

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ  
ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: „Вдосконалення операцій і технологічного оснащення заміни гільз  
автотракторних двигунів”

Виконав: студент 4 курсу групи Аін-41

Спеціальності 208 „Агроінженерія”  
(шифр і назва)

Дутка Ігор Володимирович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Чухрай В.Є.  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

### ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

*Дутці Ігорю Володимировичу*

1. Тема проєкту: „ *Вдосконалення операцій і технологічного оснащення заміни гільз автотракторних двигунів* ”

Керівник проєкту: *Чухрай Володимир Євгенович, к.т.н., доц.*

Затверджена наказом по університету від 27 листопада 2023 року № 641/к-с

2. Строк здачі студентом закінченого проєкту 6 червня 2024 року.

3. Вихідні дані: *науково-технічна література з питань будови, технічного обслуговування і ремонту машин; технологічного оснащення для виконання операцій демонтажу та розбирання агрегатів, відновлення деталей*

4. Перелік питань, які необхідно розробити

*Вступ*

*1. Загальний аналіз конструкції дизельного двигуна*

*2. Основні несправності тракторних дизельних двигунів*

*3. Характеристика процесу заміни гільз блоку двигуна*

*4. Розрахунок виробничих робочого місця ремонту дизельних двигунів*

*5. Розробка гвинтового знімача гільз циліндрів*

*6. Охорона праці*

*5. Розрахунок економічного ефекту від використання гвинтового знімача гільз*

*Висновки*

*Список використаних джерел*

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

1. Узагальнена схема технологічного процесу поточного ремонту дизельного двигуна (1 арк. формату А-1)
2. Технологічна схема заміни поршневих кілець (1 арк. формату А-1)
3. Аналог пристрою для витягування гільз СК (1 арк. формату А-1)
4. Пристрій для демонтажу гільз СК (1 арк. формату А-1)
5. Робочі креслення деталей (1 арк. формату А-1)

6. Консультанти розділів проєкту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 5, 7	Чухрай В.Є к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
6				

7. Дата видачі завдання: 27 листопада 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: Загальний аналіз конструкції дизельного двигуна</i>	<i>27.11.2023–15.02.2024</i>	
2.	<i>Виконання розділу: Основні несправності тракторних дизельних двигунів</i>	<i>16.02.2024–14.03.2024</i>	
3.	<i>Характеристика процесу заміни гільз блоку двигуна</i>	<i>15.03.2024–25.04.2024</i>	
4	<i>Розрахунок виробничих робочого місця ремонту дизельних двигунів</i>	<i>26.04.2024-29.04.2024</i>	
5.	<i>Розробка гвинтового знімача гільз циліндрів</i>	<i>30.04.2024-3.052024.</i>	
6.	<i>Написання розділу: Охорона праці</i>	<i>9.05.2024–11.05.2024</i>	
7.	<i>Виконання розділу: Розрахунок економічного ефекту від використання пристрою для відновлення веденого диска муфти зчеплення</i>	<i>12.05.2024–16.05.2024</i>	
8	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>17.05.2024–06.06.2024</i>	

Студент \_\_\_\_\_ *Ігор Дутка*

(підпис)

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ *Володимир Чухрай*

### **УДК 631.3.**

Дутка І.В. “ Вдосконалення операцій і технологічного оснащення заміни гільз автотракторних двигунів ”

Дипломний прєкт. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024.

52 стор. текс. част., 14 рис., 15 табл., 5 арк. ілюстр. матер., 27 бібліогр. джерел.

Проведено загальний аналіз конструкції дизельного двигуна та його поршневої і шатунної груп. Розглянуто основні несправності тракторних дизельних двигунів та дано загальну характеристику можливих відмов двигунів. На основі розмірних груп різних найбільш поширених марок дизельних двигунів обґрунтовано технічне завдання на розробку технологічного оснащення. Наведено приклади основних видів пошкоджень робочих поверхонь гільз. Запропоновано схему технологічного процесу ремонту дизельного трактора двигуна та основні операції демонтажу гільз двигуна. перелічено основних виробників обладнання для демонтажу гільз. Проведено розрахунок виробничих параметрів робочого місця ремонту дизельних двигунів. Розроблено гвинтовий знімач гільз циліндрів, виконано розрахунок основних елементів пристрою на міцність.

Розглянуто питання охорони праці

Проведено розрахунок економічного ефекту від використання гвинтового знімача гільз. Доцільність виготовлення і запровадження у виробництво гвинтового знімача підтверджується очікуваним сумарним розрахунковим економічним ефектом в сумі понад 22,3 тис. грн.

