

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА  
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **„ Удосконалення технології ремонту двигунів тракторів  
John Deere з розробкою знімача гільз циліндрів ”**

Виконав: студент 5 курсу групи Аін-51з  
Спеціальності 208 „Агроінженерія”  
(шифр і назва)

Горбанюк Андрій Євгенович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: доцент Рис Василь Іванович  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА  
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на дипломний проект студенту  
Горбанюку Андрію Євгеновичу

1. Тема проекту: „ Удосконалення технології ремонту двигунів тракторів John Deere з розробкою знімача гільз циліндрів ”

Керівник проекту: Рис Василь Іванович, к.т.н., доц.

Затверджена наказом по університету від 25.04.2023 року № 118/К-С

2. Строк здачі студентом закінченого проекту 11 березня 2024 року.

3. Вихідні дані: \_\_\_\_\_

3.1. Звітні матеріали про діяльність ремонтних майстерень підприємств.

Звітні матеріали власників техніки про наявність і використання  
ремонтно-обслуговуючої бази.

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. АНАЛІЗ ТЕХНІКИ МАРКИ JOHN DEERE

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ДВИГУНІВ

3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАПРОВАДЖЕННЯ  
ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

Висновки та пропозиції

Бібліографічний список

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- 5.1. Аналіз техніки марки JOHN DEERE (1арк. форм. А1);  
 5.2. Схема технологічного процесу ремонту двигунів (1 арк. форм. А1);  
 5.3. Знімач гільз циліндрів (Складальне креслення) (1 арк. форм. А1)  
 5.4. Робочі креслення деталей (2 аркуш форм. А1);  
 5.5. Результати розрахунку економічного ефекту від використання знімача гільз циліндрів (1 арк. форм. А1).

6. Консультанти розділів проєкту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Рис В.І., к.т.н., в.о. доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 25.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Написання розділу: «Аналіз техніки марки john deere»	25.04.23-30.05.23	
2.	Виконання другого розділу: «Технологічний процес ремонту двигунів»	31.05.23-25.06.23	
3.	Виконання третього розділу: «Конструкторська розробка знімача гільз циліндрів»	26.06.23-26.09.23	
4.	Написання розділу: «Охорона праці»	27.09.23-11.10.23	
5.	Виконання розділу: «Розрахунок економічного ефекту від запровадження знімача гільз циліндрів»	12.10.23-25.11.23	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки.	26.11.23-02.01.24	
7.	Завершення роботи в цілому	01.02.24-01.03.24	

Студент \_\_\_\_\_ Андрій ГОРБАНЮК  
 (підпис)

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ Василь РИС

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект : 53с. текст. част., 10 рис., 2 табл., 6 арк. формату А1,  
19 джерел.

„ Удосконалення технології ремонту двигунів тракторів John Deere з розробкою знімача гільз циліндрів”. Горбанюк Андрій Євгенович. – Дипломний проект. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича – Дубляни, Львівський НУП, 2024р.

Подано короткий опис техніки марки John Deere. Розглянуто основні її характеристики. Описано

Розроблено конструкцію знімача гільз циліндрів двигунів тракторів John Deere, проведено розрахунок деталей на міцність.

Розглянуто основні питання охорони праці проекту.

Проведено розрахунок річного економічного ефекту від запровадження у виробництво знімача гільз циліндрів підтверджується розрахунковим середнім річним економічним ефектом який складатиме 37,464 тис грн. і сумарним економічним ефектом за розрахунковий період понад 299,710 тис.грн.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ТЕХНІКИ МАРКИ JOHN DEERE.....	8
1.1. Сучасна техніка John Deere.....	8
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ДВИГУНІВ.....	11
2.1 Прийом двигуна на ремонт.....	11
2.2 Розбирання двигуна.....	11
2.3 Миття двигуна.....	12
2.4 Розбирання двигуна на вузли.....	12
2.5 Розбирання вузлів на деталі.....	13
2.6 Дефектація деталей.....	14
2.7 Комплектування деталей.....	15
2.8 Складання двигуна.....	17
2.9 Обкатка та випробування двигуна.....	17
2.10 Здача замовнику.....	18
2.11 Вибір форми організації ремонту.....	19
2.12 Розрахунок кількості робітників.....	21
2.13 Розрахунок та підбір обладнання.....	23
2.14 Планування моторної ділянки.....	25
3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ.....	26
3.1 Загальні правила розбирання машин та агрегатів.....	26
3.2. Класифікація обладнання для розбирання.....	28
3.3. Обґрунтування необхідності конструкції.....	29
3.4. Аналіз існуючих конструкцій для знімання гільз циліндрів.....	29
3.5 Опис конструкції та спосіб її роботи.....	32
3.6 Конструкторські розрахунки установки.....	33
3.6.1 Розрахунок гвинтової передачі.....	33
3.6.2 Розрахунок гвинта на розтяг.....	35
3.6.3 Розрахунок силового гвинта на згин.....	36
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	38

4.1 Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів розбирання трактора.....	38
4.2. Розрахунок заземлення електроустаткування підрозділу ремонту.	41
4.3. Техніка безпеки і виробнича санітарія.....	43
4.4. Основні вимоги до приміщень ремонтного виробництва.....	43
4.5. Техніка безпеки під час ремонтних робіт.....	44
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ.....	46
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	51
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	52

## ВСТУП

У процесі експлуатації трактора надійність, закладена в ньому при конструюванні та виробництві, знижується внаслідок різних несправностей.

У підтримці технічного стану трактора на необхідному рівні велику роль грає планово – попереджувальна система технічного обслуговування та ремонту. У процесі проведення технічного обслуговування і поточного ремонту виконуються роботи з усунення несправностей, що виникли, і заміні деталей, що найбільш швидко зношуються (поршневі кільця, корінні та шатунні вкладиші).

Усі основні деталі трактора та двигуна зокрема є досить складними у конструктивно-технічному відношенні та на їх виготовлення витрачається багато суспільного часу, чорних та кольорових металів, у тому числі легованих сталей. Невикористання надалі дорогих деталей, мають невеликий знос, і більше деталей з допустимим зносом було економічно не виправданим. Відновлення працездатності та використання зазначених деталей у масштабах країни є проблемою великого народногосподарського значення. Вирішення цієї проблеми і є одним із основних завдань авторемонтного виробництва.

На базі відновлених деталей і деталей з допустимим зносом, що використовуються при складанні за рахунок селективного та попарного підбору, здійснюється капітальний ремонт двигуна і трактора [18,19].

Двигуну знову повертається працездатність і надійність, близька до надійності нового двигуна. Для забезпечення двигуну, що пройшов капітальний ремонт, високій надійності необхідно, щоб ремонтне підприємство відповідало рівню розвитку сучасної машинобудівної промисловості з широкою спеціалізацією, механізацією та автоматизацією технологічних процесів.

На ремонтних підприємствах здійснюється вторинне виробництво двигунів тракторів, засноване на принципах повної чи часткової взаємозамінності та забезпечує економічно виправдану реалізацію довговічних двигунів.

Такі складні та дорогі деталі як блоки циліндрів, колінчасті та розподільні вали та інші, піддаються неодноразовому відновленню, що дозволяє підвищити термін їхньої служби [18,19].

Забезпечення високої надійності капітально відремонтованих тракторів та агрегатів може бути досягнуто не лише за рахунок покращення технології, а й підвищення рівня організації, наявності кваліфікованих спеціалістів.



## 1. АНАЛІЗ ТЕХНІКИ МАРКИ JOHN DEERE

### 1.1. Сучасна техніка John Deere

*Зернозбиральні комбайни.* Компанія John Deere – одна з найбільших світових корпорацій з виробництва сільськогосподарської техніки. Якщо порівняти світовий ринок провідних виробників, наприклад, зернозбиральних комбайнів (рис.1.1), то можна побачити, що лише John Deere випускає більше 17 000 комбайнів на рік, а його найближчий конкурент – CLAAS – лише близько 7000.

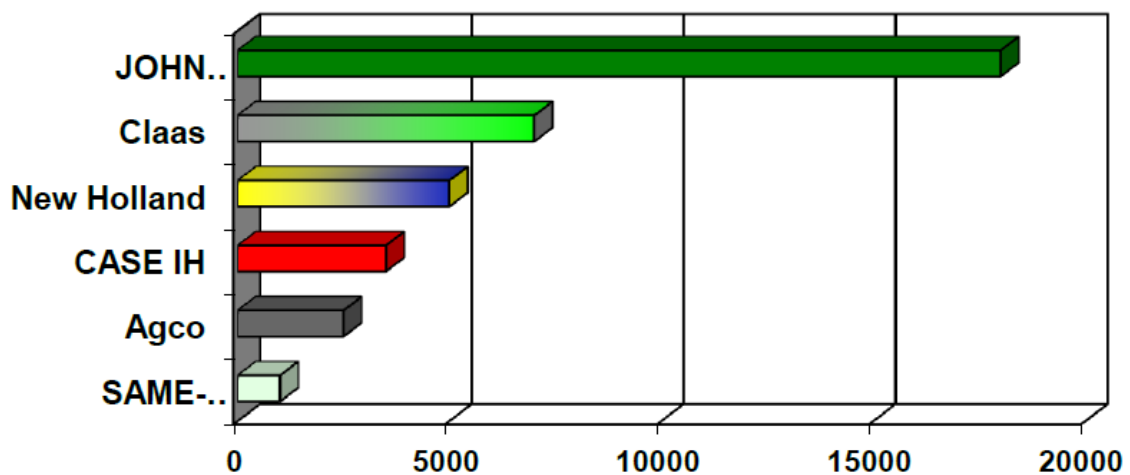


Рисунок 1.1 – Річне виробництво зернозбиральних комбайнів провідними виробниками.

Сучасний ринок зернозбиральних комбайнів представлений такими моделями S – роторний тип молотарки; Т – двобарабанна молотарки зі змінним напрямком потоку (рис.1.2); W - модель з класичною системою обмолоту.



Рисунок 1.2 – Зернозбиральні комбайни моделі Т.

Комбайни з класичною молотаркою призначені для збирання сухих, чистих хлібостоїв із різною врожайністю є найбільш розповсюдженими.

Комбайни з роторною системою застосовуються для збирання зволожених, забур'янених, однак середньо- та високоврожайних культур. До недоліків відноситься зниження продуктивності на високостеблевих культурах, так як існує ризик намотування стебел на ротор.

Комбайни з двобарабанною системою призначені переважно для збирання перезволожених та високостеблевих культур.

Однак, чіткого розмежування у технічних можливостях та використанні комбайнів немає.

Управління агрегатами та робочими органами відбувається переважно гібравлічними системами – силовими циліндрами та агрегатами.

*Трактори.* Компанія John Deere випускає дуже широкий модельний ряд тракторів – колісних та гусеничних.

Сьогодні найбільші дилери пропонують трактори моделей 6 (6125R, 6175R, 6930D та ін.); 8 (8335R, 8310R та ін.), а також моделі 9-ї серії. Гусеничний ряд представлений двома серіями: 8RT (рис.1.3) та 9RT.



Рисунок 1.3 – Гусеничний трактор серії 8RT.

