

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Вінницький національний технічний університет

**І. В. Коц, В. В. Петрусь**

**НАСОСИ З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ  
ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ  
ВИСОКОВ'ЯЗКИХ, АГРЕСИВНИХ  
ТА АБРАЗИВОВМІСНИХ СЕРЕДОВИЩ**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2012

УДК 621.65+62-822

ББК 31.56+34.447

К75

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 5 від 22.12.2011 р.)

Рецензенти:

**С. Й. Ткаченко**, доктор технічних наук, професор

**І. П. Паламарчук**, доктор технічних наук, професор

**Коц, І. В.**

К75 Насоси з гідравлічним приводом для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ : монографія / І. В. Коц, В. В. Петрусь. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 196 с.

ISBN 978-966-641-497-0

В монографії виконано огляд та аналіз відомих типів насосних агрегатів для перекачування різних середовищ та їх приводів і запропоновано нові конструкції насосів з гідроприводом. Наведено розроблені авторами математичні моделі динаміки робочого процесу та математичну модель для діагностування гідроприводних насосів з використанням теорії нечітких множин. Наведено експериментальні та теоретичні дослідження з визначення основних параметрів мембранного насоса і його гідропривода, а також методику проектного розрахунку мембранного насоса з гідроприводом. Для науковців, фахівців, інженерно-технічних працівників наукових установ, аспірантів і студентів.

**УДК 621.65+62-822**

**ББК 31.56+34.447**

**ISBN 978-966-641-497-0**

© І. Коц, В. Петрусь, 2012

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....   | 6  |
| ВСТУП .....  | 7  |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ<br>РОЗРОБОК І ДОСЛІДЖЕНЬ В ГАЛУЗІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ<br>ТА ЇХ ПРИВОДІВ.....  | 9  |
| 1.1 Аналітичний огляд конструкцій насосних агрегатів та<br>галузі їх використання .....  | 9  |
| 1.2 Аналіз приводів насосних агрегатів.....  | 12 |
| 1.3 Вибір гідравлічних приводів динамічного та об'ємного<br>типу .....   | 17 |
| 1.4 Відомі конструкції насосів з гідравлічним приводом.....  | 19 |
| 1.5 Аналітичний огляд типових математичних моделей<br>гідроприводів вібраційної та циклічної дії.....  | 30 |
| 1.6 Висновки і постановка завдань дослідження.....   | 39 |
| РОЗДІЛ 2 ВИБІР СХЕМ ТА КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ<br>НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ ....   | 41 |
| 2.1 Основні вимоги та критерії до вибору принципів та<br>конструктивних схем гідроприводних насосних агрегатів для<br>перекачування високов'язких, агресивних і абразивовмісних<br>середовищ ..... | 41 |
| 2.2 Принципові та конструктивні схеми гідроприводних<br>насосів плунжерного та мембранного типу зі схемою керування за<br>тиском.....  | 42 |
| 2.2.1 Плунжерний гідроприводний насос з гідравлічною<br>пружиною зворотного ходу.....  | 42 |
| 2.2.2 Мембранний гідроприводний насос з двокаскадним<br>клапаном-пульсатором .....   | 44 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.2.3 Принципові схеми мембранних гідроприводних насосів із зворотним клапаном та дроселем у зливній лінії.....                         | 45  |
| 2.3 Конструктивні рішення гідроприводних насосів мембранного типу з комбінованою системою керування.....                                | 52  |
| РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА МЕМБРАННОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТУ .....   |     |
| 3.1 Прийняття основних припущень.....   | 61  |
| 3.2 Математична модель гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату із пофазним розбиттям робочого процесу .....             | 69  |
| 3.3 Математична модель робочого процесу гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату з використанням одиничних функцій ..... | 76  |
| РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ МЕМБРАННОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТУ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ.....                  |     |
| 4.1 Мета і задачі досліджень. Об'єкт досліджень і гідроприводний випробувальний стенд.....  | 80  |
| 4.2 Методика експериментальних досліджень і оцінка точності вимірювань .....  | 91  |
| 4.3 Планування багатофакторного експерименту .....  | 95  |
| 4.4 Результати експериментальних досліджень, порівняння результатів.....  | 104 |
| РОЗДІЛ 5 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА ТА ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ ..... |     |
| 5.1 Аналіз результатів чисельного розв'язування математичної моделі гідроімпульсного приво­ду.....                                      | 119 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.2 Регресійний аналіз та параметрична оптимізація вихідних параметрів МНАГП .....  | 126 |
| 5.3 Математичне моделювання оцінки технічного стану мембранного насосного агрегату з гідроімпульсним приводом.....  | 132 |
| РОЗДІЛ 6 МЕТОДИКА ПРОЕКТНОГО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА МЕМБРАННОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТУ ТА ІНШІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ. 139 |     |
| 6.1 Методика проектного розрахунку параметрів гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату .....   | 139 |
| 6.2 Перспективи використання гідроімпульсного привода для машин циклічної дії .....   | 150 |
| 6.2.1 Насосні агрегати з гідроімпульсним приводом для ін'єктування технологічних рідин .....  | 150 |
| 6.2.2 Спринклери для зрошування з гідроімпульсним приводом.....   | 153 |
| 6.2.3 Компресор з гідроприводом для перекачування газоподібних речовин під високим тиском .....   | 155 |
| ВИСНОВКИ.....   | 157 |
| ЛІТЕРАТУРА .....  | 161 |
| Додаток А Перелік посилань на джерела, що були використані для проведення патентного дослідження в галузі насосних агрегатів з гідравлічним приводом .....                            | 182 |
| Додаток Б Математична модель динаміки робочого процесу гідроімпульсного привода МНА в пакеті розширення Simulink середовища MATLAB.....   | 187 |
| Додаток В Технічні характеристики сучасної реєструвальної апаратури, використаної в експериментальних дослідженнях .....  | 194 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

|       |  |
|-------|--|
| АБК   | автоматичний блок керування                            |
| АВС   | абразивовмісне середовище                              |
| АГР   | автоматичний гідророзподільник                         |
| АР    | агресивне середовище                                   |
| АЦП   | аналогово-цифровий перетворювач                        |
| ВВС   | високов'язке середовище                                |
| ГП    | гідроімпульсний привод                                 |
| ГП    | гідравлічний привод                                    |
| ГУ    | граничні умови   |
| ДП    | давач переміщень                                       |
| ДТ    | давач тиску  |
| ЕОМ   | електронна обчислювальна машина                        |
| ККД   | коефіцієнт корисної дії                                |
| МНА   | мембранний насосний агрегат                            |
| НГПА  | насосний гідроприводний агрегат                        |
| МНАГП | мембранний насосний агрегат з гідроімпульсним приводом |
| ПГС   | приводна гідросистема                                  |
| ПС    | перекачуване середовище                                |

## ВСТУП

Надійність, герметичність, широкий діапазон регулювання робочих параметрів і відносно високі значення коефіцієнта корисної дії – основні переваги відомих гідроприводних насосних агрегатів. В той же час, промислово розвинуті країни витрачають біля третини виробленої електроенергії на інші приводи насосних агрегатів [149].

Саме тому виникає необхідність подальшого розвитку і вдосконалення існуючих розробок гідравлічних приводів насосних агрегатів, які завдяки своїй високій ефективності та регульованості робочих параметрів забезпечать можливість більш раціонального способу їх експлуатації і зменшення витрат на енергоспоживання.

При будівництві та експлуатації нафто- і газопроводів, теплових мереж, мереж водопостачання та водовідведення, осушуванні котлованів часто виникає необхідність проведення робіт в польових умовах за відсутності мережевого електроживлення, а тому є значна потреба у ефективному занурювальному насосному обладнанні для відкачування сильнозабрудненої води з твердими включеннями, пульпи, хімічноактивних рідин, нафтопродуктів. Окрім того, в хімічній, нафтовій та харчовій промисловості також є аналогічні проблеми, що пов'язані з перекачуванням агресивних, високов'язких чи забруднених рідких середовищ. Традиційно для цього використовуються автономні вітчизняні та імпорتنі насоси із приводними двигунами внутрішнього згорання чи асинхронними електродвигунами, як правило, з відцентровими робочими органами, які пристосовані до відповідних умов відкачування агресивних та забруднених рідин. Досвід використання насосів такого типу свідчить про невисокий їх коефіцієнт корисної дії, малий строк служби і низьку надійність в роботі. Обов'язкове корозійностійке виконання робочих органів через складну технологію їх виготовлення призводить до різкого підвищення собівартості таких насосів. Ефективним вирішенням цієї проблеми є застосування занурювальних насосних агрегатів із гідроприводом. Гідроприводні насосні агрегати з робочим органом мембранного типу можуть використовуватися як навісне змінне устаткування на мобільних транспортних засобах з гідросистемою подачі мастила (трактори, екскаватори, авто-

мобілі тощо). Використання гідроімпульсних приводів для насосних агрегатів у вищезазначених галузях промисловості суттєво поліпшить вихідні параметри та характеристики вже морально застарілих та малоефективних приводів насосів, а саме: будуть зменшені маса і габарити, підвищено коефіцієнт корисної дії, стане можливим забезпечення заданого закону руху робочого органу насосного агрегату та здійснення дистанційного керування його продуктивністю і тиском нагнітання.

Таким чином, актуальною науковою задачею є створення гідроімпульсного привода з широкими можливостями регулювання для насосних агрегатів, що призначені для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ, який задовольнить вимоги вибухо- і пожежобезпеки та забезпечить максимальну продуктивність і напір насосного агрегату при його високому загальному коефіцієнті корисної дії.



# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ВІДОМИХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК І ДОСЛІДЖЕНЬ В ГАЛУЗІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ ТА ЇХ ПРИВОДІВ

### 1.1 Аналітичний огляд конструкцій насосних агрегатів та галузі їх використання

Класичним підходом до класифікації насосних агрегатів є їх поділ за принципом дії на об'ємні, динамічні та спеціальні (струменеві, газ-ліфти, електромагнітні) [83]. Практично, при виборі типу насосного агрегату необхідно врахувати вид ПС, а також такі фактори як температура і в'язкість цього середовища. Від фізичних та хімічних властивостей ПС залежить конструкція насоса, принцип його роботи, а також вибір матеріалу. З огляду на це, згідно з [105], розрізняють насоси для чистих та малозабруднених рідин, забруднених рідин та суспензій, малозагазованих рідин, газорідних сумішей, агресивних рідин, рідких металів тощо.

Насоси, що розглядаються за їх функціональним призначенням, можна віднести до галузевих. Значна частка цих насосів має обмежене застосування і розглядається в різних класифікаціях як «інші насоси». Вони не входять до переліку «лопатевих-відцентрових, осьових і вихрових» чи «об'ємних-роторних і поршневих» насосів, а тому іноді всі ці насоси називають «насосами галузевого призначення» [76].

Особливості конструкції і принцип дії різних насосів визначають діапазони подачі і напору, в межах яких доцільно використовувати насоси того або іншого типу, та галузі їх застосування. Не зважаючи на досить велику кількість конструкцій насосів, є ряд середовищ, перекачування яких традиційними засобами в низці випадків неефективне, пов'язане з додатковими витратами або різного роду складнощами. До таких середовищ відносяться високов'язкі, абразивовмісні, хімічноактивні, газонасичені, токсичні, летючі, радіоактивні, сильно забруднені та такі, що містять велику кількість твердої фази, волокнистих включень тощо [105, 179].

