означає механізм I класу, три інших, позначених цифрою II, зображують структурні групи II класу) та 6 ребер.

Якщо при розбитті механізму в якості механізму I класу обрано кінематичне з'єднання ланок 0 і 1, то далі механізм розбивається на дві структурні групи, одна з яких є групою III класу, інша – II класу. Компактний граф механізму в цьому випадку складається з трьох вершин та п'яти ребер. Одна вершина з цифрою I означає механізм I класу, дві інші – структурні групи III та II класів. Три ребра  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$  показують кінематичні пари, утворені ланками структурної групи III класу та стояком  $O$ .

До властивостей графів відносять кількість ребер і вершин, зв'язність, замкненість, суміжність, інцидентність, орієнтованість та операції над графами (рис.1). Зупинимося на найбільш очевидних. Розглянемо розбиття I, зокрема структурну групу II класу, яка складається

з ланок 6 та 7, і приєднується до ланок 4 та 7, утворюючи кінематичні пари відповідно  $C$  та  $O_4$ . Якщо таку структурну групу вилучити з механізму, не порушуючи роботи механізму, то при цьому перестануть існувати кінематичні пари  $C$  та  $O_4$ . Тому, якщо в розбитті  $I$  вилучається вершина  $II$  з ребрами  $C$  та  $O_4$ , в механізмі залишається дві структурні групи  $II$  класу, одна з яких приєднується ланками 3 і 5 до стояка  $O$ , а друга приєднується ланками 1 та 2 відповідно до стояка та вищевказаної структурної групи. Утворений граф також представляє собою замкнений геометричний контур, в якому всі ребра (кінематичні пари) беруть початок і закінчуються у вершинах (кінематичних парах).

Таблиця 1. Графи плоских важільних механізмів  $II$  та  $II$  класів

Граф		Механізми
детальний вигляд	спрощений вигляд	
Розбиття $I$		
		
Розбиття $II$		
		

Таким чином, всі графи є замкненими контурами, це пояснюється тим, що плоскі механізми робочих та транспортних машин призначені для перетворення механічного руху, який, як правило, розглядається відносно стояка, тобто закони руху вхідної та вихідної ланок обумовлені рухом цих ланок відносно стояка. Розглянемо залежність між кількістю ребер та вершин. На кінематичній схем механізму кількість ребер на два більша за кількість вершин (10 і 8). На графах кількість ребер теж є більшою за кількість вершин на дві одиниці, але якщо на першому різниця утворюється числами 6 і 4, то на другому ця різниця виходить з чисел 5 і 3. Якщо взяти найпростіший кривошипно-коромисловий механізм, який складається з чотирьох ланок (стояк і три рухомі ланки), то його граф буде складатися з двох вершин (механізм  $I$  класу та структурна група  $II$  класу) та двох ребер, перше з яких буде представляти кінематичну пару, утворену кривошипом та однією з ланок структурної групи, а друге – кінематичну пару, утворену стояком то другою ланкою структурної групи.