	ВСТУП	6
1	ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА	7
	1.1 Аналіз поршневої і шатунної групи дизельного двигуна	10
2	ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ ТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ	13
	2.1 Загальна характеристика можливих відмов двигунів	13
	2.2 Основні розміри гільз найбільш поширених марок дизельних двигунів	15
	2.3. Основні види пошкоджень елементів гільз циліндрів	16
3	ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ЗАМІНИ ГІЛЬЗ БЛОКУ ДВИГУНА	19
	3.1 Основні операції демонтажу гільз двигуна	20
	3.2 Основні пристрої для демонтажу гільз	21
4	РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ РОБОЧОГО МІСЦЯ РЕМОНТУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ	24
	4.1 Визначення фонду часу механіка з ремонту двигунів	24
	4.2. Визначення перспективних обсягів робіт	25
5	РОЗРОБКА ГВИНТОВОГО ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ	26
	5.1. Аналіз відомих аналогів пристроїв для демонтажу гільз	26
	5.2. Будова і принцип дії пристрою для демонтажу гільз	30
	5.3. Розрахунок основних елементів пристрою на міцність	33
6	ОХОРОНА ПРАЦІ	39
	6.1 Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів	39
	6.2 Основні вимоги правил безпеки праці під час ремонту агрегатів вузлів автомобілів та заходи для застереження нещасних випадків	41
	6.3 Пожежна безпека	44
7	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ГВИНТОВОГО ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ	45
	ВИСНОВКИ	48
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49

## ВСТУП

З об'єктивних причин в останні роки змінилась стратегія і тактика ремонтного виробництва та технічного сервісу двигунів. Основна маса трудомісткості ремонтних робіт сьогодні перейшла на плечі власників техніки. Цьому сприяє широка мережа постачальників запасних частин різних виробників. Варто зазначити, що часто стоїть питання якості нових комплектуючих. Тому в умовах ремонтних майстерень господарств можна успішно проводити ремонт сільськогосподарської техніки, тракторів та самохідних комбайнів маючи висококваліфікованих робітників та необхідне ремонтно-технологічне обладнання і інструменти. Одним з болючих питань стосовно ремонту двигунів в умовах господарства є відсутність технологічної документації та спеціальних недорогих і надійних у використанні пристроїв для виконання робіт з розбирання та складання агрегатів та вузлів машин. Тому невдало вибрана технологія ремонту може бути причиною надмірного перебування машин в ремонті та надмірних матеріальних витрат з причини її простою. В сьогоднішніх умовах ремонтні майстерні господарств потрібно забезпечити технологічною документацією на проведення заміни окремих деталей агрегатів і вузлів тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин. В першу чергу це стосується технологічної документації на заміну окремих деталей, що визначають ресурс і техніко-економічні показники тракторних двигунів. При цьому значна увага стосується оснащення ремонтних майстерень спеціальним технологічним обладнанням, яке дасть змогу зберегти під час розбирання та складання машин більшість деталей без пошкоджень, підвищить продуктивність праці та рівень її безпеки. Вирішення даних питань, у певній мірі, розкрито в темі даної кваліфікаційної роботи: «Вдосконалення операцій і технологічного оснащення заміни гільз автотракторних двигунів»

## 1. ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

Блок-картер служить базовою деталлю двигуна і є складною відливкою просторової форми. Верхня частина конструкції утворює блок циліндрів, а нижня утворює верхню половину картера. На рисунку 1.1 зображені основні елементи блока дизельного тракторного двигуна. Збільшення жорсткості блок-картера досягається використанням перегородок та ребра внутрішньої поверхні. Поперечні вертикальні перегородки розділяють блок-картер на однакові відсіки, яких стільки ж, скільки циліндрів. У двигунів з числом циліндрів не більше чотирьох циліндри розташовують у блоці в один ряд (так зване рядне розташування).