У нафтовій промисловості, зокрема, актуальними є проблеми, пов'язані з перекачуванням різного роду шламів, в тому числі: нафтовмісних, з резервуарів і відстійників; високов'язких нафтопродуктів; дозованою подачею шкідливих або хімічно активних реагентів в різних технологічних процесах; збиранням розлитих нафтопродуктів з поверхні землі або води тощо [96]. Для відкачування відкладень з резервуарів застосовують ежектори, відцентрові, поршневі, перистальтичні та шестеренні насоси, які мають свої недоліки. При роботі ежектора робоча рідина змішується з перекачуваними відкладеннями, що заважає подальшій ефективній їх утилізації. Використання відцентрових насосів, при всіх їх перевагах, таких як висока продуктивність, рівномірність подачі, компактність і швидкохідність, призводить до швидкого виходу з ладу цих насосів через надмірну забрудненість відходів [44, 159]. До недоліків відцентрових насосів слід також віднести зменшення продуктивності при збільшенні опору у всмоктувальному та нагнітальному трубопроводах і різке зниження ККД при зменшенні продуктивності. Відцентрові насоси невеликої і середньої продуктивності мають ККД на 10–15 % нижчий, ніж поршневі. Це обумовлено наявністю великих зазорів між порожнинами всмоктування і нагнітання, через які можливе перетікання рідини, а також втратами енергії на вихроутворення поблизу кромek лопатей робочого колеса [189]. Такі втрати різко зростають для високов'язких рідин, перекачування яких відцентровими насосами, внаслідок різкого зниження ККД, економічно недоцільне.

В порівнянні з відцентровими, поршневі насоси мають складнішу конструкцію та великі габарити, значну масу на одиницю виконаної роботи, а також є тихохідними [74, 78], проте, вони мають порівняно високий ККД та відрізняються незалежністю подачі від напору, що дозволяє використовувати їх як дозатори. Поршневі насоси можуть створювати при нагнітанні рідини тиск 10 МПа і більше [63, 83]. Наприклад, в даний час для відкачування нафтопродуктів ще досить широко використовують поршневі бурові насоси типу НБ-32, які недостатньо ефективні для даних умов експлуатації. Деталі насоса піддаються абразивному та хімічному впливу ПС. Такі насоси мають складну конструкцію, велику масу (1100 кг без привода) і габарити,

окрім того, вони розраховані на створення високого тиску (до 4 МПа) і, відповідно, мають велику потужність (32 кВт) [63, 96, 97]. В поршневих насосах також потрібно відмітити такі недоліки, як складна система ущільнень та герметизації, і, відповідно, необхідність виготовлення деталей насосів з високим ступенем точності, а також забезпечення їх точного монтажу; внаслідок контакту ПС з робочим органом – поршнем – останній необхідно виготовляти з висококартисних корозійностійких матеріалів.

В нафтових резервуарах накопичується шар донних відкладень, який може складати до 10 % від загального об'єму резервуара. Відкладення є в'язкою пастоподібною масою з вмістом емульсованої води 5–40 % і механічних домішок 1–15 %. Все інше – нафтопродукт з підвищеним вмістом парафіну 10–20 % і асфальто-смолових компонентів нафти [111]. Зважаючи на високу в'язкість і підвищений вміст домішок, такі відкладення погано піддаються перекачуванню. При зборі розлитих нафтопродуктів з поверхні землі або води їх перекачування пов'язане з суттєвими ускладненнями внаслідок підвищеного вмісту в їх складі твердих часток (пісок, ґрунт тощо) і волокнистих включень (трава, водорості). Застосування самовсмоктувальних насосів мобільних машин або електричних занурювальних насосів не завжди можливе і безпечне.

Для таких експлуатаційних умов найбільш ефективним технічним вирішенням може стати використання мембранних насосів [78]. Останнім часом в багатьох країнах світу ці насоси починають отримувати все більше розповсюдження та за інформаційними даними, є типом сучасних насосів, що найбільш швидко розвиваються [199, 202]. Тому, необхідне подальше вдосконалення існуючих і розробка нових насосних агрегатів діафрагмового або мембранного типу, що приводяться у зворотно-поступальний рух за допомогою приводів різного виду. Мембранні насоси за формою робочого органу можна поділити на: мембранні, сифонні, циліндричні та сферичні. На відміну, наприклад, від найбільш близьких, з огляду герметичності, перистальтичних насосів, в мембранних насосах ступінь деформації робочого органа – мембрани, менший, а тому ресурс їх роботи вищий. Крім того, в перистальтичному насосі негативно впливає тертя між робочим органом та елементом

вितіснення ПС [96]. Аналогічний недолік властивий також ще й насосам з циліндричними мембранами. В робочому циклі картина деформацій і напружень в циліндричній мембрані залишається неясною, оскільки така мембрана не працює на розтяг, а тому з часом виникають зони росту тріщин і мембрана руйнується [149, с. 83].

Насосні агрегати при їх експлуатації в особливо несприятливих умовах (наприклад, в хімічній, нафтовій та інших галузях промисловості) повинні мати певні гарантовані характеристики з огляду електро- і пожежобезпеки. Важливою є також розробка таких приводів насосів, які давали б можливість плавної дистанційної зміни їх кінематичних і динамічних параметрів.

## 1.2 Аналіз приводів насосних агрегатів

За видом використаної енергії для приведення в дію робочого органу насосного агрегату приводи класифікують так (рис. 1.1): ручний, механічний, паровий, привод від ДВЗ (двигун внутрішнього згорання), пневматичний, гідравлічний, електричний та комбінований.

В роботах багатьох авторів [11, 32, 33, 76, 80, 98, 178] відзначені переваги і недоліки кожного з вказаних приводів. Найбільш поширеними для насосних агрегатів є ручний, електричний, пневматичний та гідравлічний приводи.

**Ручний привод** відрізняється простотою конструкції та монтажу, але є малопотужним.

**Механічний привод** (ексцентриковий, кривошипно-шатунний) має просту конструкцію, низьку вартість, незначну чутливість до змін зовнішніх впливів, простий в обслуговуванні [60, 72]. Проте, цей тип привода має обмежені можливості застосування через невеликий ресурс, малу питому потужність і великі габарити та масу, складність незалежного регулювання частоти і амплітуди, велику тривалість перехідного процесу та необхідність масивного фундаменту для віброізоляції.

**Паровий привод** широко не використовують для насосних агрегатів через його низький ККД, великі габарити, масу та необхідність застосування теплогенератора.

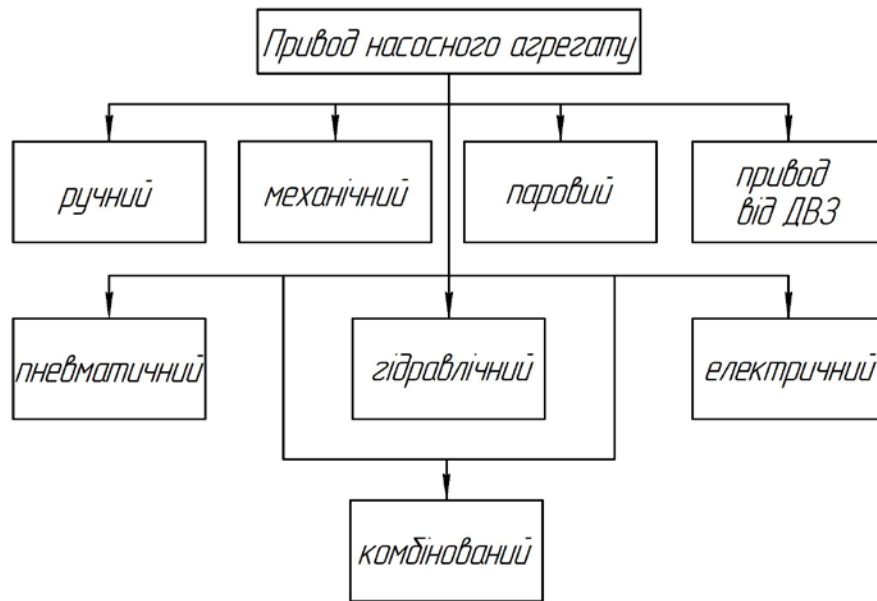


Рисунок 1.1 – Класифікація приводів насосних агрегатів

Основними недоліками **привода від ДВЗ** є неможливість роботи з великими перевантаженнями, велика питома маса, вибухо- і пожежо-небезпечність. До переваг можна віднести простоту регулювання частоти обертання.

**Пневматичний привод** за принципом дії аналогічний гідравлічному, проте його майже не використовують при необхідності створення значних потужностей і передачі великих зусиль через невиправдане збільшення габаритних розмірів привода і машини в цілому, а також малий ККД привода 30–40 % [115, с. 7]. До його недоліків також слід віднести відносно високу вартість енергії стисненого повітря, необхідність захисту елементів привода від корозії. Пневмопривод застосовується при роботі у вибухонебезпечних приміщеннях. Під час запусків надійність пневматичних приводів часто нижча порівняно з гідравлічними приводами. Особливо це стосується випадків, коли з метою економії витрат стисненого повітря в пневмоприводах використовуються складні за конструктивним виконанням впускний та розподільний механізми [178, с. 8]. Окрім того, при однакових габаритних розмірах гідравлічних та пневматичних приводів останні забезпечують значно меншу величину тиску нагнітання ПС.

Найпоширенішими видами **комбінованого привода** машин є гідромеханічний і електрогідравлічний. Значні втрати енергії привода на

дроселювання рідини, складність торцевого ущільнення золотника і необхідність використання окремого привода для регулювання параметрів машини за енергією і частотою робочого навантаження обмежують застосування гідромеханічного привода в промисловості. Електрогідравлічний привод перспективний завдяки простоті створення збурювального імпульсного тиску в порожнині гідроциліндра, наприклад, при електричному розряді в рідині. Проте, електрична частина привода таких машин ще досить мало вивчена, такий привод складний в обслуговуванні і має значні габарити та високу вартість [76].

**Електричний привод** має такі переваги: можливість регулювання швидкості обертання в значних межах; безпека роботи (простота конструкції і надійність різних запобіжних пристроїв); можливість роботи із значними перевантаженнями; відносно низька вартість; можливість пуску під навантаженням. Двигуни постійного струму мають значні переваги перед іншими, оскільки вони наділені підвищеною здатністю до перевантаження в порівнянні з двигунами змінного струму; у них ширший діапазон регулювання швидкості. Асинхронні двигуни дешевші, менші за габаритами та вагою, а тому й більш широко використовуються [80, 98]. Недоліками зазначеного привода є: суттєва залежність габаритів електродвигуна від потужності; складність отримання відносно малої і стійкої швидкості обертання; велика інерційність електропривода, що значно знижує його швидкодію; великі габарити системи управління двигуном з регульованою швидкістю або висока вартість системи керування асинхронним двигуном; пожежонебезпечність.

**Гідропривод** – це сукупність пристроїв, призначених для приведення в дію машин і механізмів за допомогою гідравлічної енергії. Обов'язковими елементами гідропривода є насос і гідродвигун. Робочий тиск в гідросистемі може досягати 32 МПа і більше [10, 39].

