

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

НУБІП України

01.12 – КМР. 463 “С” 2023.03.28. 037 ПЗ

**ЛОБОВ ОЛЕКСАНДР ВАЛЕНТИНОВИЧ**

НУБІП України

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) конструювання та дизайну

УДК 621.176-049.32

**ПОГОДЖЕНО** **ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Декан факультету Завідувач кафедри  
конструювання та дизайну надійності техніки  
(назва факультету (ННІ)) (назва кафедри)

Ружи́ло З.В.  
(підпис) (ПІБ)

Новицький А.В.  
(підпис) (ПІБ)

“ ” 2023 р. “ ” 2023 р.  
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: “ Дослідження технічного стану та удосконалення технології ремонту насосу Omega обприскувача Berthoud“RAPTOR””

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування  
(код і назва)  
Освітня програма Технічний сервіс машини та обладнання сільськогосподарського виробництва  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми Новицький А.В.  
К.Т.Н., доц. (підпис) (ПІБ)  
(науковий ступінь та вчене звання)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доц.  
(науковий ступінь та вчене звання)

Новицький А.В.  
(підпис) (ПІБ)

Виконав Лобов С.В.  
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факкультет конструювання та дизайну

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
надійності техніки

к.т.н., доц. Новицький А.В.  
науковий ступінь, вчене звання (підпис) (ДПБ)  
" " " 2023 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Лобов Олександр Валентинович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування  
(код і назва)

Освітня програма Технічний сервіс машин та обладнання сільськогосподарського виробництва  
(назва)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи "Дослідження технічного стану та удосконалення технології ремонту насосу Omega обприскувача Berthoud "RAPTOR" затверджена наказом ректора НУБіП України від "28" березня 2023 р. № 463 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедрі 2023.11.07  
(рік, місяць, число)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: Перелік літературних джерел відповідно теми роботи; перелік методик для вирішення завдань магістерської роботи; насос Omega, який є однією з основних складових обприскувача Berthoud "RAPTOR"

Перелік графічного матеріалу (за потреби).

Дата видачі завдання "08" вересня 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Новицький А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Завдання прийняв до виконання Лобов О.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 6  |
| РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....   | 7  |
| 1.1. Агротехнічні вимоги до сучасних обприскувачів.....                                       | 7  |
| 1.2. Аналіз конструкцій причіпних і самохідних обприскувачів.....                             | 8  |
| 1.3. Аналіз конструкцій обприскувачів Berthoud «RAPTOR».....                                  | 27 |
| РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НАДІЙНОСТІ НАСОСІВ OMEGA.....                              | 34 |
| 2.1. Структурна надійність насоса OMEGA.....  | 34 |
| 2.2. Надійність насоса OMEGA обприскувача обприскувачів Berthoud «RAPTOR».....                | 40 |
| РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....                               | 42 |
| 3.1. Методика проведення експериментальних досліджень.....                                    | 42 |
| 3.2. Методика оцінки основних видів пошкоджень деталей насоса OMEGA.....                      | 48 |
| РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОСТІ НАСОСІВ OMEGA ОБПРИСКУВАЧІВ BERTHOUD «RAPTOR»..... | 51 |
| 4.1. Результати оцінки пошкоджень деталей насоса OMEGA.....                                   | 51 |
| 4.2. Дослідження надійності насоса OMEGA.....   | 53 |
| 4.3. Результати проведення експлуатаційних випробувань.....                                   | 62 |
| 4.4. Дослідження зносу деталей насоса Омега.....  | 66 |
| 4.5. Розробка технології підвищення довговічності валів насоса Омега.....                     | 69 |
| РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РЕМОНТІ ОБПРИСКУВАЧІВ.....                     | 78 |
| ВИСНОВКИ.....   | 80 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....   | 81 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Формування ринкових відносин в аграрному секторі національної економіки не можливе без застосування високопродуктивних надійних оприскувачів в аграрному виробництві. Особлива роль при отриманні врожаю належить своєчасному внесенню ЗЗР. Дослідження надійності роботи оприскувача Бертю Раптор і його насоса Омега, а в перспективі вдосконалення його складових частин забезпечує безперервну роботу оприскувачів на полях України. З вище сказаного можна зробити висновок про те, що проблема підвищення рівня надійності насоса Омега і оприскувача Бертю Раптор в цілому є актуальним питанням, вирішенню якого і присвячується дана робота.

**Мета** роботи – це підвищення надійності насосів Омега оприскувачів Бертю Раптор технологічними способами.

Досягнення поставленої мети потребує вирішення таких **завдань**:

- дослідити характерні відмови насосів Омега;
- окреслити можливості підвищення надійності насосу Омега;
- розглянути загальну характеристику насоса Омега в розрізі відцентрових насосів;
- дати порівняльну оцінку напрацювань насоса Омега з стандартним і поліпшеним валом;
- розробити програму забезпечення надійності насосів Омега;
- дослідити стан безпеки праці при ремонті насосу.

**Об'єктом дослідження** насоси Омега оприскувача Бертю Раптор та процеси забезпечення їх надійності.

**Предмет дослідження** – процеси втрати та відновлення працездатності насоса Омега оприскувача Бертю Раптор.

**Практична значущість.** Висновки та рекомендації роботи можуть знайти конкретну реалізацію в виробництві за рахунок проведення операцій термообробки і тим самим підвищення надійності кінцевого продукту.

## РОЗДІЛ 1.

# СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Агротехнічні вимоги до обприскувачів

**Агротехнічні вимоги до штангових обприскувачів.** Головна вимога до обприскувача - рівномірною обробкою всієї території без пропусків і повторів при максимально-економічному споживанні препарату, тобто підтримання заданої норми літрів на гектар. Обробка повинна проводитися при швидкості вітру менше, ніж 4 м/с, температурі нижче, ніж 25°C, відсутності дощу і рясної роси.

Не можна обприскувати рослини в період цвітіння.

Заправка робочої рідини може проводитися на під'їзних дорогах, поворотних смугах, тобто, поряд з місцем роботи. Обприскувач може бути оснащений системою самозаправки або буде потрібно зовнішній насос.

Штанговий обприскувач повинен бути адаптований для роботи з усіма хімічними препаратами, які використовуються в сільському господарстві. Це можуть бути емульсії, суспензії, розчини.

**Рівномірність обробки по довжині і ширині.** Ознакою якісної обробки ЗЗР при візуальній оцінці верхньої частини листа є краплі в кількості не менше 20 штук на 1 см<sup>2</sup>. Допустимі відхилення від заданої норми внесення становлять 5% при автоматичному контролі обприскування і 10% при ручному.

Розпилювачі (форсунки) повинні бути підібрані таким чином, щоб середній діаметр крапель при запланованому тиску не перевищував 500 мкм (обробка ЗЗР). Покриття верхньої сторони листа не менше 80%, нижньої - 60%, коефіцієнт варіації в межах окремого листа (нерівномірність обробки) 25%, коефіцієнт варіації в межах ширини штанги обприскувача не більше 25%, по довжині проходу обприскувача - 20%.

Максимально допустиме відхилення обсягу виливасемої рідини між розпилювачами на питанзі - не більше 5%.

**Система подачі робочої рідини.** Концентрація робочої рідини в баку обприскувача повинна залишатися незмінною, припустима зміна під час

внесення не більше 5%. Процес внесення повинен безперервно тривати аж до спустошення бака на 95%.

Безпосередньо під час обробки пошкодження рослин робочими механізмами не повинно перевищувати 0,5%.

Неприпустимо попадання крапель робочої рідини на рослини, що знаходяться на сусідньому полі. З цієї причини, краще використовувати норму виливу не менше 200 л/га і застосовувати розкилювачі, які дають краплі від 200 мкм.

Всі деталі, які можуть контактувати з робочою рідиною повинні бути з стійких до корозії матеріалів.

Амортизаційний період служби обприскувача має становити 6 років. До моменту списання ресурс повинен бути не менше 1800 годин роботи. Питомі показники трудомісткості техобслуговування і усунення відмов не повинні перевищувати 0,05 людини-години на годину. Коефіцієнт готовності штангового обприскувача по оперативному часу – 0,97.

## 1.2. Аналіз конструкцій причіпних і самохідних обприскувачів

### *Причіпні обприскувачі: порівняння конструкційних характеристик*

Обприскування – багатогранний та складний технологічний процес, пов'язаний з багатьма факторами. Вже немає сумніву, що однією з вирішальних умов ефективного використання пестицидів є їхнє якісне та своєчасне внесення.

Саме якісне внесення препаратів визначає успіх у вирощуванні сільськогосподарських культур. До того ж, дуже важливою є проблема захисту навколишнього середовища від забруднення хімічними сполуками.

Український ринок обприскувачів заповнений різноманітною продукцією вітчизняних та іноземних компаній. У такому розмаїтті аграрій може сумніватися, що саме йому потрібно та яка машина працюватиме ефективно у його умовах і угіддях.

Напівпричіпні обприскувачі мають головну перевагу – економічність, так як вони значно дешевші самохідних, а трактор, з яким можна агрегатувати машину, є у кожному господарстві. Отже, вартість і зручність у використанні – це головні переваги напівпричіпного обладнання.

Розглянемо основні характеристики. В огляд включено деякі моделі обприскувачів, представлені на ринку України.

Причіпні обприскувачі німецької компанії AMAZONE серії UX використовуються як у середніх, так і великих підприємств, що вирощують зернові культури. У модельному ряді AMAZONE поєднано машини UX 3200, UX 4200, UX 5200, UX 6200 та UX 11200. На ринку представлено дві модифікації цієї лінійки техніки: Special і Super. Вони відрізняються між собою потужністю насосів, максимальною довжиною штанги та способом її складання (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Причіпний обприскувач німецької компанії AMAZONE серії UX

До модельного ряду UX належать обприскувачі з об'ємом бака для роботи рідини 3600 л, 4600 л, 5600 л, 6600 л, 12000 л. Задля полегшення очистки та зменшення кількості залишків рідини бак виконано зі заокругленими кінцями, у ньому немає перегородок та низьке розташування центру тяжіння. Вони обладнані гідромішалками для змішування робочої суміші, не створюючи піни. Залежно від модифікацій, на обприскувач встановлюють штанги довжиною від

18 м до 40 м. Використовують штанги серій Special, Super-L та Super-S. Модель UX 11200 укомплектовано штангою Super-L шириною захвату від 24 м до 40 м.

В обприскувачах AMAZONE UX встановлюють один або два мембранно-поршневих насоси: у варіанті Special – насос продуктивністю 280 л/хв, а у варіанті Super – два насоси продуктивністю 430 та 530 л/хв. Модифікацію Super використовують за ширини захвату понад 24 м, або великої витрати робочого розчину – понад 250 л/га, коли потрібна висока продуктивність насоса.

Систему TrailTrop, яка забезпечує точний рух слід у слід за інерцією, встановлено на обприскувачах UX 3200, UX 4200, UX 5200, UX 6200.

Обприскувач UX 11200 оснащують двоювальною віссю DoubleTrail з електронним регулюванням, яка в свою чергу також забезпечує пересування його по колії трактора.

Обприскувачі серії UX комплектують електродистанційною автоматикою дозування. Електромагнітні клапани забезпечують вмикання та вимкнення окремих секцій. Обприскувачі комплектують пристроєм зворотного ходу рідини, який дозволяє регулювати тиск під час роботи окремих секцій.

Нещодавно на ринку причіпних обприскувачів з'явилося нове покоління машин від AMAZONE – серія UX 01. Обприскувачі UX 01 комплектують баками

з максимальним об'ємом – 4600 л, 5600 л та 6560 л. Для UX 01 пропонують штанги Super-L2 від 21 м до 40 м. Обприскувачі комплектують насосами продуктивністю 520 л/хв.

Обприскувачі UX 01 обладнано керованою віссю AGRO Turn, довжина якої 2100 мм з кутом повороту 28°. Вона забезпечує більшу маневреність обприскувачів, точніше копіювання руху енергозасобів та менший радіус розвороту, який тепер складає приблизно 4,5 м.

Обприскувачі UX 01 обладнано системою контролю висоти штанги ContourControl. Вона використовує шість ультразвукових датчиків на штанзі для підтримки висоти штанги на рівні 30 см над поверхнею, за допомогою гідравлічної системи, яка також може змінювати кут нахилу окремо лівої та правої штанги на горбистій місцевості (немає пружинних амортизаторів для

компенсації коливання штанги). У вигляді опції може бути встановлено систему SwingStop, яка зменшує горизонтальне переміщення штанги за допомогою датчиків прискорення на кінці штанги.

Систему обприскування в UX 01 оснащено системою AmaSwitch, яка розділяє штангу на 50-сантиметрові секції та автоматично управляє ними та AmaSelect, що дозволяє керувати кожною окремою форсункою. Також варто виділити й використання технології DUS – система циркуляції високо тиску, завдяки якій на старті вилив відбувається одразу по всій ширині захвату штанги.

Німецька компанія **LEMKEN** представляє на теренах України причіпні обприскувачі LEMKEN Primus і Albatros. Primus – це базова модель, що має всі основні функції (рис. 1.2.).

Обприскувачі отримали останнім часом більш сучасний вигляд, а також стали більш технічними та кращими в управлінні. Об'єм бака обприскувачів Primus складає від 2400 л до 4400 л, ширина захвату штанги – від 15 м до 30 м. В обприскувачах Albatros об'єм бака становить від 4000 л до 6200 л, ширина захвату штанги – від 15 м до 39 м. Більше того, обсяг резервуара для чистої води збільшений до 320 літрів.

Нові моделі обприскувачів отримали від виробника більш округлі форми та не змінили своєї кольорової гами, зовнішній вигляд також підкреслюють світлодіодні освітлювальні прилади.

Штангу підвішено посередині за допомогою маятникової підвіски. Вона автоматично прагне бути в горизонтальному положенні, незалежно від положення шасі обприскувача. Пружинні стабілізатори підтримують копіювання штангою схилів та перешкоджають опусканню штанги всередину на краю поля. Для паралельного копіювання рельєфу, штанга обприскувача оснащена компенсатором нахилу, управління яким оператор здійснює через блок управління у кабіні трактора.



Рис. 1.2. Німецький обприскувач Lemken Primus

Після модернізації обприскувачів Primus у базовій моделі є циркуляційний трубопровід, що забезпечує подачу розчину по всій ширині штанги в гомогенному стані після увімкнення. А унікальна, стійка до скручування штанга зі Z-подібного профілю та оптимізованою схемою прокладання шлангів у профілях штанги, забезпечує якісне внесення препаратів.

Мембранно-поршневі насоси виготовлено з матеріалів, стійких до корозії та дії добрив. На різних моделях встановлено різну кількість насосів: один на 250 л/хв, або два по 250 л/хв.

У пакет оснащення EES входить автоматизована гідравлічна система на воді, завдяки чому можна зручно управляти з кабіни всіма процедурами очищення обприскувача. З'явилося в обприскувачах поворотне днище, за допомогою якого можливе верхнє чи нижнє навішування обприскувача з використанням різних зчіпних петель.

Ще один німецький виробник обприскувачів, фірма **Horsch**, представляє причіпний обприскувач Horsch Kees 4 AX. Обприскувач оснащено пластиковим баком з об'ємом 3800 л та баком з чистою водою для промивання резервуара та форсунок об'ємом 400 л. Штанга конструктивно не відрізняється від попередніх

моделей – ширина захвату від 18 м до 30 м. А от відстань між форсунками становить 50 см, а не 25 см як у попередніх моделях Horsch Leeb LG і GS (рис. 1.3.).



Рис. 1.3. Причипний обприскувач Horsch Leeb 4 AX

Обприскувач оснащено мембранно-поршневим насосом із можливістю вибору витрат розчину 270 л/хв або 400 л/хв.

Для управління штангою встановлено систему BoomControl із двома або чотирма ультразвуковими датчиками, які дозволяють регулювати висоту штанги під час роботи на невеликій відстані від землі, а також максимально точно копіювати рельєф.

Причипний обприскувач Horsch Leeb 4 AX може управлятися Isobus, який встановлений на трактор, або за допомогою оригінального терміналу Miller Elektronik і відповідного джойстика.

Обприскувач можна обладнати різними опціями, такими як: поворотне дишло, система підсвічування штанги, автономна гідравліка тощо.

Французький виробник представлений причипною машиною BERTHOUD TRACKER з об'ємом бака 3200 л та штангами в д 18 до 33 м. Обприскувач може бути обладнано системою електронного регулювання витрати рідини DP

TRONIC, EC TRONIC, а також механічною системою регулювання DPA (патент BERTHOUD) (рис. 1.4.).

У BERTHOUD TRACKER DPA замість одного насоса – два. Перший виконує функції заповнення обприскувача водою і хімічними препаратами, приготування робочого розчину, та ополіскування бака і системи після проведення робіт. Цей насос працює від ВВП трактора з продуктивністю 400 л/хв. Сам насос є відцентровим, а значить найпростішим і невибагливим. Його ресурс колосальний, він не виконує головну операцію – обприскування. Для цієї операції у BERTHOUD TRACKER DPA є другий насос – VOLUX DPA (патент BERTHOUD). Окрім перекачування рідини, насос виконує ще одну функцію – дозування (встановлення потрібної норми виліву). Підтримка норми виліву в разі зміни швидкості досягається приводом насоса не від ВВП трактора, а від колеса самого обприскувача, що забезпечує незалежність від тракторного двигуна та дій оператора.



Рис. 1.4. Принциповий обприскувач BERTHOUD TRACKER

Варто зазначити також, що цей насос поршневий, а не мембранний. Насос і його головні комплектуючі зроблені з чавуну та нержавіючої сталі, що дозволяє вносити будь-який найбільш агресивний і тяжкий препарат, наприклад, КАС.