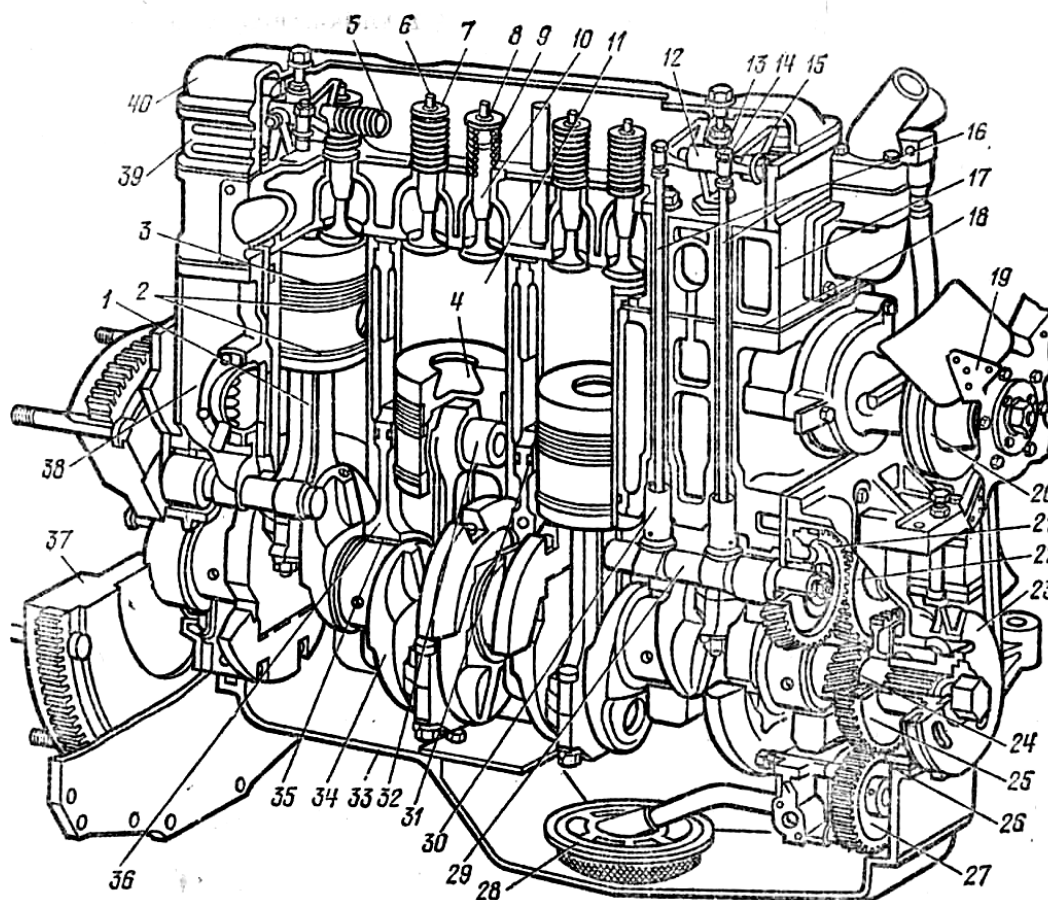


Рисунок 1.1. Основні деталі типового тракторного дизеля

Позиції подані на рисунку мають наступне найменування: 1 – шатун кривошипа; 2 – оливо-знімне кільця; 3 - кільця компресійні; 4 - камера згоряння в днищі поршня; 5 - вал коромисел; 6 - клапан; 7 - тарілка клапана, 8 - сухарики, 9 - пружина клапана, 10 - втулка напрямна клапана; 11 - гільза циліндра; 12 - стояк валу коромисел; 13 - гвинт регулювальний коромисла; 14 – контргайка гвинта регулювального; 15 - коромисло; 16 – штанга штовхача, 17 - головка циліндрів; 18 – прокладка ущільнююча; 19 - вентилятор, 20 - шків приводу вентилятора; 21, 22 і 24 - шестерні приводу розподільного валу; 23 - шків колінчастого валу; 25 і 27 - шестерні приводу помпи оливної; 26 - піддону картера ущільнення; 28 – збірник оливи; 29 - вал розподільний; 30, - штовхач штанги; 31 - кільце ущільнююче гумове, 32 - палець поршневий, 33 - піддон картера; 34 - вал колінчастий; 35 і 36 - вкладиш підшипника корінного; 37 - маховик, 38 - блок-картер, 39 – кришка клапанного механізму; 40 – ковпак кришки клапанного механізму [3,4].

На рисунку 1.2 показано основні корпусні базові деталі двигуна які потрібно від'єднувати для заміни гільз.

Всередині і зовні блок-картеру розміщені деталі кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів, складальні одиниці і системи двигуна, а також монтажні опори, якими двигун кріплять до опор рами. Приблизно в середній частині блок-картера є горизонтальна перегородка, що відділяє, верхню площину, в якій циркулює охолоджувальна рідина, від нижньої, заповненою оливним туманом, що утворюється при великій обертання колінчастого валу двигуна. Нижня половина, або піддон картер служить для герметичного закриття кривошипно-шатунового механізму знизу, утворюючи резервуар для оливи. У більшості двигунів піддон - одночасно і резервуар для олії. Щоб уникнути надмірного підвищення тиску або розрідження усередині картера на нього встановлюють сапун. Таким чином усувають підтікання олії і захищають від пилу порожнину картера.



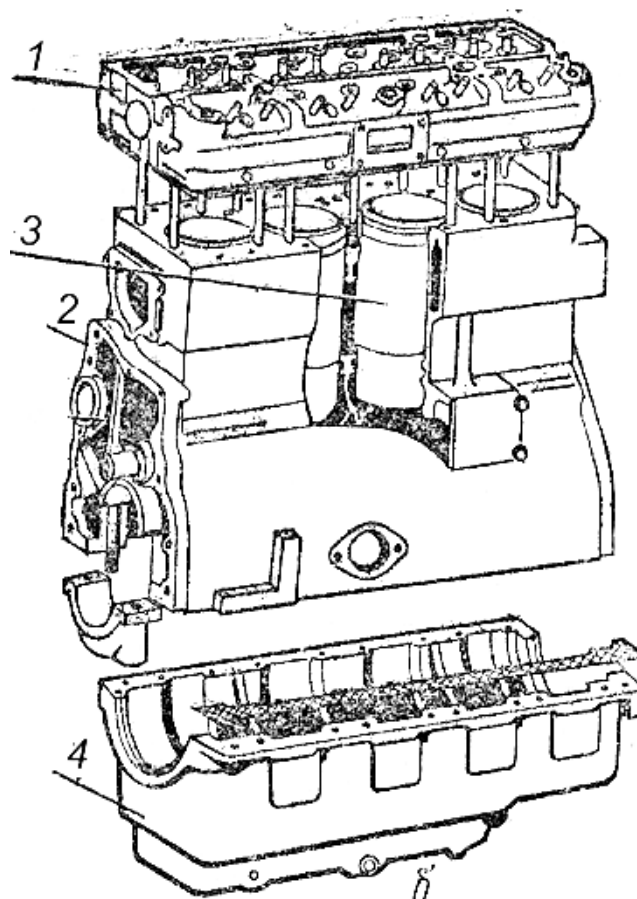


Рисунок 1.2 Основні корпусні деталі дизельного двигуна:

1 – головка блоку циліндрів, 2 – блок картер двигуна, 3 – «мокри» гільзи, 4 – піддон блоку картера

Блок-картер в більшості випадків відливають з сірих дрібнозернистих чавунів СЧ 18 - 36 або СЧ 21-40, так як вони мають високі ливарні і механічними якостями [3,4].