Згідно з термінологією, наведеною в [64, 92], гідравлічний привод відрізняється від гідроімпульсного тим, що в останньому приводі використовується одноходовий гідроаккумулятор, який накопичує енергію лише на один робочий хід машини, причому передача цієї енергії робочому органу здійснюється періодично елементом розрядки – клапаном-пульсатором, далі АГР.

Приводним двигуном насоса гідросистеми подачі робочої рідини можуть бути електродвигун, двигун внутрішнього згоряння та інші, а тому іноді гідропривод називається, відповідно, електронасосний, дизельнасосний тощо. Основні переваги та недоліки гідравлічних приводів наведені в табл. 1.1 [7, 32, 33, 39, 82, 117, 196 та ін.].

При виборі привода насосного агрегату необхідно враховувати особливості його експлуатації, а саме: вибухобезпечність; пожежобезпечність; температуру навколишнього середовища; відповідність характеристик приводного двигуна заданому режиму роботи насосного агрегату; вартість виготовлення і експлуатації агрегату з цим типом привода; можливість використання того або іншого виду енергії в достатній кількості; зручність керування насосним агрегатом; залежність готовності до роботи насосного агрегату від джерела енергії; відповідність габаритів привода вимогам раціональної компоновки насосного агрегату; вимоги до регулювання вихідних параметрів насосного агрегату; діапазон регулювання вихідних параметрів насосного агрегату.

Таблиця 1.1 – Характеристика гідравлічних приводів

| Переваги  | Недоліки  |
|---|---|
| Можливість програмного керування режимами роботи, порівняно просте здійснення автоматичного управління  | Підвищені вимоги до точності виконання монтажу та обслуговування, необхідність частої заміни робочої рідини                           |
| Можливість приведення в дію від насосних установок базових гідрофікованих машин   | Вплив температури навколишнього середовища на властивості гідросистеми  |
| Передача енергії тиску рідини в будь-якому напрямку і простота здійснення обертальних та прямолінійних зворотно-поступальних переміщень виконавчого механізму | Нагрівання робочої рідини, що у низці випадків вимагає застосування спеціальних охолоджувальних пристроїв і засобів теплового захисту |
| Можливість універсального перетворення механічної характеристики приводного двигуна відповідно до вимог навантаження  | Необхідність забезпечення в процесі експлуатації чистоти робочої рідини і захисту від проникнення в неї повітря                       |
| Можливість отримання великих передавальних чисел при високому ККД (великий діапазон регулювання)  | Втрати робочої рідини через ущільнення і зазори, особливо при високих значеннях тиску   |

Продовження табл. 1.1

| Переваги   | Недоліки                                  |
|--|---|
| Стійка робота при малих швидкостях   | Висока вартість і складність виготовлення |
| Надійне змащування поверхонь, що контактують, при застосуванні мінеральних масел як робочої рідини   |   |
| Вибухо- і пожежобезпечність (при застосуванні відповідних робочих рідин)   |   |
| Мала інерційність  |   |
| Високий ККД  |   |
| Високі динамічні і регульовальні характеристики; можливість плавного регулювання основних робочих параметрів – швидкості, зусилля, переміщення |   |
| Невеликі вага і габарити, що приходяться на одиницю потужності, яка передається  |   |
| Низький шум при роботі   |   |
| Простота запобігання перевантаженням приводного двигуна і виконавчих органів машин, витримка великих перевантажень                             |   |
| Висока надійність і довговічність  |   |

При правильному виборі гідросхем і відповідному конструюванні гідровузлів деякі з перерахованих недоліків гідропривода можна усунути або значно зменшити їх вплив на роботу машин. Тоді переваги гідропривода перед звичайними механічними передачами стають такими істотними, що в більшості випадків перевага надається саме йому [11].

Аналітичний огляд відомих приводів насосних агрегатів показав, що найбільш ефективними серед них є гідравлічні приводи з дистанційним автоматичним керуванням, особливо в тих випадках, коли використання традиційних електромеханічних приводів неприпустиме внаслідок підвищених вимог до дотримання електро- і пожежобезпеки. Окрім того, відомі електромеханічні приводи мають значні габарити і масу, не завжди дозволяють здійснювати плавне регулювання амплітуди і частоти робочих ходів виконавчого органу, що є суттєвим і значимим фактором при перекачуванні високов'язких середовищ.

Отже, для перекачування високов'язких рідин, коли йде мова про плавне регулювання швидкості руху поршня з мембраною і про необхідність задання певного закону руху робочому органу, використання саме гідропривода (гідроімпульсного привода) для приведення в дію



насосного агрегату подібного призначення стає беззаперечним та обґрунтованим.

В роботах [7, 60, 63, 73, 82, 106, 149, 150, 176, 180, 192] відмічаються суттєві переваги застосування гідравлічних приводів для нагнітальних вузлів насосних агрегатів, які надають можливість плавного безступінчастого регулювання амплітуди і частоти робочих ходів поршня чи мембрани, а також мають менші габаритні розміри та масу. Існуючий стан досліджень в галузі насосних агрегатів з гідравлічними приводами є ще не досить задовільним.

### 1.3 Вибір гідравлічних приводів динамічного та об'ємного типу

Гідравлічні приводи ділять на дві групи:

*об'ємні* (насосна установка, виконавчий об'ємний гідродвигун і система керування);

*динамічні* (двигун, що з'єднаний з гідротрансформатором або, рідше, з гідромуфтою).

Для визначення типу гідравлічного привода об'ємного або динамічного в роботі [149] було запропоновано чотири визначальні чинники. Перший – його номінальна потужність. Для потужності до 10 МВт гідропривод об'ємного типу за значенням ККД переважає гідропривод динамічного типу з аналогічними технічними характеристиками. В діапазоні потужності понад 10 МВт більш ефективними є гідроприводи динамічного типу. Другий чинник – характер енергії, яка передається. Якщо вхідна ланка в гідропривод – енергоносій з високою характерною швидкістю (наприклад, вал з кутовою швидкістю більше 10000 об/хв), – то застосування гідромашин динамічного типу дозволить створити більш ефективний гідравлічний привод. Третім визначальним чинником є вимоги до швидкодії. У гідроприводах динамічного типу тривалості перехідних процесів на порядок більші, ніж у гідроприводах об'ємного типу тієї ж потужності. Окрім того, зі зростанням величини потужності, що передається, збільшується час перехідних процесів у гідроприводі. Так, наприклад, у хімічних насосах з регульованим приводним механізмом, що випускаються в даний час, можна змінити подачу від максимальної до нульової не менше, ніж за 1–10 сек. З метою поліпшення динамічних характеристик насоса і підвищення його питомої енергоемності доцільно використовувати спеціальний гідравлічний регулювальний механізм. Четвертий чинник,

який визначає тип привода, – умови експлуатації і чистота робочої рідини [149].

Особливість об'ємного привода – відсутність жорсткого зв'язку між гідродвигуном і насосом – механічна енергія передається робочою рідиною. Тому як привод насоса гідросистеми можна використовувати дешеві електродвигуни загального призначення, оскільки немає небезпеки перевантаження насосної станції.

На рис. 1.2 наведена класифікація об'ємних гідроприводів за основними класифікаційними ознаками [102].

Найбільш важливою ознакою об'ємного привода є спосіб керування. Він визначає регулювання швидкості, втрати енергії та інші характеристики [45, 102].

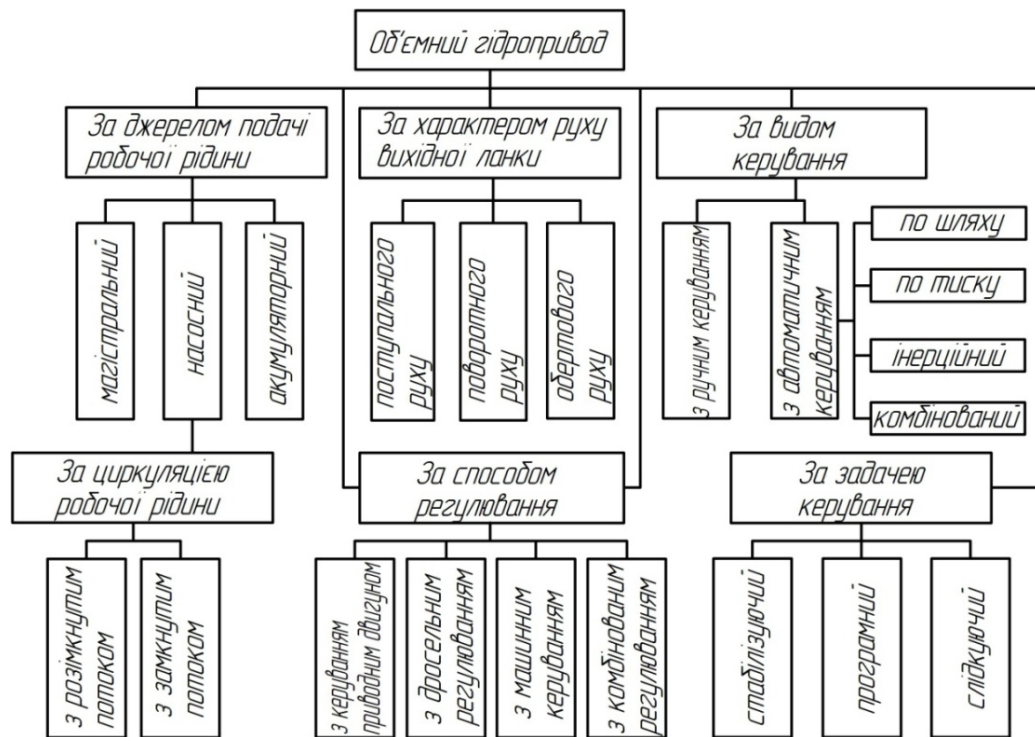


Рисунок 1.2 – Класифікація об'ємних приводів [102]

Дросельне регулювання здійснюється регулювальним гідроапаратом і використовується при невеликих потужностях привода (менше 10 кВт), значна частина потужності втрачається на нагрів рідини (ККД 0,3...0,4) [45, 87]. Крім того, дросельне регулювання характеризується і високим енергоспоживанням.

Машинне керування рухом вихідної ланки (ККД 0,75...0,8) здійснюється регульованим насосом, регульованим гідромотором або од-

ночасно двома регульованими гідромашинами. Термін «машинне керування» введений ГОСТ 17752-81 [35, 102] на заміну терміну «об'ємне регулювання», рекомендованого ГОСТ 17752-72. Машинне керування забезпечується: зміною робочого об'єму насоса, використанням декількох паралельно з'єднаних насосів, зміною числа обертів приводного двигуна, об'ємним регулюванням гідромотора [102]. Керування приводним двигуном полягає в регулюванні швидкості руху вихідної ланки шляхом зміни його частоти обертання.

Типове використання об'ємного гідропривода в НГПА можна представити у вигляді схеми (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Типове використання об'ємного гідропривода в НГПА

В залежності від задачі керування об'ємні приводи поділяють на стабілізуючий, програмний та слідкуючий. В стабілізуючому швидкість руху вихідної ланки підтримується сталою, в програмному – змінюється за заданою програмою. В слідкуючому приводі регульований параметр вихідної ланки змінюється за певним законом в залежності від зовнішнього впливу, який заздалегідь невідомий.