В обприскувача своя система амортизації – підвіска ACTIVEFLEX. На осі розташовано амортизаційний механізм. Здатність цього обприскувача максимально швидко реагувати на будь-яку проблему, завдяки можливості

працювати на максимальній швидкості, дозволить швидко усунути будь-яку загрозу врожаю.

Стабілізація штанги забезпечує рівномірність розподілу препарату по ширині захвату. Штанга BERTHOUD «не боїться» ні швидкості, ні різких маневрів – її ідеальну роботу забезпечує запатентована система стабілізації AXIALE. Штанга стабілізується, завдяки тільки механічним рішенням у конструкції, немає нічого складного: ні гідравліки, ні електронних датчиків, сенсорів тощо.

Італійська компанія **MASCHIO GASPARDO** представляє аграріям причіпні обприскувачі серії CAMPO. Машини модельного ряду CAMPO оснащено пасі, штангами та елементами, захищеними надстійким фарбуванням. Обприскувачі представлені з номінальним об'ємом бака 3250 л та шириною захвату від 18 м до 28 м. Опційно обприскувачі можна комплектувати повітряними рукавами (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Причіпний обприскувач MASCHIO GASPARDO

Крайні секції штанги виконано з алюмінієвого сплаву. На машинах штангу підвищено за допомогою паралелограма на одношарнірний механізм маятникового типу. Колівання гасяться газовими амортизаторами та відповідними пружинами, що забезпечує плавність ходу під час руху по дорозі та польових робіт.

Обприскувач у стандартній комплектації обладнано регульованими по ширині осями. Подача розчину здійснюється діафрагмовим насосом ANNOVI REVERBERI продуктивністю до 265 л/хв і повністю управляється з кабіни

трактора за допомогою багатфункціональної кнопочової панелі та комп'ютера ARAG/Bravo 180S.

Використання хімічних речовин оптимізовано та безпечно, завдяки преміксеру Top Mix, омивачу системи циркуляції з форсунками очищення бака, а також системі DEVIOKIT, що дозволяє окремо промивати насос і систему циркуляції, навіть коли бак повний.

Бразильська фірма **Jacto** представлена обприскувачами Jacto ADVANCE VORTEX. Це моделі з об'ємом баку до 3000 л та шириною захвату до 24 м. У

них повністю гідрофікована алюмінієва штанга та комп'ютерний контроль роботи обладнані комп'ютерною системою управління JSC-5000/5001. Всі

обприскувачі Jacto обладнані автономною гідросистемою зі замкнутим контуром, не пов'язаним з гідросистемою трактора із джойстиком управління

JEC-3400 розташованим в кабіні трактора. Це дозволяє використовувати масла з високими технічними якостями, що збільшує термін служби деталей

гідросистеми та забезпечує стабільне положення штанги над оброблюваною поверхнею. З кабіни трактора за допомогою пульта управління можна скласти

штанги, відключати їх посекційно, змінювати висоту та кут розташування, що зручно при крайових обробках і роботі на пересіченій місцевості (рис. 1.6.).



Рис. 1.6. Пріципний обприскувач Jacto

Обприскувачі Jasto оснашені електричним комп'ютерним керуванням норми внесення препаратів незалежно від швидкості руху.

Обприскувачі укомплектовано поршневыми насосами з керамічними гільзами та сигналізацією на крапельний витік. Продуктивність насоса – до 300 л/хв.

Обприскувачі обладнано двома типами мішалок робочого розчину – механічними й гідравлічними. Під час його роботи мішалки запобігають утворенню осаду препарату. Механічна мішалка встановлена у найнижчій точці бака, гідравлічна працює у верхній частині бака.

Система повітряної підтримки розпилу робочої рідини Vortex забезпечує більш якісне покриття рослин препаратом і дає можливість працювати за вітряної погоди, до того ж, економія препарату складає до 10%.

Одним із українських виробників обприскувачів є ПрАТ «**Богуславська сільгосптехніка**». Модельний ряд обприскувачів включає широкую лінійку, яка може задовольнити потреби різних господарств, з різною кількістю посівних площ для обробітку. Представниками цієї серії є обприскувачі ОПК-2000, ОПК-2500, ОПК-3200 та ОПК-4200. Обприскувачі агрегують з тракторами тягового класу 1,4-2. Основний бак агрегату виготовлено з поліетилену. Залежно від моделі баки є на 2000 л, 2500 л, 3200 л та 4200 л. У баці робочий розчин перемішують два інжекторних змішувачі з керамічними наконечниками, які встановлені на дні бака (рис. 1.7.).

Обприскувач ОПК АТЛАНТ 3200 обладнано гідравлічною штангою (але є і механічна штанга 18 м), яка доступна у версіях 18 м, 21,5 м, 24 м, 28 м, 32 м та 36 м. Штангу оснащено двоточковим маятниковим механізмом стабілізації у поєднанні з гідромеханічною системою гасіння коливань та гідропневматичною підвіскою шасі з азотними акумуляторами. Все це забезпечує гасіння динамічних навантажень на раму й штангу обприскувача, утримуючи штангу в горизонтальному положенні, та забезпечує рівномірність обробки культур на високій швидкості, а також дозволяє плавно змінювати робочу висоту штанги. Для запобігання руйнації штанги у разі зіткнення з перешкодою, останній її

сегмент горизонтально відхиляється на  $45^\circ$ , і запобігти пошкодженню, повертається у початкове положення



Рис. 1.7. Обприскувач ОПК АТЛАНТ

На обприскувачі ОПК АТЛАНТ 3200 встановлюють мембранно-порічкові насоси компанії AnproReverber, продуктивністю від 145 л/хв до 250 л/хв, залежно від ширини захвату штанги обприскувача. Деталі насосів покриті пластиком для захисту металу від впливу агресивних хімікатів і добрив.

Обприскувач обладнано комп'ютером Bravo180s ARAG, що здійснює всі функції з управління розподілу рідини та навігації без підтримки зовнішнього електронного блоку управління (ECU). Система комп'ютерного управління підтримує задану норму внесення препарату незалежно від швидкості руху обприскувача, мінімізуючи вплив людського фактору на якість обробки. Цей комп'ютер дозволяє оператору контролювати всі основні параметри обприскування, не виходячи з кабіни трактора. Відповідно до стандарту ISOBUS протокол обміну даними електронного обладнання машини не прив'язаний до

виробника та дає змогу пристроям обмінюватися інформацією і взаємодіяти один з одним. Систему засновано на використанні одного єдиного монітора – Virtual Terminal (VT), за допомогою якого оператор може відображати всі параметри трактора і сполученого з ним знаряддя, управляти ними, задаючи значення за допомогою спеціального гнізда ISOBUS. Також є можливість під'єднання додаткових пристроїв управління (пультів, джойстиків і т.д.).

Український виробник машин для внесення засобів захисту рослин ТДВ “Львівagroшапроект” представляє причіпні штангові обприскувачі ОПШ-2,4-21,6 АСУ та ОПШ-3524 АСУ (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Обприскувач моделі ОПШ

Обприскувачі моделі ОПШ-2,4-21,6 оснащено баком для добрив об'ємом 2500 л та системою промивання баку з додатковою ємністю на 250 л. Робоча ширина захвату штанги становить 21,6 м.

Обприскувачі ОПШ-3524 оснащено полімерним баком власного виробництва, об'ємом 3500 л, рукавом для самозаправки та системою промивки основного бака на 300 л. Робоча ширина захвату штанги представлена на вибір – 18 м, 21 м та 24 м.

Причіпний обприскувач ОПШ-3524 укомплектовано мембранно-поршневим насосом Annovi Reverberi (Італія) продуктивністю 250 л/хв. Насос, оснащений поворотною платформою, зменшує навантаження на кардану передачу під час транспортування обприскувачів на поворотах. Ширина колії обприскувачів регулюється у межах від 1,8 м до 2,1 м. Кліренс машини становить 0,65 м та 0,75 м, залежно від моделі. Обприскувачі укомплектовано міксерами

об'ємом 35 літрів фірми Polmas (Італія). Штанги обладнані гідравлічною системою розкладання коректором їхнього нахилу над поверхнею. Маятникова підвіска забезпечує чудову стабілізацію штанги обприскувача незалежно від рельєфу поля.

Обприскувачі обладнують навігаційною системою Matrix Pro 570 GS + TeeJet, яка контролює відключення посекційно форсунок у разі повторного наїзду на оброблену ділянку, що унеможливує «випалення» поля. Опційно можливо встановити комплект обладнання «Нічна підсвітка», що полегшує роботу з обприскувачем у темну пору доби, забезпечуючи можливість візуального контролю роботи розпилювачів з місця оператора під час внесення препаратів.

Для кожного сільгоспвиробника під час вибору обприскувача важливими аспектами є його вартість, надійність та якість роботи. Не треба забувати також і про ремонтпридатність, або наявність сервісної служби у виробника чи дилера техніки. Сьогодні як вітчизняні виробники, так і іноземні компанії пропонують широкий спектр обприскувачів та запчастин до них, а сервісні служби готові все відремонтувати та замінити ще “на вчора”. Отже, вибирати техніку потрібно особливо ретельно: аналізувати її та обирати саме ту модель, яка працюватиме максимально ефективно у ваших умовах та на ваших угіддях. Її місцевість та рельєф полів також відіграють важливу роль під час роботи обприскувача.

### *Принцип роботи самохідних обприскувачів*

Головною перевагою самохідного обприскувача порівняно з причіпним є його висока продуктивність і наявність великого кліренсу (у деяких моделях до 1,8-2 м), що дає змогу працювати з високорослими культурами такими як ріпак, соняшник, кукурудза. Всі представлені на сьогоднішній ринковій області сільській техніки обладнання незалежно від вартості прості в управлінні - організувати і здійснити роботи допоможе лише один механізатор. Також розпилювачі мають досить короткий термін повної окупності, що при достатній надійності конструкції і її довговічності також здатне вважатися конкурентною

перевагою самохідний обприскувач. У традиційну комплектацію нинішніх моделей обприскувачів входить також система автоматичного управління, за рахунок якої можна працювати з диференційованою нормою на гектар. Огляд модельного рядка самохідних обприскувачів

*Огляд модельного рядка самохідних обприскувачів*  
Обприскувач самохідний Туман - продуктивність даного обприскувача досягає близько 15 тис. Гектар за сезон. Одна подібна машина може

забезпечувати потреби середньої сільгосп організації або ж невеликому приватному ферми. Туман в своєму розпорядженні кілька комплектаціями: штанговим обприскувачем, вентиляторним і розкидачем мінеральних добрив. Обприскувач Госа - розпилювач здатний застосовуватися для

результативного розподілу рідких розчинів і суспензій. Працює на дизелі. Рубін обприскувач - пневматична установка зі збільшеним об'ємом бака для розчину або суспензії, поршневым механізмом і великим діапазоном регулювання внесення добрив або хімікатів. Рубін допомагає забезпечувати контроль витрат в діапазоні від 5 до 50 літрів на гектар.

Обприскувач Джон Дір - допомагає здійснити обробку ґрунтів на великих територіях. Дані апарати виробляються організацією з Америки, яка спеціалізується на випуску сільськогосподарських автомобілів з кінця 19 століття. Обприскувач John Deere застосують в основному для власників великих

сільгосп організацій, де потрібні високі швидкості і продуктивність. Барс обприскувач - відмінно підійде для безперервної роботи розпилювача самохідного або причіпного обприскувача поля. Має у своєму розпорядженні штангою в 24 метра. Також він призначається для хімічного захисту різних рослин і внесення рідини у вигляді мінеральних добрив. Обприскувач Харді - має

бак в 3200 літрів і 24 метри завширшки охоплення. Досить якісний самохідний розпилювач, який можна застосовувати на сільськогосподарському полі середнього розміру.

**AMAZONE PANTERA 4502** Обсяг бака для робочого розчину сягає 4800 л, а довжина штанги - від 21 до 40 м. Максимальний кліренс моделі може сягати 170 см, чого більш ніж достатньо для роботи з усіма видами культур. Управління здійснюється за допомогою бортового комп'ютера AMAPED з інтегрованими GPS-системами.



Рис. 1.8. Самохідний обприскувач **AMAZONE PANTERA**

**HORSCH LEEB PT** Безступінчастий гідростатичний привід руху із системою запобігання буксуванню, незалежна підвіска кожного колеса, безступінчаста зміна кліренсу та ширини колі у межах 140-160 см та 225-300 см відповідно — без уваги не лишилася жодна деталь. 5000-літровий бак із високоякісної неіржавіючої сталі, відцентровий насос (продуктивність якого 1000 л/хв) та штанга довжиною від 30 до 36 м, форсунки на якій розташовані на відстані 25 см одна від одної. Все це в підсумку дає нам високопродуктивний та призначений для якісного внесення розчину обприскувач (рис. 1.9.).



Рис. 1.9. Самохідний обприскувач HORSCH LEEB PT

На сьогодні у лінійці французької компанії **BERTHOUD** можна знайти дві концептуально різні моделі Raptor, та Vguin.



Рис. 1.10. Самохідний обприскувач BERTHOUD

Наголосимо на такій важливій конструктивній деталі Berthoud Raptor, як змінний кліренс у діапазоні 125-180 см. Сього на звичайних посівах провадити обробіток із кліренсом 125 см, а заходячи у високорослі культури підіймати машину до 180 см. Також це поєднання нормальної транспортної висоти машини під час руху від механічного загону до поля та високого кліренсу саме в полі (рис. 1.10)

Завдяки високому кліренсу, а також широкій діапазону робочої висоти штанги 0,5-3,15 м Berthoud Raptor надає можливість для захисту і підживлення

культури впродовж усього періоду вегетації від внесення КАС по мерзлоталому ґрунті до проведення десикації. Можна обирати поміж трьома моделями Parrot з об'ємом бака 3200, 4200 або 5200 л та штангами робочою шириною від 24 до 44 м.

Але найбільш важливими відмінностями машин Berthoud є головні вузли саме обприскувача – насос та штанга. Вони розробляються та виробляються самим заводом Berthoud та є унікальними і запатентованими. Високопродуктивний відцентровий двотурбінний насос здатен вносити будь-які норми виліву на швидкостях до 25 км/год. Легендарна стабілізація штанги забезпечить чітку лінію над оброблюваною поверхнею незалежно від рельєфу та перепадів швидкості.

**KUHN STRONGER** Французький виробник придбав відомий бренд техніки для захисту рослин Montana, і на їх базі створив лінійку класних моделей Stronger/Paruda, що буквально означає «силач». Тут встановлений 6-циліндровий дизельний двигун MWM потужністю 260 к. с. з інтеркулером об'ємом 6,45 л. Номінальні оберти двигуна становлять 2000 об/хв., що дозволяє працювати обприскувачу зі значною економією палива та збільшує моторесурс роботи двигуна.

Це конструктивно відносно прості і дуже надійні машини, в яких інтегровано високотехнологічні системи та технічні рішення безпосередньо від Kuhn. Це стосується і суперстабільної підвіски штанги Equilibra, і можливості працювати на надвисокій швидкості – до 36 км/год, і економічної гідростатичної трансмісії, і. Кожне із чотирьох привідних коліс Stronger оснащено пневматичною подушкою, що забезпечує плавність ходу моделі.



Рис. 1.11. Самохідний обприскувач KUHN STRONGER

При цьому кліренс Stronger становить 180 см. Обприскувач має добру стійкість під час роботи на схилах за рахунок достатньої ширини колії 2,8-3,5 м. Колія регулюється гідравлічним способом під час руху обприскувача. На відміну від механічного регулювання ширини колії це дозволяє економити до 3 годин часу на кожній. Для закачування робочої рідини в бак застосовується додатковий насос продуктивністю 800 л/хв.

**New Holland Agriculture.** Вони завжди вирізнялися такими речами, як продуктивність, простота і надійність конструкції і, звичайно ж, звертає на себе увагу кліренс, який сягає 183 см і вище (рис. 1.12).

НУБІП України



Рис. 1.12. Самохідний обприскувач NEW HOLLAND GUARDIAN

Інтегрувавши в конструкцію «американців» власні високотехнологічні розробки, бренд New Holland пропонує сьогодні лінійку Guardian, яка у сегменті продуктивності та можливості працювати з високорослими посівами фактично майже не має конкурентів. При цьому обсяг бака у найпотужнішій 275-сильній моделі New Holland Guardian SP 275 F може перевищувати 6000 л (стандартно найбільша модель - 5300 л), а довжина штанги становить зручні 36 м. При цьому конструкція машини з переднім розташуванням штанги забезпечує практично ідеальне співвідношення ваги - 50/50. Продуктивність насоса подачі робочої суміші Hydro становить цілих 795 л/хв, а незалежна перехресна підвіска HydroLink™ допускає відхилення колеса під час наїзду на нерівність - до 50,8 см, забезпечуючи цим самим плавність ходу та постійний контакт усіх коліс обприскувача з ґрунтом.

**CASE IH PATRIOT** В Україні є доступними три основні модифікації Case IH Patriot: 3230, 3330, 4430. Машини із потужністю двигуна від 220 до 325 к.с., довжиною штанги від 27,4 до 36,6 м та обсягом бака від 3028 до

4542 л. Компонування та балансування усіх моделей здійснено таким чином, аби досягти максимальної стійкості обприскувача (рис. 1.13).