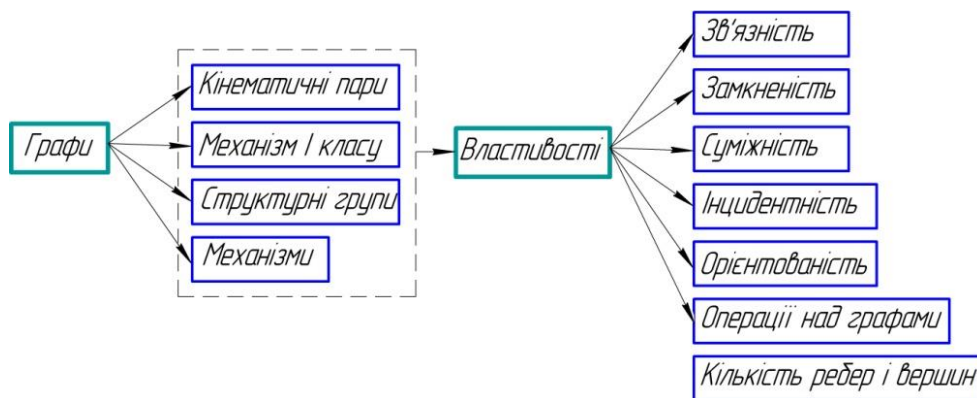


Рисунок 1 - Графи та їх властивості механізмів і структурних одиниць

**Висновки та перспективи подальших досліджень.**

1. Запропоновано графи плоских важільних механізмів II та III класів в детальному та компактному видах.
2. Розглянуто деякі властивості графів механізмів II та III класів – кількість ребер та ланок і замкненість графів.
3. Далі пропонується з'ясувати вигляд та дослідити інші властивості графів плоских важільних механізмів.
4. Доцільно розглянути графи механізмів, які мають в своєму складі кілька механізмів I класу.

**Список використаних джерел**

1. Шостачук А.М. Графи плоских важільних механізмів. Науковий пошук молодих дослідників: збірник наукових праць студентів, магістрантів та викладачів / за заг. ред. Карплюк С.О., Вербівського Д.С., Єремєєвої В.М., Бенедисюк М.М., Толстової О.В. – Житомир: Вид-во ЖДУ імені І. Франка, 2019. – Вип. 12. С.99-102.
2. А.М. Шостачук, С.В. Мельничук, Ієрархія графів деяких структурних одиниць плоских важільних механізмів Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки 16-20, 26 травня 2022 року. – Житомир: Житомирська політехніка, 2022. – С.26-27.
3. А.М. Шостачук,, О.М. Пилипенко. Деякі особливості графів структурних груп (груп Ассура) II-IV класів. Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Перспективи розвитку машинобудівної інженерії та транспортних технологій» (присвяченої Дню науки) 16 травня 2023 року. – Житомир: Житомирська політехніка, 2023. – С.55-56.
4. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. – К.: Наукова думка. – 2002. – 661 с.
5. Кузьменко В.В., Швачич Г.Г., Рижанкова Г.І., Пасинков В.М. Основи дискретної математики. Розділ «Елементи теорії графів»: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2004. – 38с.

**Шостачук Андрій Миколайович**, кандидат технічних наук, доцент, викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін, Житомирський агротехнічний фаховий коледж, Житомир, [vbnauka@i.ua](mailto:vbnauka@i.ua).

**Мельничук Сергій Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Автомобільний транспорт», Житомирський агротехнічний фаховий коледж, Житомир, [sergij.m@ukr.net](mailto:sergij.m@ukr.net).

**Shostachuk Andrii Mykolaiovych**, candidate of technical sciences, Ph.D., teacher of Department of General Technical Discipline, Zhytomyr Agricultural Technical Professional College, [vbnauka@i.ua](mailto:vbnauka@i.ua).

**Melnychuk Sergii Volodymyrovych**, candidate of technical sciences, Ph.D., head of Department of Automobile Transport, Zhytomyr Agricultural Technical Professional College, [sergij.m@ukr.net](mailto:sergij.m@ukr.net).

УДК 656.073 : 502.131

В.П. Шумляківський, С.М. Чевська

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТ

*Розглянуто актуальність та важливість впровадження сучасних транспортних технологій у контексті сталого розвитку міст та ефективної доставки харчових продуктів. Акцентовано на значущості транспортних технологій та ролі IoT, Big Data та автономних транспортних засобів у формуванні ефективних логістичних рішень. Запропоновано впровадження інноваційних транспортних технологій для оптимізації процесів доставки продуктів харчування, використання IoT та Big Data у логістичних рішеннях, а також для підвищення ефективності "останньої милі" в міських умовах.*

**Ключові слова:** транспортні технології, логістика, сталий розвиток міст, оптимізація транспортних систем, IoT, Big Data, автономний транспорт, доставка харчових продуктів, остання миля.

*The relevance and importance of implementing modern transport technologies in the context of sustainable urban development and efficient food delivery are discussed. Emphasis is placed on the significance of transport technologies and the role of IoT, Big Data, and autonomous vehicles in shaping effective logistical solutions. The introduction of innovative transport technologies is proposed for optimizing food delivery processes, utilizing IoT and Big Data in logistical decisions, and enhancing the efficiency of the "last mile" in urban settings.*

**Keywords:** transport technologies, logistics, sustainable urban development, transport system optimization, IoT, Big Data, autonomous transport, food delivery, last mile.

