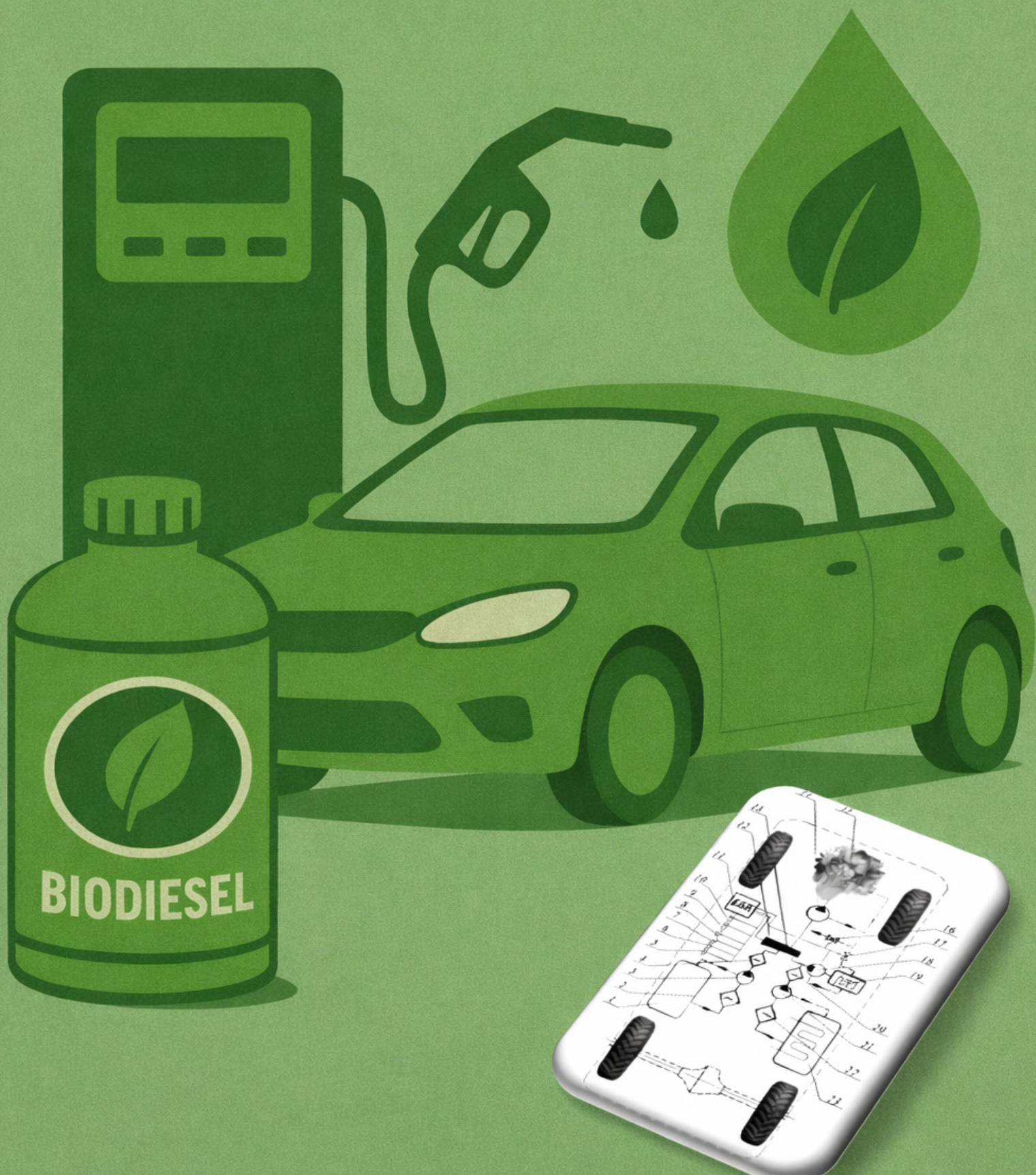


ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Монографія

За загальною редакцією Д. О. Галушчака

Вінниця
ВНТУ
2026

УДК 519.652

В43

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 12 від 30.04.2026 р.).

Автори:

Д. О. Галушак, О. О. Галушак, В. П. Кужель, С. В. Цимбал

Рецензенти:

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

А. П. Полив'янчук, доктор технічних наук, професор

Використання біодизельного палива на автомобільному транспорті : монографія / Д. О. Галушак, та ін. За заг. ред. Д. О. Галушак. Електрон. текст. дані. Вінниця : ВНТУ, 2026. 135 с.

ISBN 978-617-8163-86-0

У монографії вирішується важлива науково-практична задача по покращенню показників автомобілів шляхом використання суміші дизельного та біодизельного палив зі зміною її складу під час руху автомобіля в залежності від його швидкості, умов руху та завантаження. Розроблено методику визначення складу суміші дизельного та біодизельного палив при русі автомобіля в залежності від навантаження на нього.