Всі моделі тракторів забезпечені складними функціональними виконавчими робочими органами, що приводяться в дію силовими гідроциліндрами. Від їх надійності та довговічності залежить швидкість, якість та енергетичні затрати на виконання операцій.

*Самохідні обприскувачі.* Самохідні обприскувачі представлені моделями 4630, 4730, 4830, 4930, 4030 та іншими. Ці агрегати приводяться в рух від гідромоторів. Таким чином, тут також провідну роль у надійності та функціональності грає саме гідравліка та її силові агрегати.

Необхідно також відзначити, що всі енергетичні засоби забезпечуються двигунами власного виробництва компанії.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ДВИГУНІВ

### 2.1 Прийом двигуна на ремонт

Ефективність капітального ремонту багато в чому залежить від стану ремонтного фонду, що надходить з експлуатації, його якості та комплектності. Стан ремонтного фонду дуже впливає на техніко-економічні показники авторемонтного виробництва, оскільки воно зумовлює рівень трудових і матеріальних витрат.

Двигун і вузли приймають у ремонт за наявності наряду на ремонт, виданого за поданням наступних документів: довідки про напрацювання трактора, акт про його технічний стан, паспорти – тільки для двигунів, що раніше капітально ремонтувалися [17].

При прийомі в ремонт оформляється приймально-здавальний акт у трьох примірниках. В акті відзначають найменування об'єкта ремонту, його технічний стан та комплектність, найменування замовника, термін здачі у ремонт. Акт підписується представниками ремонтного підприємства та замовником та засвідчується печаткою. Перший та третій екземпляри актів передаються до відділу збуту. Надалі третій примірник приймального акта разом з об'єктом ремонту передається у виробництво, а другий віддається замовнику.

### 2.2 Розбирання двигуна

Двигуни розбирають у наступній послідовності:

- знімають прилади та вузли системи живлення та електрообладнання;
- зливають та випаровують мастило;
- миють двигун;
- розбирають двигун на вузли;
- розбирають вузли на деталі;
- очищають деталі від нагару, накипу, оливи;
- миють та просушують.

Для зняття приладів та вузлів системи живлення та електрообладнання двигун встановлюють та закріплюють на стенді розбирання піддоном картера вниз.

У цьому положенні з двигуна знімають трубопроводи високого і низького тиску, форсунки, свічки розжарювання, фільтр тонкого очищення, паливний насос, ремені приводу генератора та компресора, стартер. Зняті вузли та прилади направляють до відділення ремонту системи живлення, де їх розбирають, миють, дефектують та ремонтують [5].

Потім з піддону картера вивертають пробку для зливу оливи, в горловину маслоналивного патрубку вставляють шланг, що подає пар, двигун прогрівають паром, що сприяє більш швидкому і повному видаленню оливи і її відкладень.

Після зливу оливи двигун частково розбирають для кращого доступу мийної рідини до найбільш забруднених місць. З нього знімають головку циліндрів та піддон картера.

Після зняття перерахованих вузлів та деталей двигун знімають зі стенда та направляють на мийку.

### **2.3 Миття двигуна**

Мити двигун рекомендується в мийній камері або мийній машині 5% розчином каустичної соди для двигунів з чавунними блоками. Температура розчину має бути 75 – 85 °С. Для видалення залишків лужного розчину рекомендується наступне промивання двигуна гарячою водою. Після миття двигун просушують стисненим повітрям.

Ретельне миття двигуна перед розбиранням підвищує культуру виробництва на ділянці розбирання, сприяє підвищенню продуктивності праці і збереженню в кращому стані деталей, що знімаються.

### **2.4 Розбирання двигуна на вузли**

Вимитий і просушений двигун подають на дільницю розбирання, де його встановлюють і кріплять на стенді розбирання головкою циліндрів вгору. У

цьому положенні з двигуна знімають наступні вузли: насос гідропідсилювача рульового керування, фільтр вентиляції картера, шків колінчастого валу та водяного насоса, маточину шківа, розподільний вал у зборі та штанги штовхачів. Потім раму стенду із двигуном повертають на 180 градусів.

У цьому положенні знімають маслоприймач, масляний насос, кришку картера зчеплення та вилку вимкнення зчеплення, поршні разом із шатунами у зборі. Попередньо вийнявши шатунні вкладиші, кришку шатуна слід поставити на місце. Знімають колінчастий вал у зборі з маховиком, зчепленням, розподільчою шестернею та упорними шайбами.

Кришки корінних опор ставлять на свої місця, тому що вони не взаємозамінні і тому не підлягають розкомплектуванню.

Останньою операцією, що виконується на стенді, є зняття гільз.

## **2.5 Розбирання вузлів на деталі**

Зняті з двигуна вузли розбирають на деталі, миють, дефектують та ремонтують [5].

Колінчастий вал у зборі з маховиком та зчепленням встановлюють у пристосування або кріплять у лещата, де виконують наступні роботи:

- викручують болти кріплення кожуха зчеплення та знімають зчеплення;
- розшпінтовують і відкручують гайки болтів маховика, знімають маховик та вибивають болти маховика;
- випресовують підшипник із гнізда колінчастого валу за допомогою знімача;
- викручують пробки брудовловлювачів шатунних шийок колінчастого валу.

Потім вал переносять на прес, де спресовують шестірню і знімають упорні шайби колінчастого валу.

Розбирання шатунного поршневого комплекту полягає у знятті поршневих та стопорних кілець та у випресовуванні поршневого пальця з поршня.

Клапани з головки циліндрів знімають за допомогою знімачів. Спочатку знімають пружини клапана та виймають сухарі. Потім пружини розтискають і знімають втулки, манжету впускного клапана, тарілку пружини, пружину, опорну шайбу або механізм обертання клапана [15].

Всі деталі очищають від нагару та накипу, а також знежирюють.

## **2.6 Дефектація деталей**

Очищені та знежирені деталі надаються на ділянку контролю та сортування для визначення їх придатності до подальшої роботи без ремонту, необхідності ремонту або вибракування через повну їх непридатність чи неефективність ремонту. Кількість деталей, що підлягають вибракуванню, невелика і становить 25-30%.

До цих деталей належать поршні, поршневі кільця, вкладиші підшипників, різні втулки, підшипники кочення, гумотехнічні вироби.

Деталі, ресурс яких дозволяє використовувати їх без ремонту, становить 30-35% загальної кількості. До цієї групи відносяться всі деталі зношування робочих частин, яких знаходиться в допустимих межах.

Деталі, яким необхідно зробити ремонт, можуть бути використані повторно після відновлення. До цієї групи належать більшість найскладніших і найдорожчих базових деталей, зокрема блок циліндрів, картери коробки передач та заднього моста, розподільний вал та інші.

Вартість відновлення цих деталей не перевищує у 10 – 50% вартості їх виготовлення.

При контролі деталей слід застосовувати сучасні методи виявлення дефектів та вимірювання зношування. Особливу увагу слід приділяти виявленню прихованих дефектів.

Результати дефектації та сортування фіксують шляхом маркування деталей фарбою. Зеленою фарбою позначають придатні для подальшого використання деталі, червоною – непридатні, жовтою – що потребують

відновлення. Кількісні показники дефектації та сортування деталей також у дефектувальних відомостях.

Придатні деталі після дефектації скеровуються на комплектувальну ділянку і далі на складання двигуна, а непридатні – на склад брухту. Деталі, що вимагають відновлення, після визначення маршруту ремонту надходять на склад деталей, що чекають на ремонт, і далі на відповідні ділянки відновлення.

У процесі експлуатації у деталях виникають дефекти наступного характеру:

- Зміна розмірів та геометричної форми робочих поверхонь;
- Порушення точності взаємного розташування робочих поверхонь на деталі;
- механічні пошкодження;
- корозійні ушкодження;
- Зміни фізико – механічних властивостей матеріалу деталей.

Спочатку роблять зовнішній огляд деталей з метою виявлення пошкоджень, видимих неозброєним оком: великих тріщин, пробоїн, зламів, задирок, рисок, корозії. Потім деталі перевіряють на спеціальних пристосуваннях для виявлення дефектів, пов'язаних із порушенням взаємного розташування робочих поверхонь та фізико-механічних властивостей матеріалу деталей. Після цього деталі контролюють на відсутності прихованих дефектів (невидимих тріщин та внутрішніх вад). На закінчення проводять контроль розмірів та геометричної форми робочих поверхонь деталей.

## **2.7 Комплектування деталей**

Комплектування є частиною виробничого процесу, яка виконується перед складанням і призначена для забезпечення безперервності та підвищення продуктивності процесу складання, для ритмічного випуску виробу необхідного та стабільного рівня якості та зниження трудомісткості та вартості складальних робіт. У процесі комплектування виконують наступний комплекс робіт:



- накопичення, облік та зберігання деталей, складальних одиниць та комплектуючих виробів;

Оперативна інформація відповідних служб про відсутні деталі, складальні одиниці, комплектуючі вироби;

- підбір спряжених деталей за ремонтними розмірами, розмірними та масовими групами;

- підбір та підгонка деталей в окремих з'єднаннях;

- підбір складових частин складального комплекту за номенклатурою та кількістю;

- доставка складальних комплектів до постів збирання до початку виконання складальних робіт.

Відповідальним завданням комплектування є підбір деталей за розмірами з метою забезпечення необхідної точності складання, точності зазорів, натягів та просторового положення деталей.

Розрізняють три способи підбору деталей у комплекти: штучний груповий та змішаний [3].

При штучній комплектації до базової деталі, що має дійсний розмір, підбирають другу деталь цього сполучення виходячи з величини зазору або натягу, що допускається технічними умовами. При штучному підборі витрачається багато часу. Це спосіб застосовується на невеликих підприємствах із великою номенклатурою машин.

При груповій комплектації поле допусків розмірів обох деталей, що сполучаються, розбивають на кілька інтервалів, а деталі сортуються відповідно до цих інтервалів на розмірні групи. Розміри групи деталей, що сполучаються, обов'язково маркують цифрами, літерами або фарбами. За групами деталі сортують шляхом вимірювання інструментами, у тому числі калібрами. Групову комплектацію застосовують для вибору відповідальних деталей.

При змішаній комплектації деталей використовують обидва способи. Відповідальні деталі комплектують груповим, а менш відповідальними штучним способом.

Поряд з трьома основними способами комплектації, щоб уникнути незбалансованості деяких деталей підбирають по масі.

Комплектація супроводжується слюсарно-підганяльними операціями, що полегшує складання. Найбільш часто застосовують тирсу, зачистку, пришабрування, притирання, полірування, розгортання отворів за місцем, згинання.

## **2.8 Складання двигуна**

Складання є завершальною та найбільш відповідальною стадією ремонту, в якій сходяться результати всіх попередніх етапів виробничого процесу. Якість складальних робіт впливає на працездатність відремонтованого двигуна, на його надійність та довговічність.

На спеціальних постах збирають такі вузли:

- поршень з шатуном, головку блоку циліндрів, колінчастий вал маховиком та зчепленням, масляний та водяний насос та інші.

Для забезпечення якісного складання двигунів рекомендується всі деталі перед складанням продути стиснутим повітрям, поверхні, що труться, ретельно протерти, промити, змастити маслом.