Циліндри є найбільш відповідальним елементами двигуна. Внутрішня частина циліндра утворює робочу порожнину, яка обмежується його бічними стінками, голівкою циліндра і днищем поршня. Бічні стінки циліндра одночасно служать такими, що направляють поршня під час його зворотно-поступальному русі у зв'язку з тим внутрішню робочу поверхню - дзеркало циліндра - ретельно обробляють.

## 1.1 Аналіз поршневої і шатунної групи дизельного двигуна

Поршень складається з днища (рисунок 1.3), ущільнюючої частин і напрямної частини (спідниці). На внутрішній стороні спідниці є два масивні ливарні приливи. У приливах зроблені отвори для встановлення пальця, а в них проточені кільцеві канавки для стопорних кілець пальця. Приливи з'єднані ребрами з днищем, збільшуючи тим самим міцність поршня. Днище разом з ущільнюючим пасом утворює головку поршня. На зовнішніх поверхнях головки поршня і спідниці проточені канавки для встановлення компресійних кілець і кілець для знімання оливи. Верхню частину поршня називають ущільнюючим поясом, оскільки розміщені тут поршневі кільця запобігають прориву газів через зазори між поршнем і циліндром. По периметру канавок просвердлені наскрізні отвори для відводу оливи в картер двигуна.

Компресійні кільця встановлюють для запобігання прориву газів в картер у процесах стиснення чи робочого ходу. Ще кільця служать для передачі тепла від поршня до поверхні циліндра, кільця що знімають оливу служать для видалення її надлишку з робочої поверхні циліндра і запобігання попаданню оливи в камеру згорання. Діаметр поршневого кільця у вільному стані більший, ніж циліндра, тому при установці воно щільно притискається до його стінок. У канавці кільце утворює лабіринтове ущільнення з незначним зазором. Гази, потрапляючи в цей лабіринт з простору над поршнем, знижують тиск і швидкість і притискають кільце до стінки циліндра. Розріз в кільці називають замком. Його роблять косим під кутом  $30 < 45^\circ$  або прямим. Найбільш поширений прямий замок. У робочому стані кільця в циліндрі завжди повинен бути зазор в замку, щоб воно при нагріванні не заклинює.

Значення зазору при установці поршня в циліндр для різних двигунів знаходиться в межах 0,15 - 0,8 мм. Для того щоб кільця вільно пружинили, їх в пазах на поршні по висоті встановлюють також з невеликим зазором (для

різних двигунів зазор по висоті може бути в межах (0,045 – 0.23 мм). Зазвичай зазори в замках і по висоті у верхніх поршневих кілець більше ніж у нижніх через різний температурний режим. Під час установці кільця., на поршень замки повинні знаходитися на рівних відстанях один від другою (через 90 або 120°), щоб не утворився суцільний канал для газів. У двотактному двигуні в замки кілець вставляють стопорні штифти, що перешкоджають прокручування кілець і тим самим запобігають торкання кінцем кільця за крайку продувального або випускного вікна та їх поломку.

Поршневий палець служить для шарнірного з'єднання поршня з шатуном. Він є гладким циліндричним стержнем. Для зменшення маси його роблять порожнистим. Зовнішню поверхню пальця, виготовляють з високоякісної сталі, цементують або гартують, а потім шліфують і полірують. В процесі роботи на поршневий палець діють високі циклічні динамічні навантаження. Характер руху, що гойдає, шатуна створює несприятливі умови для змазування, внаслідок чого палець працює в режимі пів рідинного тертя, що викликає його нерівномірний знос. Тому поршневий палець має бути легким, міцним і зносостійким.

Залежно від способу кріплення розрізняють поршневі пальці трьох типів: закріплені у приливах поршня, закріплені у верхній головці шатуна і плаваючі. Пальці, закріплені у приливах поршня, застосовуються обмежено.

Шатун сприймає від поршня і передає колінчастому валу силу тиску газів при робочому ході, а також переміщує поршень при допоміжних процесах. Він здійснює складний плоско-паралельний рух, тобто рухається в зворотно-поступальному напрямі уздовж осі циліндра і качається відносно осі поршневого пальця. Сила тиску газів, сприйнята поршнем, стискує шатун під час робочого ходу і у кінці такту стиску, а інерційні навантаження, прагнуть відділити поршень.