Книга розрахована на науковців, аспірантів та інженерів, які займаються покращенням показників автомобілів шляхом використання альтернативних видів палива.

УДК 519.652

DOI: <https://doi.org/10.31649/617.8163.86.0>

ISBN 978-617-8163-86-0

© Д. Галушак, О. Галушак,
В. Кужель, С. Цимбал, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ГЛОСАРІЙ	7
РОЗДІЛ 1 СПОСОБИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛІВ. ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ	12
1.1 Огляд існуючих способів підвищення економічних та екологічних показників автомобілів.....	12
1.2 Використання біодизельного палива в якості палива для двигунів автомобілів	25
1.3 Аналіз способів використання суміші дизельного та біодизельного палив для живлення автомобільних двигунів	33
1.4 Вибір критеріїв оцінки ефективності переведення дизельного двигуна автомобіля на роботу на суміші дизельного та біодизельного палив зі зміною її складу	41
1.5 Висновки за розділом 1	45
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ВІКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА.....	47
2.1 Вибір структури моделі досліджуваної системи «Автомобіль з дизельним двигуном – дорога – навколишнє середовище».....	48
2.2 Математична модель системи «Автомобіль з дизельним двигуном – дорога – навколишнє середовище»	53
2.3 Висновки за розділом 2	64

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ ПРИ РУСІ АВТОМОБІЛЯ	65
3.1 Розробка алгоритму визначення складу суміші дизельного та біодизельного палив при русі автомобіля.....	65
3.2 Розробка алгоритмів для проведення розрахункових досліджень впливу зміни складу суміші дизельного та біодизельного палив на показники автомобіля.....	71
3.3 Огляд існуючих їздових циклів	75
3.4 Висновки за розділом 3	81
РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ПОКАЗНИКИ АВТОМОБІЛЯ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ	82
4.1 Завдання експериментальних досліджень.....	82
4.2 Об'єкти експериментальних досліджень. Методика та установки для експериментальних досліджень. Вимірювальна апаратура	83
4.2.1 Моторні експериментальні дослідження	83
4.2.2 Дорожні дослідження на автомобілі.....	87
4.3 Визначення похибки вимірювань, здійснених під час проведення експериментальних досліджень	95
4.4 Визначення коефіцієнтів апроксимації рівнянь математичної моделі системи «Автомобіль з дизельним двигуном – дорога – навколишнє середовище»	97
4.5 Перевірка адекватності математичної моделі системи «Автомобіль з дизельним двигуном – дорога – навколишнє середовище»	107
4.6 Висновки за розділом 4	113
ВИСНОВКИ.....	114
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	116
ДОДАТКИ.....	125

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку транспортної галузі особливої актуальності набуває проблема забезпечення автомобільного транспорту паливно-енергетичними ресурсами. Вичерпність запасів нафти, зростання залежності від імпортних енергоносіїв, а також постійне підвищення вартості традиційних нафтопродуктів зумовлюють необхідність пошуку ефективних шляхів диверсифікації паливної бази. У цьому контексті використання відновлюваних джерел енергії в транспортному секторі розглядається як стратегічний напрям розвитку, що поєднує економічні, технологічні та екологічні переваги.

Серед різних альтернативних видів палива найбільшу перспективу для застосування в автомобільному транспорті мають біопалива, що виготовляються з рослинної та тваринної сировини. Для дизельних двигунів особливу увагу привертає біодизельне паливо, яке є екологічно безпечним та відновлюваним енергетичним ресурсом. Його застосування дозволяє не лише частково замінити традиційне дизельне паливо, але й забезпечує зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище та підвищення енергетичної незалежності країни.

Використання біодизельного палива в дизельних двигунах автомобілів позитивно впливає як на економічні показники роботи транспортних засобів, так і на їх екологічну складову. У численних наукових дослідженнях підтверджено, що біодизель характеризується нижчим рівнем токсичності відпрацьованих газів, кращою біорозкладністю та меншою вибухо- й пожежонебезпечністю порівняно з традиційними нафтопродуктами. Водночас застосування біопалив сприяє розвитку сільського господарства та аграрно-промислового комплексу, оскільки їх виробництво базується на використанні рослинних олій та відходів переробки сировини.

На сьогодні значна кількість наукових робіт присвячена вивченню особливостей використання біодизельного палива у вигляді суміші з традиційним дизельним паливом у певних сталих концентраціях. Такі дослідження дозволили визначити закономірності впливу співвідношення палив на показники паливної економічності, потужності двигуна та рівень викидів шкідливих речовин. Однак слід враховувати, що реальні умови експлуатації автомобіля характеризуються широким діапазоном зміни навантажувальних і

частотних режимів роботи двигуна. За таких умов використання суміші зі сталим відсотковим співвідношенням компонентів не завжди забезпечує оптимальні результати.