Режим роботи об'ємного привода задається органом управління. Ручне керування здійснює людина-оператор, автоматичне – гідророзподільний пристрій [102].

#### 1.4 Відомі конструкції насосів з гідравлічним приводом

Насоси з гідравлічним приводом ще досить обмежено представлені на вітчизняному ринку, тоді як в багатьох країнах світу, зокрема, в Німеччині, США, Італії, Норвегії та інших країнах завдяки своїм перевагам вони знайшли широке застосування в багатьох галузях промисловості. Сьогодні в багатьох розвинених країнах насоси з гідроприводом випускаються низкою фірм: Feluwa Pumpen GmbH (Німеч-

чина), Milton Roy (США), Alemite (США), Maritime Hydraulics (Норвегія), Wagner, Dellmeco, FlowMaster, Graco, Tapflo, Wilden Pump & Engineering, Grundfos, Махроу (США) та ін. [75, 104, 176, 202]. Ці насоси широко застосовуються в різних галузях промисловості, і, зокрема, для відкачування в'язких, корозійно-активних і забруднених середовищ з резервуарів і відстійників, для збору розлитих нафтопродуктів, для перекачування бурового розчину і будівельних цементних сумішей, а також як насоси-дозатори в різних технологічних процесах хімічної, харчової та інших галузях промисловості.

В таблиці 1.2 наведені порівняльні дані деяких насосних агрегатів з гідравлічним і механічним приводами, які призначені для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ.

Коефіцієнт  $K_1$  – показник якості конструкції, який визначався за формулою, кг/кг [149]:

$$K_1 = \frac{m_p}{G} 100,$$

де  $m_p$  – маса рідини, що перекачується за один робочий цикл, кг;  $G$  – маса насосного агрегату, кг.

Коефіцієнт  $K_2$  – показник питомої енергоємності, кВт/кг [149]:

$$K_2 = \frac{pQ}{G} 100,$$

де  $pQ$  – корисна потужність насосного агрегату, кВт.

Таблиця 1.2 – Показники питомої енергоємності та якості конструкції для насосних агрегатів з механічним і гідравлічним приводами [82, 106, 112, 149, 151, 176]

| Тип насоса  | Продуктивність, м <sup>3</sup> /год | Тиск, $p$ , МПа | Маса $G$ , кг | Частота робочих циклів $n$ , хв <sup>-1</sup> | $K_1$ | $K_2$ |
|---|-------------------------------------|-----------------|---------------|---|-------|-------|
| Поршневий діафрагмовий насос Feluwa з механ. приводом | 75                                  | 25              | 6000          | 70  | 0,29  | 8,681 |

## ЛІТЕРАТУРА

1. А. с. 1054587 СССР, МКИ<sup>3</sup> F 15 В 21/12, В 28 В 1/08. Виброплощадка / А. Ф. Пономарчук, Р. Р. Обертюх, И. В. Коц, А. П. Гель (СССР). – № 3464879/25-06 ; заявл. 05.07.1982 ; опубл. 15.11.1983, Бюл. № 42.
2. А. с. 1256726 СССР, МКИ<sup>4</sup> А 01 G 25/02. Импульсный дождевальный аппарат / А. Ф. Пономарчук, Г. С. Ратушняк, И. В. Коц (СССР). – № 3644083/30-15 ; заявл. 19.09.83 ; опубл. 15.09.86, Бюл. № 34.
3. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
4. Алимов О. Д. Гидравлические виброударные системы : монография / О. Д. Алимов, С. А. Басов ; отв. ред. Э. Э. Лавендел. – М. : Наука, 1990. – 352 с.
5. Андриенко П. А. Разработка методов динамического анализа тяжелых машин с гидроприводом : дис. ... кандидата техн. наук : 05.02.18/ Андриенко Павел Александрович. – Санкт-Петербург, 2007. – 116 с.
6. Баженов В. В. Оценка технического состояния и остаточного ресурса насосных агрегатов в условиях автоматизации магистральных нефтепроводов : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.19 / Баженов Владимир Васильевич. – Уфа, 2004. – 129 с.
7. Балденко Д. Ф. Перспективы создания гидроприводных винтовых насосных установок для добычи нефти / Дмитрий Балденко, Федор Балденко // Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 3. – С. 67–69.
8. Баранов В. Н. Электрогидравлические и гидравлические вибрационные механизмы : теория, расчет и конструкции / В. Н. Баранов, Ю. Е. Захаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977. – 326 с.
9. Башта Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем / Башта Т. М. – М. : Машиностроение. – 1974. – 410 с.
10. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика : справочное пособие / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1971. – 672 с.

11. Березюк О. В. Вібраційний гідропривод плити пресування твердих побутових відходів у сміттєвозах : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.02.03 «Системи приводів» / О. В. Березюк. – Вінниця, 2005. – 18 с.
12. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 4. – С. 81–86.
13. Берман В. М. Системы гидропривода выемочных и проходческих машин / Берман В. М., Верескунов В. Н., Цетнарский И. А. – М. : Недра, 1982. – 206 с.
14. Боровин Г. К. Математическое моделирование гидравлической системы управления экзоскелетона / Боровин Г. К., Костюк А. В., Сит Д. – М. : Ордена Ленина Ин-т прикл. матем. им. М. В. Келдыша РАН, 2004. – 24 с. – (Препринт / РАН, Ордена Ленина Ин-т прикл. матем. им. М. В. Келдыша; 04-67).
15. Боровин Г. К. Математическое моделирование и оптимальное проектирование автономного электрогидравлического привода / Боровин Г. К., Малышев В. Н., Попов Д. Н. – М. : Ордена Ленина Ин-т прикл. матем. им. М. В. Келдыша РАН, 2003. – 17 с. – (Препринт / РАН, Ордена Ленина Ин-т прикл. матем. им. М. В. Келдыша; 03-01).
16. Бочаров Ю. А. Кузнечно-прессовое оборудование / Бочаров Ю. А. – М. : Академия, 2008. – 408 с.
17. Бочаров В. П. Исследование объемного насоса со струйным регулятором подачи / В. П. Бочаров, Б. С. Лобанов, В. Б. Струтинский // Гидропривод и гидропневмоавтоматика : респ. межвед. научн.-техн. сб. – 1977. – Вып. 13. – С. 43–46.
18. Бритвин Л. Н. Разработка научных основ построения, расчета и применения многофункциональных объемных насосных агрегатов : дис. ... доктора техн. наук : 05.02.02, 05.04.13 / Бритвин Лев Николаевич. – М., 2004. – 450 с.
19. Буренніков Ю. А. Вибір параметрів системи керування гідроприводом з насосом змінної продуктивності на основі дослідження його стійкості / Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 6. – С. 211–217.

20. Буренніков Ю. А. Оптимізація гідророзподільника для гідроприводів з пропорційним електрогідравлічним регулюванням / Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 6. – С. 225–229.

21. Буренніков Ю. А. Про деякі особливості гідросистеми, чутливої до навантаження / Буренніков Ю. А., Комісаренко Ю. Я., Козлов Л. Г. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1997. – № 3. – С. 70–75.

22. Васильченко В. А. Клапаны для гидроприводов путевых машин / Виктор Васильченко, Владимир Соболев // Путь и путевое хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 24–29.

23. Васильченко В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин : Справочник / Васильченко В. А. – М. : Машиностроение, 1983. – 301 с.

24. Васильченко В. А. Гидропривод и средства гидроавтоматики / В. А. Васильченко // Строительные и дорожные машины. – 2004. – № 11. – С. 9–14.

25. Васильченко В. А. Техническое обслуживание гидропривода строительных, дорожных, коммунальных и лесозаготовительных машин / Виктор Васильченко, Владимир Соболев // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 2. – С. 36–40.

26. Вірник М. М. Вібраційні та віброударні процеси і машини у ливарному виробництві : монографія / М. М. Вірник, Р. Д. Іскович-Лотоцький, Н. Р. Веселовська. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2007. – 198 с.

27. Водяник В. И. Эластичные мембраны / Водяник В. И. – М. : Машиностроение, 1974. – 136 с.

28. Гавриленко О. М. Математична модель гідравлічного приводу для синхронних переміщень / Олексій Гавриленко, Станіслав Кулініч // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2007. – Ч. 1, № 3 (109). – С. 34–38.

29. Гайдуков В. П. Гидравлика / В. П. Гайдуков. – М. : Госоптехиздат, 1946. – 300 с.

30. Гамынин Н. С. Гидравлический привод систем управления / Н. С. Гамынин. – М. : Машиностроение, 1972. – 376 с.
31. Гамынин Н. С. Динамика быстродействующего гидравлического привода / Н. С. Гамынин, Ю. К. Жданов, Д. Л. Климашин. – М. : Машиностроение, 1979. – 80 с.
32. Гидравлика и гидропривод / [Гудилин Н. С., Кривенко Е. М., Маховиков Б. С., Пастоев И. Л.]. – М. : МГГУ, 2001. – 519 с.
33. Гидравлика, гидравлические машины и гидроприводы / [Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 424 с.
34. Гидропневмоударные системы исполнительных органов горных и строительно-дорожных машин / Сагинов А. С., Кичигин А. Ф., Лазуткин А. Г., Янцен И. А. – М. : Машиностроение, 1980. – 200 с.
35. Гидропривод объемный и пневмопривод. Термины и определения : ГОСТ 17752-81. – [Действительный от 1982-01-01]. – М. : Госметртехстандарт, 1981. – 45 с.
36. Гидропривод сваепогружающих и грунтоуплотняющих машин / [Иванов М. Е., Матвеев И. Б., Искович-Лотоцкий Р. Д. и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 174 с.
37. Гідроімпульсні приводи технологічних вібр машин із захистом гідронасоса від дії пульсуючого тиску / [Обертюх Р. Р., Искович-Лотоцкий Р. Д., Архипчук М. Р., Мовчанюк М. А.] // Промислова гідроліка і пневматика. – 2007. – № 1 (15). – С. 52–57.
38. Гідроприводи та гідро пневмоавтоматика / [Федорець В. О., Педченко М. Н., Струтинський В. Б. та ін.] ; за ред. В. О. Федорця. – К. : Вища шк., 1995. – 463 с.
39. Гойдо М. Е. Проектирование объемных гидроприводов / Гойдо М. Е. – М. : Машиностроение, 2009. – 304 с.
40. Гончаревич И. Ф. Теория вибрационной техники и технологии / И. Ф. Гончаревич, К. В. Фролов ; под ред. Ф. М. Диментберга. – М. : Наука, 1981. – 319 с.
41. Горбунов В. Ф. Импульсный гидропривод горных машин / Горбунов В. Ф., Лазуткин А. Г., Ушаков Л. С. – Новосибирск : Наука, 1986. – 198 с.