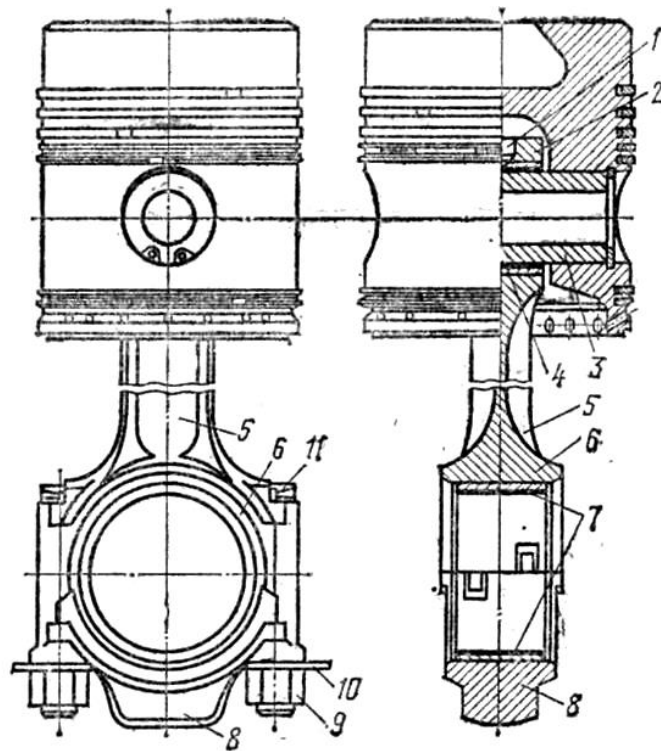


Рисунок 1.3. Шатуна в комплекті з поршнем

1 – канал в верхній головці шатуна; 2 – верхня головка шатуна; 3 – палець поршневий; 4 – втулка верхньої головки; 5 – стержень шатуна; 6 – нижня головка шатуна; 7 – вкладиші; 8 – кришка нижньої головки шатуна; 9 – гайка кріплення кришки; 10 – шайба фіксуюча; 11 – болт кришки шатуна

Конструктивне виконання шатуна і використовувані матеріали для його виготовлення мають бути такими, щоб забезпечити максимальну жорсткість при мінімальних габаритах і масі [11].

## 2. ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ ТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

### 2.1 Загальна характеристика можливих відмов двигунів

Основні несправності тракторних дизельних двигунів можуть бути класифіковані за різними системами та складовими частинами двигуна. До найчастіших причин відмов які викликають певні проблеми можна віднести нижче наведені [11,14].

#### 1. Система подачі палива:

- засмічення паливних фільтрів може призвести до недостатнього надходження палива в двигун, що викликає зниження потужності та нерівну роботу;
- забруднення паливних форсунок може спричинити нерівномірне впорскування палива, що призводить до підвищеного витрати палива і виділення диму;
- несправності паливного насосу високого тиску можуть призвести до зниження тиску палива, що викликає проблеми з запуском двигуна та зниження потужності.

#### 2. Несправності системи змащування:

- низький рівень оливи може спричинити недостатнє змащення рухомих частин, що веде до їх підвищеного зносу і можливого заклинювання двигуна;
- засмічені фільтри обмежують потік оливи, що призводить до підвищеного зносу елементів конструкції;
- витоки оливи можуть призвести до зниження рівня масла і недостатнього змащення.

#### 3. Несправності системи охолодження:

- низький рівень охолоджуючої рідини може спричинити перегрів двигуна, що призводить до деформації компонентів і можливих розколин у блоці циліндрів;

- засмічення радіатора стримує потік охолоджуючої рідини, що також може спричинити перегрів;

- несправний термостат може викликати неправильну роботу системи охолодження, що призводить до перегріву або переохолодження двигуна.

#### 4. Механічні несправності:

- знос поршнів і циліндрів може призводити до втрати компресії, що викликає зниження потужності і важкий запуск двигуна;

- руйнування поршневих кілець призводить до втрати компресії і підвищеної витрати оливи

- Знос вкладишів колінчастого валу може викликати підвищені вібрації і шум, а також привести до повного виходу двигуна з ладу.

#### 5. Електричні несправності:

- несправний стартер може ускладнити або зробити неможливим запуск двигуна;

- проблеми з генератором можуть призвести до недостатнього заряду акумулятора, що викликає проблеми з запуском та роботою електричних систем трактора;

- несправності в системі управління двигуном можуть викликати неправильну роботу двигуна через помилки в електронних системах управління.

#### 6. Інші поширені проблеми:

- підвищений дим з вихлопної труби може свідчити про проблеми з системою живлення, змащування або охолодження;

- нерівномірна робота двигуна: може бути викликана проблемами з паливною системою або системою запалювання (у двигунах з електронним запалюванням);
- підвищена витрата палива та оливи може бути ознакою зносу деталей поршневої групи, гільз циліндрів або проблем у системах змащування та живлення.