Остаточну затяжку різьбових з'єднань виконують з необхідним моментом та у відповідній послідовності. Після остаточної затяжки гайок корінних підшипників колінчастий вал повинен вільно прокручуватися. Якщо вал туго повертається за маховик, то це свідчить про малі зазори, неспіввісність ліжок, вигин валу або дефекти складання. Після складання двигун відправляють на обкатку та випробування.

## **2.9 Обкатка та випробування двигуна**

Обкатка та випробування є завершальною операцією у технологічному процесі ремонту агрегату. До основних завдань, що вирішуються в процесі обкатки та випробувань, слід віднести:

- підготовку двигуна до прийняття експлуатаційних навантажень;

- Виявлення можливих дефектів, пов'язаних з якістю відновлення деталей та складання двигуна, а також перевірку характеристик агрегатів відповідно до вимог технічних умов або іншої нормативної документації. Під обкаткою розуміється сукупність заходів, спрямоване зміну стану сполучених поверхонь тертя з підвищення їх зносостійкості. У процесі опрацювання змінюються мікрогеометрія і мікротвердість поверхонь тертя, згладжуються відхилення від правильної геометричної форми.

У перший період приробітку відбувається інтенсивне вирівнювання шорсткості, що пояснює інтенсивне зношування і різке падіння втрат на тертя.

Процес зняття мікронерівностей зазвичай триває десятки хвилин, а макрогеометричний доробок закінчується через 30-40 годин.

Обкатка і випробування двигунів включає наступні стадії: холодна обкатка, коли колінчастий вал рухається примусово, обертається від постійного джерела енергії; гарячий приробіток без навантаження, гарячий приробіток під навантаженням (обидві - при працюючому двигуні).

Завершують приробіток зняттям контрольної точки характеристики двигуна ефективної потужності на гальмівному стенді. При цьому в процесі випробування на стенді виявляються дефекти двигуна, що підлягають усуненню. Обкатування на стенді є завершальним етапом капітального ремонту двигуна.

## **2.10 Задача замовнику**

Під час випуску з капітального ремонту до двигуна додаються такі документи:

- паспорт;
- інструкція з експлуатації із зазначенням особливостей встановлення та експлуатації двигунів в обкатувальні та гарантійні періоди.

Випуск із капітального ремонту двигуна оформляється відповідним приймально-здавальним актом.

Схема виробничого процесу капітального ремонту двигуна наведена у графічній частині.

### **2.11 Вибір форми організації ремонту**

Забезпечення високоефективного використання машин у сільському господарстві, реалізація закладених конструкторських показників продуктивності та безвідмовності вимагають своєчасного проведення та відновлення регулювань, кріплень, періодичних мастил, інших очищувально-мийних робіт [4].

Для тракторів, комбайнів, сільськогосподарських машин передбачено планово-попереджувальну систему технічного обслуговування та ремонту. Вона передбачає комплекс організаційно-технічних заходів щодо підтримки техніки у постійній готовності та виконання робіт з мінімальними витратами виробництва. Відповідно до планово-примусової системи весь обсяг робіт з підтримки сільськогосподарської техніки в робочому стані можна поділити на дві основні групи.

Основна мета першої групи робіт – повне відновлення технічного ресурсу машин, їх вузлів та агрегатів. Він включає капітальний ремонт повнокомплектної техніки та їх складових; повне розбирання машин, відновлення чи заміна зношених деталей, обкатка. Регулювання, випробування за технологією та технічними умовами, близькими до промислового виробництва [4].

Основне завдання другої групи робіт – збереження ресурсу та часткове його відшкодування. До цих робіт слід віднести експлуатаційну обкатку нових та відремонтованих машин, планове технічне обслуговування, поточний ремонт машин на базі нових та відремонтованих деталей, вузлів та агрегатів, зберігання машин у період їх використання. Досвід роботи підтверджує, що інтенсивність навантаження зменшується при зниженні жорсткості терміну доставки необхідних для ремонту коштів та можливості своєчасного надання технічної допомоги декільком агрегатам. Планові поставки ремонтних матеріалів та

запасних частин збільшеними партіями, не пов'язані з жорсткістю термінів надання технічної допомоги, знижують навантаження на систему оперативного управління ремонтом з технічним обслуговуванням.

Основними параметрами, що визначають організацію ремонтної майстерні є такт ремонту. Такт ремонту – це час, через який на підприємство має надійти чи вийти черговий виріб.

Загальний такт ремонту [9,10,16]:

$$\tau = \Phi_n / W \quad (2.1)$$

де  $\Phi_n$  – річний фонд часу; год.

$W$  – прийнята програма ремонту підприємства

$$\tau = 2348 / 131 = 18,54$$

Тривалість виробничого циклу

$$П = \frac{1}{1,1} \left( \frac{T_1}{n_1} + \frac{T_2}{n_2} + \dots + \frac{T_n}{n_n} \right) \quad (2.2)$$

де  $T$  – трудомісткість робіт на певній ділянці, люд.год.

$n$  – кількість змін на певній ділянці

$$П = \frac{1}{1,1} \left( \frac{39192}{1} \right) = 35629; \text{ люд.год}$$

Фронт ремонту – основний параметр виробництва. Це число виробів, що одночасно знаходиться в ремонті [9,10,16]:

$$f = t / \tau \quad (2.3)$$

де  $t$  – тривалість перебування машини у ремонті, визначається за формулою:

$$t = (1,1 \dots 1,15) \cdot t_{max} \quad (2.4)$$

де  $t_{max}$  – технологічний час

$$t = 1,125 \cdot 22 \cdot 34 = 25 \text{ год}$$

$$f = 25 / 18,5 = 1,35 \text{ виробів}$$

Знаходимо пропускну спроможність підприємства, тобто кількість виробів, яка може бути відремонтована за певний проміжок часу

$$N_n = \frac{1,35 \cdot 2348}{18,5} = 161$$

Параметр, що визначає потужність завантаження майстерні – коефіцієнт завантаження; він визначається:

$$K_{заг} = \frac{W}{Nn} \quad (2.5)$$

$$K_{заг} = 131 / 161 = 0,81$$

З цього бачимо, що майстерня господарства завантажена майже повністю.

## 2.12 Розрахунок кількості робітників

У ремонтній майстерні працюють такі категорії робітників:

- виробничі робітники;
- Допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);
- Рахунково-контрольний персонал;
- обслуговуючий персонал;

Чисельність основних виробничих робітників розраховуємо за формулами [9,10,16]:

$$P_{я} = T_{\partial} / \Phi_{н} \cdot K \quad (2.6)$$

$$P_{сн} = T_{\partial} / \Phi_{\partial} \cdot K \quad (2.7)$$

де  $P_{я}$  – явна кількість робітників, чол

$T_{\partial}$  – трудомісткість по дільницях;

$\Phi_{н}$  – номінальний фонд часу;

$K$  – запланований коефіцієнт перевиконання норм часу;  $K=1,05 \dots 1,15$

$\Phi_{\partial}$  – дійсний фонд робочого часу;

$P_{сн}$  – спискова кількість робочих.

Для розбирально-мийної дільниці:

$$P_{я} = 2892 / 2348 \cdot 11 = 1,1 = 1 \text{ люд.}$$

$$P_{я} = 2892 / 2093 \cdot 11 = 1,3 = 1 \text{ люд.}$$

Аналогічно розраховуємо та інші дільниці, результати записуємо до таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Число основних робітників у ремонтній майстерні

Назва дільниці	Трудоміст- кість люд.год.	Число робітників			
		Явкове		Спискове	
		Розрах.	Прийняте	Розрах.	Прийняте
Зовнішньої очистка	97	0,03	-	0,04	-
Розбирально-мийна	2892	1,1	1	1,3	1
Дефектування	337	0,1	-	0,2	-
Комплектування	218	0,08	-	0,09	-
Моторно-ремонтна	7152	2,2	2	2,6	3
Випробувальна	1665	0,6	1	0,7	1
Ремонт паливної апаратури	623	0,5	1	0,61	1
Ремонт гідросистеми	443	0,2	-	0,27	-
Ремонту електрообладнання	1475	0,6	1	0,7	1
Бляхарська	1611	0,6	1	0,7	1
Ковальсько-зварювальна	5733	2,2	2	2,5	3
Ремонтно-монтажна	9461	3,7	4	4,1	4
Механічна дільниця	6182	2,4	2	2,7	3
Столярно-оббивна	1250	0,5	1	0,5	1
Всього	39192		18		19

Так як для ремонту використовуємо наявну майстерню, багато операцій робляться на одній дільниці, площа ділянки дозволяє.

Число допоміжних робітників розраховуємо у розмірі 10% від чисельності основних виробничих робітників [9,10,16]:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{сн}} \cdot 10 / 100 \quad (2.8)$$

$$P_{\text{в}} = 19 \cdot 10 / 100 = 1,9 = 2 \text{ люд.}$$

Чисельність НТР розраховуємо у розмірі 8% від чисельності основних та допоміжних робітників

$$P_{\text{нтр}} = (P_{\text{сн}} + P_{\text{в}}) \cdot 8 / 100 \quad (2.9)$$

$$P_{\text{нтр}} = (19+2) \cdot 8 / 100 = 1,68 = 2 \text{ люд.}$$

Чисельність молодшого обслуговуючого персоналу розраховуємо у розмірі 4% від основного та допоміжного персоналу.

$$P_{mn} = (P_{cn} + P_e) \cdot 4 / 100 \quad (2.10)$$

$$P_{mn} = (19 + 2) \cdot 4 / 100 = 0,84 = 1 \text{ люд.}$$

Чисельність службовців розраховуємо у розмірі 3% від сумарної чисельності основних та допоміжних робітників:

$$P_c = (P_{cn} + P_e) \cdot /100 \quad (2.11)$$

$$P_c = (19 + 2) \cdot 3 / 100 = 0,63 = 1 \text{ люд.}$$

Весь штат майстерні дорівнюватиме:

$$P_{ш} = P_{cn} + P_e + P_{нтр} + P_{мл} + P_c \quad (2.12)$$

$$P_{ш} = 19+2+2+1+1 = 25 \text{ люд.}$$

Визначаємо чисельність робітників на ділянці ремонту двигунів.  
Визначаємо загальну трудомісткість ремонту двигунів:

$$T = T_g \cdot n \quad (2.13)$$

де  $T_g$  – трудомісткість ремонту одного двигуна, люд.год.

$n$  – кількість двигунів

$$T = 78,13 \cdot 52 = 4062,8 \text{ люд.год.}$$

Визначаємо чисельність робітників на ділянці:

$$P = T / \Phi_\delta \quad (2.14)$$

де  $\Phi_\delta$  – дійсний річний фонд часу з обслуговування обладнання.

$$P = 4062,8 / 2052 = 1,9 = 2 \text{ люд.}$$

### 2.13 Розрахунок та підбір обладнання

Розраховуємо кількість мийних машин періодичної дії в РМ [9,10,16]:

$$S_m = Q t / \Phi_\delta \cdot q \cdot \eta_0 \cdot \eta_t \quad (2.15)$$

де  $Q$  – загальна марка деталей, що підлягають миття за планований період у даній машині;

$t$  – час миття деталей та складальних одиниць;

$\Phi_\delta$  – дійсний фонд часу роботи обладнання за запланований період.