42. Гринчар Н. Г. Выбор метода и средств диагностирования машин / Н. Г. Гринчар // Путь и путевое хозяйство. – 2003. – № 3. – С. 27–29.
43. Гринчар Н. Г. Надежность гидроприводов путевых, строительных и грузоподъемных машин : учеб. пособие / Гринчар Н. Г. – М. : МИИТ, 2001. – 111 с.
44. Громадский А. В. Центробежные насосы : уч. пособие / Громадский А. В., Аракельян Л. В., Шалыгин А. М. – Краснодар : КГАУ, 1991. – 135 с.
45. Губарев О. П. Вибір схемних рішень з урахуванням енерговитрат багатопривідної гідравлічної системи / О. П. Губарев, Ю. О. Пижигов, О. В. Левченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2007. – Ч. 1, № 3 (109). – С. 60–65.
46. Дерібо О. В. Вибір параметрів дросельного гідродвигуна електрогідравлічного стежного вібропривода / О. В. Дерібо // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 3. – С. 83–88.
47. Дидур В. А. Прогнозирование надежности силовых гидроприводов сельскохозяйственной техники / В. А. Дидур // Промислова гідравліка і пневматика. – 2007. – № 3 (17). – С. 100–103.
48. Динамика гидропривода / [Садовский Б. Д., Прокофьев В. Н., Кутузов В. К. и др.] ; под ред. В. Н. Прокофьева. – М. : Машиностроение, 1972. – 288 с.
49. Динамические характеристики двухступенчатого пневмогидравлического привода с гидравлическим переключающим клапаном / [Семеняко М. В., Метлюк Н. Ф., Кулеша З. Н., Метлюк К. Н.] // Промислова гідравліка і пневматика. – 2006. – № 1 (11). – С. 72–78.
50. Дубровин В. А. О приводе выгребной цепи ЩОМ-1200 / В. А. Дубровин, В. Ф. Ковальский, Ю. П. Майоров // Путь и путевое хозяйство. – 2003. – № 4. – С. 18–20.
51. Дусанюк Ж. П. Вплив рукавів високого тиску на характер перехідних процесів в довгих трубопроводах гідроприводів технологічних машин / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Дусанюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 5. – С. 95–99.
52. Дусанюк Ж. П. Експериментальні дослідження динамічних процесів у гідроприводі з довгими лініями та наявністю нерозчиненої

газової фази в робочій рідині / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Дусанюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2001. – № 4. – С. 84–90.

53. Дьяконов В. П. MATLAB 7.\*/R2006/ R2007 / В. П. Дьяконов . – М. : ДМК Пресс, 2008. – 768 с.

54. Ермаков В. В. Гидравлический привод металлорежущих станков. Некоторые вопросы расчета и конструирования / Ермаков В. В. – М. : Машгиз, 1963. – 324 с.

55. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. – М. : Мир, 1976. – 167 с.

56. Зайончковський Г. Й. Порівняльні характеристики динамічної жорсткості рульових приводів різних кінематичних схем / Г. Й. Зайончковський, О. В. Лось // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Машинобудування. – 2004. – Вип. 38 (1). – С. 12–17.

57. Зайцев В. Ф. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям / В. Ф. Зайцев, А. Д. Полянин. – М. : Физматлит, 2001. – 576 с.

58. Зайченко И. З. Пластинчатые насосы и гидромоторы / И. З. Зайченко, Л. М. Мышлевский. – М. : Машиностроение, 1970. – 229 с.

59. Зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище енергозберігаючих систем утилізації органічних відходів. Звіт про НДР (проміжний) : Шифр 82-Д-312. Вінницький національний технічний університет. – № держреєстрації 0108U000667. – Вінниця, 2009.

60. Ибатулов К. А. Гидравлические машины и механизмы в нефтяной промышленности / Ибатулов К. А. – М. : Недра, 1972. – 288 с.

61. Иванов Б. К. К вопросу продления срока эксплуатации насосного оборудования энергоблоков АЭС Украины / Б. К. Иванов, В. А. Томасевич // Герметичность, вибронадежность и экологическая безопасность насосного и компрессорного оборудования –

«ГЕРВИКОН – 2005» : междунар. науч.-техн. конф., 2005 г. : тезисы докл. – Сумы, 2005. – Т 1. – С. 200–206.

62. Иванов М. Е. Специальная гидроаппаратура управления короткоходовыми возвратно-поступательными прямоленейными и вращательными перемещениями в машиностроении / Иванов М. Е., Искович-Лотоцкий Р. Д., Коц И. В. – М. : НИИмаш, 1982. – 52 с.

63. Ивановский В. Н. Нефтегазопромысловое оборудование : учебник для вузов / Ивановский В. Н. – М. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2006. – 717 с.

64. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев, В. А. Крат. – К. : Техника, 1982. – 208 с.

65. Иванчук Я. В. Гідроімпульсний привод віброударного пристрою для розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів : дис. ... кандидата техн. наук : 05.02.02 / Иванчук Ярослав Володимирович. – Вінниця, 2009. – 168 с.

66. Искович-Лотоцкий Р. Д. Генераторы импульсов тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин : монографія / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Р. Р. Обертюх, М. Р. Архипчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 171 с.

67. Искович-Лотоцкий Р. Д. Дослідження динаміки вібраційних та віброударних машин з гідроімпульсним приводом / Р. Д. Искович-Лотоцкий, М. В. Бакало // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 4. – С. 121–125.

68. Искович-Лотоцкий Р. Д. Гідроімпульсний привод установки для віброабразивної очистки внутрішніх поверхонь трубчастих виробів / Р. Д. Искович-Лотоцкий, М. М. Вірник, В. О. Дрончак // Промислова гідравліка та пневматика. – 2008. – № 2 (20). – С. 63–64.

69. Искович-Лотоцкий Р. Д. Математична модель гідроприводу з автоматом реверса / Р. Д. Искович-Лотоцкий, В. О. Пішенін, Н. В. Пішеніна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2001. – № 5. – С. 74–79.

70. Іскович-Лотоцький Р. Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій : монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, І. В. Севостьянов. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – 291 с.

71. Каверзин С. В. Гидропривод машин различного технологического назначения / С. В. Каверзин, Ж. Жорж. – Красноярск, 2000. – 197 с.

72. Казак А. С. Погружные бесштанговые насосы для добычи нефти / А. С. Казак, И. И. Росин, Л. Г. Чичеров. – М. : Недра, 1973. – 232 с.

73. Казак А. С. Погружные поршневые бесштанговые насосы с гидроприводом / Казак А. С. – Л. : Гостоптехиздат, 1961. – 320 с.

74. Калекин А. А. Насосы для перекачивания навоза : справочник / А. А. Калекин. – М. : МСХА, 1993. – 95 с.

75. Каталог насосів фірми FLUX [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://www.flux.ru/diaphragm.shtml>.

76. Компания Агроводком. Техничко-аналитический обзор насосного оборудования [Електронний ресурс]. Режим доступу : [http://www.agrovodcom.ru/review\\_pump/pump36.php](http://www.agrovodcom.ru/review_pump/pump36.php).

77. Коробочкин Б. Л. Динамика гидравлических систем станков / Коробочкин Б. Л. – М. : Машиностроение, 1976. – 240 с.

78. Косенко-Белинский Ю. А. Мембранно-поршневой насос для перекачивания абразивных гидросмесей / Ю. А. Косенко-Белинский // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2007. – Ч. 2, № 3 (109). – С. 74–79.

79. Коц И. В. Разработка и исследование клапанов-пульсаторов для гидравлических приводов вибрационных и ударно-вибрационных узлов горных машин : дис. ... кандидата техн. наук : 05.02.03 / Коц Иван Васильевич. – Винница, 1994. – 227 с.

80. Крижанівський Є. І. Підвищення ефективності роботи електроприводних насосних агрегатів у нафтогазовій промисловості / Крижанівський Є. І., Костишин В. С., Карпаш О. М. // Нафтогазова енергетика. – 2007. – № 3(4). – С. 25–30.

81. Кузнецова Г. В. Диагностирование состояния гидроприводов и их элементов / Кузнецова Г. В. // Вестник машиностроения. – 2001. – № 9. – С. 21–26.
82. Кукоба А. Т. Гідроприводний розчинонасос подвійної дії : дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.02 / Кукоба Анатолій Тихонович. – Полтава, 2000. – 195 с.
83. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід / В. Р. Кулінченко. – К. : Інкос, 2006. – 616 с.
84. Лазарев Ю. Г. Моделирование процессов и систем в MatLab / Лазарев Ю. Г. – СПб : Питер, 2005. – 511 с.
85. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб., 2005. – 736 с.
86. Ли В. Л. Экспериментальные исследования процесса всасывания поршневого бетононасоса с гидроприводом / В. Л. Ли // Строит. и дорож. машины. – 2002. – № 12. – С. 27–28.
87. Лисенко В. С. Структурні схеми гідропередач з дросельним регулюванням швидкості / В. С. Лисенко, В. К. Буслов, Т. Г. Таурит // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2007. – Ч. 1, № 3 (109). – С. 147–153.
88. Лурье З. Я. Динамика гидроагрегата копрового пресса с учетом нестационарных явлений / Зиновий Лурье, Алексей Старченко // Промислова гідравліка і пневматика. – 2005. – № 4 (10). – С. 63–67.
89. Лурье З. Я. Исследование энергетических характеристик гидроагрегатов стационарных машин / З. Я. Лурье, Н. П. Ремарчук, И. М. Федоренко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2007. – Ч. 1, № 3 (109). – С. 159–164.
90. Лурье З. Я. Математическая модель узла «гидрораспределитель-гидроцилиндр» гидроагрегата навесного оборудования трактора / Зиновий Лурье, Евгений Цента // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2007. – Ч. 2, № 3 (109). – С. 84–88.
91. Лызо Б. Г. Новые конструкции сваебойных молотов / Б. Г. Лызо, Ю. В. Дмитриевич. – М. : ЦНИИИТЭСтройдормаш, 1968. – 83 с.
92. Матвеев И. Б. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия / И. Б. Матвеев. – М. : Машиностроение, 1974. – 184 с.

93. Математическое моделирование технических систем / [Дмитришин Д. В., Усов А. В., Вайсман В. А. и др.]. – К. : Техника, 1995. – 328 с.

94. Математична модель вібропресової формувальної машини з гідроімпульсним приводом / Р. Д. Іскович-Лотоцький, М. М. Вірник, О. А. Рагозін, В. О. Пішенін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – № 1. – С. 78–81.

95. Механика в техническом университете : серия в 8 т. / сост. Д. Н. Попов. – М., 2001. – Т. 7 : Механика гидро- и пневмоприводов : учеб. для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов в обл. техники и технологии. – 2001. – 319 с.

96. Михеев А. Ю. Исследование характеристики и повышение надежности насосов перистальтического принципа действия : дис. ... кандидата техн. наук : 05.02.13 / Михеев Андрей Юрьевич. – Уфа, 2004. – 152 с.

97. Мищенко В. А. Работа самовсасывающего клапанного поршневого насоса при пуске / Василий Мищенко, Сергей Гребеннюков // Вестник машиностроения. – 1992. – № 2. – С. 14–15.

98. Москаленко В. В. Электрический привод : учеб. для студентов высших уч. заведений / В. В. Москаленко. – М. : Академия, 2007. – 368 с.

99. Мухаметшин Ф. Ф. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров / Ф. Ф. Мухаметшин, Б. Ш. Иофик, Ю. Л. Мазель. – М. : Госкомэкологии РФ, 1997. – 29 с.