Рис. 1.13. Самохідний обприскувач CASE IH PATRIOT

Виробник пропонує цілу низку високотехнологічних рішень для того, щоб сказімо, якісно працювати на нерівному рельєфі чи забезпечити швидке ефективне заправлення бака. Тут є ліва активна підвіска штанги. Гідростатична трансмісія із постійним приводом на всі колеса. Інноваційна система AIM Command Flex автоматично підтримує заданий розмір крапель розчину в широкому діапазоні швидкостей руху. Система AccuBoom™ автоматично вимикає секції штанги, що зайшли на вже оброблені ділянки.

### 1.3. Аналіз конструкції обприскувачів Verthoud Raptor

Конструкція данного обприскувача є класичною для самохідної машини подібного класу з гідростатичним приводом на всі колеса, пневмопідвіскою та заднім розташуванням штанги. Особливий інтерес в данному випадку складає система оприскування, яка має певні відмінності від подібних машин, представлених на ринку.

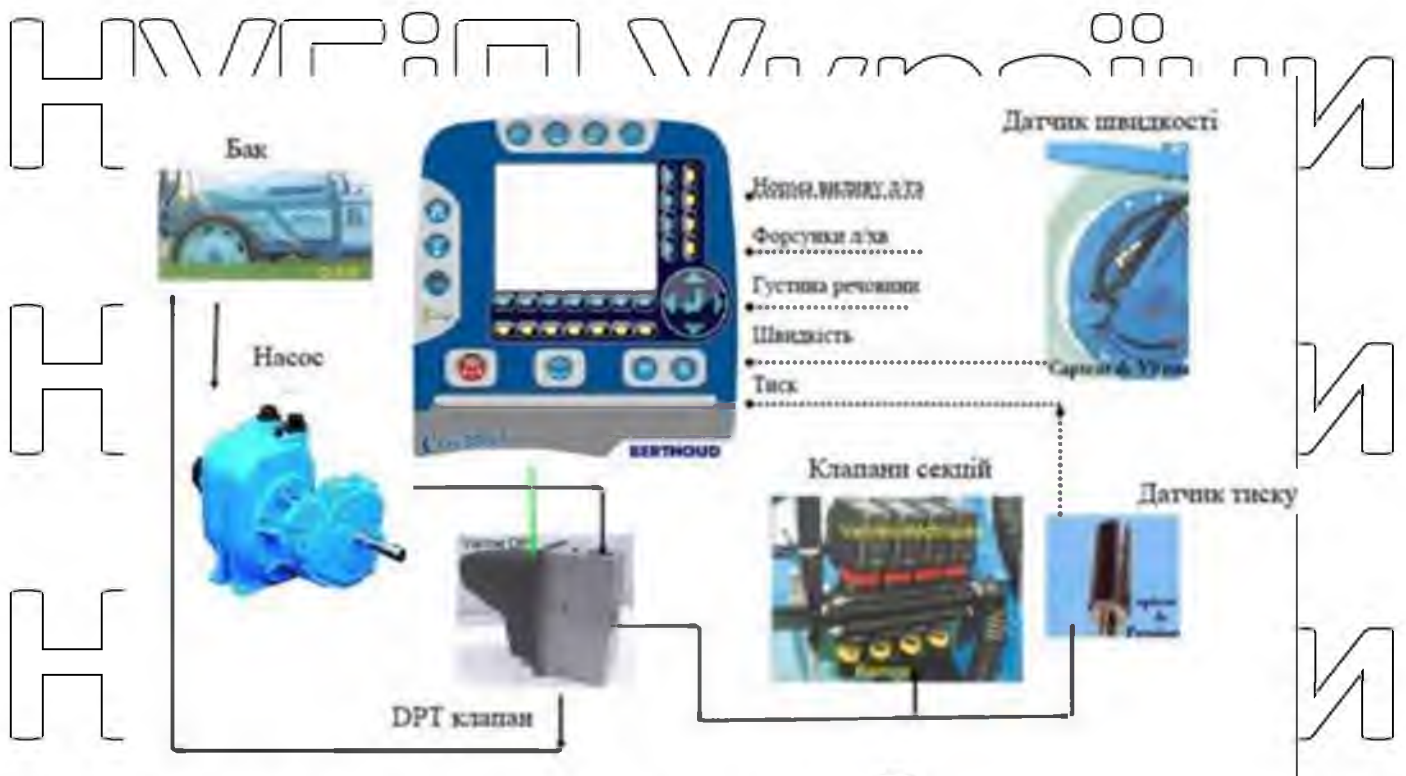


Рис. 1.14. Принцип підтримання норми виливу

Як видно зі схеми, яка відображує принцип підтримання норми виливу (рис. 1.14) в цій схемі відсутній потокомір, або флоуметр. Система збирає інформацію з датчика тиску і з датчика швидкості, також монітор має введену інформацію про задану норму виливу д\га, пропускну здатність форсунки- л\хв, (кількість форсунок на штанзі та її довжину), густину речовини. Далі монітор керує клапаном, який відповідає за норму виливу, тобто обраховує кількість емульсії, яку потрібно подати на штангу, а яку злити в бак. Регулювання відбувається в діапазоні зміни швидкості, який відповідає зміні тиску від 1,5 до 7 бар.

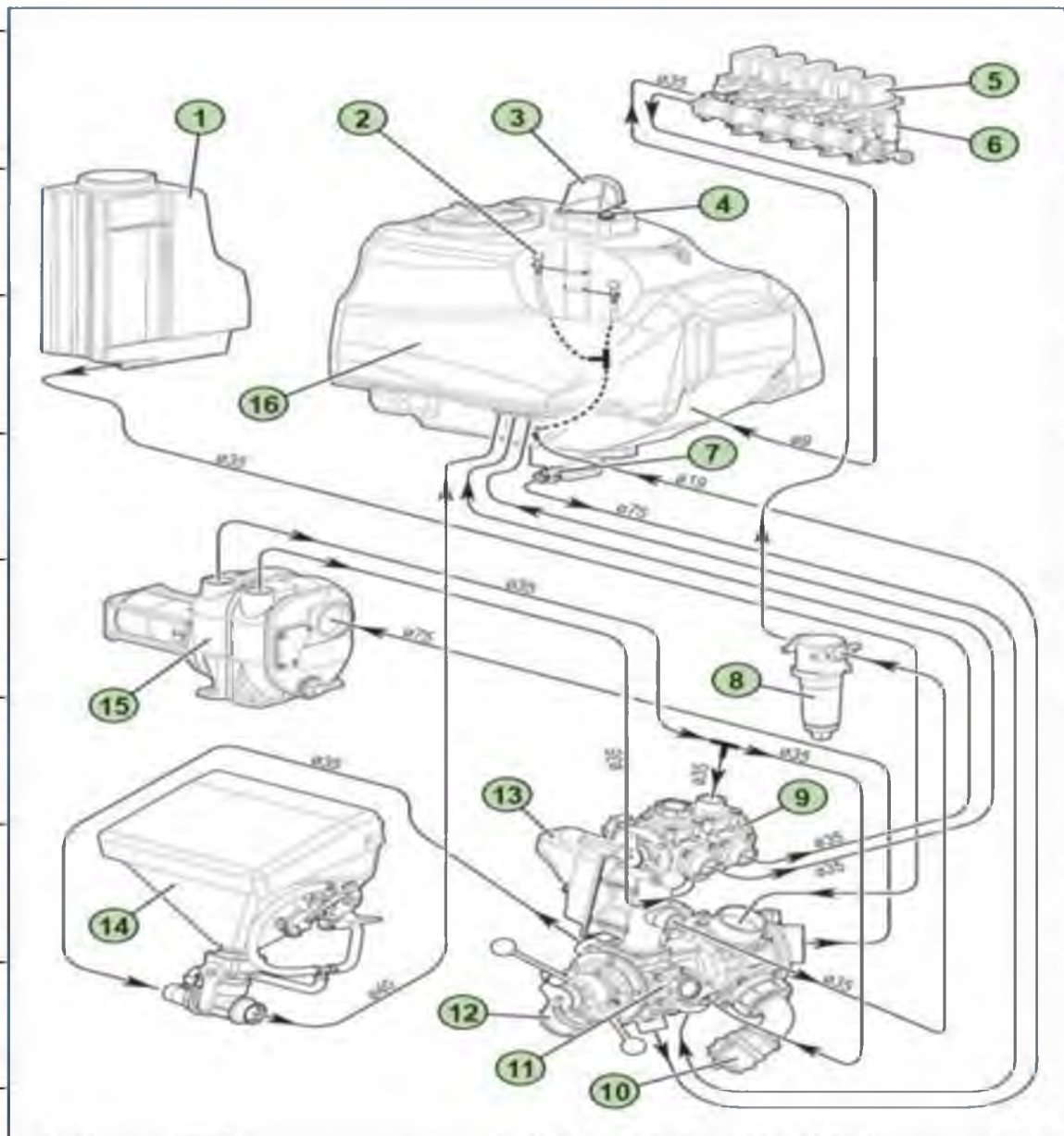


Рис. 1.15. Система водопостачання обприскувача Берту Раптор

Система водопостачання обприскувача Берту Раптор (рис.1.15.).

- 1) Бак для промивання обприскувача
- 2) Сопла промивки баку емульсії
- 3) Показчик рівня в баку
- 4) Сапун
- 5) Клапана секцій
- 6) Зворотня магістраль
- 7) Забір з баку
- 8) Напірний фільтр
- 9) Система кранів
- 10) Зовнішня заправка

- 11) Зовнішня мийка машини
- 12) Викачка решток під тиском
- 13) Клапан регулювання норми виливу
- 14) Бак для додавання ЗЗР
- 15) Насос ОМЕГА

Як видно зі схеми водяної арматури ми можемо реалізувати наступні операції.



Рис. 1.16. Будова, особливості експлуатації та характерні відмови насосів Омега

### Характеристики насосів Омега

- Станина чавунна оброблена.
- Привід від гідромотора.
- Частота обертання подвійної турбіни: 3900 об/мин.

*Примітка:* Ця частота частота може регулюватись потенціометром.

- Подвійний вихід рідини: низького и середнього тиску
- Тиск насоса ОМЕГА змінюється в залежності від витрати за хвилину.

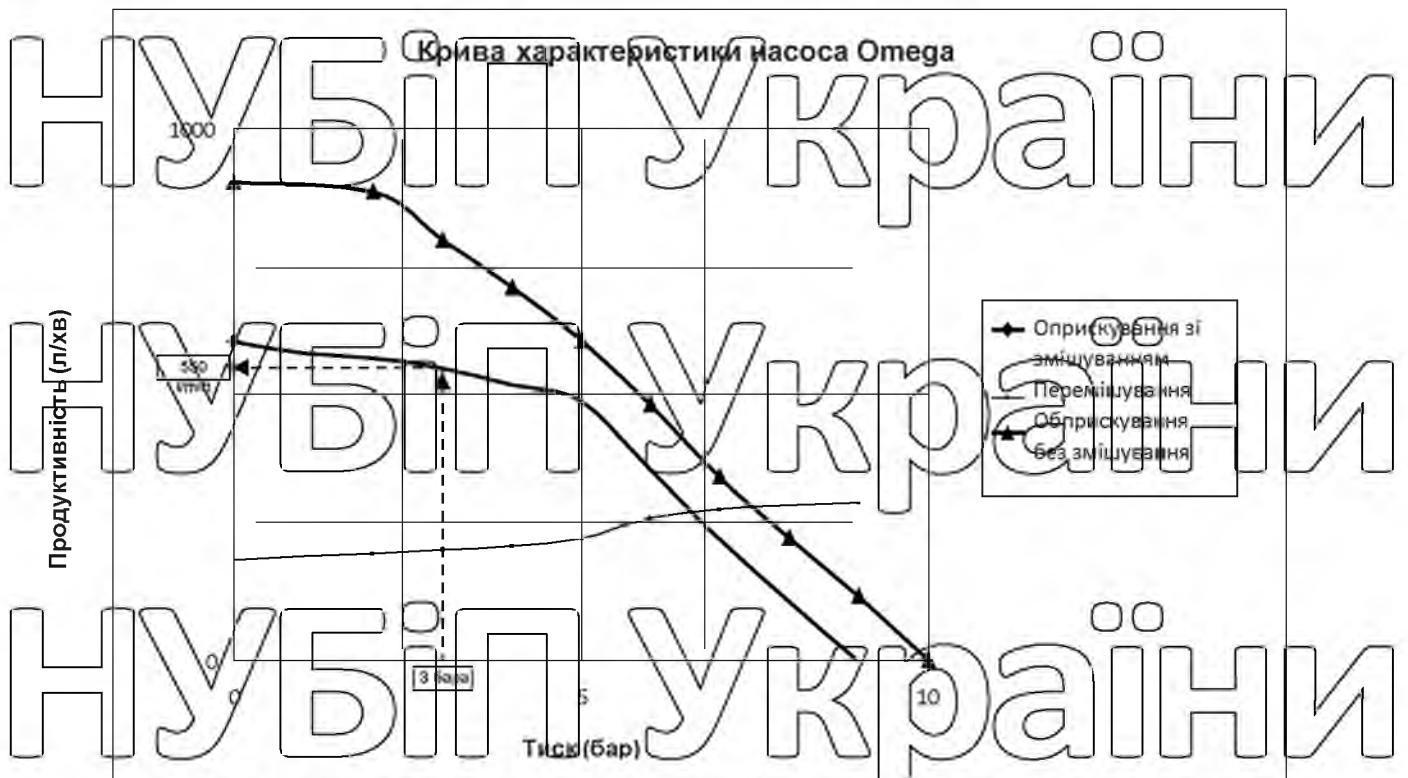


Рис. 1.17. Крива характеристики насоса Omega (Приклад: 550 л/хв при 3 бар)