У зв'язку з цим постає завдання розробки й дослідження технологій, які дозволяти б динамічно змінювати склад паливної суміші безпосередньо під час руху автомобіля. Це дасть можливість адаптувати роботу двигуна до конкретних умов експлуатації, знизити витрати палива, зменшити рівень токсичних викидів та підвищити загальну ефективність використання автомобільного транспорту. Таким чином, проблема раціонального застосування біодизельного палива в автомобільному транспорті є актуальною та потребує комплексних наукових досліджень.

ГЛОСАРІЙ

Автомобільний транспорт – складова транспортної системи, що забезпечує перевезення пасажирів і вантажів та характеризується високою мобільністю, маневреністю і широким діапазоном умов експлуатації.

Альтернативні види палива – палива, що застосовуються як замітники традиційних нафтових палив і забезпечують зменшення залежності від викопних ресурсів та зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Апроксимація – метод математичного опису експериментальних або теоретичних залежностей шляхом заміни їх аналітичними функціями з використанням коефіцієнтів апроксимації.

Біодизельне паливо – альтернативне паливо, отримане з рослинних олій або тваринних жирів шляхом трансестерифікації, що являє собою суміш ефірів жирних кислот і може використовуватись у дизельних двигунах як самостійно, так і в суміші з дизельним паливом.

Біопаливо – паливо, вироблене з біологічної сировини, що є відновлюваним джерелом енергії та використовується для часткової або повної заміни традиційних палив.

Відпрацьовані гази – газоподібні продукти, що утворюються в результаті згоряння палива в двигуні внутрішнього згорання та містять шкідливі компоненти, які впливають на стан навколишнього середовища.

Викиди шкідливих речовин – сукупність газоподібних і твердих продуктів згоряння палива (CO , NO_x , вуглеводні, сажа), що потрапляють у атмосферу під час роботи двигуна.

Випробувальний їздовий цикл – стандартизована послідовність режимів руху автомобіля (швидкість, прискорення, зупинки), що використовується для оцінки паливної економічності та екологічних показників.

Витрата палива – кількість палива, що споживається двигуном за певний час або на одиницю пробігу, і є одним із основних показників економічності автомобіля.

В'язкість палива – фізико-хімічна властивість палива, що характеризує його внутрішній опір переміщенню та визначає здатність до впорскування, розпилення і утворення паливоповітряної суміші в циліндрах двигуна.

Густина палива – фізична характеристика палива, що визначає його масу в одиниці об'єму і впливає на процеси впорскування та згоряння.

Дизельний двигун – двигун внутрішнього згоряння, в якому займання палива відбувається внаслідок стискання повітря, що забезпечує високу паливну економічність і ефективність.

Дизельне паливо – нафтове паливо, що використовується для живлення дизельних двигунів і характеризується високою енергоємністю та відповідними фізико-хімічними властивостями.

Динамічний фактор автомобіля (D_a) – показник, що характеризує здатність автомобіля долати сили опору руху та визначає його розгінні властивості.

Екологічні показники автомобіля – сукупність параметрів, що характеризують рівень викидів шкідливих речовин та вплив автомобіля на навколишнє середовище.

Економічні показники автомобіля – показники, що відображають ефективність використання транспортного засобу з точки зору витрат палива та експлуатаційних витрат.

Електронний блок керування (ЕБК) – електронна система, що здійснює управління подачею палива, складом паливної суміші та режимами роботи двигуна на основі сигналів від датчиків.

Змішувач палив – пристрій системи живлення, що забезпечує формування паливної суміші необхідного складу шляхом змішування дизельного та біодизельного палив.

Коефіцієнт апроксимації – параметр математичної моделі, що визначає характер і точність апроксимуючої залежності.

Коефіцієнт опору кочення – величина, що характеризує втрати енергії при русі автомобіля через деформацію шин і дорожнього покриття.

Коефіцієнт опору повітря – параметр, що визначає аеродинамічний опір руху автомобіля і залежить від його форми та швидкості.

Концентрація сажі (C_s) – кількісний показник вмісту твердих частинок у відпрацьованих газах, що характеризує рівень димності та токсичності.

Крутний момент двигуна (M_e) – механічна величина, що характеризує здатність двигуна виконувати роботу і передавати обертальний рух трансмісії.

Кут випередження впорскування – кут повороту колінчастого валу до верхньої мертвої точки, при якому починається подача палива в циліндр двигуна.

Математична модель – сукупність математичних залежностей, що описують процеси функціонування автомобіля як динамічної системи.