$q$  – маса деталей одного завантаження;



$\eta_0 = 0,6..0,8$  коефіцієнт враховує одночасне завантаження мийної машини за масою

$\eta_t = 0,8..0,9$  коефіцієнт використання мийних машин за тимчасовим.

Загальну масу деталей та складальних одиниць визначаємо за формулою:

$$Q = \beta_1 \cdot Q_p \cdot N_p + \beta_2 \cdot Q_0 \cdot N_0 \quad (2.16)$$

де  $\beta_1 = 0,4..0,6$  – коефіцієнт, що враховує частку маси деталей, що підлягають миття від загальної маси трактора;

$\beta_2$  – коефіцієнт, що враховує частку маси деталей, що підлягають миття від загальної маси двигуна;

$Q_p$  – маса трактора;

$N_p$  – кількість ремонтів тракторів

$N_0$  – кількість ремонтів двигунів

$$Q = 0,5 \cdot 3 \cdot 705 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 800 = 1337,5 \text{ т}$$

$$S_m = 1337,5 \cdot 0,5 / 2261 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 0,88 = 1 \text{ шт.}$$

Число металорізальних верстатів визначаємо за формулою:

$$N_{ct} = T_{cm} / \Phi_{\partial} \cdot \eta_0 \quad (2.17)$$

де  $T_{cm}$  – річна трудомісткість верстатних робіт; люд.год.

$\eta_0$  – коефіцієнт використання верстатного обладнання:  $\eta_0 = 0,6$

$$N_{cm} = \frac{6182}{2261 \cdot 0,6} = 4,5 = 5 \text{ шт.}$$

Розраховану кількість верстатів розподіляємо за видами користуючись відсотковим співвідношенням [9,10,16]:

токарних 40%;

фрезерних 20%;

шліфувальних 20%;

розточувальних 20%;

Кількість токарних верстатів дорівнюватиме:

$$n_t = \frac{5 \cdot 40}{100} = 2 \text{ шт.}$$

Кількість фрезерних верстатів:

$$n_{\phi} = \frac{5 \cdot 20}{100} = 1 \text{ шт.}$$

Кількість шліфувальних верстатів:

$$n_{ш} = \frac{5 \cdot 20}{100} = 1 \text{ шт.}$$

Кількість розточувальних верстатів:

$$n_p = \frac{5 \cdot 20}{100} = 1 \text{ шт.}$$

Кількість настільно-свердлувальних, обдирно-точильних та заточувальних верстатів приймаємо 80% від загальної кількості основних металорізальних верстатів..

$$n_n = \frac{N_{cm} \cdot 80}{100} \quad (2.18)$$

$$n_n = \frac{5 \cdot 80}{100} = 4 \text{ шт.}$$

Кількість зварювального обладнання зазвичай не розраховують. У майстерні знаходяться два зварювальні апарати, один газозварювальний та одна електрозварювальна установка.

## 2.14 Планування моторної дільниці

На підприємстві, в моторній дільниці, проводяться такі роботи: ремонт двигунів, розбирання їх та агрегатів, дефектація та комплектація.

До основних функцій робочого місця відносяться ремонт та регулювання двигунів шляхом заміни зношених деталей.

Площа робочого місця визначається підсумовуванням фактичної площі, займаної технологічним обладнанням та організаційним оснащенням, з урахуванням коефіцієнта щільності розміщення обладнання, що дорівнює 3.5 або добутку числа робітників на питому площу на одного виробничого робітника [2,4]:

$$F_n = P \cdot F_p \quad (2.19)$$

де  $F_n$  – питома площа одного виробничого робітника:  $\text{м}^2$

$$F_n = 2 \cdot 35 = 70 \text{ м}^2$$

Дільниця ремонту двигунів займає площу  $72 \text{ м}^2$ , це сходиться з розрахунковими даними.

### **3. КОНСТУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ**

#### **3.1 Загальні правила розбирання машин та агрегатів**

Машину спочатку розбирають на агрегати, потім на складальні одиниці, промивають їх і розбирають на деталі.

Повне розбирання всіх з'єднань слід робити лише у разі заміни чи необхідності ремонту та відновлення деталей.

Втулки, підшипники кочення, корпуси підшипників під час ремонту випресовують тільки при невідповідності деталей технічним вимогам.

Розбірні операції виконують у послідовності передбаченої технологічними картами, використовуючи зазначені в них універсальні та спеціальні стенди, преси, знімачі, пристосування та інструмент.

Суворі послідовність виконання розбірних операцій та застосування механізованих засобів при розбиранні полегшує сам процес і оберігає деталі від поломок. При цьому підвищується якість ремонту.

Для збільшення довговічності різьбових з'єднань (особливо в отворах деталей з чавуну) слід уникати викручування шпильок з блоку двигуна, головок блоку та інших деталей, якщо вони не заважають контролю та проведенню подальших ремонтних операцій.

Всі отвори, через які під час миття може проникнути всередину агрегату бруд, слід після розбирання закривати пробками.

Для полегшення викручування корозійних різьбових з'єднань їх попередньо витримують у гасі або накладають на них ганчір'я, змочене в гасі. При зминанні, зриві різьби і неможливості відкручування вручну застосовують спеціальні гайковерти зі значним крутним моментом.

Ряд агрегатів та складальних одиниць не розбирають на деталі на місці загального розбирання машини, а виконують цю операцію після миття на робочих місцях їх ремонту та складання.

До таких агрегатів відносяться: kabіни з обладнанням, повітроочисник, масляний та водяний радіатори, паливний бак та ін.

Деякі несправні складальні одиниці до агрегатів після миття без розбирання відправляють для ремонту на спеціалізовані підприємства. Серед них можуть бути: двигун, паливний насос з регулятором і форсунками, комплекти гідросистем, коробка передач тощо.

Операції розбирання повинні проводитися під наглядом контролю дефектувальника. Кріпильні деталі (болти, гайки) після розбирання слід знову встановлювати на свої місця. Не слід розукомплектовувати прецизійні пари паливних насосів, а також з'єднання з різьбою підвищеного класу точності при їх придатності до подальшої роботи.

Такі деталі слід встановлювати на колишні місця або маркувати, наприклад, кріплення кришок шатунів, маховика до колінчастого валу, головок блоків та блоків двигунів тощо.

При розбиранні регульованих пар, особливо конічних підшипників, слід перевіряти величину запасу на регулювання зазору.

Перед розбиранням необхідно визначити величини деяких зазорів та осьових розбігів.

Наприклад, слід виміряти величину поздовжнього розбору колінчастого валу в корінних підшипниках, зазор мевду поршнем і гільзою, величину поздовжнього розбігу розподільчого валу, зазор у шліцевих з'єднаннях і т.д.

Для забезпечення довговічної роботи деталей, що мають розміри в межах допустимих без ремонту, не слід порушувати їх припрацювання або місце положення, інакше ці деталі будуть знову проходити процес приробітку з прискореним наростанням зазору в поєднанні.

Особливо різко збільшується зношування пар під час частих розбирань знімних підшипників.

Розбирання та збирання з'єднань, зібраних з натягом, здійснюють за допомогою спеціальних пристроїв – знімачів та різних пресів (ручних, гідравлічних та електрогідравлічних).

### 3.2. Класифікація обладнання для розбирання

Розбирально-складальні та слюсарно-монтажні роботи є основним видом робіт при виконанні ТР тракторів. Обладнання, що використовується для цієї мети за характером свого використання, можна класифікувати на три групи:

1) слюсарно-монтажний інструмент, за характером використання є універсальним, тобто застосування його не залежить від місця розташування трактора у ремонтній зоні;

2) обладнання та пристрої для виконання постових ремонтних робіт;

3) обладнання та пристрої для виконання дільничних ремонтних робіт.

Докладніше класифікація розглянутого виду устаткування представлена малюнок 3.1.

У групі слюсарно-монтажного інструменту та пристроїв слід виділити три види за ступенем конструктивної складності: перший вид - найбільш простий по конструкції (ключі, викрутки, пробійники, плоскогубці, напилки і т.п.); другий вид - складні пристосування з гідравлічними та механічними (редукторними) підсилювачами ручної дії (наприклад, інструмент для виправлення деформації кузова); третій вид включає механізований ручний інструмент із стороннім джерелом енергії.

У групі обладнання для постійних ремонтних робіт виділяють три види зразків обладнання з урахуванням місця та технології їх застосування: обладнання для виконання ремонтних робіт на постах, що мають оглядові канали; обладнання для виконання робіт на постах підлогового типу та універсальне обладнання для виконання постових розбирально-складальних та кріпильних робіт (зокрема, пересувні гаражні гайковерти, відкатні візки для агрегатів, пристосування до авто- та електронавантажувачів тощо).

У групі обладнання та пристроїв для виконання робіт на дільницях (цехах) також можна виділити три види за технологією їх застосування: стенди для розбирання-складання агрегатів і вузлів трактора, металообробні верстати та преси для розбиральних робіт.



Рисунок 3.1. Класифікація обладнання та інструменту для слюсарно-монтажних та розбирально-складальних робіт

### 3.3. Обґрунтування необхідності конструкції

При проведенні складально-розбірних робіт зі зміни гільз є досить трудомісткою і потребує спеціальних пристроїв. Заміна гільз на більшості підприємств проводиться за допомогою елементарних пристроїв та інструментів, які не дозволяють провести ремонт якісно. Чимало гільз при такому ремонті тріскаються і не придатні для подальшої експлуатації. Тому доцільно введення спеціальних пристроїв для знімання гільз циліндрів [1].

### 3.4. Аналіз існуючих конструкцій для знімання гільз циліндрів

Існують кілька пристроїв для знімання та запресування гільз.

Вставні «мокрі» гільзи випресовують (рисунок 3.2) та запресовують за допомогою спеціальних пристроїв (рисунок 3.3).

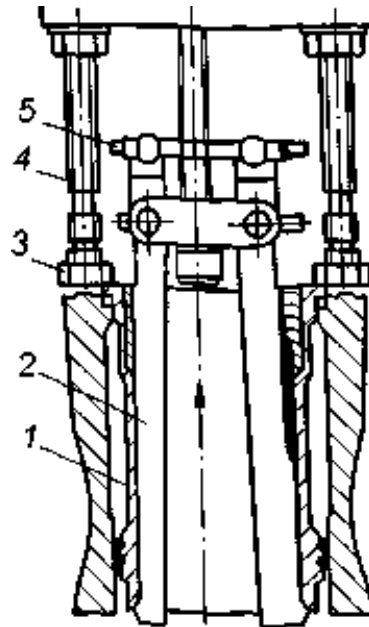


Рисунок 3.2 – Комбінований знімач для випресування гільзи з блоку циліндрів: 1 - гільза; 2 - лапки; 3 - гайка; 4-шпилька; 5 - болт; 6 - гвинт.

Знімач гільз блоку циліндрів John Deere OTC 1204 демонтує гільзи циліндрів без великих зусиль, дозволяє знімати гільзи діаметром від 76мм до 165мм, середній час зняття гільзи близько 2 хвилин.