100. Навроцкий К. Л. Динамика автономного гидропривода возвратно-поступательного движения / К. Л. Навроцкий // Вестник машиностроения. – 2003. – № 4. – С. 7–13.

101. Навроцкий К. Л. Математическое моделирование гидро- и пневмоприводов / К. Л. Навроцкий // Строительные и дорожные машины. – 2005. – № 12. – С. 35–41.

102. Навроцкий К. Л. Теория и проектирование гидро- и пневмопривода : учебник / Навроцкий К. Л. – М. : Машиностроение, 1991. – 384 с.

103. Насосное оборудование Tapflo. Воздушные мембранные насосы [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.tapflo.com.ru/leaflets/membrannie\\_nasosi.pdf](http://www.tapflo.com.ru/leaflets/membrannie_nasosi.pdf).
104. Насосы ESPA [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://espa.com.ru>.
105. Насосы : справочное пособие / [Бадеке К., Градевальд А., Хундт К.-Х. и др.] ; пер. с нем. В. В. Малюшенко, М. К. Бобка. – М. : Машиностроение, 1979. – 502 с.
106. Научно-производственное объединение «Простор». Поршневой гидроприводной насос НПГ – 16 [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.npo-prostor.ru/HTML/Prodakt/vip/ngp.htm>.
107. Немировский И. А. Расчёт гидроприводов технологических машин / И. А. Немировский, Н. Г. Снисарь. – К. : Техника, 1992. – 184 с.
108. Никитин О. Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов : учеб. пособие / Никитин О. Ф. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 312 с.
109. Николенко И. В. Системный подход в проектировании объемных гидромашин высокого технического уровня / И. В. Николенко // Вісник Сумського державного університету. – 2006. – № 12 (96). – С. 49–57.
110. Новицкий П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
111. Новые перспективные разработки по ликвидации последствий / [гл. редактор Якимов И. Н.] // Интервал. – 2002. – № 9. – С. 4–6.
112. ООО «СТРОЙИНЛОК». Штукатурные станции и растворонасосы [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.stroyinlock.ru>.
113. Объемные гидравлические приводы / Башта Т. М., Зайченко И. З., Ермаков В. В., Хаймович Е. М. – М. : Машиностроение, 1969. – 628 с.
114. Одосій З. М. Математичне моделювання роботи гідравлічної частини поршневих насосів з самодіючими клапанами / З. М. Одосій, С. С. Чаплінський // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков. – 2004. – № 2. – С. 26–32.

115. Ольштынський Н. В. Исследование и создание гидравлического привода виброконвейера : дис. ... кандидата техн. наук : 05.13.07 / Ольштынський Николай Васильевич. – Волгоград, 1999. – 172 с.

116. Онищенко О. Г. Прямоточний малоімпульсний насос із комбінованим приводом двох поршнів / О. Г. Онищенко, А. В. Васильєв, В. У. Уст'янцев // Збірник наукових праць Полтавського державного технічного університету (галузеве машинобудування, будівництво). – 2002. – Вип. 8. – С. 11–16.

117. Остренко С. А. Гидравлика, гидравлический привод и газовая динамика : уч. пособие / С. А. Остренко, В. В. Пермьяков. – М. : Технолит, 2005. – 95 с.

118. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.

119. Патент на корисну модель № 19371U Україна, МПК<sub>7</sub> E 21 В 31/113. Гідравлічний ударний пристрій / Коц І. В., Петрусь В. В., Насіковський А. Б. [та ін.] ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200606553 ; заявл. 13.06.06 ; опубл. 15.12.06, Бюл. № 12.

120. Патент на корисну модель № 23901U Україна, МПК<sub>7</sub> F04В 43/06. Мембранний гідропривідний насос / Коц І. В., Петрусь В. В., Насіковський А. Б. ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200701165 ; заявл. 05.02.07 ; опубл. 11.06.07, Бюл. № 8.

121. Патент на корисну модель № 27692U Україна, МПК<sub>7</sub> F04В 43/06. Мембранний насос з гідравлічним приводом / Коц І. В., Петрусь В. В. ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200707409 ; заявл. 02.07.07 ; опубл. 12.11.07. – Бюл. № 18.

122. Патент на корисну модель № 27788U Україна. МПК<sub>7</sub> F04В 43/06. Насос мембранного типу з гідравлічним приводом / Коц І. В., Петрусь В. В., Штанько О. С. [та ін.] ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200708355 ; заявл. 20.07.07 ; опубл. 12.11.07, Бюл. № 18.



123. Патент на корисну модель № 28377U Україна, МПК<sub>7</sub> F04B 43/06. Гідроприводний насос мембранного типу / [Коц І. В., Петрусь В. В., Штанько О. С, Насіковський А. Б] ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200707427 ; заявл. 02.07.07 ; опубл. 10.12.07, Бюл. № 20.

124. Патент на корисну модель № 29362U Україна, МПК<sub>7</sub> F04B 43/06. Гідроприводний мембранний насос / [Ратушняк Г. С., Коц І. В., Петрусь В. В., Насіковський А. Б] ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200710316 ; заявл. 17.09.07 ; опубл. 10.01.08, Бюл. № 1.

125. Патент на корисну модель № 34892U Україна, МПК<sub>7</sub> F04B 43/06. Гідроприводний діафрагмовий насос / Коц І. В., Петрусь В. В. ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200804106 ; заявл. 01.04.08 ; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.

126. Патент на корисну модель № 34894U Україна, МПК<sub>7</sub> F04B 43/06. Діафрагмовий насос з гідроприводом / Коц І. В., Петрусь В. В. ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200804111 ; заявл. 01.04.08 ; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.

127. Патент на корисну модель № 34895U Україна, МПК<sub>7</sub> F04B 43/06. Мембранний насос із гідравлічним приводом / Коц І. В., Петрусь В. В. ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200804112 ; заявл. 01.04.08 ; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.

128. Патент на корисну модель № 45361U Україна, МПК<sub>8</sub> F04B 43/06. Гідропривідний мембранний насос / Коц І. В., Петрусь В. В. ; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200904792 ; заявл. 05.05.09 ; опубл. 10.11.09, Бюл. № 21.

129. Патент на корисну модель № 9736U Україна, МПК<sub>6</sub> F 04 B 35/02. Компресор з гідравлічним приводом / [Петрусь В. В., Насіковський А. Б, Коц І. В., Ніколайчук І. І.] ; заявник і власник патента Він-

ницький національний технічний університет. – № u200502692 ; заявл. 24.03.05 ; опубл. 17.10.05, Бюл. № 10.

130. Перспективні конструкції розчинонасосів і гідропривідних штукатурних станцій із поворотним бункером змішувача, що пропонуються для впровадження в будівельне виробництво / О. Г. Онищенко, А. В. Васильєв, В. У. Уст'янцев, О. В. Головкін // Збірник наукових праць Полтавського державного технічного університету (галузеве машинобудування, будівництво) ; вип. 9. – Полтава : ПНТУ. – 2002. – С. 20–26.

131. Петрусь В. В. / Автомат реверсу для поршневих насосів із гідроприводом / Віталій Петрусь, Іван Коц // Автоматика-2006 : XIII міжнародна науково-техн. конф. з автоматичного управління, 25–28 вересня 2006 р. : тези доповідей. – Вінниця, 2006. – С. 238.

132. Петрусь В. В. Автомат реверсу для поршневих насосів з гідроприводом / Віталій Петрусь, Іван Коц // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 1 (70). – С. 79–83.

133. Петрусь В. В. Гідроімпульсні ін'єктори для нагнітання будівельних сумішей при реконструкції будівель та споруд / Іван Коц, Віталій Петрусь // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій : зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 8. – С. 473–480.

134. Петрусь В. В. Дослідження гідропривода змішувального пристрою реактора установки з виробництва біодизеля / В. В. Петрусь // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 4 (74). – С. 132–136.

135. Петрусь В. В. Дослідження мембранного насоса з гідравлічним автоматом реверса / Іван Коц, Віталій Петрусь // Вібрації в техніці і технологіях. – 2006. – № 2 (44). – С. 28–33.

136. Петрусь В. В. Дослідження робочого процесу насоса мембранного типу з гідроприводом / В. В. Петрусь // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві : Науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2007. – № 4. – С. 169–175.

137. Петрусь В. В. Експериментальні дослідження гідропривідного мембранного насоса для перекачування високов'язких і агресивних

рідин / Іван Коц, Віталій Петрусь // Промислова гідравліка та пневматика. – 2009. – № 3 (25). – С. 92–97.

138. Петрусь В. В. Математична модель гідропривода помпуючого вузла мембранного насоса / Віталій Петрусь, Іван Коц // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 4 (21). – С. 73–77.

139. Петрусь В. В. Математична модель діагностування роботи гідроприводного насосного агрегату / В. В. Петрусь // Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики : 16-ая международная конференция, 1–5 жовтня 2008 р. : тези доповідей. – Ялта, 2008. – С. 7–8.

140. Петрусь В. В. Математична модель оцінки технічного стану гідроприводного насосного агрегату / Іван Коц, Віталій Петрусь // Машинознавство. – 2008. – № 10. – С. 29–31.

141. Петрусь В. В. Математична модель оцінки технічного стану гідроприводного насосного агрегату / Іван Коц, Віталій Петрусь // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій : 1-а Міжнародна науково-технічна конференція, 22–24 жовтня 2008 р. : тези доповідей. – Львів, 2008. – С. 163–165.

142. Петрусь В. В. Мембранні гідроприводні насоси для перекачування агресивних хімічних речовин / В. В. Петрусь // Хімічна та екологічна освіта : стан і перспективи розвитку : українська науково-практична конференція, 25–26 вересня 2008 р. : тези доповідей. – Вінниця, 2008. – С. 186–187.

143. Петрусь В. В. Насоси з гідравлічним приводом для перекачування високов'язких нафтопродуктів з резервуарів та відстійників / В. В. Петрусь // Нафтогазова енергетика. – 2008. – № 4 (9) – С. 23–26.

144. Петрусь В. В. Пристрій для імпульсного нагнітання сумішей в ґрунт основ фундаментів / І. В. Коц, С. Б. Сторожук, В. В. Петрусь // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2008. – № 38. – С. 35–44.

145. Петрусь В. В. Теоретичні засади створення математичної моделі гідропривода поршневого насоса / Віталій Петрусь, Іван Коц //

Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2006. – № 5. – С. 45–49.

146. Пилипец В. И. Погружные насосы с гидроприводом : учеб. пособие / Пилипец В. И. – Донецк : ДонГТУ, 1998. – 95 с.

147. Писаревский В. М. Эксплуатация и диагностика насосных агрегатов магистральных нефтепроводов / Писаревский В. М. – М. : Нефть и газ, 2004. – 126 с.

148. Пономарев В. В. Границы применимости математических моделей гидродинамических процессов в насосном агрегате / В. В. Пономарев // Естественные и технические науки. – 2004. – № 3. – С. 161–163.

149. Пономарев В. В. Создание объемного гидроприводного насосного агрегата с оптимизированным алгоритмом управления : дис. ... кандидата техн. наук : 05.02.02 / Пономарев Владимир Викторович. – М., 2004. – 164 с.

150. Пономарев А. Н. Гидроприводной мембранный буровой насос / А. Н. Пономарев // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 2. – С. 41–44.