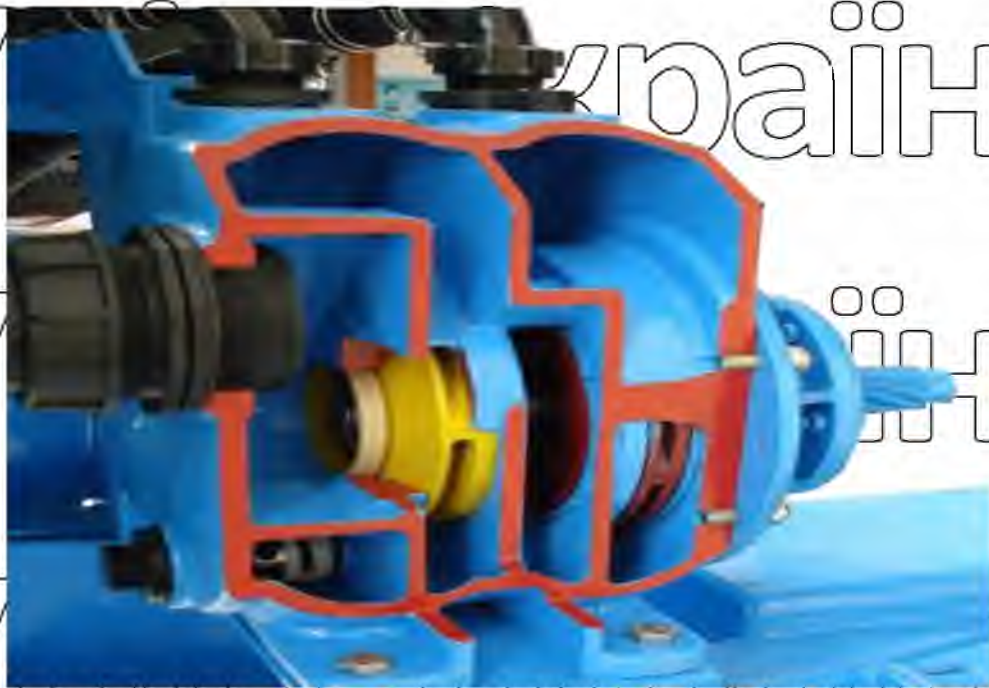


Рис. 1.18. Насос Omega в розрізі

НУБІГ

НУБІГ

НУБІГ

НУБІП України

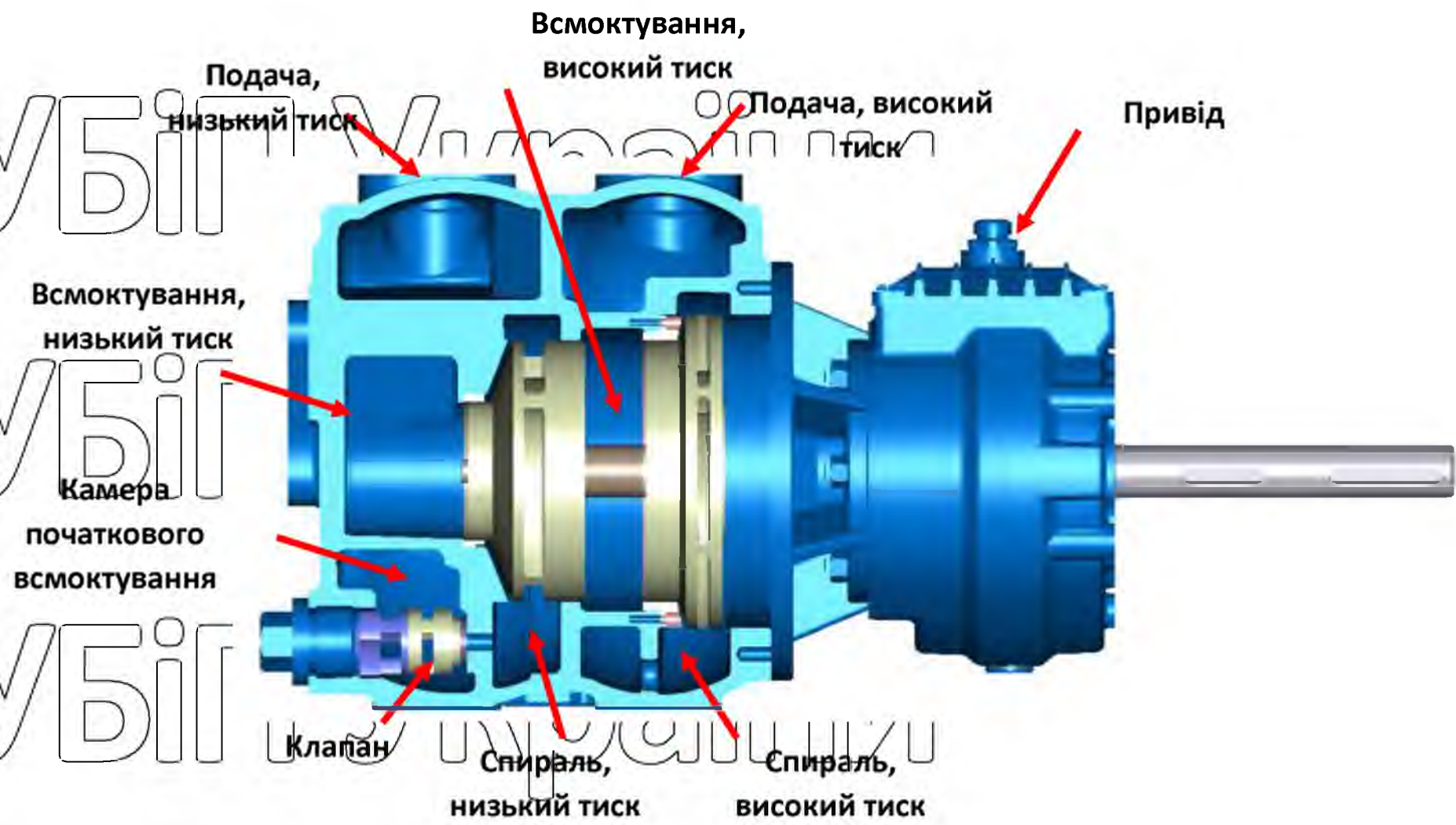


Рис. 1.19. Насос Омега з приводом

## Нормальна експлуатація:



Рис. 1.20. Схема створення тиску насоса Омега

## Початок роботи:

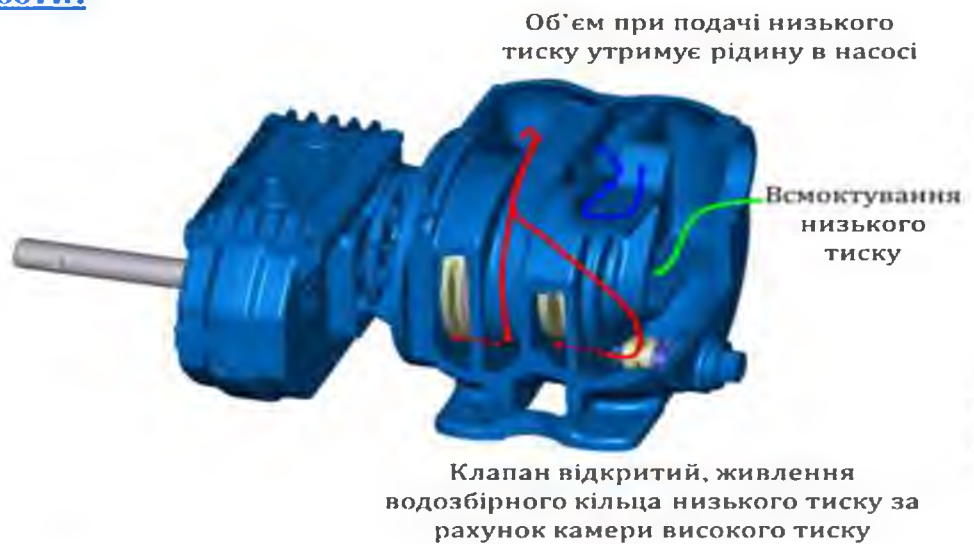


Рис. 1.21. Заповнення насоса рідиною

## РОЗДІЛ 2.

# ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ НАДІЙНОСТІ НАСОСВ OMEGA

## 2.1. Структурна надійність насоса OMEGA

Сутність методу схемної (структурної) надійності полягає в тому, що в процесі проєктування можна оцінити можливість виконання виробом заданих вимог щодо надійності, попередньо визначивши показники надійності та обгрунтувавши структурну схему об'єкта і необхідний рівень надійності комплектувальних виробів.

Схема (структурна) оцінки надійності виконується для складних систем. Поняття складних систем умовне. Воно може бути застосоване як до окремих вузлів і механізмів (насос обприскувача), так і до машин (самохідний обприскувач) або до цілих систем машин (колгоспна МТС).

Що складніша система, то різноманітніші вимоги до її функціонування і то на більшу кількість вхідних параметрів встановлюються нормативи. Складна система працює, як правило, в широкому діапазоні умов експлуатації та за різних режимів. Схема працездатності складної системи пов'язана з вивченням її структури і тих взаємозв'язків, які визначають її надійне функціонування.

Важливу роль при цьому відіграє виділення елементів, що складають цю систему.

Теоретично будь-яку машину можна розділити на велику кількість елементів, розуміючи під елементами: вузол, агрегат, деталь, і навіть частину деталі.

Наприклад, механізм відбору потужності самохідного обприскувача можна розділити на гідронасос, гідромотор, електрокранець, приводну передачу. Зі свого боку, насос може бути також розчленований на низку деталей і вузлів.

Це - вал, турбіни, шпонки, підшипники, корпус і привід "равлика", кришка підшипника, мастилопоказчик, пробка для мастилозливного отвору тощо. Але й один підшипник під час аналізу надійності його роботи також може бути

розбитий на елементи: сепаратор, внутрішню і зовнішню оболонку, тіла кочення (кульки або роликки).

*Елемент має такі особливості:*

➤ він виділяється залежно від поставленого завдання, може бути досить складним і складатися з окремих деталей і вузлів;

➤ під час дослідження надійності елемент не розчленовується на складові частини, а показники безвідмовності та довговічності відносяться до елемента в цілому;

➤ можливе відновлення працездатності елемента незалежно від інших частин і елементів системи.

✓ Вихідні параметри кожного елемента під час їхньої зміни в процесі експлуатації повинні враховувати вимоги, що висувуються до надійності всієї системи.

*Можна відзначити три основні властивості цих параметрів:*

✓ зміна параметра впливає на працездатність лише самого елемента;  
✓ відмова цього елемента веде, як правило, до відмови виробу;  
✓ параметр бере участь у формуванні одного (або декількох) вихідних параметрів усього виробу;

✓ за відхиленням від нормативу тільки цього параметра не можна судити про відмову елемента;

✓ параметр впливає на працездатність інших елементів.

Якщо уявити собі схему, у якій всі елементи мають параметри тільки типу

А<sub>2</sub>, тобто впливають тільки на надійність цього елемента, то надійність такого елемента може бути визначена незалежно від інших частин системи. Елементи працюють як незалежні і для визначення надійності системи достатньо забезпечити безвідмовну роботу кожного елемента окремо. Такі системи характерні для радіоелектроніки.

Для машинобудування характерна наявність таких вихідних параметрів окремих елементів, які беруть участь у формуванні вихідних параметрів усього виробу (параметри А<sub>2</sub>). Наприклад, надійність роботи кривошипно-позв'язного

механізму або механізму зміни вильоту залежить від зносостійкості всіх ланок, які передають рух (зношення одного з шарнірів не залежить від зношення іншого шарніра, але загалом впливає на точність робіт механізму). Для аналізу надійності складних систем усі елементи рекомендується розділити на такі групи:

групи:

- елементи, відмова яких не впливає на працездатність системи (деформація кронштейна насоса);

- елемент, надійність якого не змінюється за розглянутий проміжок часу;

- елементи, ремонт і регулювання яких може проводитися під час роботи

виробу в процесі зупинки (регулювання турбін, підтяжка болтів кріплення корпусу редуктора до станини);

- елементи, відмова яких призводить до відмови системи (руйнування підшипника або вала).

Саме останні і мають братися до уваги під час оцінювання надійності складних систем

Після розчленування складної системи на окремі елементи, для кожного з них визначається ймовірність безвідмовної роботи, а потім визначається

ймовірність безвідмовної роботи всієї системи. Цей розрахунок називається

розрахунком схемної надійності. При цьому розглядається принцип формування схеми: наприклад, послідовне або паралельне з'єднання.

Якщо система - з послідовним з'єднанням елементів, то ймовірність безвідмовної роботи системи  $P(t) = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n = P$

При цьому складна система, що складається з елементів з високою надійністю за рахунок наявності більшої кількості елементів може мати низьку надійність. Такий підрахунок характерний для систем із раптовими відмовами.

Якщо ми маємо справу з поступовими відмовами, то в цьому випадку необхідно враховувати зміни надійності елемента з часом (рис. 2.1). У разі зміни

часу роботи з  $T_{p1}$  на  $T_{p2}$  змінюється значення ймовірності кожного елемента, а отже, і значення  $P(t)$  всієї системи.

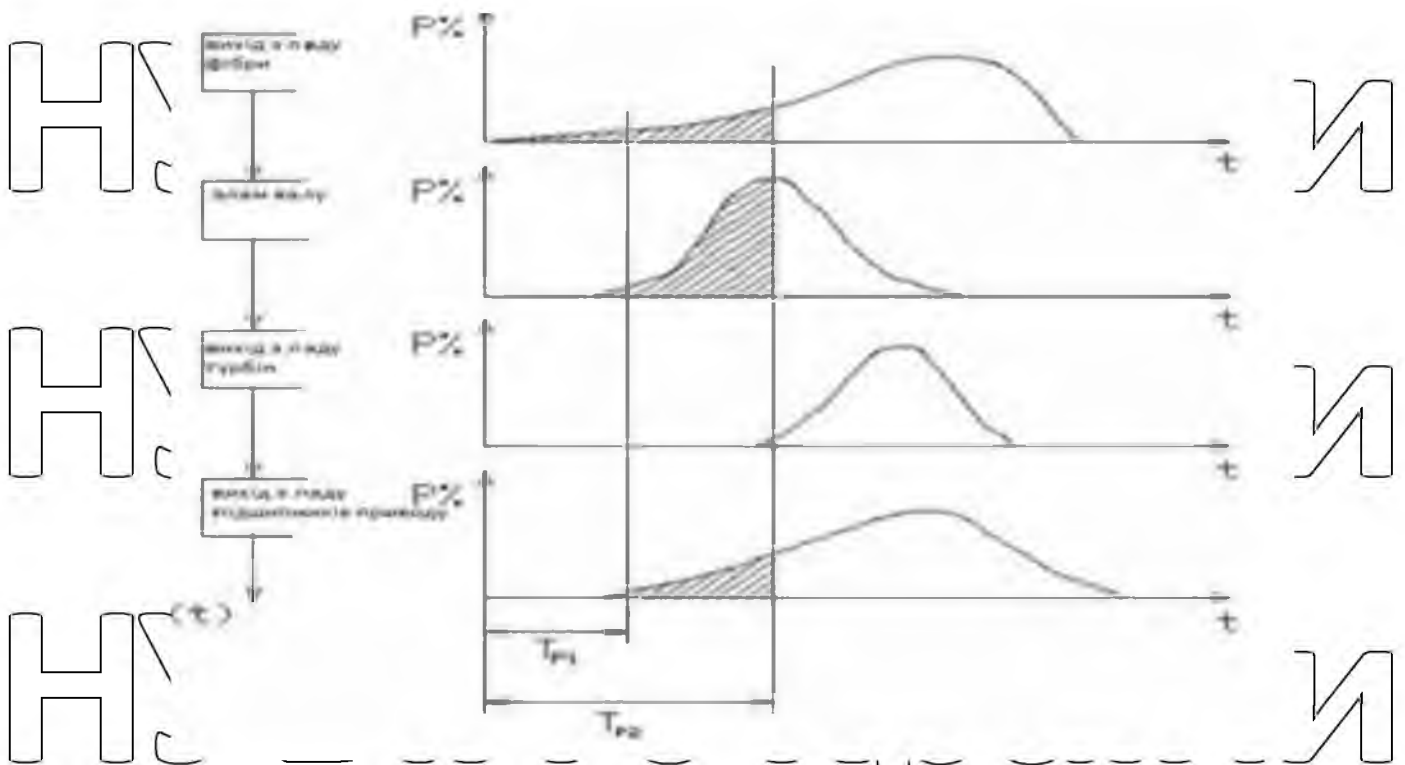


Рис.2.1. Послідовне з'єднання елементів складної системи з поступовим характером відмови елементів

Велике значення для підвищення безвідмовності має принцип резервування. За постійно навантаженого резерву стає можливим створення надійних систем із ненадійних елементів. Наприклад, якщо ймовірність безвідмовної роботи елемента 0,9, а кількість елементів разом із резервними дорівнює  $n = 3$ , то надійність  $P(t) = 1 - (0,1)^3 = 0,99$ , тобто вища за надійність окремого елемента. Таким чином, вибирається той варіант схеми, за якого буде найбільша ймовірність безвідмовної роботи з урахуванням застосовуваного резервування.

Послідовне з'єднання елементів складної системи з поступовим характером відмови елементів.

Проведення розрахунку показників надійності проводиться в такий спосіб:

- ✓ за описами і схемами вивчають призначення об'єкта, принципи його побудови, виконувані функції;

✓ проводиться поділ об'єкта на основні функціональні групи і системи, аналізується їх взаємозв'язок у процесі роботи;

✓ аналізується вплив окремих відмов на роботу об'єкта загалом і формулюються умови безвідмовної роботи об'єкта, стосовно певних умов, режимів і тривалості роботи;

✓ готуються статистичні дані у вигляді значень імовірності безвідмовної роботи або інтенсивності відмов;

✓ проводиться розрахунок показників надійності об'єкта, аналіз отриманих результатів, їх порівняння із заданими значеннями.

Для розрахунку показників безвідмовності використовують методи структурних і логічних схем.

Метод структурних схем застосовується у випадках, коли події, що розглядаються, є незалежними.

*Структурна схема для розрахунку показників безвідмовності будується на підставі припущення, що кожен елемент схильний до якогось єдиного фізичного виду відмови і може перебувати в одному з двох станів:*

- працездатному (подія безвідмовності);
- непрацездатному (подія відмови).

Наприклад, визначимо ймовірність безвідмовної роботи системи подачі води (рис. 2.2.), до якої входять: бачи; трубопроводи; крани; зворотні клапани; насос; прилади контролю; фільтри тощо.

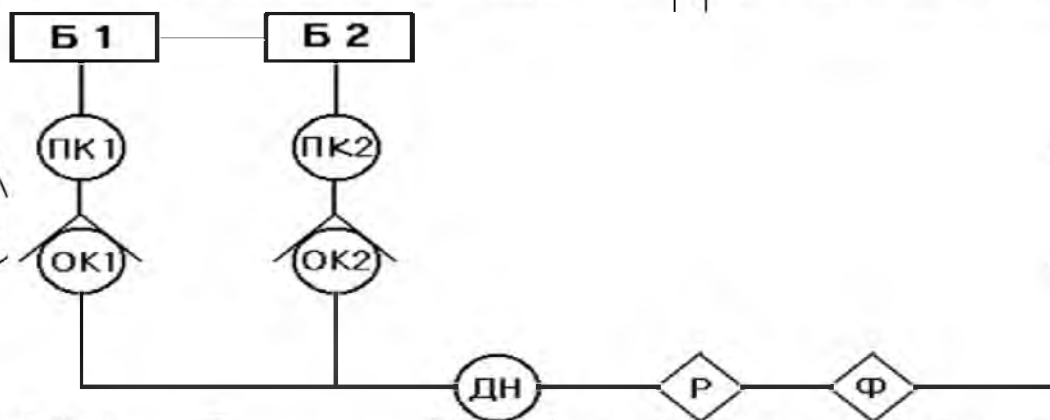


Рис. 2.2. Схема системи подачі води: б- бак, пк- кран подачі, ок- обратний клапан, дн- дозувальний насос, р- расходомір, ф- фільтр

Знаючи значення ймовірності безвідмовної роботи кожного елемента, можна визначити ймовірність безвідмовної роботи всієї системи. Розробляючи інші принципи з'єднання елементів і складаючи іншу структурну схему, можна оцінити структурну надійність нової схеми.

Наведемо структурну схему надійності насоса Omega з корпусом приводу за критерієм появи його граничного стану. Для відновлення працездатності насоса, у разі досягнення ним граничного стану (відмови), повне розбирання насоса буде проводитися, коли потрібна одночасна заміна хоча б одного з компонентів: вал, турбіни, фібра, підшипники.

Для відновлення працездатності редуктора в разі досягнення або граничного стану (відмови) повне розбирання редуктора буде проводитися коли потрібна одночасна заміна двох валів. Цю інформацію можна відобразити в структурній формі.

Для порівняльного оцінювання ефективності кількох схем, ймовірність безвідмовної роботи системи оцінюється всього за одну годину напрацювання.

На етапі проектування як значення ймовірності безвідмовної роботи елемента часто використовують усереднені статистичні дані за аналогічними елементами і виробами, отримані на основі досвіду експлуатації та скориговані для нових умов роботи.