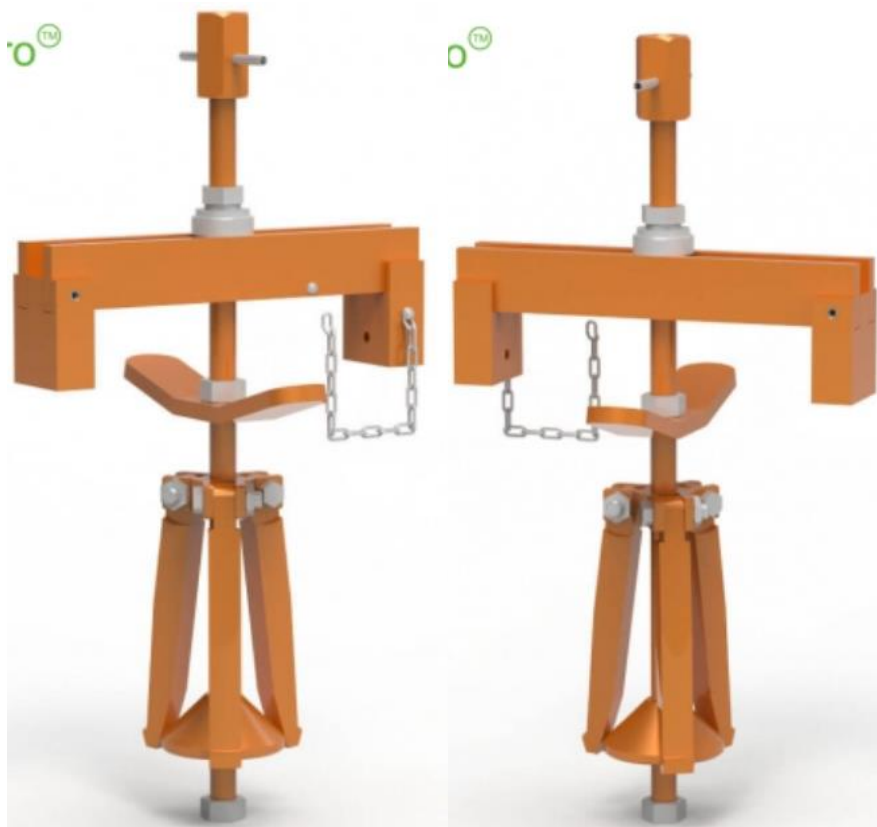


Рисунок 3.3 – Знімач гільз блоку циліндрів John Deere OTC 1204.

Інструкція по роботі з знімачем гільз блоку циліндрів John Deere OTC 1204:

1. Зняти головку циліндрів і поршні з двигуна відповідно до інструкції по експлуатації трактора.

2. Працюючи від верхньої частини блоку циліндрів, відрегулюйте кулачки знімача відповідно до приблизного діаметру отвору циліндра. Це досягається шляхом повороту нарізного стрижня проти годинникової стрілки, щоб розширити щелепи, або за годинниковою стрілкою, щоб зменшити поширення щелепи.

3. Розмістіть знімач в циліндрі так, щоб губки перебували нижче нижньої частини гільзи циліндра. Поверніть різьбовий гвинт проти годинникової стрілки приблизно на 2-1/2-3 оберти. Це дозволяє губкам зачіпатися за гільзу циліндра.

4. За допомогою стопорної гайки застопорити головний гвинт. Викручувати гайку поки гільза не вийде з посадкового місця.

Існують і спеціальні знімачі для знімання гільз, наприклад знімач для знімання гільз двигуна Mercedes (рисунок 3.4).

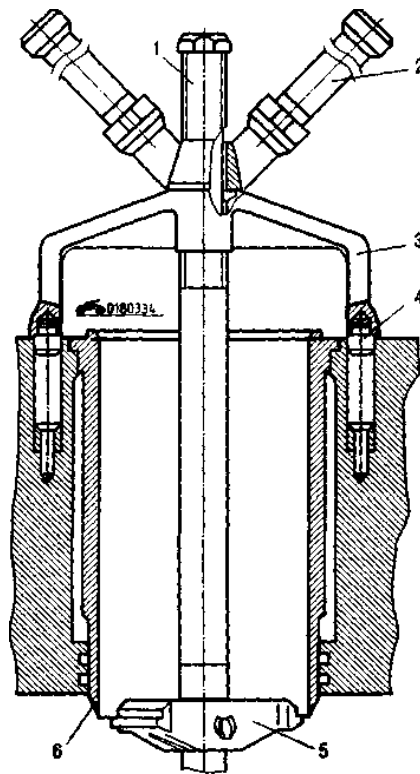


Рисунок 3.4 – Знімач для зняття гільз: 1 – гвинт; 2 – рукоятка; 3 – корпус; 4 – опора; 5 - захоплення; 6 - гільза циліндра



### 3.5 Опис конструкції та спосіб її роботи

Основними частинами знімача для знімання гільз циліндрів є гвинт силовий і гайка 1, гайка забезпечена ручками. У нижній частині гвинта приварена пластина з вушкам під захвати 5. Захвати до вушок кріпляться підшпінтованими пальцями. У середній частині гвинта за допомогою двох гайок закріплюється конусна втулка 3. У середині гвинта знаходиться пружний шток. На блоці пристрій не фіксується, а ставиться на скобу. Відсутність фіксації пояснюється наявністю конусної втулки, яка центрує пристрій.

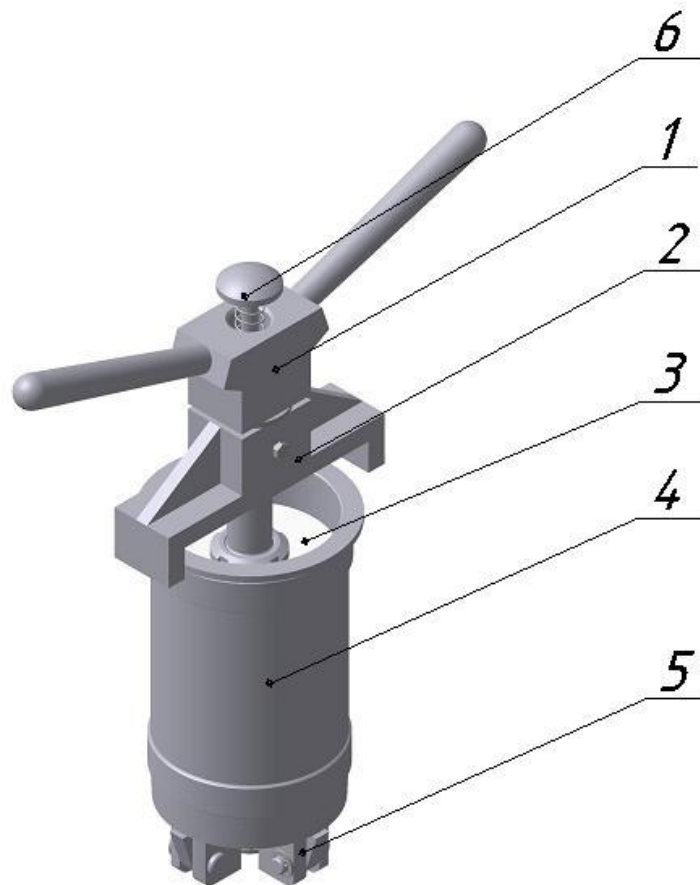


Рисунок 3.5 – Пристрій для знімання гільз: 1 – гайка; 2 – скоба; 3 – пробка; 4 – гільза; 5 – захоплення; 6 – механізм фіксації.

Працює пристрій в такий спосіб. Перед введенням знімача захоплювачі і втулку для поліпшення ковзання змастити оливою. Гвинт знімач повинен бути вивернутий до кінця. Знімач вводиться в гільзу. При цьому захоплювачі знаходяться в засунутому положенні, коли захоплювачі опускаються на довжину гільзи, спрацьовує механізм фіксації, що складається зі штока та

пружини. При спрацьовуванні механізму фіксації захоплювачі стають на робочі положення. Після цього можна проводити операцію знімання гільзи. Знімання гільзи здійснюється обертанням гайки 1. Довжина робочого ходу знімача обмежена величиною посадкових поясів. Після знімання гільзи з посадкових поясів гільза виймається з циліндра. Для звільнення гільзи необхідно натиснути кнопку, при цьому захоплення зійдуться і знімач без проблем вийде з гільзи.

### 3.6 Конструкторські розрахунки установки

#### 3.6.1 Розрахунок гвинтової передачі

Максимальне зусилля при знятті гільзи приймемо 2000 Н. Максимальна довжина нарізаної частини валу  $L = 10\text{см} = 100\text{мм}$ .

Для визначення середнього діаметра різьби гвинта та гайки  $d_2$  з розрахунку різьби на зносостійкість приймемо відношення висоти гайки до

середнього діаметра різьби  $k = \frac{H}{d_2} = 1,2$  і допустимий тиск для різьбу

$[q] = 10\text{МПа}$ . Тоді [7,8,13]:

$$d_2 = \sqrt{\frac{2F}{\pi k [q]}} \quad (3.1)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000}{3,14 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 10^6}} = 1,03 \cdot 10^{-2} = 11\text{мм}$$

Виходячи з конструкторських міркувань, приймаємо  $d_2 = 15$  мм.

Визначаємо розміри різьби.

Висота профілю різьби:

$$h = 0,1d_2 \quad (3.2)$$

$$h = 0,1 \cdot 15 = 1,5\text{мм}$$

Зовнішній діаметр різьби:

$$d = d_2 + h \quad (3.3)$$

$$d = 15 + 1,5 = 16,5\text{мм}$$

Внутрішній діаметр різьби:

$$d_1 = d_2 - h \quad (3.4)$$

$$d_1 = 15 - 1,5 = 13,5 \text{ мм}$$

Крок різьби:

$$P = 2h \quad (3.5)$$

$$P = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ мм}$$

Хід різьби  $P_h$  (кількість заходів різьби  $n = 1$ ) визначаємо за формулою:

$$P_h = nP \quad (3.6)$$

$$P_h = 1 \cdot 3 = 3 \text{ мм}$$

Щоб визначити кут підйому різьби, визначимо [7,8,13]:

$$\text{tg } \psi = P_h / (\pi d_2) \quad (3.6)$$

$$\text{tg } \psi = 4 / (3,14 \cdot 15) = 0,085$$

і, отже, кут підйому різьби  $\psi = 4^\circ 50'$

Коефіцієнт тертя при слабкому мащенні приймаємо  $f = 0,1$ . Значить,  $\text{tg } \varphi = f = 0,1$  і кут тертя  $\varphi = 5^\circ 50'$ .

Перевіримо гвинт на міцність.

Крутний момент у небезпечних поперечних перерізах гвинта визначимо за формулою [7,8,13]:

$$T = 0,5 \cdot d_2 \cdot F \cdot \text{tg}(\psi + \varphi) \quad (3.7)$$

$$T = 0,5 \cdot 0,015 \cdot 2000 \cdot 0,176 = 2,64 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для сталі 45 межа текучості згідно з ДСТУ 7809:2015  $\sigma_T = 360 \text{ МПа}$ .