151. Поршневые насосы EstrichBoy [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.dlhbrinkmann.ru/service.php?page=general\\_info\\_porshen&div=equipment](http://www.dlhbrinkmann.ru/service.php?page=general_info_porshen&div=equipment).

152. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем / Д. И. Попов. – М. : Машиностроение, 1987. – 464 с.

153. Преимущества дозирочных насосов / [гл. ред. Сергеев А. П.] // Химическое и нефтегазовое оборудование. – 2003. – № 5. – С. 25 – 26.

154. Примеры расчетов по гидравлике / [Альтшуль А. Д., Калицун В. И., Майрановский Ф. Г., Пальгунов П. П.]. – М. : Стройиздат, 1977. – 255 с.

155. Производственное объединение «Химсталькомплект». Агрегат насосный погружной центробежный с гидроприводом (АНП «Гидро») [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.metalopt.ru/production/anp>.

156. Прокофьев В. Н. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод / [В. Н. Прокофьев, Ю. А. Данилов, Л. А. Кондаков и др.] ; под ред. В. Н. Прокофьева. – М. : Машиностроение, 1969. – 495 с.

157. Рагозін О. А. Гідроімпульсний привод нової вібропресової формувальної машини з розширеними технологічними параметрами : дис. ... кандидата техн. наук : 05.02.03 / Рагозін Олег Анатолійович. – Вінниця, 2001. – 265 с.

158. Расчет и проектирование устройств гидравлической струйной техники / [ Бочаров В. П., Струтинский В. Б., Бадах В. Н., Таможний П. П. ]. – К. : Техніка, 1987. – 127 с.

159. Ременский П. П. Очистка резервуаров от нефтепродуктов / П. П. Ременский // Энергетик. – 2002. – № 3. – С. 28.

160. Рид Р. Свойства газов и жидкостей : справочное пособие / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд ; пер. с англ. под. ред. Б. И. Соколова. – 3-е изд. – Л. : Химия. – 1982. – 592 с.

161. Розробка насосного гідроприводного агрегату для перекачування в'язких текучих середовищ. Звіт про НДР (заключний) : Шифр 9320. Вінницький національний технічний університет. – № держреєстрації 0108U009389. – Вінниця, 2009. – 88 с.

162. Розробка та дослідження імпульсного дощувального апарату із гідроприводом. Звіт про НДР (заключний) : Шифр 9317. Вінницький національний технічний університет. – № держреєстрації 0107U004578. – Вінниця, 2008. – 83 с.

163. Розробка та дослідження нових конструкцій гідроприводних віброплощадок з імпульсною формою коливань для приготування бетонних сумішей. Звіт про НДР (заключний) : Шифр 9315. Вінницький національний технічний університет. – № держреєстрації 0105U004663. – Вінниця, 2008. – 106 с.

164. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации : нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1999. – 320 с.

165. Рыбак А. Т. Моделирование и оптимизация гидромеханических систем мобильных машин и технологического оборудования : дис. ... доктора техн. наук. : 05.02.02 / Рыбак Александр Тимофеевич. – Краснодар, 2007. – 302 с.

166. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : монографія /

В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 218 с.

167. Сагинов А. С. Теоретические основы создания гидроимпульсных систем ударных органов машин / Сагинов А. С., Янцен И. А., Ешуткин Д. Н. – Алма-Ата : Наука, 1985. – 256 с.

168. Сахно Ю. О. Гідравліка і гідропневмоавтоматика : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл / Сахно Ю. О. – Чернігів : ЧДТУ, 2004. – 148 с.

169. Сахно Ю. А. Многопоточные гидравлические делители / Сахно Ю. А. – М. : Машиностроение, 1988. – 160 с.

170. Свешников В. К. Станочные гидроприводы : справ. библиотека конструктора / Свешников В. К. – [4-е изд.]. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.

171. Севостьянов И. В. Вибропресс с гидроимпульсным приводом для многокомпонентного нагружения порошковых заготовок : дис. ... кандидата техн. наук : 05.03.05 / Севостьянов Иван Вячеславович. – Винница, 1998. – 227 с.

172. Седуш В. Я. Управление техническим состоянием машин по результатам диагностирования / В. Я. Седуш, В. А. Сидоров, Е. В. Ошовская // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2000. – № 5. – С. 86–88.

173. Сенсоры линейного перемещения с аналоговым выходом TEMPOSONICS-EP2 Analog [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.temposonics-shop.de/pdf/EP2\\_analog\\_e.pdf](http://www.temposonics-shop.de/pdf/EP2_analog_e.pdf).

174. Сидоренко В. П. Гідравліка і гідроприводи : навч. посіб. для автомеханіків / В. П. Сидоренко, О. М. Яхно. – К. : Університет «Україна», 2008. – 163 с.

175. Ситников Б. Т. Расчет и исследования предохранительных и переливных клапанов / Ситников Б. Т., Матвеев И. Б. – М. : Машиностроение, 1971. – 129 с.

176. Солид системс. Дозировочные системы и дозировочные установки. Дозировочные насосы Grundfos Alldos, Milton Roy и др. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.solid-systems.ru>.

177. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / Спиридонов А. А. – М. : Машиностроение, 1981. – 184 с.

178. Стасюк В. М. Пневматический привод исполнительных органов ударных машин с механической связью поршня-ударника с впускными элементами : дис. ... кандидата техн. наук : 05.02.03 / Стасюк Виктор Михайлович. – Винница, 2003. – 296 с.

179. Тарасьянц С. А. Насосы для транспортировки жидкостей с твердыми и волокнистыми включениями / С. А. Тарасьянц. – Новочеркасск, 1993. – 140 с.

180. Технологические и экономические критерии применения гидроприводных насосов / Н. Н. Андреева, А. С. Трофимов, В. С. Миргородский, С. В. Петрова // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 113–115.

181. Томчук В. І. Гідроімпульсний привод вібраційного руху робочого органу розкочувальної машини для виготовлення кільцевих заготовок : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.03 / Томчук Валерій Іванович. – Вінниця, 2003. – 176 с.

182. Тихенко В. Н. Гидравлический следящий привод с корректирующим устройством [Электронный ресурс] / В. Н. Тихенко // Труды Одесского политехнического университета. – 2003. – Вып. 1 (19). – С. 1–5. Режим доступа до журн. : [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Popu/2003\\_1/1/1-13.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Popu/2003_1/1/1-13.pdf).

183. Тихенко В. Н. Улучшение эксплуатационных характеристик следящего гидропривода с четырехкромочным золотником [Электронный ресурс] / В. Н. Тихенко // Труды Одесского политехнического университета. – 2001. – Вып. 2 (2). – С. 1 – 4. Режим доступа до журн. : [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Popu/2001\\_2/2.html](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Popu/2001_2/2.html).

184. Тищенко Н. Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе : справ. изд. / Тищенко Н. Ф. – М. : Химия. – 1991. – 368 с.

185. Узунов А. В. Эффективность проектирования и модульный подход / А. В. Узунов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2007. – Ч. 2, № 3 (109). – С. 158–164.

186. Узунов А. В. Циклично-модульный подход в моделировании многорежимных гидросистем / А. В. Узунов // Промислова гідравліка та пневматика. – 2009. – № 3 (25). – С. 71–76.

187. Уплотнения и уплотнительная техника : справочник / [Л. А. Кондаков, А. И. Голубев, В. Б. Овандер и др.] ; под ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова. – М. : Машиностроение, 1986. – 464 с.

188. Федорец В. А. Расчет пневматических и пневмогидравлических цикловых систем / Федорец В. А., Педченко М. Н., Кухарец А. В. – К. : Техника, 1981. – 184 с.

189. Центробежные насосы в системах сбора, подготовки и магистрального транспорта нефти / [А. Г. Гумеров, Л. Г. Колпаков, С. Г. Бажайкин и др.] ; под общ. ред. Гумерова А. Г. – М. : Недра, 1999. – 295 с.

190. Цуханова Е. А. Синтез управляющих устройств по заданному закону торможения в гидроприводе с регулируемым насосом / Е. А. Цуханова, О. В. Косовцов // Машиноведение. – 1971. – № 2. – С. 51–57.

191. Ширман А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев. – М. : Машиноведение, 1996. – 276 с.

192. Штельмах А. А. Создание гидроприводных двухпоточных пульповых насосов с диафрагменными вытеснителями : автореф. дис. канд. техн. наук : спец. 05.04.13 «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты» / А. А. Штельмах. – М., 1990. – 16 с.

193. Austin S. A. Low-volume wet-process sprayed concrete : pumping and spraying / S. A. Austin, C. I. Goodier, P. J. Robins // Materials and Structures. – 2005. – Vol. 38. – № 2. – P. 229 – 237.

194. Brennen C. E. Hydrodynamics of pumps / Christopher Earls Brennen. – Huntsville : Concepts ETI Inc., 1994. – 293 p.

195. Casoli P. Modeling of fluid properties in hydraulic positive displacement machines / P. Casoli, A. Vacca, Germano Franzoni, Gian Luigi Berta // Simulation Modeling Practice and Theory. – 2006. – Vol. 14.

–  
№ 8. – P. 1059 – 1072.



196. Johnson J. Introduction to Fluid Power / James L Johnson. – Richmond : Delmar Cengage Learning, 2001. – 448 p.
197. Karkoub M. A. Predicting axial piston pump performance using neural networks / Mansour A. Karkoub, Osama E. Gad, Mahmoud G. Rabie // Mechanism and Machine Theory. – 1999. – Vol. 34, № 8. – P. 1211–1226.
198. Keram Z. Hydraulische Kolbenmembran-pumpen / Z. Keram // Мембраны : инф.-аналит. журнал. – 2002. – № 15 (54). – S. 420.
199. Lachenmann R. Advanced performance of small diaphragm pumps through the use of mechatronics / Richard Lachenmann, James Dirscherl // Applied Physics Association : Materials Science & Processing. – 2004. – Vol. 78. – № 5. – P. 671–673.
200. Li Z. Condition Monitoring of Axial Piston Pump : thesis for the Degree of Master of Science in the Department of Mechanical Engineering / Zeliang Li. – Saskatoon, 2005. – 121 p.
201. Ratka A. A novel analytical low-cost flow system based on a 0.6 MPa (84 psi) diaphragm pump applied to on-line trace pre-concentration in flame AAS and ICP-OES / Annelen Ratka, Harald Berndt // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2003. – Vol. 375, № 2. – P. 275–280.
202. Rayner R. Pump User's Handbook / Rayner R. – Oxford : Elsevier Science Publishers Ltd, 1995. – 481 p.
203. Shigapov A. B. A Hydraulic Drive of Booster Pumps / A. B. Shigapov // Thermal Engineering. – 2007. – Vol. 54, № 3. – P. 240–241.
204. Tsai T. M. Diagnosis of mechanical pumping system using neural networks and system parameters analysis / Tai-Ming Tsai, Wei-Hui Wang // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2009. – Vol. 23, № 1. – P. 124–135.