Якщо немає достатніх статистичних даних для визначення ймовірності безвідмовної роботи окремих елементів системи, то можна обмежитися розрахунком двох значень ймовірності безвідмовної роботи. Одне значення вибирається з умови, що всі елементи мають однаковий рівень безвідмовності, що дорівнює значенню найменш надійного елемента. Інше значення обирають з умови, що всі елементи системи мають рівень надійності, який відповідає значенню ймовірності безвідмовної роботи найнадійнішого елемента. Такий метод дає змогу оцінити діапазон значень ймовірностей (рис. 2.4.), у якому міститься істинне значення ймовірності безвідмовної роботи системи:

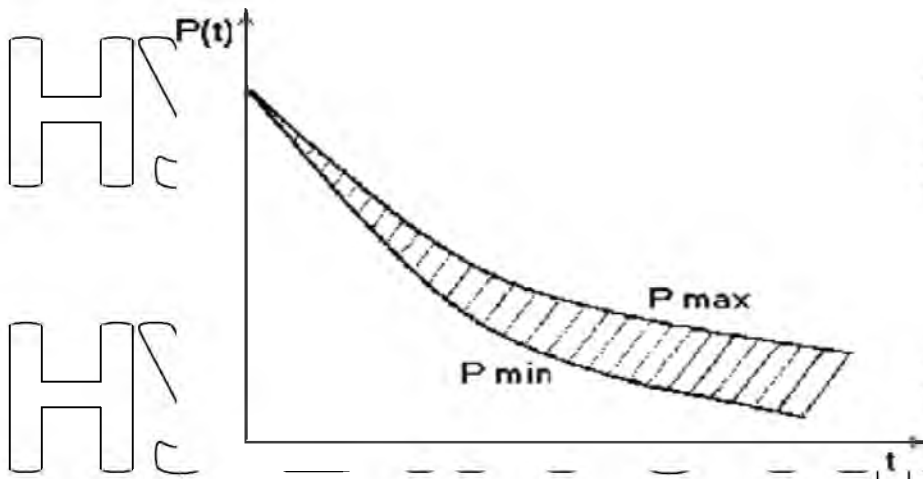


Рис. 2.4. Діапазон зміни ймовірності безвідмовної роботи системи

Метод структурних схем може використовуватися також для оцінки ремонтпридатності.

## 2.2. Надійність насоса OMEGA обприскувача обприскувачів Berthoud RAPTOR

Знаючи ймовірність безвідмовної роботи кожного вхідного елемента і використовуючи структурну схему з паралельним або послідовним їхнім з'єднанням, можна оцінити ймовірність безвідмовної роботи всього насоса і дати рекомендації щодо часу проведення його ремонту.

Однак, безвідмовність роботи елементів - необхідна, але недостатня умова для безвідмовної роботи всієї системи.

- ✓ Велике значення мають взаємозв'язки. Наприклад, незначна частинка зносу турбіни потрапляє в підшипник і його заклинає, тобто вся система (насос) непрацездатна. Або, наприклад, малі зміни параметрів елементів можуть дати таке поєднання, яке несприятливо позначиться на працездатності виробу (системи).

- ✓ Важко розробляти заходи щодо підвищення надійності системи, застосовуючи тільки методи статистичного аналізу, оскільки потік відмов дає змогу судити тільки про рівень надійності, а заходи, які необхідно застосовувати для підвищення надійності, - не зрозумілі. Наприклад, отримання потоку відмов для такої системи, як кран, не дає змоги розробити заходи щодо підвищення його надійності без аналізу причин відмов.

Порівняльна таблиця відмов у гарантійний період насосів оприскувачів (за 1 рік)

# НУБІП України

Зник Ренсон та Хіпро - відцентрові, Волфокс- лорщівовий, BP-280 - мембранний

Загальна інформація по насосам.

|        | Кількість зареєстрованих проблем | Кількість оприскувачів | Відношення проблем до кількості машин |
|--------|----------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Omega  | 206                              | 232                    | 0,89                                  |
| Volux  | 27                               | 522                    | 0,05                                  |
| Renson | 22                               | 522                    | 0,04                                  |
| Hypro  | 0                                | 5                      | 0,00                                  |
| BP 280 | 3                                | 3                      | 1,00                                  |

Таким чином, надійність Омега помпи визначається трьома основними

чинниками:

1) Надійність валу. Зрив валу при потраплянні сторонніх предметів або запуску привода на не мінімальних обертах двигуна є критичними.

2) Вихід з ладу турбін. Інтенсивний знос або механічне пошкодження конструкції турбіни, при не повному розчиненні гранульованих препаратів, або потраплянні сторонніх предметів.

3) Вихід з ладу фібри (торцьового увільнення), спричинене надмірним вмістом абразиву в емульсії, або механічне пошкодження підпорної пружини.

# НУБІП України

# НУБІП України

### РОЗДІЛ 3.

## ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Методика проведення експериментальних досліджень

Агротехнічну оцінку при випробуванні машин необхідно проводити в оптимальні агротехнічні строки, які встановлені для даної зони збирання с.г. культури, при чому загальна характеристика даної культури повинна відповідати показникам характеристики культури, які встановлені в ТЗ розробку машини, яка проходить випробування.

Показники агротехнічної оцінки при випробуванні с.г. машин можна умовно поділити на три основні групи, які мають таку структуру

1) перша характеризує технологічні можливості машини, до яких відноситься:

а) граничні показники агротехнічного фону;

б) показники режимів роботи машини;

в) показники технологічних характеристик умов проведення випробувань, наприклад, вмісту абразиву у емульсії, робочого тиску, густини препарату, швидкість руху, пропускна здатність форсунки, норма л/га, і т.д.

2) друга характеризує якість виконання машинного технологічного процесу в типових зональних умовах при оптимальних і допустимих граничних режимах роботи машини, яка регламентуються вихідними вимогами на кожний тип машини;

3) третя характеризує показники стабільності виконання технологічного процесу в різних зональних і експлуатаційних умовах.

Агротехнічна оцінка машини включає в собі проведення таких видів робіт:

1) визначення умов проведення випробувань;

2) вибір режимів роботи;

3) визначення показників якості роботи.

До умов проведення випробувань відносяться:

1) метеорологічні умови, тобто температура повітря, відносна вологість повітря, опади, швидкість вітру, атмосферний тиск;

2) характеристика поля або ділянки, тобто рельєф поля (ділянки), мікрорельєф ділянки, довжина гонів, наявність перешкод (промоїн, стовпів, балок, гідрантів, важкодоступних ділянок, клинів тощо)

3) характеристика ґрунту, тобто тип ґрунту і назва по механічному складу, фракційний склад ґрунту, вологість та щільність ґрунту в заданому шарі, густину ґрунту; (пробуксовка, неможливість реалізувати швидкість.

4) характеристика культури, тобто назва культури, урожайність культури на полі або ділянці, специфічні показники для окремих культур, наприклад, кукурудза – висота рослин, і т.д.;

5) Рівність рядків – відхилення коренеплодів від осової лінії рядка, розташування головок відносно поверхні ґрунту, інтервал між рослинами і т.д.;

6) ЗЗР, рідкі добрива – ступінь і швидкість розчинення, чистота води, забрудненість посторонніми домішками і т.д.

При виборі режимів роботи визначають межі зміни:

1) швидкості руху машини або агрегату;

2) Норму внесення;

3) кінематичних, гідравлічних або електричних режимів роботи, якщо вони передбачені змінними в ТЗ, наприклад: робота системи двигун-гідроат в

ЕКО режимі, використання системи Спрей Троник для збереження заданого тиску ,тощо;

4) фізичних величин заповнених ділянок для випробувань або об'єму матеріалу, який поступає на оброблення і т.п.;

5) кількості проб (замірів фізичної витрати рідщини), які необхідно взяти при проведенні випробувань на одному режимі;

6) і інших специфічних величин, які характерні для режимів роботи даного типу машини яка проходить випробування, наприклад, відстань підвозу ЗЗР і води і т.д.

До показників якості роботи відносять функціональні показники якості виконання технологічного процесу.

При проведенні випробувань визначають такі основні показники якості роботи, які характеризують другу основну групу агротехнічної оцінки:

1) при випробуванні машин для внесення ЗЗР перевіряють наступні показники, тобто:

а) рівномірність на всій довжині захвату;

б) знос;

в) ширина захвату;

г) дотримання норми;

д) ступінь знищення бур'янів;

ж) ступінь перекриття;

з) швидкість руху агрегату.

Експериментальна установка

Однією із умов правильного планування і проведення випробувань є техніки є наявність достовірної інформації про натурально-виробничі умови, які відносяться до об'єктивних факторів умов проведення випробувань, які в значній мірі визначають загальні закономірності експлуатаційно-технологічних процесів роботи.

В першу чергу необхідно враховувати головні фактори, які характеризують природно-кліматичні і виробничі умови, які впливають на тягові властивості і робочі опори машин, технологію виконання робочого процесу і режими роботи агрегатів.

Великий вплив на показники роботи мобільних агрегатів мають такі фактори натурально-виробничих і метеокліматичних умов, як фізичний стан ґрунту і біологічних мас які оброблюються, мікро- і макрорельєф полів і дослідних ділянок, їх розміри, і т.д.

Статистичний аналіз вказаних факторів може бути проведений на прикладі окремих типових районів і областей ґрунтово-кліматичних зон на основі багаторічного збирання матеріалів і проведення спеціальних досліджень.

В зв'язку із великим об'ємом необхідних даних, кількість і місце визначення показників необхідно планувати методом випадкових випробувань, використовувати при цьому таблицю випадкових чисел, враховуючи при цьому типові умови і їх крайні (екстремальні) відхилення.

В якості методичної основи при дослідженнях багатьох характеристик зовнішніх умов може використовуватися теорія випадкових функцій і подів.

Показники, які характеризують ґрунтові умови крім добових і річних (сезонних) коливань, відчувають великомасштабних природних факторів.

Тому, тимчасові середні означення цих характеристик, як правило, залежать від величини усередненого інтервалу, що суттєво затруднює їх статистичний аналіз і врахування при експерименті.

Однак, досвід доказує, що якщо обмежитися тільки спостереженням, які відносяться до конкретного періоду року, наприклад, сезони збирання, періоду доби (світовий день) і синоптичним умовам, то при усередненні інтервалу середні значення величин які досліджуються будуть відносно постійними, що дозволить простежити тимчасову і кількісну структуру таких процесів, як фізичний стан ґрунту, верхнього шару повітря і інших процесів.

Так, в одному випадку динаміка вологості ґрунту, в окремих випадках має деяку приблизно-періодичну складову, яка залежить від ступені і періодичності випадання атмосферних опадів. В інших випадках спостерігається монотонна зміна складової, наприклад, при довготривалому випаданні незначних опадів або висушені ґрунту.

Густина розподілу основних характеристик фізичного стану ґрунту при просторово-часовому спостереженні змінюється по нормативному закону.

Статистичний зв'язок між щільністю і вологістю ґрунту яка характерна для періоду її обробки (8-24% вологість), має лінійний характер, і лише в зоні її екстремальних характеристик – при вологому 26-30%, і сухому 2-6% ґрунтів, ця лінійність порушується.

Данні про типи ґрунтів і їх механічному складу, які практично достатньо стабільні, можна знайти в відомих довідниках "Агроеґрунтове районування".

Характеристики поверхні ґрунту різних масштабів мають важливе значення для досліджень динаміки робочих процесів енергетичних агрегатів.

Поверхня ґрунту характеризується як висотою нерівностей так і кутами схилів поверхні поля по відношенню до горизонтальної площини, при цьому нерівності мають нормальний закон розподілення, а кути схилів площі поля – показовий (степеневий).

Характеристики розподілу врожаю по площі необхідні при оцінці технологічних схем і досліджень експлуатаційних показників роботи збиральних комплексів, при цьому середній рівень урожайності змінюється плавно по площі поля.

Засоби регулювання та фіксації рівнів варіювання факторів і параметрів оптимізації

Метрологічні умови, такі як температура, відносна вологість повітря, опади, швидкість вітру повинні бути взяті метеорологічної станції (поста), яка розташована поблизу місця проведення лабораторно-польових випробувань.

В випадку впливу на хід протікання технологічного процесу і операцій конкретних метеорологічних умов повинні бути занесені у спеціальні форми у вигляді таблиць, де акцентують умову на характерні особливості окремих метеорологічних показників і їх вплив на якість роботи населення.

При визначенні впливу температури і відносної вологості повітря, швидкості і напрямлення вітру на показники якості роботи машини, яку випробовують, отримані данні повинні бути занесені в бюлетень погоди не менше трьох разів в день, а при необхідності – під час проведення кожного дослід, наприклад, при випробовуванні машин для захисту рослин.

Температуру і відносні вологість повітря визначають при допомозі психрометра за показниками сухого і мокрого термометрів, використовуючи при цьому психометричну таблицю, в якій по вертикалі розташовані значення всього термометра, а по горизонталі – різниця значень сухого і вологого термометра.

Швидкість вітру визначають анемометром на висоті 1,5 метра від поверхні поля, при цьому перед вимірюванням швидкості вітру повинні бути записані початкові показники лічильника за всіма трьома шкалами, а по закінченні досліду – кінцеві показники лічильника.

Швидкість вітру визначається за формулою:

$$V = \frac{q}{t} c,$$

де V-швидкість в м/с; q- різниця значень анемометра за дослід; t- час роботи лічильника анемометра в залежності від величини відхилень.

При випробуванні обприскувачів V визначається на висоті 0,5 і 2м над поверхнею поля на протязі проведення досліду. Напрямок вітру по відношенню до руху агрегату визначають на висоті 1,5 від поверхні поля (для обприскувачів – на висоті розпилу рідини) анеморумбером – прилад, що має круговий сектор із шкалою від 0-360° і указником руху агрегату флюгер-указник, який встановлюється на штативі.

Порядок проведення експериментів

Рельєф поля (ділянки) визначають еклиметром або нівеліром при випробуваннях с.-г. машин на схилах.

В останніх випадках рельєф ділянки візуально з описів схилів і їх характерних особливостей мікрорельєфу ділянки визначають профілографом або координатною рейкою на характерній частині поля (ділянки).

Для с.-г. машин визначають поперечний профіль поверхні поля (перпендикулярну руху) і повздовжній.

Поперечний профіль визначають на всю ширину захвату агрегату, пов'язаний на зовнішній 5 м.

Для цього на ділянці встановлюють два регульованих штерів, на які по рівню горизонтальному положенні кладуть координатну лінійку з поділками і визначають відстань від поверхні ґрунту до верхньої сторони координатної рейки. Через кожні 5 см потім за отриманими даними будують графік профілю поля (ділянку).

Кількість облікових площ і їх розмір визначають згідно таблиці в залежності від призначення машини або технологічного прийому.

| Призначення машин або технологічного прийому   | Кількість облікових площ | Розмір облікових площ                        |
|--|--------------------------|--|
| Машини для внесення ЗЗР  | 5-6                      | Ширина рівна ширині захвату.<br>Довжина 0,5м |
| Машини для збирання зернових колосових культур, рису, гороху і інших культур вузькорядного посіву    | 10                       | Ширина і довжина 0,5м                        |
| Машина для збирання і просапних культур  | 5                        | Ширина рівна двом міжряддям.<br>Довжина 10м  |
| Технологічні прийоми для вирощування зернових колосових культур і інших культур вузькорядного посіву | 20                       | Ширина і довжина 0,5м                        |
| Технологічні прийоми для вирощування просапних культур   |                          | Ширина рівна двом міжряддям.<br>Довжина 10м. |

### 3.2. Методика оцінки основних видів пошкоджень деталей насоса

#### OMEGA

Насоси – пристрої для нагнітного переміщення рідин з передачею їм енергії. Звичайно насосами подаються нестисливі рідини (вода, нафта, бензин, кислота й ін.), але вони можуть перекачувати двофазні середовища і гази. За принципом дії насоси підрозділяють на динамічні та об'ємні. У динамічних насосах рідина рухається під силою впливу у камері постійного об'єму, яка з'єднується з відводом і підводом.

В об'ємних насосах рух рідини відбувається шляхом усмоктування і витиснення рідини за рахунок циклічної зміни об'єму в робочих камерах при русі поршнів, діафрагм, пластин. До динамічних відносяться лопатеві насоси, а до об'ємних - поршневі й роторні.

Схема відцентрового насоса наведена на рис. 3.1.

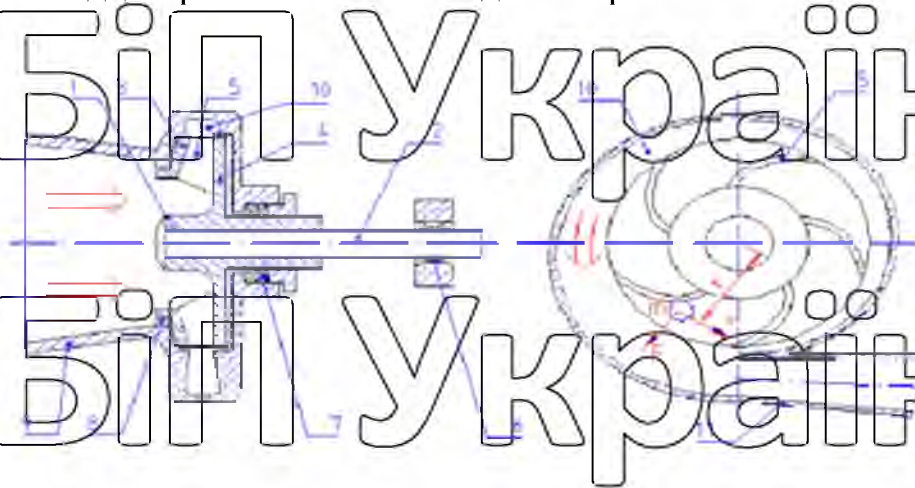


Рис. 3.1. Схема відцентрового насоса: 1 - колесо, 2 - вал, 3 - передній диск, 4 - задній диск, 5 - лопаті, 6 - підшипники, 7 і 8 - ущільнення, 9 - підвід, 10 - спіральний підвід, 11 - напірний патрубок

У сучасній промисловості найпоширенішою групою насосів є лопатеві насоси, робочим органом у яких служить робоче колесо. Серед лопатевих широко застосовуються відцентрові, осеві й вихрові насоси. Відцентровий насос – насос (рис. 3.2), у якому рух рідини і необхідний напір створюються за рахунок відцентрової сили, що виникає при впливі лопатей робочого колеса на рідину. Тобто відцентровий насос відноситься до механізмів, у яких рідині передається кінетична енергія, яка згодом перетворюється в енергію тиску.