Допустиме напруження на стиск для гвинта визначаємо за формулою:

$$[\sigma_c] = \sigma_T / 3 \quad (3.8)$$

$$[\sigma_c] = 360 / 3 = 120 \text{ МПа}$$

Еквівалентне напруження визначимо за формулою [7,8,13]:

$$\sigma_{\text{екв.}} = \sqrt{\frac{4F}{\pi d_1^2} + 4\left(\frac{T}{0,2d_1^3}\right)^2} \quad (3.9)$$

$$\sigma_{\text{екв.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000}{3,14 \cdot 0,135^2} + 4\left(\frac{2,64}{0,2 \cdot 0,135^3}\right)^2} \cong 10,73 \text{ МПа} < [\sigma_c] = 120 \text{ МПа}$$

тобто міцність гвинта вище за потрібну.

Таким чином, приймаємо різьбу з вище знайденими параметрами.

Робота за один оберт гвинта, необхідна при знятті гільзи і подолання сили тертя в різьбі,

$$A_p = Q \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho) \quad (3.10)$$

$$A_p = 2000 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 0,176 = 16610 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Корисна робота

$$A_{II} = Q \cdot P \quad (3.11)$$

$$A_{II} = 2000 \cdot 3 = 6000 \text{ Н}$$

Коефіцієнт корисної дії

$$\eta = \frac{A_{II}}{A_p} \quad (3.12)$$

$$\eta = \frac{6000}{16610} = 0,36$$

### 3.6.2 Розрахунок гвинта на розтяг

При розтягу матеріали руйнуються набагато легше ніж при стиску для сталі 35  $[\sigma]_{сж} = 60 \text{ МПа}$

Розрахунок проведемо за тими ж формулами, що і гвинт на розтяг. Гвинт зроблений з труби внутрішнім діаметром  $d=16\text{мм}$  зовнішнім діаметром  $D=30\text{ мм}$  та довжиною  $l=300\text{ мм}$ , зусилля  $P=2000\text{ Н}$ . Матеріал стержня – сталь 35. Перевірити стержень на міцність.

Обчислимо площу стержня, що сприймає зусилля [7,8,13]:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad (3.13)$$

$$S = \frac{3,14}{4} \cdot (0,030^2 - 0,016^2) = 0,000506 \text{ м}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{S} \quad (3.14)$$

$$\sigma = \frac{2000}{5,06 \cdot 10^{-4}} = 3,95 \text{ МПа} \leq [\sigma]_c = 60 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

### 3.6.3 Розрахунок силового гвинта на згин

Дана консольна балка один кінець якої жорстко затиснутий на іншому кінці прикладена сила  $P = 500$  Н (рисунок 3.5). Балка має перетин, представлений на рисунку 3.5. Матеріал - сталь 20. Перевірити балку на міцність від згинального моменту.



Рисунок 3.5 – Розрахункова схема.

Епюри сил і моментів показані малюнку 3.6.

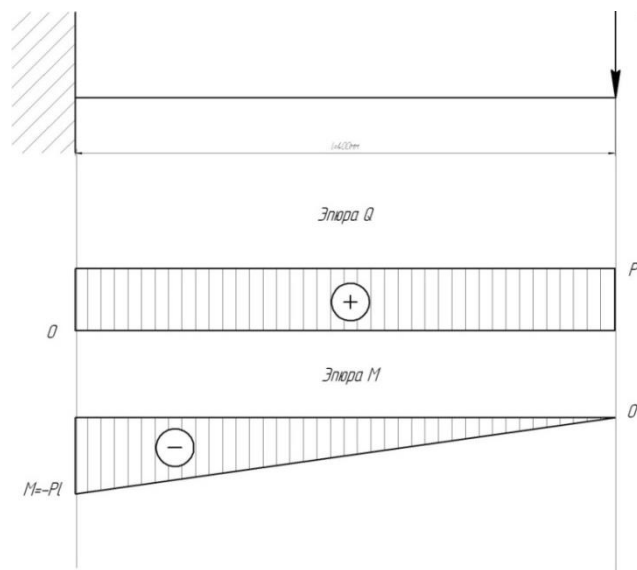


Рисунок 3.6 – Епюри сил та моментів

Максимальний згинальний момент дорівнює [7,8,13]:

$$M_{уз} = -P \cdot l \quad (3.15)$$

$$M_{уз} = -500 \cdot 0,047 = -23,5 \quad \text{Нм}$$

Напряга, що виникає в балці від згинального моменту дорівнює:

$$[\sigma] = \frac{M_{\max}}{W} \quad (3.16)$$

де  $W = \frac{1 \cdot 3^2}{6} = 1,5 \text{ см}^3$  - момент опору поперечного перерізу балки.

$$[\sigma] = \frac{23,5}{1,5} = 15,67 \text{ МПа}$$

Порівняємо діючу напругу з допустимою для сталі 20

$$[\sigma_{уз}] = 0,6 \cdot \sigma_s \quad (3.17)$$

$$[\sigma_{уз}] = 0,6 \cdot 420 = 240 \text{ МПа}$$

де  $\sigma_s = 420 \text{ МПа}$  - межа міцності (тимчасовий опір).

Розрахункове напруження менше за допустиме напруження означає, що умова міцності дотримується.

Розрахунок пальців на зріз.

Приймаємо зусилля на один палець рівним 500 Н. Захоплювачі кріпляться до силового гвинта пальцями  $d = 12 \text{ мм}$ . Працюючи можливий зріз цього пальця, тому зробимо перевірочний розрахунок.

Запишемо умову міцності за такою формулою [7,8,13]:

$$\tau_{cp} = \frac{N}{S_{cp}} = \frac{N}{K \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n} \leq [\tau]_{cp} \quad (3.18)$$

де  $\tau_{cp}$  – максимальне напруження при зрізі, МПа;

$N$  – навантаження, що припадає на площину зрізу, Н;

$n$  – кількість площин зрізу;

$[\tau]_{cp}$  – допустима напруга зрізу, МПа;

$d$  - діаметр пальця, м.

Допустиму напругу зрізу приймаємо приблизно в наступних межах:

$$[\tau]_{cp} = (0,6 \dots 0,8) \cdot [\sigma]_p \quad (3.19)$$

де  $[\sigma]_p$  – напруження на розтягування, що допускається, МПа.

тоді  $[\tau]_{cp} = 0,7 \cdot 160 = 112 \text{ МПа}$

$$\tau_{cp} = \frac{500}{2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4}} = 2,21 \text{ МПа} \leq 112 \text{ МПа}$$

Умова виконується, отже, діаметр пальця залишаємо тим самим.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація охорони праці визначається специфікою діяльності ремонтного підрозділу, але в будь-якому випадку необхідно чітко дотримуватись вимог стосовно ведення документації, проведення інструктажів, контролю відповідності регламентованих параметрів, виконання заходів, спрямованих на покращення стану безпеки життєдіяльності.

Що стосується основних вимог для проектованої ділянки, то вони визначаються технологічним процесом і можуть бути сформульованими наступним чином.

Під час заїзду трактора на пост в напрямку його руху ніхто не повинен не повинен знаходитись. Відразу після заїзду трактора двигун повинен бути вимкнений і відключена акумуляторна батарея. Під задні колеса необхідно встановити опори з обох боків і перевірити чи немає підтікання і мастила. Після піднімання передньої частини трактора потрібно відразу поставити підставки. Оглядові ями за межами автомобілів потрібно накрити настилами. Під час перевезення передніх мостів на візках з гідрокраном не допускається знаходитись в зоні можливого опускання моста і стріли. Під час виїзду трактора прогрів двигуна можна проводити лише за умови використання відсмоктувального рукава, закріпленому на випускному трубопроводі [5,7,8].

### **4.1 Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів розбирання трактора**

Технологічний процес заміни вузлів і агрегатів включає наступні операції [6,11,12]:

- миття і очищення деталей агрегатів і вузлів та кріпильних деталей;
- виконання допоміжних операцій для створення доступу до вузлів, що потребують заміни;
- готування і встановлення технологічного обладнання;
- виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів;

- контроль технічного стану агрегатів, вузлів та деталей;
- транспортування знятих вузлів деталей для їх заміни.

У процесі виконання вище перелічених операцій можуть виникати такі травмонебезпечні ситуації [6,11,12]:

- під час миття, очищення деталей та зливання технологічних робочих матеріалів:
  - розбризування мийного розчину або технологічних матеріалів і попадання їх на обличчя, руки та інші відкриті ділянки тіла;
  - загоряння мийного розчину на основі горючих матеріалів або технологічних рідин;
  - забруднення робочого місця;
- під час виконання допоміжних операцій для створення доступу до агрегатів і вузлів, що потребують заміни:
  - наявність на деталях відколи, зазубрин і стружки;
  - падіння деталей і складальних одиниць;
  - зіскакування ключів з граней гайок;
- підготовка і встановлення технологічного обладнання:
  - намотування одягу на обертові деталі обладнання (силовий гвинт);
  - затискання одягу або частин тіла елементами обладнання, падіння, перекидання обладнання;
  - наїзд мобільним обладнанням на перешкоди, виконавців робіт або на інших присутніх осіб;
- виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів:
  - наявність на деталях відколи, зазубрин і стружки;
  - зіскакування ключів з граней гайок;
  - падіння деталей і складальних одиниць;
- під час виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів:
  - зіскакування ключів з граней гайок;
  - наявність на деталях гострих кромки і відшарування металу;
  - падіння деталей зі стола;



- під час контроль технічного стану агрегатів, вузлів та деталей:
  - випадання з рук мірного інструменту та пристроїв для дефектування;
  - неправильне використання інструментів та пристроїв;
- під час транспортування знятих вузлів деталей для їх заміни:
  - падіння деталей і складальних одиниць з обладнання;
  - перекидання обладнання разом з транспортованими вузлами;
  - наїзд мобільним обладнанням на виконавців робіт або на інших присутніх осіб;
  - наїзд мобільним обладнанням на інше обладнання, трактори або їх складові частини;

Небезпечні умови операції (НУ) [6,11,12]:

- використання шкідливих для здоров'я мийних розчинів (НУ<sub>1</sub>):
- використання легкозаймистих речовин (НУ<sub>2</sub>):
- несправні інструменти (НУ<sub>3</sub>):
- несправне обладнання (НУ<sub>4</sub>):
- порушення вимог безпеки праці (НУ<sub>5</sub>):

Небезпечні дії (НД):

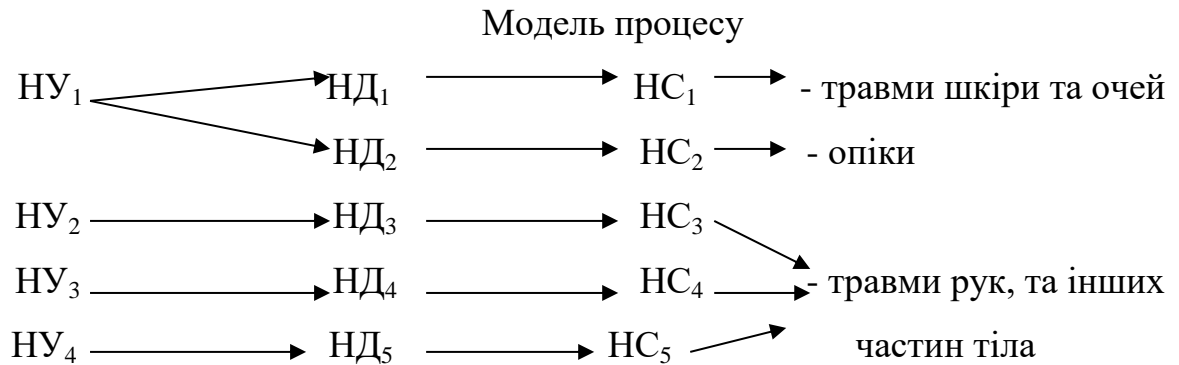
- розбризкування мийного розчину, витікання технологічних рідин (НД<sub>1</sub>):
- користування інструментом, що спричинює іскроутворення, значний нагрів або відкритого полум'я, паління цигарок (НД<sub>2</sub>):
- та використання відкритого полум'я (НД<sub>3</sub>):
- потрапляння горючих матеріалів на нагріті деталі:
- використання несправного обладнання (НД<sub>5</sub>):

Небезпечна ситуація (НС):

- потрапляння агресивних речовин на шкіру та в очі (НС<sub>1</sub>):
- займання горючих речовин (НС<sub>2</sub>):
- зіскакування інструментів з деталей (НС<sub>3</sub>):
- падіння деталей, інструментів обладнання або непередбачена траєкторія їх руху (НС<sub>4</sub>):

- необачні або невмілі дії виконавця (НС<sub>5</sub>)

На підставі співставлення небезпечних умов операцій (НУ), небезпечних дій (НД), та небезпечних ситуацій (НС) складаємо модель процесу.