**Додаток А**  
**Перелік посилань на джерела, що були використані**  
**для проведення патентного дослідження**  
**в галузі насосних агрегатів з гідравлічним приводом**

1. А. с. 507706 СССР, МКИ<sup>2</sup> F 04 В 9/10, F 04 В 43/06. Гидроприводной насос / Иванов В. Ф., Крашенинников С. Н., Мальвинов Р. Е., Матусевич Я. Б., Пименов А. П., Федосеев Р. Ю. (СССР). – № 1939449/24-06 ; заявл. 02.07.1973 ; опубл. 25.06.1975, Бюл. № 11.

2. А. с. 798354 СССР, МКИ<sup>3</sup> F 04 В 43/06. Гидроприводной насос / Голов Л. С., Штельмах А. А, Рабинович А. З. (СССР). – № 2738479/25-06 ; заявл. 11.03.1979 ; опубл. 23.01.1981, Бюл. № 3.

3. А. с. 954605 СССР, МКИ<sup>3</sup> F 04 В 43/06. Гидроприводной насос / Качалкин М. В. (СССР). – № 2989483/25-06 ; заявл. 03.10.1980 ; опубл. 30.08.1982, Бюл. № 32.

4. А. с. 1193291 СССР, МКИ<sup>3</sup> F 04 В 43/06. Гидроприводной насос / Штельмах А. А, Голов Л. С., Гончаров А. С., Абаулин М. В. (СССР). – № 3768884/25-06 ; заявл. 17.07.1984 ; опубл. 23.11.1985, Бюл. № 43.

5. А. с. 1278487 СССР, МКИ<sup>4</sup> F 04 В 9/10. Гидроприводной насосный агрегат / Штельмах А. А, Голов Л. С., Сидерко Ю. А., Ющенко В. И. (СССР). – № 3728288/25-06 ; заявл. 16.04.1984 ; опубл. 23.12.1986, Бюл. № 47.

6. А. с. 1465613 СССР, МКИ<sup>4</sup> F 04 В 9/10. Гидроприводной насос / Штельмах А. А, Ярмаркович А. М. (СССР). – № 4212563/25-29 ; заявл. 20.03.1987 ; опубл. 15.03.1989, Бюл. № 10.

7. А. с. 1569422 СССР, МКИ<sup>5</sup> F 04 В 9/08, F 04 В 15/02. Насос с гидравлическим приводом / В. У. Устьянцев, А. Г. Онищенко, И. Я. Виноходов (СССР). – № 4483655/31-29 ; заявл. 14.07. 1988 ; опубл. 07.06.1990, Бюл. № 21.

8. А. с. 1636593 СССР, МКИ<sup>5</sup> F 04 В 35/02, F 04 В 43/06. Гидроприводной насос / Илембитов М. С., Буторин О. И., Курбангулов Р. Х., Багаутдинов Ф. П. (СССР). – № 4365819/29 ; заявл. 18.01.1989 ; опубл. 23.03.1991, Бюл. № 11.

9. А. с. 1657732 СССР, МКИ<sup>5</sup> F 04 В 9/08. Гидроприводной насос / В. У. Устьянцев, А. Г. Онищенко, И. Я. Виноходов (СССР). – № 4483579/29 ; заявл. 12.07. 1988 ; опубл. 23.06.1991, Бюл. № 23.

10. А. с. 1707225 СССР, МКИ<sup>5</sup> F 04 В 9/08. Гидроприводной двухцилиндровый насос / Штельмах А. А, Голов Л. С., Кочерга И. А., Арофикин Ю. Л. (СССР). – № 4701813/29 ; заявл. 05.06.1989 ; опубл. 23.01.1992, Бюл. № 3.

11. Пат. 2067217 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Пнеumo- или гидроприводной насос / Антонов В. П. ; Лалаянц Ю. М. ; Чевиков С. А. ; заявитель и патентообладатель Красноармейский научно-исследовательский институт механизации. – № 3173217/06 ; заявл. 11.06.1987 ; опубл. 27.09.1996, Бюл. № 12.

12. Пат. 2079715 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Мембранный гидроприводной дозировочный насос / Середенко В. И., Грянин В. И. ; заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа Рязанское научно-техническое акционерное предприятие «Нефтехиммашсистемы». – № 94019736/06 ; заявл. 06.05.1994 ; опубл. 20.05.1997, Бюл. № 10.

13. Пат. 2105193 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Гидроприводной насос / Галеев Р. Г., Тахаутдинов Ш. Ф., Жеребцов Е. П., Загиров М. М., Калачев И. Ф., Пономарев А. К., Метлин В. Б., Андреев И. И. ; заявитель и патентообладатель Научно-производственный отдел защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии и поддержания пластового давления Научно-производственного объединения «ЗНОК и ППД». – № 96112246/06; заявл. 21.06.1996 ; опубл. 20.02.1998, Бюл. № 2.

14. Пат. 2142577 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Диафрагменный насос с гидроприводом / Макурин В. П. ; заявитель и патентообладатель Макурин Валерий Павлович. – № 99106205/06 ; заявл. 06.04.1999 ; опубл. 10.12.1999, Бюл. № 21

15. Пат. 2285151 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 04 В 43/10. Гидроприводной диафрагменный насос / Томшин Н. А., Томшин М. А. ; заявитель и патентообладатель Томшин Николай Андреевич, Томшин Михаил Андреевич. – № 2004133884/06 ; заявл. 22.11.2004 ; опубл. 10.10.2006, Бюл. № 28.

16. Пат. 2035619 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Мембранный насос / Тярсов Г. П. ; заявитель и патентообладатель Тярсов Герман Павлович. – № 5016364/29 ; заявл. 13.12.1991 ; опубл. 20.05.1995, Бюл. № 4

17. Пат. 2035620 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Мембранный насос / Тярсов Г. П. ; заявитель и патентообладатель Тярсов Герман Павлович. – № 5060948/29 ; заявл. 30.06.1992 ; опубл. 20.05.1995, Бюл. № 8.

18. Пат. 2136962 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Гидропульсационный мембранный насос / Тярсов Г. П. ; заявитель и патентообладатель Тярсов Герман Павлович. – № 98109963/06 ; заявл. 22.05.1998 ; опубл. 10.09.1999, Бюл. № 9

19. Пат. 2148190 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 04 В 43/06. Прямоточный гидроприводной мембранный насос / Тярсов Г. П. ; заявитель и патентообладатель Тярсов Герман Павлович. – № 98109837/06 ; заявл. 22.05.1998 ; опубл. 27.04.2000, Бюл. № 11.

20. Пат. 2068118 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Мембранный насос / Каушнян Е. А., Коринченко А. Н. ; заявитель и патентообладатель Каушнян Евгений Анатольевич, Коринченко Александр Николаевич. – № 93040421/29 ; заявл. 10.08.1993 ; опубл. 20.10.1996, Бюл. № 12.

21. Пат. 2005207 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> F 04 В 9/08. Гидроприводной насос / Барышев С. В., Василенко А. А., Старокожко Ю. В., Мищенко В. П. ; заявитель и патентообладатель Хозрасчетный научно-технический центр «Импульс». – № 5002790/29 ; заявл. 08.08.1991 ; опубл. 30.12.1993, Бюл. № 47-48.

22. А. с. 931951 СССР, МКИ<sup>3</sup> F 04 В 13/00. Объемный гидроприводной насос-дозатор / Бритвин Л. Н. (СССР). – № 3000801/25-06 ; заявл. 03.11.1980 ; опубл. 30.05.1982, Бюл. № 20.

23. Пат. 2233994 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 04 В 43/06. Агрегат насосный гидроприводной / Говберг А. С., Пономарев В.В. ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Борец». – № 2003101866/06 ; заявл. 27.01.2003 ; опубл. 10.08.2004, Бюл. № 21.

24. А. с. 584092 СССР, МКИ<sup>2</sup> F 04 В 43/06. Гидроприводной диафрагменный насос / Штельмах А. А., Севастенко Ю. И., Грикевич В. В., Рабинович А. З., Самченко Р. И., Донин Э. И., Ронжин М. Ю. (СССР). – № 2175406/25-06 ; заявл. 05.08.1975 ; опубл. 15.12.1977, Бюл. № 46.

25. А. с. 885599 СССР, МКИ<sup>3</sup> F 04 В 13/00. Гидроприводной дозирующий насос / Бритвин Л. Н. (СССР). – № 2899478/25-06 ; заявл. 26.03.1980 ; опубл. 30.11.1981, Бюл. № 44.

26. А. с. 1605024 СССР, МКИ<sup>5</sup> F 04 В 43/06. Диафрагменный гидроприводной насос / Устьянцев В. У., Онщенко А. Г., Виноходов И. Я (СССР). – № 4483676/31-29 ; заявл. 17.12. 1988 ; опубл. 07.11.1990, Бюл. № 41.

27. А. с. 1788318 СССР, МКИ<sup>5</sup> F 04 В 9/08. Гидроприводной возвратно-поступательный насос / Давыдов А.С. (СССР). – № 4809869/29 ; заявл. 05.04.1990 ; опубл. 15.01.1993, Бюл. № 2.

28. Пат. 17949А Україна, МПК<sup>6</sup> F 04 В 43/06. Мембранний гідроприводний насос / Коц І. В., Волошин О. Б. (Україна). – № 94052928 ; заявл. 11.05.1994 ; опубл. 03.06.1997, Бюл. № 5.

29. Патент № 52402U Україна МПК<sup>6</sup> F04 В 9/00. Насос буровий гідропривідний / Чмілевський Ю. І., Лапицький Я. Ю. – № 2002053765 ; заявл. 07.05.2002 ; опубл. 16.12. 2002, Бюл. № 12.

30. Патент № 67175U Україна МПК<sup>6</sup> F04 В 9/00. Насос буровий гідропривідний / Чмілевський Ю. І., Лапицький Я. Ю., Мельник М. П., Моїсєєв С. В., Манжос Ю. П., Чижиков М. В., Ханенко В. М. – № 2003087318 ; заявл. 04.08.2003 ; опубл. 15.06.2004, Бюл. № 6.

31. Патент № 18097U Україна, МПК<sup>6</sup> F04В 9/08. Прямоточна помпа / Уст'янцев В. У., Онищенко В. О., Васил'єв А. В. ; заявник і власник патента Уст'янцев В. У. – № 94043183 ; заявл. 22.04.1994 ; опубл. 31.10.1997, Бюл. № 5.

32. Патент № 32009U Україна, МПК<sup>6</sup> F04 В 9/00. Гідропривідний розчинонасос / Кукоба А. Т. ; заявник і власник патента А. Т. Кукоба. – № 98126517 ; заявл. 10.12.98 ; опубл. 15.12. 00, Бюл. № 12.

33. Патент № 38154U Україна, МПК<sup>6</sup> F04 В 9/00. Гідроприводний насос / Васильєв А. В. ; заявник і власник патента А. В. Васильєв. – № 2000063182 ; заявл. 02.06.00 ; опубл. 15.05.01, Бюл. № 4.

*Наукове видання*

**Коц Іван Васильович**  
**Петрусь Віталій Володимирович**

**НАСОСИ З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ  
ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ,  
АГРЕСИВНИХ ТА АБРАЗИВОВМІСНИХ СЕРЕДОВИЩ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено В. Петрусем

Підписано до друку 09.11.2012 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 11,32  
Наклад 100 прим. Зам № 2012-177

Вінницький національний технічний університет,  
КІВЦ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-81-59  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.