Рис. 3.2. Устрій відцентрового насоса

Відцентрові насоси – найпоширеніші насоси, їх застосовують для

подачі холодної або гарячої води, в'язких або агресивних рідин (кислот і лугів), стічних вод, сумішей води із ґрунтом, золою і шлаками, торфом, роздробленим кам'яним вугіллям.

Дія відцентрових насосів заснована на передачі кінетичної енергії від обертового робочого колеса тим часткам рідини, які перебувають між його лопатями. Під впливом виникаючої при цьому відцентрової сили частки середовища, що подається, з робочого колеса переміщуються в корпус насоса і далі, а на їхнє місце під дією тиску повітря надходять нові частки, забезпечуючи безперервну роботу насоса. Найпоширенішим типом відцентрових насосів є двоступінчасті насоси з горизонтальним розташуванням вала і робочим колесом одностороннього входу (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Насос двотурбінний

Консольний одноступінчастий насос призначений для перекачування прісної води, а також інших, подібних з водою рідин. Застосовується на оприскувачах для створення потоку і тиску – для оприєкування перемішування, ля перекачування води, КАСу та рідин на їхній основі.

Напірний патрубок насоса в нормальному виконанні направлений вертикально вгору. У корпус виконують отвори для випуску повітря, зливу води і приєднання манометрів.

# РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОСТІ НАСОСІВ OMEGA ОБПРИСКУВАЧІВ VERTHOUD «RAPTOR»

## 4.1. Результати оцінки пошкоджень деталей насоса Омега

### *Відкази відцентрових насосів і їх технічне обслуговування*

Незважаючи на те, що насоси відцентрового типу відносяться до надійних пристроїв, що використовуються для перекачування рідини, їм теж може знадобитися ремонт. Не завжди причиною несправностей відцентрових насосів стає неправильна експлуатація, пов'язано це може бути і з якістю перекачується, і з цілим рядом інших факторів. Якщо в роботі відцентрового насоса виникли порушення, то спочатку треба виключити зовнішні причини і тільки після цього здійснювати діагностику самого обладнання.

### *Розбирання відцентрового насоса*

#### Правильна експлуатація

Щоб значно подовжити термін експлуатації відцентрового насоса і стикатися з ремонтом такого обладнання як можна рідше, слід правильно використовувати цей пристрій. Інструкція по експлуатації відцентрового насоса передбачає дотримання наступних правил.

Перед включенням відцентрового насоса перевірте, щоб робоча камера була повністю заповнена рідиною.

Перед всмоктуючим патрубком необхідно встановити сітчастий фільтр, який захистить виріб із середини від попадання в неї твердих нерозчинних включень, що містяться в перекачується рідкому середовищі. (фільтр не повинен створювати додаткового опору на вході)

При запуску насоса треба проконтролювати, щоб вал приводного гідророздвигуна і крильчатка оберталися легко, без зайвих зусиль.

Глибина резервуара, з якого здійснюється відкачування рідкого середовища, не повинна перевищувати допустимий рівень, зазначений у технічному паспорті (при зовнішньому закачуванні).

Труба, по якій здійснюється всмоктування рідкого середовища з резервуара, повинна мати якомога менше вигинів і енотичних місць, а її внутрішній діаметр повинен бути максимально можливим.

Трубу, через яку рідке середовище від насоса транспортується в горизонтальній площині, бажано розташувати з ухилом по відношенню до місця подані рідини. Якщо ж виконати дану вимогу не представляється можливим, то насос слід встановити якомога вище від поверхні землі.

Найбільш поширені причини поломок

Перше, що необхідно зробити, якщо в роботі насосного обладнання помічені несправності, – припинити його експлуатацію і приступити до ретельної перевірки всіх вузлів. Досить поширеною ситуацією, при якій насосного обладнання потрібне технічне обслуговування або навіть ремонт, є знос сальників. Більш активному протіканню процесу зносу сальникових елементів насосного обладнання може сприяти цілий ряд причин:

нерівномірне обертання і биття вала приводного гідромотора;  
занадто мала відстань між турбінами і відповідними частинами, що спричинює затирання, підклинювання;

перегрів (кавітація) оливи приводного гідромотора;

неправильно виконане технічне обслуговування або ремонт в центрового насоса (заміна не всіх ущільнювачами та ін.).

Для комплексної оцінки пошкоджень насоса Омега треба зосередитись на двох основних поломках: місце зміни перерізу; злам по різьбі (Рис.4.1).



А

Б



Рис. 4.1. Злами валу: А, Б - місце зміни перерізу; В - злам по різьбі

Ми можемо бачити (рис.4.2.) , що:

1. структура місця зламу крупнозерниста
2. злам валу завжди відбувається в місцях зміни діаметру (перерізу)
3. вихід з ладу фібри
4. можна розділити на пошкодження торцевої поверхні абразивом (рис.4.2.А)
5. руйнування пружини (рис. 4.2. Б)



Рис. 4.2. Пошкодження фібри: А - пошкодження торцевої поверхні абразивом; Б - руйнування пружини

#### 4.2. Дослідження надійності насоса OMEGA

*Контроль перед установкою нового торцевого ущільнення (сальника)*

Цей контроль необхідно проводити перед установкою нового сальника на насосах DELTA, або OMEGA з механічним приводом (RACER, MAJOR, MAXXOR, TENOR, VANTAGE) або з гідравлічним приводом (BOXER, RAPTOR).

### Контроль центрування вала

Інструменти: індикатор і штатив індикатора з магнітом (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Контроль центрування вала

### Порядок вимірювань:

1. Встановіть штатив магнітом на вал;
2. Встановіть голку індикатора на зовнішню сторону корпусу (переконайтеся, що поверхня зовнішньої сторони корпусу чиста);
3. Встановіть шкалу індикатора на 0;
4. Прокрутіть вал вручну повний оберт;
5. Перевірте амплітуду вимірювань (різниця між найменшим і найбільшим показанням).

У разі результатів вимірювання (амплітуди) більше ніж 0,05 мм — Замініть підшипники

### Контроль люфту вала (рис. 4.4)

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)



Рис. 4.4. Контроль люфту вала

*Порядок вимірювань :*

- Встановіть штатив на корпус редуктора або корпус гідравлічного приводу;
- Встановіть голку індикатора на кінці вала перед різьбленням;
- Натисніть на вал із зусиллям близько 20 кг;
- Зніміть показання люфту вала.

У разі результату вимірювань більше ніж 0.4 mm заміна підшипників або корпусу

*Контроль поверхні валу (рис. 4.5)*



Рис. 4.5. Контроль поверхні валу

Поверхня вала, що контактує із сальником, має бути без ушкоджень, рихловин або корозії. В іншому випадку вал необхідно замінити.

*Контроль посадкових місць шпонок (рис 4.6)*



Рис. 4.6. Контроль посадкових місць шпонок

У випадку якщо посадочні місця шпонок вала пошкоджені або розбиті вал потрібно замінити.

*Контроль посадкового місця сальника в корпусі (рис. 4.7)*



Рис. 4.7. Контроль посадкового місця сальника в корпусі

*Поверхня має бути дуже чистою від іржі, або залишків препаратів*

Після чищення, якщо ви виявите корозію і відсутність матеріалу (отвори в металі або стирання), тоді необхідно замінити корпус гідравлічного приводу або передню частину редуктора.

#### **Встановлення нового сальника**

Встановлення нового сальника – це точна робота (рис. 4.8), яка повинна виконуватися уважно відповідним інструментом. Ресурс сальника безпосередньо пов'язаний з попереднім контролем і самою установкою сальника. BERTHOUD знімає з себе відповідальність, за малий ресурс роботи сальника або підтікання

після установки за короткий період, якщо всі процедури, описані тут, не були дотримані або були порушені.



Рис. 4.8. Набір інструментів для ремонту насоса Омега

*Встановіть шайбу з ремкомплекту 222697 (рис. 4.9)*



Рис. 4.9. Встановлення шайби

Візьміть із ремкомплекту 222697 металеве та гумове кільце і з'єднайте їх разом. Змастіть гумове кільце, використовуючи рідке мило (рис. 4.10)

Будь-яке мастило або жир заборонено для встановлення кільця. Є ризик, що хіміката пошкодять сальник і графітну поверхню.



Рис. 4.10. Змащування гумового кільця мастилами

Встановіть з'єднані кільця в корпус гідравлічного приводу або в корпус механічного редуктора (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Встановлення кільця в корпус гідравлічного приводу

Використовуйте наставку з набору 282843 і відповідний молоток, для встановлення кільця до кінця посадкового місця (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Встановлення кільця до кінця посадкового місця

Очистіть кільце, використовуючи Loctite SF7063 і чисту суху тканину  
(рис. 4.13).



Рис. 4.13. Очистка кільця, за допомогою Loctite SF7063

Встановіть відповідний конус із набору 282843 (рис. 4.14).



Рис. 4.14. Встановлення відповідного конусу із набору інструментів

Різна конструкція сальника (рис. 4.15)



Сальник для механічного приводу

(А)

Сальник для гідравлічного приводу

(Б)



Рис. 4.15. Конструкція сальника. А – сальник для механічного приводу; Б – сальник для гідравлічного приводу

Змастити сальник, використовуючи рідке мило. Будь-яке масло або жир заборонено для встановлення сальника. Є ризик, що хімікат пошкодить сальник і графітну поверхню (рис.4.16).



Рис. 4.16. Змащення сальника мастилами

Одягніть сальник на вал вручну, використовуйте конус для вала, вставте сальник, використовуючи наставку з набору 282843. Перевірте, чи немає гострих кутів біля цінкових пазів вала (1), оскільки це може пошкодити сальник (рис.4.17).



Рис. 4.17. Встановлення сальника на вал

Заключий етап установки сальника. Встановіть сальник, використовуючи наставку. Не використовуйте молоток для встановлення!!

Натискайте на наставку вручну повільно з невеликими круговими рухами.



Після встановлення сальника з багатолистовою пружиною, вам потрібно перевірити правильність положення пружини



Рис. 4.18. Встановлення сальника з використанням наставки

Встановіть і відрегулюйте турбіни відповідно до інструкції 583230

Слід звернути увагу на момент затягування гайки вала: 40 Н\*м

### Перший запуск насоса після заміни сальника:

1. Коли насос зібраний і встановлений на оприскувач, вам потрібно заповнити насос водою, використовуючи верхню заглушку корпусу насоса.

2. Ніколи не дозволяйте насосу закачати себе самого після заміни сальника.

3. Заповніть бак чистою водою і встановіть функцію ОБРИСКУВАННЯ.

4. Запустіть насос на малих обертах, дайте насосу попрацювати протягом 15 хвилин із чистою водою за тиску 1,5 бар.

5. Доведіть оберти до стандартних робочих - 540 об/хв на ВВП або 3800 об/хв у випадку з гідравлічним приводом. Дайте насосу попрацювати протягом 15 хвилин із чистою водою за тиску 3 бар.

6. Перевірте, чи все гаразд, зробіть замітку - дата заміни, кількість гектар.

### 4.3. Результати проведення експлуатаційних випробувань

Експлуатаційні випробування є невід'ємною частиною ремонту насоса Omega. Фактично будь-який ремонт насоса Omega повинен закінчуватись експлуатаційними випробуваннями. Експлуатаційні випробування насоса Omega зводяться до наступних.

1) Випробування після ремонту становлять обкатку безпосередньо на оприскувачі. Проводяться наступним чином: Насос заповнюється водою або з нього випускається повітря через заливний отвір, щоб запобігти сухому тертю фібри.

Вмикається насос на холостих обертах двигуна оприскувача. В такому режимі нову фібру обкатують протягом 15 хвилин. Оберти двигуна збільшують до середніх і в такому режимі працюють 15 хв.

Збільшують оберти до максимальних (біля 2000 об/хв) при цьому оберти насоса виростуть до 3800 об/хв і вмикають насос на максимальний тиск (закривають злив з клапана-регулятора тиску) Тиск збільшиться до 8 бар. В такому режимі обкатують насос ще 15 хвилин.

2) Якщо витоків рідини з дренажного отвору не було зафіксовано- насос готовий до роботи.

Заміна або регулювання турбін також обов'язково закінчується експлуатаційними випробуваннями. В даному випадку перевіряється тиск, який здатен створити насос.

Найбільш показними в даному випадку будуть випробування на 1/4 води в основному баку (коли виключається підпор стовпу води в баку, що створює додатковий тиск на вході) та при прогріті гідравлічній оливі. Таким чином ми моделюємо реальні умови роботи оприскувача. Тиск при вимкненому

обприскуванні повинен досягати 7 бар.

Якщо при регулюванні турбін до зазору 0,5 мм і менше тиск не піднімається до 7 бар турбіни потрібно замінити (при обертах 3800).

**Seal kit** (він же сальник, він же фібра, він же ремкомплект) Опис проблеми:

швидке зношення поверхонь тертя сальника, що призводить до підтікання робочого розчину. Динамка підтікання швидко збільшується, тому підтікання це зупинка обприскувача (рис. 4.2).

**Можлива причина проблеми:**

- Робота насоса без робочого розчину.
- Неправильний монтаж сальника, без спец інструмента. Неправильна обкатка.
- Перемикання кранів функцій обприскування на високих обертах двигуна.
- Недостатня промивка системи від хімічного розчину
- Недосконалість конструкції.

Статистика поломок (кількість випадків/кількість загнутих обприскувачів), та еволюція конструкції

| Роки      | Коефіцієнт поломок за весь період | Конструктивне рішення   | Вигляд поломок  |
|-----------|-----------------------------------|---|---|
| 2018-2019 | 2,80                              | 1. Збільшено діаметр пружини для  |    |
| 2020-2021 | 1,75                              | сильнішого притискання сальника до нерухомого кільця  |   |
| 2021-2022 | 2,00                              |   |   |
|           |                                   | 2. Змінено тип пружини для рівномірнішого притискання поверхонь   |    |
|           |                                   | 3. Розробка технічного інформаційного бюлетеня для правильного монтажу сальника<br>Technical Bulletin №10 - T1 - OMEGA SEAL KIT |   |
|           |                                   | 4. Виконаний тримач пружини для її кращого утримання  |  |
|           |                                   | 5. Виконаний другий тримач пружини для її кращого утримання   |  |
| 2022-2023 | 0,50                              | 6. Змінено конструкцію сальника   |   |

НУБІП УКРАЇНИ



НУБІП УКРАЇНИ

Збільшено площу контакту пар тертя та матеріал



НУБІП УКРАЇНИ

7. Розробка технічного інформаційного бюлетеня для правильного монтажу сальника ВТ GC 2018.03  
DELTA OMEGA CONTROLS SEAL INSTALLATION

### Еволюція валу (рис. 4.19).

- 1) Було збільшено діаметр валу в посадочному місці турбіни з 22 до 30 мм
- 2) Була зроблена більш м'яка різьба під прижимну гайку

Н



Н

Рис. 4.19. Конструктивна схема насоса з приводом (збірка)

НУБІП УКРАЇНИ

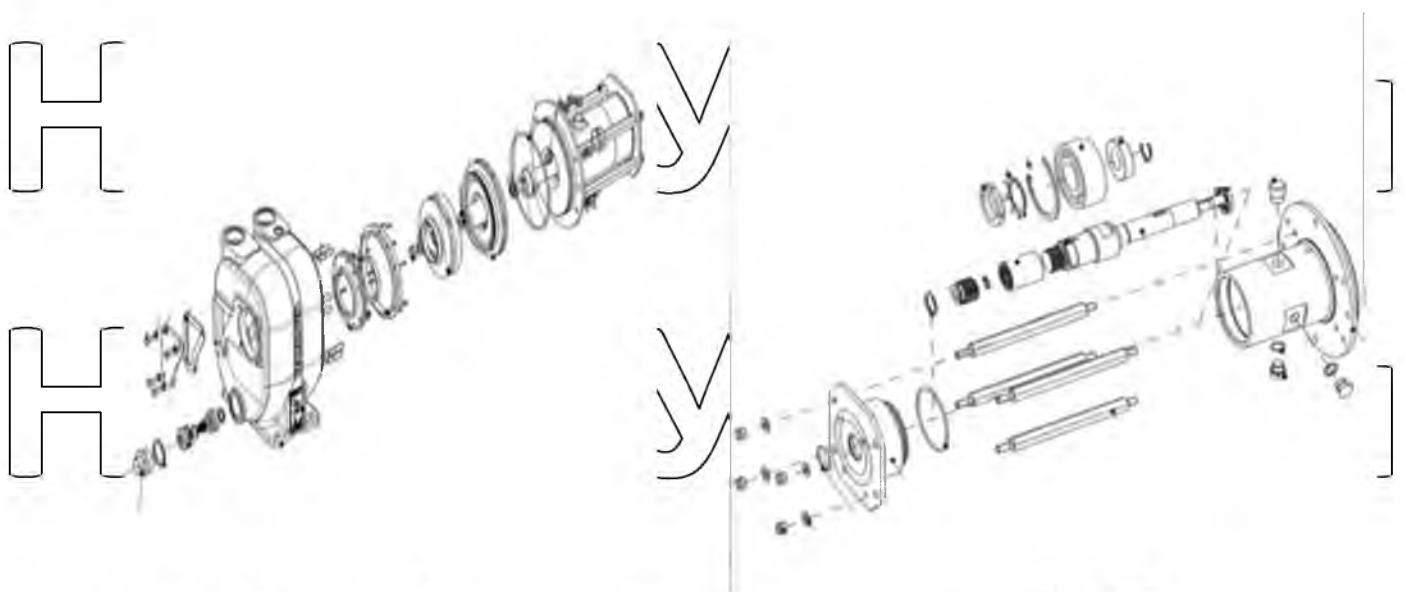


Рис. 4.20 Схеми: А - креслення для складання насоса; Б - креслення для складання приводу насоса.