Згідно з Всесвітньою продовольчою програмою, понад 345 мільйонів людей у світі зазнають продовольчої нестабільності. Проте, значна частина продуктів харчування втрачається через проблеми в транспортних технологіях. Звіт Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН підтверджує, що понад третина всієї виробленої їжі щорічно стає відходами, і велика частина цього виникає через недоліки в транспортних системах.

У світлі прискореної урбанізації, з урахуванням того, що понад 55% світового населення вже мешкає в містах, транспортні технології набувають первинної важливості. За прогнозами ООН, до 2050 року цей показник досягне 68%. Це вимагає від нас перегляду та оптимізації міських транспортних систем, активного впровадження екологічних транспортних рішень, підвищення логістичної ефективності, модернізації транспортних мереж та інтеграції передових технологій для підвищення безпеки та продуктивності.

Транспорт є вітальним елементом у глобальних ланцюгах постачання продуктів харчування. Реалізація вищезазначених завдань може суттєво знизити втрати харчових продуктів, гарантуючи ширший доступ до їжі та зменшуючи екологічний вплив транспорту. Тому першочерговим є введення інноваційних транспортних технологій, які відповідали б викликам сучасності, сприяючи створенню ресурсоефективної, стійкої та гнучкої транспортної системи для сталого розвитку міст і продовольчої безпеки громадян.

Основними проблемами, через які постає питання поєднання ідеї сталого розвитку міст в галузі транспортних технологій з відсутністю відходів харчових продуктів, є:

- ефективність транспортування: недоліки в транспортних системах призводять до втрати значної частини виробленої їжі. Наприклад, пошкодження продуктів під час перевезення, довгі маршрути, недостатнє обладнання та відсутність потрібної кількості транспортних засобів приводять до втрати приблизно 2,5 мільярда тонн продуктів щорічно;
- екологічний вплив транспорту: згідно з дослідженням, опублікованим на сайті Комітету Європи, на транспорт, що задіяний в харчовій промисловості, припадає 19% від загальних викидів, спричиненими роботою харчової промисловості. Продовольчі милі (вимірюються як тонно-кілометри (ткм), транспортування 1 тонни їжі на 1 км – це пройдена відстань, помножена на масу харчового продукту, що транспортується), становлять лише 18% від

загальної кількості вантажних миль, але дослідники виявили, що викиди від них становлять 27% від загальної кількості вантажних викидів;

- перенавантаження транспортних систем: Згідно статистиці, опублікованій Європейською Комісією, за останніми даними 2021 року середня кількість легкових автомобілів на жителя ЄС зросла з 0,53 до 0,57, що призводить до збільшення транспортних проблем, таких як затори. Крім того, короткі поїздки для закупівлі продуктів можуть збільшити навантаження на транспортну систему та споживання пального;
- здоров'я населення: викиди від транспорту містять токсичні забруднювачі, які можуть спричинити ряд захворювань, включаючи рак, серцево-судинні та респіраторні захворювання.

Враховуючи ці виклики, ключовим є розробка та впровадження інноваційних транспортних технологій, які можуть забезпечити ефективне, екологічно чисте та надійне транспортування продуктів харчування. Такі технології не тільки допоможуть зменшити втрати продуктів, але й знизити екологічний вплив транспорту, покращити здоров'я населення та відповідати потребам швидко зростаючих міських населених пунктів. Напрямки, які можуть сприяти вирішенню вищеперерахованих проблем:

- впровадження концепції доставки готових наборів свіжих продуктів харчування до споживача (Meal Kit Delivery) може зменшити відходи та оптимізувати логістику. Це забезпечує споживачам потрібну кількість інгредієнтів, зменшуючи втрати продуктів та кількість поїздок до магазинів;
- інтелектуальний транспорт та IoT: використання IoT в транспортних системах дозволяє відстежувати умови доставки, зокрема температуру, вологість та стан товарів. Це зменшує ризик псування продуктів та відходів. Інтелектуальні системи паркування можуть допомогти водіям швидше знаходити місце для паркування, зменшуючи затори та викиди. Компанії, такі як T-Mobile і Volkswagen, активно працюють над впровадженням цих рішень у різних містах світу;
- алгоритми штучного інтелекту та Big Data можуть оптимізувати маршрути доставки, зменшуючи викиди та втрати часу. Це також допомагає підприємствам підвищити рентабельність та забезпечити кращу доступність продуктів для споживачів. Обробка великих обсягів даних допомагає розуміти потреби міста, прогнозувати ситуації, виявляти проблемні зони та пропонувати ефективні рішення;
- транспортні технології з нульовими викидами: електричні та водневі автономні транспортні засоби можуть забезпечити екологічно чисту доставку продуктів, зменшуючи викиди та вплив на навколишнє середовище;
- впровадження концепції Доставка останньої милі (Last Mile Delivery), що включає алгоритми планування маршрутів для мінімізації відстані та часу доставки, використання сучасних технологій для відстеження та управління доставкою в реальному часі, надання споживачам можливості вибирати час та місце доставки аби зменшити кількість невдалої доставки та зменшує кількість непотрібних поїздок, оптимізовані маршрути, електромобілі та інші екологічні рішення в рамках системи доставки останньої милі, інтеграцію систем доставки останньої милі з іншими логістичними рішеннями, такими як центри обробки замовлень або системи управління складом.

У майбутньому, коли мова йде про транспортні технології у Smart-містах, однією з цікавих можливостей є впровадження дронів. Наприклад, Amazon оголосив про випробування доставки дронами невеликих посилок у співпраці з Posti - національною поштовою службою Фінляндії, з метою ефективнішої доставки до віддалених або труднодоступних районів. Проте, наразі економічні, логістичні та безпекові проблеми показують, що поставки дронами ще не здатні значно зменшити попит на автомобільні вантажні перевезення. Продуктивність дронів близько на 94% нижча, ніж у вантажівок, і для заміни одного автомобіля потрібно було б 15 дронів.

Також, все більш актуальною є тема автономних електричних вантажівок для доставки, що використовують алгоритми для визначення найбільш ефективних маршрутів; забезпечують відсутність потреби в водіях та дозволяє автономним вантажівкам працювати безперервно, зменшує час затримки доставки та забезпечує свіжість продуктів; запроваджують точний контроль та моніторинг умов перевезення (наприклад, температури у вантажовому відсіку); забезпечують можливість працювати під час найменш завантажених годин. Такі вантажівки вже

розробляються компаніями Waymo (дочірнє підприємство Alphabet/Google), Tesla, Uber's Advanced Technologies Group (ATG), TuSimple (Китай), Volvo та іншими. Зокрема, у 2016 році європейські виробники вантажівок DAF, Daimler, Iveco, MAN, Scania, та Volvo взяли участь у "European Truck Platooning Challenge", де вантажівки з автономними можливостями їхали у колонах (platooning) через Європу. А Шведська компанія Einride розробляє T-pod, автономні електричні вантажівки, які можуть бути керовані дистанційно. У 2019 році T-pod отримав дозвіл на рух по дорогах загального користування в Швеції.

Наразі у світі існує понад 140 розумних міст, які поступово приймають все більше необхідних заходів задля забезпечення сталого розвитку міст, транспортних технологій та ефективної логістики. Наприклад, у Сінгапурі успішно впроваджені "розумні" світлофори та система "розумного" паркування, що повністю усунули проблему заторів. У Великій Британії Державне інноваційне агентство Connected Places Catapult працює над ключовими напрямками, включаючи міські сервіси, транспортну сферу, постачання "останньої милі" та логістику (управління автопарком, інноваційні засоби постачання (дрони)). В рамках проектів EIP-SCC в містах, таких як Стокгольм, Кельн і Барселона, були розроблені та впроваджені розумне паркування та розумна логістика для служб доставки, в результаті вдалося знизити час у заторах для транспортних засобів доставки та значно зменшити рівень викидів CO<sub>2</sub> від 60% до 99%.