#### 4.2. Розрахунок заземлення електроустаткування підрозділу ремонту.

Визначаємо опір розтікання струму одиничного вертикального електрода використовуючи наступний вираз [6,11,12]:

$$R_{el} = \frac{0,366 \cdot P_r}{l} \left( \lg \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4t + l}{4t - l} \right), \text{ Ом} \quad (4.1)$$

де  $l$  – довжина заземлювача, ( $l=1,3$  м);

$d$  – діаметр труби,  $d=0,05$  м;

$t$  – висота від поверхні землі до середини заземлювача,  $t=0,5$  м;

$P_r$  – розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням кліматичного коефіцієнта до вертикального заземлювача,  $P_r=196\dots236$  Ом·м.

$$R_{el} = \frac{0,366 \cdot 216}{1,3} \left( \lg \frac{2 \cdot 1,3}{0,05} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot 0,5 + 1,3}{4 \cdot 0,5 - 1,3} \right) = 124,7 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір електродів без урахування опору з'єднувальної ланки з виразу [6,11,12]:

$$R_{ep.el.} = \frac{R_{el}}{\eta \cdot \eta_e}, \text{ Ом} \quad (4.2)$$

де  $n$  – необхідна кількість стержнів;

$\eta_e$  - коефіцієнт використання стержневих заземлювачів,  $\eta_e = 0,83$

Кількість стержнів визначаємо з виразу [6,11,12]:

$$n_c = \frac{R_{el} \cdot \eta_c}{R_{don} \cdot \eta_e}, \text{ шт} \quad (4.3)$$

де  $\eta_c$  - коефіцієнт використання системи,  $\eta_c=0,85$ ;

$\eta_e$  - коефіцієнт використання електрода  $\eta_e=0,79$ ;

$R_{don}$  – допустимий опір,  $R_{don} = 4...10$  Ом

$$n_c = \frac{124,7 \cdot 0,85}{10 \cdot 0,79} = 13,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_c=14$  шт.

Підставивши значення у (4.2) отримаємо [6,11,12]:

$$R_{ep.el.} = \frac{127,7}{14 \cdot 0,83} = 10,7 \text{ Ом}$$

Визначимо опір одиничної штаби, прокладеної в ґрунті на глибину  $t$  від поверхні землі з виразу [6,11,12]:

$$R_u = 0,366 \frac{\rho}{l} \cdot \lg \frac{2 \cdot l}{b + t}, \text{ Ом} \quad (4.4)$$

де  $b$  – ширина штаби,  $b=0,05$  м;

$t$ - глибина заземлення,  $t= 0,4$  м

Підставивши значення у (4.4) отримаємо

$$R_u = 0,366 \frac{120}{1,3} \cdot \lg \frac{2 \cdot 1,3}{5 + 0,4} = 260 \text{ Ом}$$

Визначимо сумарний опір з виразу [6,11,12]:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_{ep.el.} \cdot R_u}{R_{ep.el.} \cdot R_u \cdot \eta_u} \quad (4.5)$$

де  $\eta_u$  - коефіцієнт використання штаби,  $\eta_u=0,82$

Підставивши значення у вираз (4.5) отримаємо

$$R_{\Sigma} = \frac{10,7 \cdot 260}{10,7 \cdot 260 \cdot 0,82} = 8,7 \text{ Ом}$$

Умова надійного розтікання струму буде наступна:

$$R_{\Sigma} < R_{don} \quad (4.6)$$

де  $R_{don}=10$  Ом

Прирівнявши сумарний опір і допустимий зробимо висновок

$$8,7 < 10$$

Умова дотримується.

### **4.3. Техніка безпеки і виробнича санітарія**

Заходи по створенню безпечних і нешкідливих умов праці можуть бути поділені на такі підгруп: організаційні – по поліпшенню умов праці і удосконаленню техніки безпеки; по контролю за дотриманням норм і правил охорони праці.

До організаційних належать заходи по своєчасному обслуговуванню обладнання дільниці та підтримання його в технічно справному стані, навчання робітників безпечним прийомам праці, забезпечення робітників спецодягом та індивідуальними засобами захисту, встановлення і дотримання протипожежного режиму, забезпечення дільниці первинними засобами пожежегасіння, розміщення знаків і попереджувальних написів, забезпечення робітників пам'ятками та інструкціями з техніки безпеки.

До заходів, які сприяють поліпшенню умов праці належать: удосконалення опалення приміщень, нормалізація вологості в них та ліквідація протягів, зниження запыленості та загазованості повітря, поліпшення освітленості робочих місць, зниження шумів та вібрацій.

Удосконалення техніки безпеки передбачає: поліпшення огорож, огляд та випробування повітрозбірників та вантажопідйомних засобів, встановлення запобіжних засобів, автоматичної сигналізації та блокування, контроль за станом електрообладнання і заземлення, контроль технічного стану машин, механізмів і обладнання, утримання інструменту і пристроїв в технічно справному стані, забезпечення індивідуальних засобів захисту.

### **4.4. Основні вимоги до приміщень ремонтного виробництва**

В ремонтних майстернях необхідно дотримуватись наступних спеціальних вимог.

Підлоги в виробничих, складських та допоміжних приміщеннях повинні мати тверде покриття без щілин, вибоїн і порогів, а також достатній статичний і

динамічний опір, стійкість до дії кислот, лугів і мастил. На підлозі повинні позначатись світлими полосами границі проїздів. Всі внутрішні і зовнішні двері приміщень повинні відкриватись в бік найближчого виходу.

Щоб уникнути протягів і різкого охолодження приміщення необхідно біля зовнішніх дверей встановити тамбури. Двері тамбурів повинні оснащуватись пристроями для само закривання [6,11,12].

Правильне розміщення обладнання дуже важливе для створення безпечних умов праці.

Ширина проходів між стелажми і торцями об'єктів ремонту, які стоять на робочих місцях або на засобах транспортування чи маневруючих, повинна бути не менше 1 м, між торцями обладнання і стінами споруд – не менше 0,5 м, між ремонттованими передніми мостами і навкруги них – не менше 1,2 м, обладнанням і зовнішніми воротами не менше 2 м.

Відстань між стіною і верстатом необхідно встановити не менше 0,8 м, а при знаходженні між ними робітника не менше 1,2 м. Якщо між верстатами немає проїзду, то вони повинні встановлюватись на відстані 1 м один від одного, якщо між верстатами є односторонній проїзд, то на відстані 3,1 м. Якщо верстати обслуговуються з зовнішньої сторони, то ця відстань зменшується відповідно на 1,4 м.

Забороняється робота на несправному обладнанні, а також без спеціального одягу і головного убору.

#### **4.5. Техніка безпеки під час ремонтних робіт**

Організовуючи робочі місця необхідно досягнути того, щоб робота виконувалась тільки раціональними короткочасними, легкими і безпечними рухами.

Інструменти треба розміщувати на поличках верстаків, шаф чи стелажів. На верстаті повинні знаходитись лише ті предмети, які виконується в даний час.

Конструкція інструментів та устаткування повинна забезпечувати максимальну продуктивність і безпеку праці.

Маса механізованих інструментів не повинна перевищувати 15 кг. Важчі інструменти треба підвішувати над робочим місцем чи монтувати на візках з механізмами зміни висоти і орієнтації. Недопустимим є неконтрольоване ввімкнення чи вимкнення інструментів.

Інструменти слюсаря-ремонтника мають бути зручними у користуванні і справними. Гайкові ключі повинні мати паралельні непошкодженні губки. Торцеві і накидні ключі не можна застосовувати, якщо вони мають деформовані захоплюючі елементи або зім'яті грані.

Розбирально-складальні стенди повинні надійно стояти на підлозі, агрегати чи вузли необхідно закріпити так, щоб уникнути їх падіння.

Лапки застосовуваних знімачів повинні міцно захоплювати деталь, яку знімають, а силовий гвинт повинен встановлюватись співвісно з валом, з якого знімають деталь, обертати гвинт треба плавно.

Працюючи з електроінструментом дозволяється в діелектричних рукавицях стоячи на діелектричному килимку, корпус інструменту необхідно заземлити. Для живлення переносних ламп напруга повинна бути не більше 36В.

Природна і штучна вентиляція повинна справно працювати забезпечуючи надійне видалення з виробничих приміщень шкідливих домішок, їх вловлювання та нейтралізацію, необхідний обмін повітря.

В приміщеннях виробничих ділянок повинні бути аптечки укомплектовані медикаментами для надання першої допомоги при нещасних випадках.

Недопустиме забруднення підлог легкозаймистими матеріалами, нафтопродуктами, захаращення проходів і виходів тарою, вузлами деталями чи відходами.

## 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

Загально відомі інструменти і обладнання для знімання гільз циліндрів не завжди можна ефективно використати під час ремонту двигуна, а зокрема під час випресування гільз циліндрів. Розроблений в даному дипломному проєкті знімач дасть змогу скоротити тривалість виконання операцій розбирання, зменшити загальний час перебування тракторів у ремонті і дасть змогу уникнути пошкодження поверхонь внаслідок використання пристроїв загального призначення та підручних засобів.

Розрахунковий економічний ефект від запровадження нового знімача визначаємо за формулою [14]:

$$E_p = B_p - Z_p, \text{ грн.}, \quad (5.1)$$

де  $B_p$  - вартісна оцінка економічних результатів, які отримані за розрахунковий період, грн.;

$Z_p$  - вартісна оцінка витрат, що пов'язані з використанням знімача за розрахунковий період, грн.

При розрахунку береться до уваги строк служби обладнання  $t$ , а вартісну оцінку результатів, які отримані за період використання визначаємо за формулою [14]:

$$B = \sum_{t=t_n}^{t=t_k} B_t * \alpha_t ; \text{грн.} \quad (5.2)$$

де  $B_t$  - вартісна оцінка результатів в  $t$ -тому році розрахункового періоду, грн;

$t_n$  - початковий рік розрахункового періоду;

$t_k$  - кінцевий рік розрахункового періоду;

$\alpha_t$  - коефіцієнт зведення до розрахункового року.