#### 4.4. Дослідження зносу деталей насосу Омега

В насосі Омега основними деталями, що зношуються є турбіни, а саме зазор між турбіною і відповідною нерухомою частиною. При зазорі до 0,5 мм досягається максимальна продуктивність насоса від 8 до 10 бар. При збільшенні цього зазору робочий тиск на виході з насоса падає, насос більше емульсії переганяє сам на себе.

#### НАСОС ОМЕГА з гідравлічним приводом

При заміні (рис. 4.21):

- вала 422.845 насоса Омега з гідравлічним приводом;
- блока турбіни/хомута високого тиску – 283.358;
- блока турбіни/підшипника/хомута низького тиску – 290.507;
- прокладки і муфти 718.669: момент затягування гайки **770.695** на кінці валу повинен бути 40 Нм.



Рис. 4.21. регулювання зазору турбін для досягнення максимальної продуктивності

Переконайтеся в тому, що хомути встановлені в корпусі насоса (рис. 4.6).

2 - Встановіть прокладку (1) (не встановлюйте відразу ж ущільнювальне кільце (2) для регулювання турбін).

3 - Встановіть регулювальне кільце (3a - 2 мм) (входить до комплекту):

- встановіть колесо високого тиску (5),
- рифлений анкерний болт (6a) (входить до комплекту);
- встановіть колесо низького тиску (8), кільце (9a - 5 мм) (входить до комплекту) і затягніть за допомогою гайки (10a) (40 Нм) (входить до комплекту).

4 - Встановіть блок на корпус насоса (11), виміряйте залишковий зазор між передньою частиною з'єднання мультиплікатора і корпусом насоса.

Якщо зазор становить:

- 1,5-1,1 мм, під час встановлення колеса високого тиску встановлення шпонки не потрібне;
- 1,0-0,6 мм => потрібна шпонка 0,5 (Н. 483.257),
- 0,5-0,1 мм => потрібна шпонка 1,0 (Н. 483.258).

5 - Зніміть колеса низького і високого тиску для встановлення плухої шпонки на колесі високого тиску:

- ✓ установіть кільце (3b) поперидньо встановленої товщини.

✓ встановіть колесо високого тиску (5) зі шпонкою (4);

✓ встановіть регулювальне кільце (3а - 2 мм);

✓ встановіть глухий анкерний болт (6b);

✓ встановіть колесо низького тиску (8);

✓ встановіть кільце (9b) і затягніть його гайкою (10а) (40 Нм).

6 - Встановіть блок на корпус насоса (11), виміряйте залишковий зазор між передньою частиною з'єднання мультиплікатора і корпусом насоса.

Якщо зазор становить:

- 1,5-1,1 мм, під час установалення колеса низького тиску встановлення шпонки не потрібне;

- 1,0-0,6 мм => потрібна шпонка 0,5 (Н. 483.257),

- 0,5-0,1 мм => потрібна шпонка 1,0 (Н. 483.258).

7 - Зніміть колесо низького тиску, щоб виконати встановлення глухої шпонки.

✓ установіть кільце (3b) попередньо встановленої товщини;

✓ встановіть глухий анкерний болт (6b);

✓ встановіть колесо низького тиску (8) зі шпонкою (7);

✓ встановіть кільце (9b) і затягніть його гайкою Nylstop (10b) (40 Нм).

8 - Встановіть кільце ущільнювача (2) і завершіть складання.

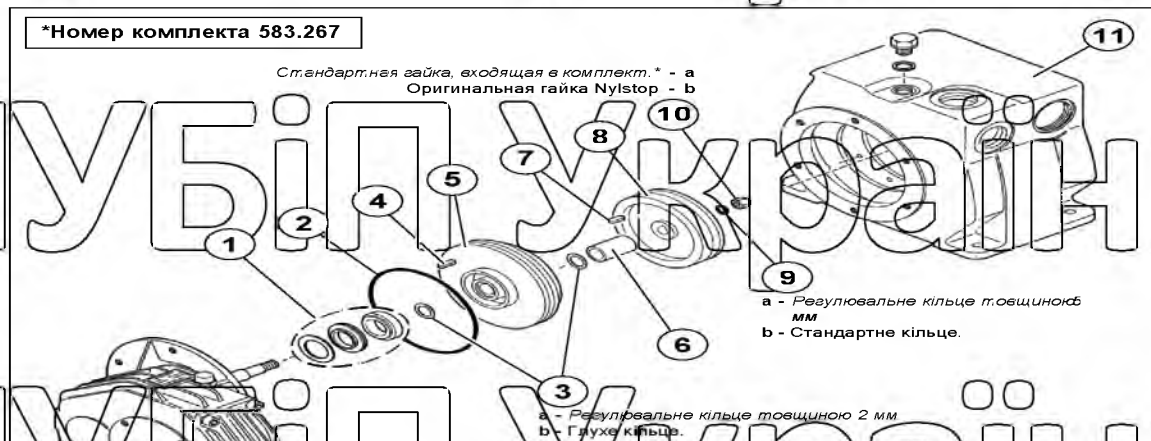


Рис. 4.22. Регулювання турбін високого і низького тиску

#### 4.5. Розробка технології підвищення довговічності валів насоса Омега

Як було раніше представлено, одним з найбільш проблемних елементів насосу Омега є вал. Поломка вала є критичною і спричиняє зупинку оприскувача, що призводить до зриву агротехнічних строків обробітку, а іноді, через певний час простою емульсія в баку оприскувача розшаровується, в ній відбуваються необернені зміни. Тому однією з основних задач по збільшенню надійності насосів Омега є збільшення безвідмовного ресурсу їхніх валів.

Вал, у якості запчастини потрапляє до нас і вносити конструктивні зміни не має змоги.

Дослідивши зламані зразки, було визначено, що структура металу в місці зламу крупнозерниста. Було прийнято рішення зробити відпуск валу з подальшою нормалізацією. Данні роботи було проведено на кафедрі ТКМІМ за допомогою установки СВЧ.

#### Відпуск СВЧ

Відпуск зменшує твердість, міцність і підвищує в'язкість загартованої сталі, одночасно знімаючи залишкову напругу, що виникає при загартуванні, і допомагає досягнути потрібної твердості сталі.

Традиційний відпуск проводиться шляхом нагрівання сталі до відносно невисокої температури (від 150 до 500°C, завжди нижче точки A1) протягом певного часу з наступним повільним охолодженням.

Відпуск як і гартування можна виконувати також за допомогою індукційного нагріву, без довгої витримки в печах. Відпуск СВЧ може виконуватись також на установках одночасним способом (single shot) так і в тунелі, який встановлюється після гартувальної машини, що дозволяє витримувати деталь при заданій температурі трохи довше.

#### Переваги відпуску ТВЧ:

- Менша довжина циклів процесу;
- Контроль температури;
- Інтеграція в виробничі лінії;
- Економія енергії;

# НУБІП України

- Швидка готовність деталей;
- Економія місця на виробництві;
- Покращення зовнішніх умов.

Відпуску були піддані критичні місця, в яких відбувався злам тобто місце зміни перерізу валу і різьба. Подібним чином було вдосконалено 10 валів насосу

# НУБІП України

Омега.

Вали були встановлені на найбільш проблемні машини, де зрив валу відбувався найчастіше.

### Матеріал валу (СТАЛЬ 40X13 аналог США AISI 420ж)

| Хімічний елемент | Вміст, %    |
|------------------|-------------|
| C                | 0,35 - 0,44 |
| Si               | до 0,6      |
| Mn               | до 0,6      |
| Ni               | до 0,6      |
| S                | до 0,025    |
| P                | до 0,03     |
| Cr               | 12 - 14     |
| Fe               | ~84         |

### Механічні властивості сталі 40X13 (стар. 4X13) залежно від температури відпуску

| Температура отпуску, °C | $\sigma_{0,2}$ (МПа) | $\sigma_B$ (МПа) | $\delta_5$ (%) | $\psi$ %  | KCU (кДж / м <sup>2</sup> ) | HB(HRCэ), |
|-------------------------|----------------------|------------------|----------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| Закалка 1000 °C, масло  |                      |                  |                |           |                             |           |
| 200                     | 1620                 | 1840             | 1              | 2         | 19                          | 52        |
| <b>350</b>              | <b>1450</b>          | <b>1710</b>      | <b>11</b>      | <b>22</b> | <b>25</b>                   | <b>50</b> |
| 500                     | 1390                 | 1680             | 7              | 9         | 19                          | 51        |
| 700                     | 500                  | 780              | 35             | 59        | 71                          | (217)     |

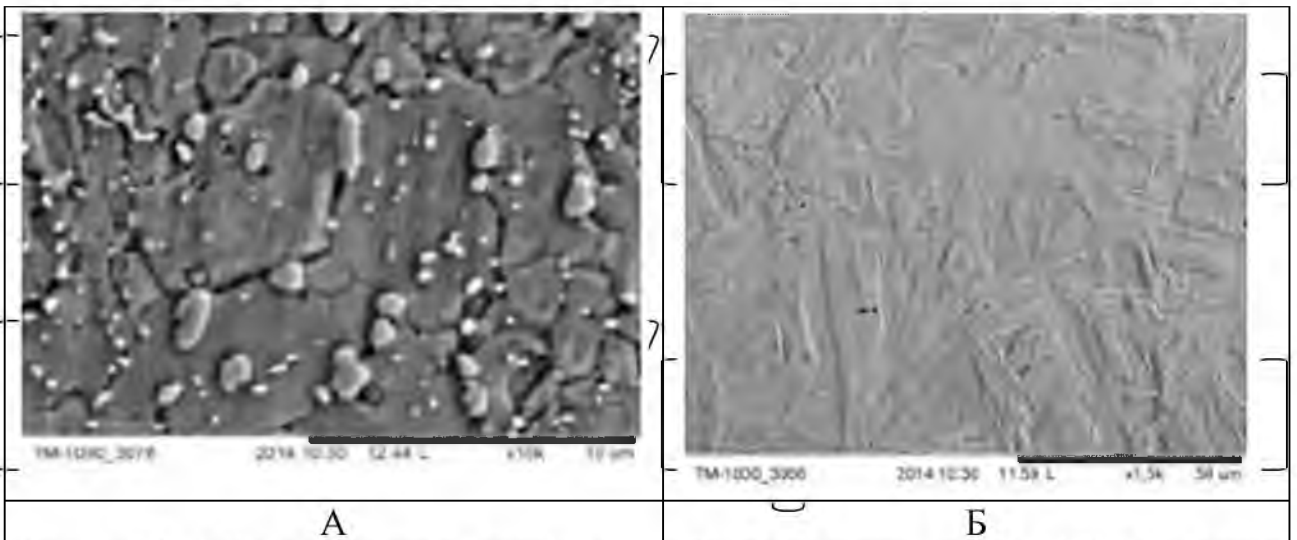


Рис. 4.23. Мікроструктура сталі: А - мікроструктура сталі 40X13 у стані поставки, Б - мікроструктура сталі 40X13 після термообробки

На рис. 4.23. А зображено мікроструктуру сталі 40X13 в стані поставки, має зернисту структуру, яка складається з ферритної матриці, зернистого перліту з мідкими і крупними частками карбиду кремнію. Зерна ферриту мають середній розмір 7 мкм, твердість 2060 МПа. Характер руйнування псевдокрихкий без утворення шийки. В об'ємі сталі сформувалась мартенситна структура, яка характеризується високою міцністю 3880 МПа і низькою пластичністю.

Структурний стан данної сталі змінює як тип деформаційної крикої так і процес локалізації пластичної деформації. Тобто сталь 40X13 визначається задовільним співвідношенням міцносних і пластичних характеристик, гарною корозійною стійкістю в агресивному хімічному середовищі і використовується для відповідальних деталей машин і агрегатів. Сталь 40X13 є сенс використовувати після температурного відпуску в 200 °С з метою отримання високої корозійної стійкості і твердості чи після відпуску при температурі 600 °С.

Структура сталі у стані поставки (а) ферит + карбиди хрому та після гартування та відпуску (б) мартенсит + дрібні карбиди типу  $M_{23}C_6$ .

Головна ідея обраного режиму термічної обробки – відпуску 350 °С замість стандартного режиму 200 °С отримання кращого комплексу механічних

характеристик сталі – пластичності (22%) ударної вязкості (35 кДж/м<sup>2</sup>) та твердості із збереженням твердості на рівні 50 HRC.



Рис. 4.8. Вал відлущений Бакмач Агро



Рис. 4.9. Вал відлущений Ніжин Агро



Рис. 4.10. Вал відпущений Глухів Агро

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вал помпы Omega

Лев. примен.

Справ. №

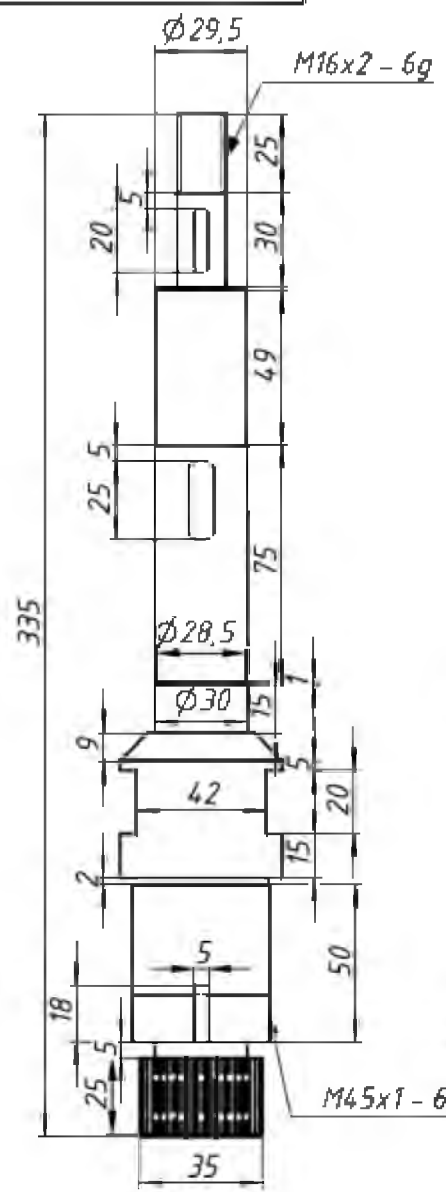
Подп. и дата

Инд. № дубл.

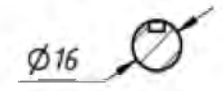
Взам. инв. №

Подп. и дата

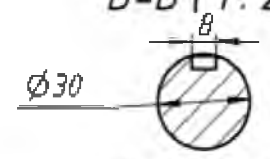
Инд. № подл.