Всі перелічені несправності, а також інші можливі вимагають регулярного обслуговування та своєчасного ремонту для забезпечення надійної та довговічної роботи двигуна

## 2.2 Основні розміри гільз найбільш поширених марок дизельних двигунів

Коротка інформація про розміри гільз, яка потрібна для вибору і розробки знімачів, для найбільш поширених двигунів техніки, що використовується в аграрному виробництві наведено нижче [3,4,11,18]:

Д-240: діаметр гільз 110 мм, довжина гільз: близько 215 мм

Д-245: діаметр гільз 110 мм, довжина гільз: близько 215 мм

Д-260, Д-65: діаметр гільз 110 мм, довжина гільз: близько 260 мм

СМД-60: діаметр гільз 120 мм, довжина гільз: близько 265 мм

СМД-62: діаметр гільз 120 мм, довжина гільз: близько 265 мм

СМД-73: діаметр гільз 120 мм, довжина гільз: близько 265 мм

ЯМЗ-236: діаметр гільз 130 мм, довжина гільз: близько 260 мм

ЯМЗ-238: діаметр гільз 130 мм, довжина гільз: близько 260 мм

Perkins 1104D-44T: діаметр гільз 105 мм, довжина гільз: близько 200 мм

Cummins 6BT: Діаметр гільз 102 мм, Довжина гільз: близько 190 мм

John Deere PowerTech: Діаметр гільз 106-118 мм (залежно від конкретної моделі), Довжина гільз: приблизно 200-250 мм (залежно від конкретної моделі)

Ford BSD 444: Діаметр гільз 112 мм, Довжина гільз: близько 200 мм  
Наведені розміри можуть трохи варіюватися в залежності від конкретних модифікацій двигунів, так як їх конструкції постійно удосконалюються. Завжди рекомендується перевіряти точні розміри гільз для конкретного двигуна у технічній документації.

На рисунку 2.1 показано загальний вигляд «микрої» гільзи тракторних двигунів.



Рисунок 2.1 Загальний вигляд «микрої» гільзи тракторних двигунів

### 2.3. Основні види пошкоджень елементів гільз циліндрів

Встановлено, що дзеркала гільз циліндрів в процесі експлуатації піддаються корозії і механічному зношуванню.

Вид зношування окислювальний. Це знос, при якому основний вплив на зношування має хімічна реакція матеріалу з киснем або зовнішнім окислювальним середовищем. Внаслідок окислювання поверхня дзеркал циліндрів вкривається плівкою, яка постійно віддаляється компресійними кільцями. Такому виду зношування піддається переважна більшість гільз. При



цьому максимальний знос гільзи спостерігається у верхній мертвій точці. Цьому сприяє висока температура і тиск газів, які утворюються при згоранні пальної суміші.

У окремих гільз циліндрів величина зносу розташовується не у верхній мертвій точці, а в середній або нижній частині дзеркала – це пояснюється тим, що двигуни працюють в умовах забруднення оливи абразивом та продуктами зносу (не своєчасна заміна масла).

Спостерігаються випадки, коли в ремонт надходять гільзи при наявності глибоких подряпин дзеркала. Це пояснюється тим, що при ремонті двигунів у гільзи малої розмірної групи (малі) встановлюють поршні збільшеної групи (великі).

Мають також місце задирки, які обумовлюються недостатнім зазором у замках поршневих кілець.

Інколи в ремонт потрапляють двигуни внаслідок їх перегріву (експлуатація при втраті охолодної рідини). Гільзи циліндрів таких двигунів втрачають твердість і піддаються значній деформації, але такі дефекти зустрічаються знано рідше [3,4,17,18].



Рисунок 2.2 Пошкодження робочої поверхні гільзи у вигляді глибоких задирок внаслідок захоплення поршня та кілець



Рисунок 2.3. Пошкодження гільзи ззовні внаслідок порушення температурного режиму дії охолоджуючої рідини

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ЗАМІНИ ГІЛЬЗ БЛОКУ ДВИГУНА

На рисунку 3.1 показано загальну схему технологічного процесу ремонту дизельного трактора двигуна [3,4,17,18].