Методика дослідження – система методів, прийомів і алгоритмів, що використовуються для проведення наукових досліджень.

Момент зовнішнього навантаження ($M_{нав}$) – сумарний момент сил опору руху, що діє на автомобіль з боку дороги та навколишнього середовища.

Навколишнє середовище – сукупність зовнішніх факторів (температура, тиск, повітряний опір), що впливають на роботу автомобіля.

Нижча теплота згоряння (H_u) – кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні палива без урахування теплоти конденсації водяної пари.

Об'єкт дослідження – система або процес, що підлягає аналізу та моделюванню в дослідженні.

Паливна економічність – характеристика ефективності використання палива автомобілем у процесі експлуатації.

Паливна система зі змінним складом суміші – система живлення дизельного двигуна, що забезпечує автоматичну зміну співвідношення дизельного та біодизельного палив у процесі руху автомобіля залежно від режиму роботи двигуна, швидкості руху та навантаження.

Паливна суміш – суміш дизельного та біодизельного палив у визначеному співвідношенні, що подається в двигун.

Перехідний режим роботи двигуна – режим роботи двигуна, за якого відбувається зміна його основних параметрів (частоти обертання колінчастого валу, навантаження, подачі палива) у часі під час розгону, сповільнення або зміни умов руху автомобіля.

Питома витрата палива – кількість палива, що витрачається на одиницю потужності або виконаної роботи.

Подача палива – процес дозування та впорскування палива в циліндри двигуна.

Положення педалі подачі палива (q) – параметр, що визначає інтенсивність подачі палива та режим роботи двигуна.

Прискорення автомобіля – зміна швидкості руху автомобіля за одиницю часу під дією тягових сил.

Режим роботи двигуна – сукупність параметрів (частота обертання, навантаження, подача палива), що визначають стан двигуна.

Рециркуляція відпрацьованих газів (EGR) – процес повернення частини відпрацьованих газів у камеру згоряння для зниження температури згоряння і викидів NO_x .

Сажові частинки – тверді продукти неповного згоряння палива, що утворюються в процесі роботи дизельного двигуна.

Система живлення двигуна – комплекс пристроїв, що забезпечують подачу, очищення, дозування та змішування палива.

Система «Автомобіль – дорога – навколишнє середовище» – комплексна динамічна система, що описує взаємодію автомобіля з дорожніми умовами та зовнішнім середовищем.

Сповільнення автомобіля – процес зменшення швидкості руху під дією сил опору або гальмування.

Техніко-економічні показники – сукупність характеристик, що визначають ефективність роботи автомобіля з технічної та економічної точок зору.

Токсичність відпрацьованих газів – рівень шкідливості продуктів згоряння для навколишнього середовища та людини.

Трансестерифікація – хімічний процес перетворення тригліцеридів у ефіри жирних кислот із утворенням біодизельного палива.

Трансмсія автомобіля – сукупність механізмів, що передають крутний момент від двигуна до ведучих коліс.

Умови руху автомобіля – сукупність факторів, що визначають режим руху (швидкість, навантаження, дорожні умови).

Фумігація – спосіб подачі додаткового палива через впускний тракт двигуна з утворенням паливоповітряної суміші.

Циклова подача палива (q_u) – кількість палива, що подається в циліндр двигуна за один робочий цикл.

Частота обертання колінчастого валу ($n_{кв}$) – кількість обертів колінчастого валу двигуна за одиницю часу.

Швидкість руху автомобіля (V_a) – кінематичний параметр, що характеризує швидкість переміщення автомобіля в просторі за одиницю часу та визначається умовами руху, режимом роботи двигуна і величиною сил опору.

WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) – сучасний міжнародний їздовий цикл, що включає декілька фаз руху (Low, Medium, High, Extra High) та відображає реальні умови експлуатації автомобіля з урахуванням змін швидкості, прискорень і дорожніх умов.

FTP-75 (Federal Test Procedure) – американський їздовий цикл, що імітує міський режим руху з частими зупинками, прискореннями та холодним запуском двигуна, застосовується для оцінки екологічних показників автомобілів.

CLTC (China Light-Duty Vehicle Test Cycle) – китайський їздовий цикл, що враховує особливості інтенсивного міського руху з великою кількістю зупинок та низькими середніми швидкостями.

Електронне наукове видання

Галушак Дмитро Олександрович

Галушак Олександр Олександрович

Кужель Володимир Петрович

Цимбал Сергій Володимирович

ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Монографія

Видається в авторській редакції

Рукопис підготовлено *Д. Галушаком*

Оригінал-макет виготовлено у *РВВ ВНТУ*

Підписано до видання 14.05.2026 р.

Гарнітура Times New Roman

Зам № P2026-052.

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: rvv.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.