Підсумовуючи, транспортні технології стають ключовим елементом у сталому розвитку міст та забезпеченні ефективної доставки продуктів. У контексті глобальних викликів, таких як урбанізація, зміна клімату та продовольча безпека, інноваційні транспортні рішення можуть надати відповідь на деякі з найбільших проблем сучасності.

Впровадження інноваційних рішень, таких як розумний транспорт, IoT, розвиток автономних вантажівок та використання алгоритмів штучного інтелекту, може поліпшити якість послуг та зменшити негативний вплив на довкілля.

Розумні міста вже показали успішні приклади впровадження технологій для оптимізації транспортної системи. Ці успіхи підкреслюють потенціал транспортних технологій як інструменту для досягнення сталого розвитку міст та зменшення відходів харчових продуктів. Вони служать прикладом того, як міста можуть використовувати інновації для покращення якості життя мешканців та зменшення негативного впливу на довкілля. Поєднання ідеї сталого розвитку міст з мінімізацією харчових відходів шляхом запровадження розвитку використання транспортних технологій є перспективним напрямком, який вирішить низку сучасних проблем, але для досягнення успіху в цьому напрямку потрібна співпраця між усіма зацікавленими сторонами: владою, бізнесом, науковою спільнотою та громадськістю.

#### Список використаних джерел

1. Mbow, C., C. Rosenzweig, L.G. Barioni, 2019: Food Security. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, (eds.)].
2. Li, M., Jia, N., Lenzen, M., Malik, A., Wei, L., Jin, Y. and Raubenheimer, D. (2022) Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions. *Nature Food*, 3(6): 445–453.
3. Weber M., Žarko I.P. A Regulatory View on Smart City Services. – *Sensors (Basel)*, Vol.19, №2, January 2019.
4. Маркевич К., Сіденко В. SMART-інфраструктура у сталому розвитку міст: світовий досвід та перспективи України - Київ: Заповіт, 2021. 400 с.
5. World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. – Department of Economic and Social Affairs Population Division, United Nations New York, 2015, URL: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>.
6. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2020. The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO. URL: <https://doi.org/10.4060/ca9692en>
7. Clarity from above. – PWC, May 2016. URL: <https://www.pwc.pl/pl/pdf/clarity-from-above-pwc.pdf>.

8. Smart Cities World. "Understanding the Challenges and Opportunities of Smart Cities". URL: [https://smartcitiesworld.net/AcuCustom/Sitename/DAM/012/Understanding\\_the\\_Challenges\\_and\\_Opportunities\\_of\\_Smart\\_Citi.pdf](https://smartcitiesworld.net/AcuCustom/Sitename/DAM/012/Understanding_the_Challenges_and_Opportunities_of_Smart_Citi.pdf).

9. Frontiers in Environmental Science. (2017). "The Role of Drones in Developing Sustainable Urban Infrastructure". URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2017.00021/full>

*Шумляківський Володимир Петрович – к.т.н., завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, e-mail: shumliakivskyiv@ztu.edu.ua.*

*Чевська Серафима Михайлівна – магістрантка, кафедра автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, e-mail: serafimachevska@gmail.com.*

*Shumliakivskyi Volodymyr Petrovych - Ph.D, Head of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, e-mail: shumliakivskyiv@ztu.edu.ua.*

*Chevska Serafyma Mykhailivna - Master's student, Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, e-mail: serafimachevska@gmail.com.*

*Електронне наукове видання*

## **МАТЕРІАЛИ**

### **XVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ “СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ”**

**23 – 25 жовтня 2023 р.**

Матеріали подаються в авторській редакції

Комп’ютерне оформлення: Смирнов Є.В.  
Цимбал О.В.

Підписано до видання 13.11.2023 р.  
Гарнітура Times New Roman.  
Зам № P2023-133.

Видавець та виконавець – Вінницький національний технічний  
університет, редакційно-видавничий відділ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.

**press.vntu.edu.ua**; email: [irvc.vntu@gmail.com](mailto:irvc.vntu@gmail.com).  
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.