Вартісна оцінка результатів в  $t$ -тому році визначається за формулою

$$B_t = C_t \times A_t \times P_t, \text{ грн.} \quad (5.3)$$

де,  $C_t$  - економія коштів на ремонті двигуна одного трактора;

$A_t$  - кількість одиниць використовуваного обладнання в даному році;

$\Pi_t$  - загальна кількість ремонтів з використанням розробленого знімача.

Коефіцієнт зведення до розрахункового року визначаємо за формулою [14]:

$$\alpha_t = (1 + E_n)^{t_h - t}; \quad (5.4)$$

де,  $E_n$  - норматив зведення різночасових витрат і отримання результатів, що чисельно порівнюються до нормативу ефективності номінальних вкладень,  $E_n = 0,1$ ;

$t_p$  - розрахунковий рік;

$t$  - рік, затрати якого зводяться до розрахункового року.

Результати розрахунків коефіцієнтів зведення до розрахункового року  $\alpha_t$  заносимо в таблицю 5.1.

Розрахункові дані для визначення економічного ефекту визначаємо за наступною методикою.

Економію коштів на операціях знімання гільз одного двигуна визначаємо за формулою [14]:

$$Ц_t = (C_n + C_p) \times (t_1 - t_2), \text{ грн.} \quad (5.5)$$

де  $C_n$  - втрати від години простою трактора,  $C_n = 200$  грн;

$C_p$  - середня годинна тарифна ставка робітників,  $C_p = 50$  грн/год.;

$t_1$  - середня трудомісткість заміни шворнів на одній вісі за існуючою технологією,  $t_1 = 2,46$  люд.год.;

$t_2$  - трудомісткість заміни шворнів на одній вісі з використанням розробленого знімача  $t_2 = 1,42$  люд.год.;

$$Ц_{2024} = (200 + 50) \times (2,46 - 1,42) = 260 \text{ грн.}$$

Кількість операцій заміни гільз по роках визначатиметься з виразу:

$$\Pi_t = \Pi_{(t-1)} \times j, \text{ шт.} \quad (5.6)$$

$j$  - коефіцієнт щорічного збільшення програми ремонту за рахунок збільшення парку тракторів та розширення зони обслуговування,  $j = 1$  для першого року використання і  $j = 1,05$  для кожного наступного року стосовно попереднього;

$$\Pi_{2024} = 166 \times 1 = 166 \text{ шт.};$$



$$П_{2025} = 166 \times 1,05 = 184 \text{ шт.}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти років і результати заносимо в таблицю 5.1.

Економію коштів на ремонті двигуна одного трактора для наступних років визначаємо за формулою :

$$Ц_t = \alpha_t \times Ц_{2024} ; \text{ грн.} \quad (5.7)$$

$$Ц_{2025} = 0,9091 \times 260 = 236,4 \text{ грн.}$$

Аналогічно проводимо решту розрахунків і результати заносимо в таблицю 5.1.

Вартісну оцінку витрат визначаємо за формулою:

$$З_p = \sum_{e=1}^{e=e} З_t * \alpha_t , \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де  $З_t$  - величина витрат в t-тому році, грн.

Для першого розрахункового року вартісну оцінку витрат визначаємо з виразу :

$$З_{2024} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6, \text{ грн.} \quad (5.9)$$

де  $C_1$  - вартість виготовлення конструкторської та технічної документації,  $C_1 = 2500$  грн;

$C_2$  - вартість матеріалів на 1 комплект,  $C_2 = 1570$  грн;

$C_3$  - вартість комплектуючих,  $C_3 = 1240$  грн;

$C_4$  - вартість виготовлення деталей,  $C_4 = 1540$  грн;

$C_5$  - вартість складальних, монтажних, налагоджувальних і випробувальних робіт,  $C_5 = 395$  грн;

$C_6$  - витрати на організацію і підготовку виробництва за новою технологією,  $C_6 = 540$  грн.

Значення показників  $C_1 \dots C_6$  прийняті на підставі експертних оцінок спеціалістів ремонтних та механічних майстерень, що займаються виготовленням нестандартного обладнання.

$$З_{2024} = 2500 + 1570 + 1240 + 1540 + 395 + 540 = 7785 \text{ грн.}$$

Для решти років вартісну оцінку витрат визначаємо за формулою:

$$Z_t = C_e \times \alpha_t, \text{ грн.} \quad (5.10)$$

де,  $C_e$  - розрахункові експлуатаційні витрати на підтримання знімача в роботоздатному стані, грн.

$$C_e = \eta \times Z_{2024}, \text{ грн.} \quad (5.11)$$

де  $\eta$  - частка початкової вартості знімача, необхідна для підтримання його роботоздатності,  $\eta = 0,1$  ;

$$C_e = 0,1 \times 7785 = 778,5 \text{ грн.}$$

$$Z_{2025} = 778,5 \times 0,9091 = 707,7 \text{ грн.}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти років і результати заносимо в таблицю 5.1.

Скориставшись формулою (5.3) визначаємо вартісну оцінку результатів:

$$B_{2024} = 260 \times 1 \times 166 = 43160 \text{ грн.};$$

Результати розрахунків для решти років заносимо в таблицю 5.1.

Підставивши результати попередніх розрахунків і дані з таблиці 5.1 у формулу (5.1) отримаємо значення економічного ефекту за період використання

$$E = 311,285 - 11,575 = 299,710 \text{ тис. грн.}$$

Строк окупності запропонованого обладнання визначаємо за формулою:

$$T_{ок.} = \frac{\sum Z_t}{\sum C_t} * t_{вик.}, \text{ років} \quad (5.12)$$

де,  $t_{вик.}$  - термін використання обладнання приймаємо  $t_{вик.} = 8$  років.

$$T_{ок.} = (11575 / 299710) \times 8 = 0,3 \text{ року}$$

Отже, строк окупності пристрою буде рівним 4 місяці.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку економічного ефекту від використання знімача гільз циліндрів

Показники	Роки використання пристрою								Разом
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
$P_t$ - річна програма ремонту, шт.	166	184	194	204	214	224	236	248	1570
$C_t$ -економія коштів на одній заміні гільз, грн.	260	236,4	214,9	195,3	177,6	161,4	146,8	133,4	
$\alpha_t$ - коефіцієнт приведення до розрахункового року	1,0000	0,9091	0,8264	0,7513	0,6830	0,6209	0,5645	0,5131	
$B_t$ -вартісна оцінка результатів , грн.	43160	43498	41691	41048	38006	36154	34645	33083	311285
$Z_t$ - вартісна оцінка витрат, грн.	7785	707,7	643,4	584,9	531,7	483,4	439,5	399,4	11575
$E_t$ - економічний ефект, грн.	35375	42790	41048	40463	37474	35671	34205	32684	299710

З таблиці 5.1 бачимо, що середньорічний ефект за період використання знімача для знімання гільз становитиме 37,464 тис грн/рік.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1) На підставі аналізу конструкції двигуна трактора John Deere можна зробити висновок, що для зручності їх ремонту необхідно розробити спеціальний знімач для знімання гільз циліндрів.

2) Перехід ремонтної і обслуговуючої бази інженерно-технічних комплексів господарств на обслуговування лише своєї техніки змушують фізичних власників тракторів шукати виконавців ремонтних робіт, які б якісно і своєчасно виконували їхні замовлення, що сприятиме розширенню виробничої діяльності ремонтних дільниць.

3) Для раціонального функціонування дільниці поточного ремонту тракторів, потрібно розробити комплекти технологічної документації на поточний ремонт тракторів марки John Deere.

4) Розроблену в даному дипломному проєкті конструкцію знімача гільз циліндрів можна успішно використовувати для ремонту двигунів. Крім того даний знімач можна використовувати для розбирання інших з'єднань з натягом, зокрема для заміни підшипників різноманітних сільськогосподарських машин.

5) Доцільність запровадження у виробництво знімача гільз циліндрів підтверджується розрахунковим середнім річним економічним ефектом який складатиме 37,464 тис грн. і сумарним економічним ефектом за розрахунковий період понад 299,710 тис.грн.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Корець М. С. Основи машинознавства : навч. посібник / М. С. Корець, А. М. Тарара, І. Г. Трегуб. Київ, 2001. 144 с.
2. Яценко М.М. Проектування підприємств автомобільного сервісу / Яценко М.М. Київ: НТУ. 2004. 172 с.
3. Трактори : навч. посіб. для підгот. трактористів-машиністів с.-г. вир-ва категорії А2 / А. Я. Здобицький, З. З. Вантух, Л. В. Сторожук ; М-во соц. політики України, Держ. служба зайнятості, Львів. центр проф.-техн. освіти. Львів : Піча С. В. [та ін.], 2016. 106 с.
4. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: Навч. посіб. / За ред. проф. С.І. Андрусенка. Київ: Каравелла, 2009. 368 с.
5. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / О.І. Сідашенко, та інші/ За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 491с.
6. Катренко Л.А. Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці. Курс лекцій, практикум: науч. посіб. Суми: Університетська книга, 2009. 240 с.
7. Деталі машин. Конспект лекцій : навч. посіб. / В. О. Малащенко, Б. В. Сологуб ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2013. 152 с.
8. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів : навч. посіб. / В. О. Малащенко, В. В. Янків. Львів : Новий Світ-2000, 2013. 264с.
9. Загально-ремонтні роботи. Нормативи часу на розбиральні, складальні та ремонтні роботи. Книга 28. Розділ 4 За ред. Вітвицького В. В. Київ: "Поліграфкнига", 2001. 739с.
10. Загально ремонтні роботи. Нормативи часу на розбиральні, складальні та ремонтні роботи. Книга 28. Розділ 6 За ред. Вітвицького В. В. Київ, "Поліграфкнига", 2007р. 286с.
11. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зачарний В.В. та ін. Основи охорони праці: Підручник. Київ: Основа, 2003. 472 с.

12. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ: центр учбової літератури. 2009. 264 с.
13. Писаренко Г.С. та інші. Опір матеріалів: Підручник. Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред Г.С. Писаренка. 2-ге вид., допов. І переробл. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.
14. Методичні рекомендації до виконання дипломних проєктів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для студентів факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій за спеціальністю 208 "Агроінженерія". Львів. ЛНУП. 2023. 70 с.
15. М.В. Молодик. Наукові основи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві. Кіровоград: КОД,2009. 180 с.
16. Чухрай В.Є., Остапук Г.І. Динаміка зміни кількості і трудомісткості ремонтних втручань залежно від терміну експлуатації тракторів // Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №5. Львів, 2001. С. 231-243.
17. Чухрай В.Є., Остапук Г.І. Дослідження малоресурсних спряжень тракторів // Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №2. Львів, 1998. С .139-143
18. Чухрай В.Є., Остапук Г.І. Критерії виконання ремонтних втручань // Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №1. Львів, 1997. С.138-142.
19. Чухрай В.Є., Остапук Г.І. Новочасні підстави машиноремонтних втручань у господарствах // Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №4. Львів, 2000. С. 208-216.