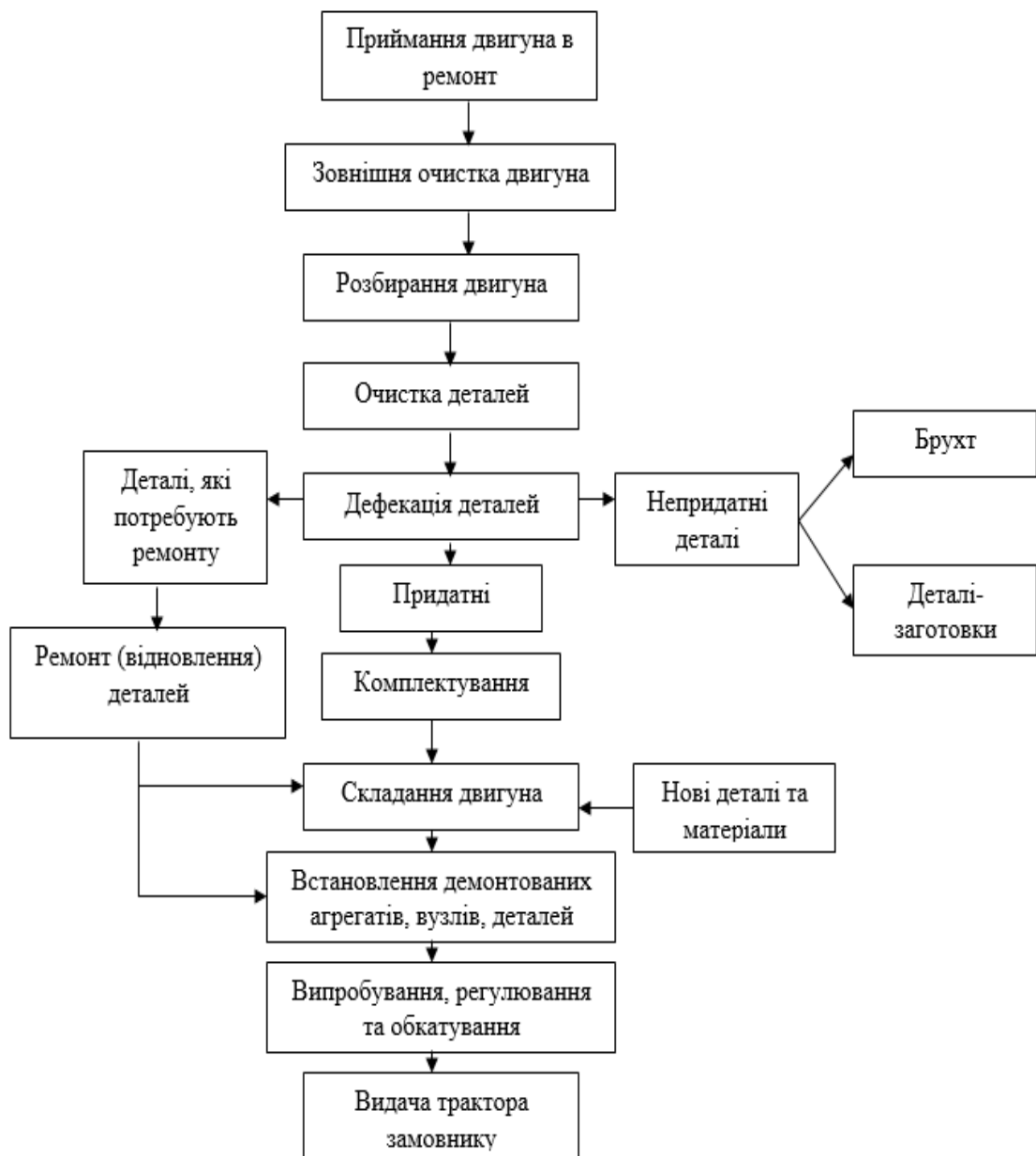


Рисунок 3.1 Схема технологічного процесу ремонту дизельного трактора двигуна

### 3.1 Основні операції демонтажу гільз двигуна

Для демонтажу гільз з блоків двигунів використовуються спеціалізовані інструменти та пристрої, які допомагають витягувати гільзи без пошкоджень блоку циліндрів. Знімачі гільз з блоків двигунів можуть мати різну конструкцію та різними способами можуть приводитись в дію. Загалом можна відобразити таку класифікацію знімачів для демонтажу гільз з блоків циліндрів [26,27].

#### 1. Знімачі гільз за приводом:

- механічні знімачі гільз: інструменти які використовують механічний тиск або ударну силу для витягування гільз, що складаються з рамки, гвинта та захватних елементів, які чіпляються за нижній торець гільзи і витягують її вгору.
- гідравлічні знімачі гільз: використовують гідравлічний тиск для створення більшої сили витягування, що дозволяє зменшити ризик пошкодження блоку циліндрів і полегшує роботу з важкодоступними або сильно застряглими гільзами.

#### 2. Молотки для вибивання (виштовхування):

- використовуються для виштовхування гільз за допомогою ударної сили з набором змінних насадок дозволяють вибивати гільзу з блоку циліндрів.

#### 3. Гідравлічні преси:

- використовуються для витягування гільз з блоків двигунів, особливо важких та великих, забезпечують рівномірний тиск на гільзу, що зменшує ризик пошкоджень.

#### 4. Захоплювачі та пристрої для видалення гільз:

- різні конструкції захоплювачів, які фіксуються всередині гільзи і забезпечують надійне утримання при витягуванні та можуть бути комбіновані з гідравлічними або механічними пристроями.

#### 5. Нагрівальні пристрої:

- використовуються для нагрівання блоку циліндрів навколо гільзи, що дозволяє розширити метал блоку і полегшити процес витягування гільзи, зазвичай застосовуються разом з механічними або гідравлічними знімачами.

#### 6. Спеціалізовані комплекти для демонтажу гільз:

- включають всі необхідні інструменти та аксесуари для витягування гільз, такі як адаптери, захоплювачі, гідравлічні насоси та пресові пристрої.

Вибір конкретного пристрою залежить від типу двигуна, розмірів гільз та складності завдання.

### 3.2 Основні пристрої для демонтажу гільз

Відомо декілька моделей пристроїв для демонтажу гільз з блоків двигунів, які широко використовуються в автомобільних майстернях і сервісних центрах. Нижче наведені найбільш поширені моделі з різним призначенням і принципом дії [26,27].

#### Гідравлічні знімачі гільз:

1. OTC 1200A – Потужний гідравлічний знімач для видалення гільз із великих дизельних двигунів.
2. Kukko 9-2 – Набір для демонтажу гільз із гідравлічним циліндром.
3. Hydraulic Cylinder Puller Set від компанії Ammco – Комплект для зняття гільз за допомогою гідравлічного приводу.