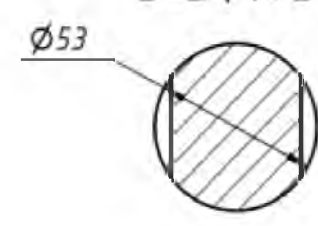
A-A (1:2)



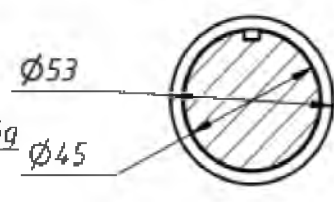
B-B (1:2)



D-D (1:2)



C-C (1:2)



Вал помпы Omega

| Изм.      | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----------|------|----------|-------|------|
| Разраб.   |      |          |       |      |
| Проф.     |      |          |       |      |
| Т. контр. |      |          |       |      |
| Нач. отд. |      |          |       |      |
| Н. контр. |      |          |       |      |
| Утв.      |      |          |       |      |

| Лит.   | Масса    | Масштаб |
|--------|----------|---------|
|        |          |         |
| Лист 2 | Листов 2 |         |

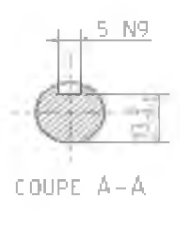
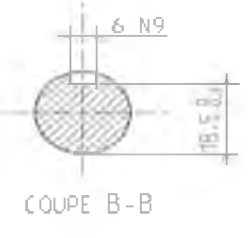
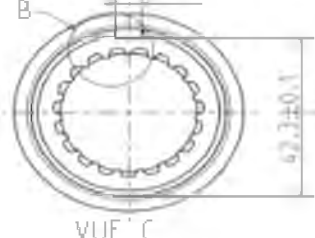
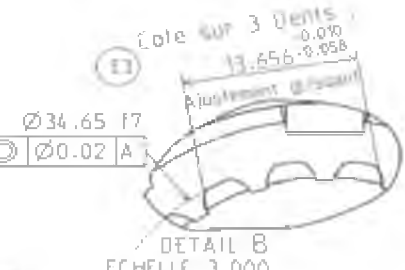
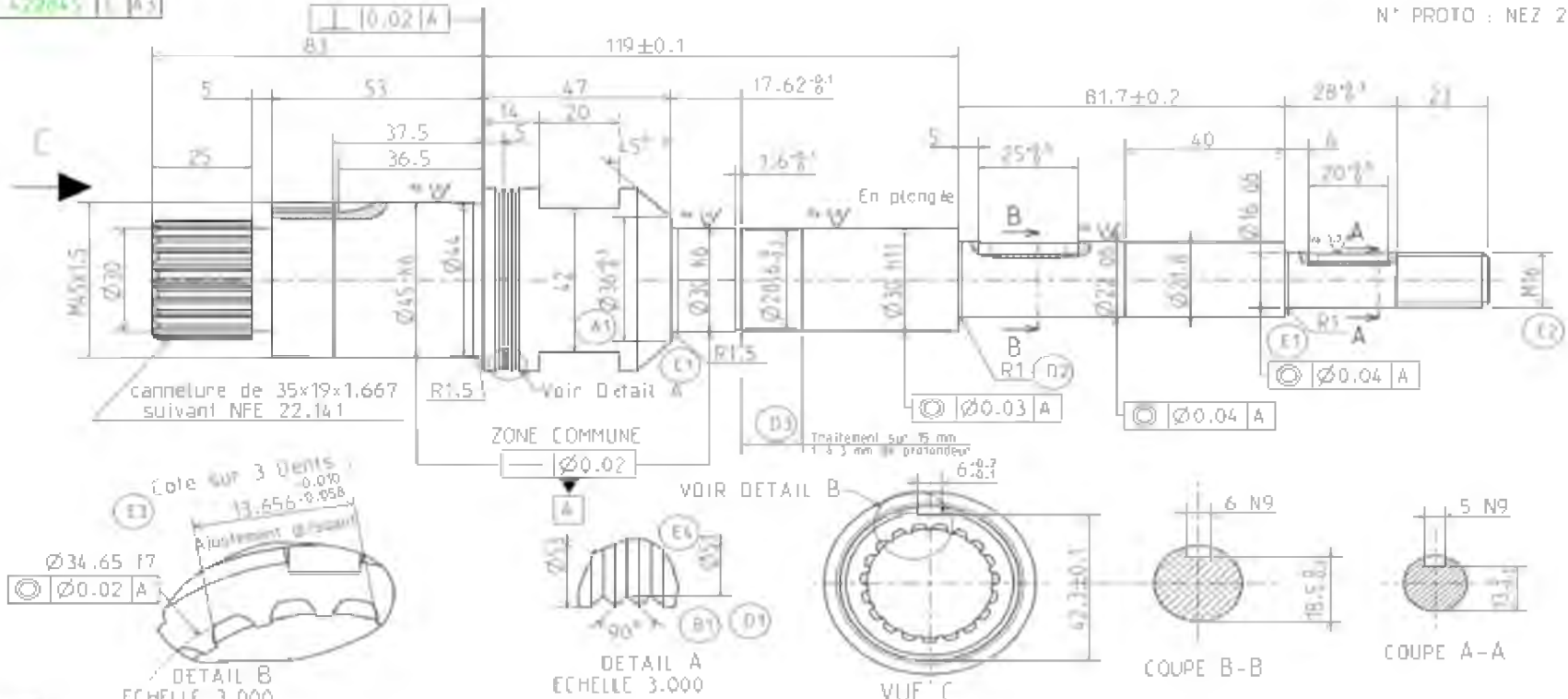
Копировал

Формат А4



422845 | L | A3

N° PROTO : NEZ 2



- (E1) 43±2 HRC sur 30h11
- (E4) Allongement : 12 à 14% après traitement

Protection: Zinc-Nickel Idagot B à 12 µm l  
 Caractéristique mécanique après traitement :  
 Re = 1200 MPa  
 Rm = 1400 MPa

| Intr | Date     | Modifications  | Dét. | Visa  |
|------|----------|--|------|-------|
| 1    | 12/01/12 | Modif. gorges par arrondis E2; Remplacement M16 par M16 E3; Modif. cannelure E4; ajout rainure en V E5; ajout traitement de surface Zn-Ni, matière élast 35104 | RAM  | J.SP  |
| 2    |          | D1: ajout d'une zone rainurée d'identification D2: Rainure R1.5 -- Arrondi R1 D3: Localisation traitement surface D4: Allongement                              |      | Ph.C. |
| 3    | 06/2003  | Etail E1 45.60 HRC sur 30h11   | 3647 | Ph.C. |
| 4    | 05/2003  | Etail R1 250N / R2 HB275-300 / Supprimé R3 / Surface trempé ajout gorge BA   |      | Ph.C. |
| 5    | 03/1996  | Ajout A1   | 2238 | Ph.C. |

| Essai de certification / Approbation et diffusion autorisée: |                                |         |            |
|--|--------------------------------|---------|------------|
| Matière  | 5557 NFA35552                  | Echelle | 1.000      |
| Protection   | Inempt-revenu pour HBS 300-400 | Dessiné | Ph.C.      |
| Tolérance  | js13                           | Date    | 12-Jan-12  |
| Affectation  |                                | Verifié | ---        |
|  |                                | Poids   | 2.286Kg    |
|  |                                | Page    | 1/1        |
| ARBRE DE POMPE   |                                |         | 422845   L |

**BERTHOUD**  
 agricole  
 422845 | L

ГУБІІІ УКРАЇНИ

За результатами досліджень напрацювань старих і нових валів було виявлено наступні закономірності:

| Назва Господарства  | напрацювання на старому валу без відпуску м.г | Напрацювання валу, відпущеного СВЧ м.г |
|---------------------|---|--|
| «Ніжин Агро»        | 157   | 478                                    |
| «Бахмач Агро»       | 96  | 395                                    |
| «Глухів Агро»       | 178   | 426                                    |
| «АкваВіка»          | 123   | 520                                    |
| «Асканія Нова»      | 220   | 558                                    |
| «Підволочиськ Агро» | 189   | 378                                    |

Відпуск валу в критичних місцях збільшує його напрацювання в 2,8-3 рази. (Треба зазначити, що іноді злам навіть вдосконаленого валу спричиняло потрапляння сторонніх предметів у корпус помпи).

## РОЗДІЛ 5.

### РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РЕМОНТІ ОБПРИСКУВАЧІВ

✓ Обприскувач можуть використовувати діти від 8 років, люди з обмеженими можливостями та особи, погано ознайомлені з оригіналом інструкції з техніки безпеки та експлуатації, якщо вони перебувають під наглядом або їх проінструктовано щодо безпечного використання обприскувача та вони розуміють можливі небезпеки. Діти не повинні гратися з обприскувачем. Діти не повинні очищати та обслуговувати обприскувач без нагляду.

✓ При заповненні рідини в бак, завжди використовуйте сітчастий фільтр. Це дозволить зменшити ймовірність потрапляння сміття, яке може пошкодити обприскувач.

- ✓ Перед роботою щільно закручіть кришку бака обприскувача.
- ✓ Використовуйте обприскувач в зонах з достатньою вентиляцією.
- ✓ Використовуйте тільки ті хімікати, які сертифіковані.
- ✓ Дотримуйтесь інструкцій виробника хімікатів.

✓ У разі отруєння необхідно звернутися по медичну допомогу та надати повну інформацію про речовину, яку Ви використовували.

✓ Перед роботою перевіряйте, щоб усі рухливі частини та деталі обприскувача були добре зафіксовані.

✓ При підготовці та при роботі з хімікатами використовуйте спеціальний захисний одяг, маску для захисту від аерозолів, засіб захисту органів зору, нековзке взуття та рукавиці для захисту Вашого тіла від контакту з розпилювальними засобами.

✓ Одяг, який використовувався, при обприскуванні, повинен бути випраний окремо від іншого одягу, оскільки хімічні речовини під час обприскування можуть осідати на одяг.

Перед проведенням будь-яких робіт з насосом Омега необхідно максимально злити рештки ЗЗР і провести обов'язкову процедуру зовнішньої мийки та мийки системи оприскування з використанням поверхнево активних речовин -Адьювантів або засобу All Clear від виробника оприскувачів Берту.

Процедура повної мийки оприскувача полягає у наступному: - **ПРОМИВКА ВСІХ КОНТУРІВ ІЗ ГОЛОВНОГО БАКА У ЗОНІ УТИЛІЗАЦІЇ НА ФЕРМІ**

Залити 300 літрів чистої води з миючим засобом (тип ALL CLEAR) в головний бак. Для перемішування суміші при закритих секціях. Ввімкнути гідропривід насосу. Довести режим двигуна до 1200 об/хв.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

## ВИСНОВКИ

1. Таким чином виявлено, що основною причиною зламу валу в точках зміни його перерізу є крупнозерниста структура.

2. Встановлено, що проведення відпуску критичних точок валу при температурі  $350^{\circ}\text{C}$  підвищує його надійність.

3. Вдосконалення надійності валу дає стабільний позитивний результат при мінімальних затратах на поліпшення валу в 2,5-3 рази по напрацюванню до поломки.

4. Проведення відпуску критичних точок валу можна рекомендувати для обробки валів перед встановленням в насос Омега.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З. В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 221 с.
2. Breki A.D., Gvozdev A.E., Kolmakov A.G., Starikov N.E., Provotorov D.A., Sergeyev N.N., Khonelidze D.M. On friction of metallic materials with consideration for superplasticity phenomenon. *Inorganic Materials: Applied Research*. 2017. T. 8. № 1. С. 126-129.
3. Анохин А.А. Деякі прогресивні технології відновлення якості поверхні деталей. *Східно-Європейський журнал сучасних технологій*. Харків. 2003. № 5. С. 10-16.
4. Будник А. Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць навч. посіб. Суми: СумДУ, 2008. 212 с.
5. Волошин І.Е. Новый спосіб нітроцементации сталейних деталей. *Компрессорне і енергетичне машинобудування*. 2017. №3 (49). С. 34 – 37.
6. Гадалов В. Н., Петренко В. Р., Скрипкіна Ю. В., Розина Т. Н., Бобринцев Р. В., Болдирев Ю. В. Підвищення роботопридатності мунжерних пар із сталі комбінованої нітроцементацией. *Заготівельні виробництва в машинобудуванні*. 2012. № 8. С. 43-44.
7. Гадалов В.Н., Макарова І.А., Ляхов А.В., Ляхов В.І., Стародубцев В.В., Мминаев І.В., Гвоздев А.Е., Кутепов С.Н., Калинин А.А. Перспективні процеси хіміко-термічної обробки конструкційних сталей. *Вісті ТулГУ. Технологічні науки*. 2018. Вип. 12 . С. 567-575.
8. Дунаев, П. Ф., Деликов О. П. Деталі машин. Курсове проектування: учбовий посібник для машинобудівних спеціальностей. 3-є вид., перероб. и доп. Київ : Машинобудування, 2002. 536 с.
9. Елагина О.Ю. Технологічні методи підвищення зносостійкості деталей машин Навчальний посібник. Университетская книга. Логос, 2009. 485 с.
10. Журнал «Агроексперт» 11.2022
11. Іванов М. Н. Деталі машин: посібник / Під ред. В.А. Финогенова. 6-е вид., перероб. Київ : Вища шк., 2004. 383 с.

12. Інструкція по ремонту насоса Омега

13. інструментальних сталей : пат. № 2592339. С1, заяв. 2015-03-06, опуб. 20.07.2016. Бюл. №20. 2016.

14. Карнаух С. Г., Таровик М. Г. Деталі машин : курс лекцій для студентів технічних спеціальностей. Краматорськ : ДДМА, 2017. 261 с.

15. Кирик В.Г., Жарков П.Е., Тарельник В.Б., Коноплянченко Е.В.,

16. Колина Т.П., Тарасов А.Н., Брюханов В.В. Вплив складу, структури і стану поверхні на структуру і властивості дифузійних шарів при високотемпературній нітроцементації сталей в активованих деревовугільних сумішах. Вісник ОГУ. 2010. №10 (116). С. 148 - 152.

17. Коробка, О.О. Вибір матеріалу, маршрутноі технології виготовлення заготовки і термічної обробки деталі «вал-шестерня редуктора»: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 6.050403 – інженерне матеріалознавство. О.О. Коробки; наук. керівник Т.П. Говорун - Суми: СумДУ, 2018. 71 с.

18. Костин Н. А., Грусова Е. В. Втомна міцність покращуваної сталі 30ХГТ після високо- і низькотемпературної нітроцементації».

19. Лабораторний практикум з курсу «Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство». Частина 2 «Матеріалознавство» / укладачі Т.П. Говорун, О.П. Гапонова, В.М. Раб, Н.А. Харченко. Суми: Сумський державний університет, 2011. 86 с.

20. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Хіміко-термічна обробка металів:учбовий посібник для вузів. Київ: Металургія, 1985. 256 с.

21. Левин Е. А., Юршева Н. В. Вплив попередньої термічної обробки на структуру низьквуглецевих и легованих сталей перед цементацией : Матеріали XVIII Міжнародної науково-технічної Київської школи-семінара металознавців-молодих вчених. Київ, 21-23 листопада 2017. Київ : УрФУ, 2017. С. 2-6.

22. Литовченко С. В., Доценко Е. А., Кочетова С. Ю. Приготування зразків для металографічного визначення мікроструктури: Методичні матеріали. Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, 2011, 14 с.

23. Малькова Н. Ю. Недоліки процесів і перспективні способи хіміко-термічної обробки. Успіхи сучасного знання. 2007. №12-1. С. 124-124.

24. Марченко С. В., Будник А. Ф., Юскаєв В. Б. Основи виробництва матеріалів та формоутворення об'єктів технологій: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2013. 232 с.

25. Марченко С. В., Гапонова, О. П., Говорун Т. П., Харченко Н. А.

26. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів»: у 2 частинах. Ч. 1. Випробування металів. Укладачі: А. І. Дегула, Т. П. Говорун. Суми: Сумський державний університет, 2015. 53 с.

27. Мохорт А. В., Чумак М. Г. Термічна обробка металів: навч. посіб. Київ: Либідь, 2002. 512 с.

28. Надійність сільськогосподарської техніки. Підручник. / М. І. Черневол, В. Ю. Черкун, В. В. Аулін та ін.; За заг. ред. М. І. Черновола. Кіровоград: ТОВ «КОД», 2010. 320 с.

29. Надійність технологічних систем: курс лекцій / Г. О. Іванов, В. І. Гавриш, П. М. Полянський, О. В. Гольдшмідт. Миколаїв: МНАУ, 2015. 40 с.

30. Новиков И. И. Теорія термічної обробки металів. підручник для вузів. 4-е изд., перероб. и доп. Київ: Металургія, 1986. 480 с.

31. Основи технічних вимірювань» Методичні вказівки

32. Петрова Л. Г. Прикладне застосування хіміко-термічної обробки для розробки процесів поверхового зміцнення. Вісник ХНАДУ. 2010. Вип. 51. С. 26-34.

33. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1: Навчальний

посібник / [Сідашенко О. І., Тіхонов О. В., Скобло Т. С., Мартиненко О. Д., Гончаренко О. О., Сайчук О. В., Аветісян В. К., Автухов А. К., Рибалко І. М.,

Сиромятніков П. С., Бантковський В. А., Маніло В. Л.] /За ред. О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 416 с.

34. Пчелинцев В. А. Пошкодженість головних деталей машин: учбово-метод. пос. Суми : СумГУ, 2008. 137 с.

35. Ревенко Ю. І., Бистрий О. М., Мельник В. І., Новицький А. В., Ружи́ло З. В. Кваліметрія: навчальний посібник. Київ : Принтеко, 2022. 201 с.

36. Руденко Л. Ф., Говорун Т.П. Леговані сталі та сплави: навч. посібн. Суми: СумДУ, 2007. 180 с.

37. Серета Б.П., Калініна Н. Є., Кругляк І. В. Поверхнєве зміцнення матеріалів: монографія. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2004. 230 с.

38. Сідашенко О.І. Ремонт машин і обладнання: підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. / за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. К.: Аграр Медіа Груп, 2018. 632 с.

39. Склад для нітроцементації виробів з легованих сталей : пат. № RU2314363 С1, клас (и) патенту: С23С8 / 76, номер заявки: 2006126472/02, дата подання заявки: 20.07.2006, дата публікації: 20.07.2006

40. Скойбеда А.Т., Кузьмин А.В., Макейчик Н.Н. Деталі машин і основи конструювання : 2-е вид., перероб. / под общ.ред. Скойбеди А.Т. Київ : Вища школа, 2006. 560 с.: іл.

41. Сорокин В.І., Волосникова А.В., Вяткин С.А. Марочник сталей і сплавів / Під редакцією В.І. Сорокіна. Київ: Машинобудування. 1989. 640 с.

42. Спосіб нітроцементації деталей з конструкційних і

43. Спосіб нітроцементации металов в пастах: пат. № 2254396, кл. С23С8/76, 2005, 2003128356/02, дата подачі заявки: 19.09.2003, дата публікації: 20.06.2005.

44. Сталь для пари зубчастих коліс: пат. № 2333406; подача заявки: 2006-09-14, публікація патента: 10.09.2008.

45. Теорія технічних систем / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – К.: ЦП „КОМПРИКТ”, 2017. 291 с.

46. Технічний бюллетень перевірки стану ремонтпридатності насосу Omega

47. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів / Ю. Г. Сорванді, Д. П. Журавель, А. М. Бондар, О. Ю. Новик. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 157 с.

48. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи / А.М. Бондар, Д.П. Журавель, О.Ю. Новик, К.Г.

Петренко., О.В. В'юнник. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 140 с.

49. Технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2016. 146

с.

50. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідашенко О.І.

Тіхонов О.І., Лузан С.О. та інші. Навч. Посібник. Харків: ХНТУСГ, 2017. 361

с.

51. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г.

Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2002. 328 с.

52. Шейблінт А.Е. Курсове проектування деталей машин. М.: Виц. шк., 1991.

432 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України