#### Механічні знімачі гільз:

1. Lisle 18000 – Набір для витягування гільз із дизельних двигунів, зокрема двигунів Cummins Cummins.
2. OTC 1202 – Механічний знімач для гільз важких двигунів.
3. Kent-Moore J-35597 – Механічний знімач для легкових і вантажних автомобілів.

#### Вибивні молотки:

1. AMPRO T70570 – Вибивний молоток для зняття гільз з двигунів легкових автомобілів.

2. GEARWRENCH 2595 – Комплект з вибивним молотком та насадками для витягування гільз.

Гідравлічні преси:

1. Sunex 5720 – 20-тонний гідравлічний прес для демонтажу гільз.

2. Arcan 30-Ton – 30-тонний гідравлічний прес для важких робіт.

3. Omega 50-Ton – Професійний 50-тонний гідравлічний прес для сервісних центрів.

Спеціалізовані комплекти для демонтажу гільз:

1. John Deere PT-6402 – Комплект для демонтажу та встановлення гільз у двигунах John Deere.

2. Cummins 5299449 – Набір інструментів для демонтажу гільз Cummins ISX.

3. CAT 1U-5482 – Спеціалізований комплект для демонтажу гільз з двигунів Caterpillar.

Нагрівальні пристрої:

1. Induction Innovations MD-700 – Індукційний нагрівач для нагрівання блоку циліндрів.

2. Hot-Shot Induction Heater від Snap-on – Компактний індукційний нагрівач для демонтажу гільз.

На рисунку 3.2 показано комплект механічного знімача ANDRMAX для ремонту двигунів. Знімач гільз циліндрів у комплекті з опорними скобами ANDRMAX для ремонту двигунів вантажних автомобілів та тракторів, циліндрів Ø 60 - 160 мм. Принцип дії: перекладина з опорними скобами встановлюється на блок циліндрів над гільзою, а шпindel із розсувними захоплювачами вставляється в циліндр і опускається до виходу з нижнього торця. Обертанням гайки захоплювачі розкриваються до моменту зачеплення

за нижній край торця гільзи. отім затягується гайка над перекладиною з опорними скобами



а) знімач у зібраному стані



б) комплект знімача

Рисунок 3.2 Комплект механічного знімача ANDRMAX для ремонту двигунів

Перелічені пристрої представляють широкий спектр інструментів для різних типів двигунів і умов роботи [26,27]. Вибір конкретного пристрою залежить від специфікації двигуна та вимог до демонтажу.

## 4. РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО МІСЦЯ РЕМОНТУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

### 4.1 Визначення фонду часу механіка з ремонту двигунів

Приймаємо умову, що нам потрібно організувати одне робоче місце для поточного ремонту дизельних двигунів, а саме коли в двигунах потрібно буде замінювати гільзи блоків циліндрів. Тобто на робочому місці поточного ремонту дизельних двигунів одночасно буде залучений лише один робітник.

Першим кроком приймаємо фонд робочого часу робітника який  $\Phi_r$ , наприклад для 2024 року становить 2096 годин при 40-годинному робочому тижні [27].

Згідно з нормативними документами робітник може у дрібносерійному виробництві використовувати свій робочий час на 0,88 – 0,92%, тобто, коефіцієнт використання робочого часу робітника буде  $\eta_r = 0,88 - 0,92$  тоді можемо визначити максимальне і мінімальне значення робочого річного часу робітника

$$\Phi_{r.макс} = \eta_{r.макс} \Phi_r, \text{ год}, \quad (4.1)$$

$$\Phi_{r.мін} = \eta_{r.мін} \Phi_r, \text{ год} \quad (4.2)$$

$$\Phi_{r.макс} = 0,92 \cdot 2096 = 1928 \text{ год},$$

$$\Phi_{r.мін} = 0,88 \cdot 2096 = 1844 \text{ год}$$

Для дрібносерійного виробництва, в умовах ремонтних підрозділів зайнятих ремонтом різних моделей двигунів обмеженої кількості марок за особливостями конструкції. середня тривалість технологічного циклу  $t_{пр}$  приймається в межах від 18,2 год до 24,6 год.

За умови виконання всіх операцій послідовно одним робітником від першої до останньої трудомісткість поточного ремонту  $T_{пр}$  буде рівною тривалості. Тобто буде мати місце вираз:  $T_{пр} = t_{пр}$ .



#### 4.2. Визначення перспективних обсягів робіт

Річну програму ремонтів з певним наближенням можемо визначити з виразу [1,2]:

$$W_{\text{пр}} = \Phi_{\text{р}} / T_{\text{пр}}, \text{ штук} \quad (4.3)$$

Враховуючи максимальне і мінімальне значення робочого фонду часу механіка з ремонту двигунів та різну трудомісткість ремонту двигунів, залежно від їх моделі та технічного стану, визначаємо максимальну та мінімальну очікувану програму ремонту:

$$W_{\text{пр.мін}} = \Phi_{\text{р.мінс}} / T_{\text{пр.макс}}, \text{ штук} \quad (4.4)$$

$$W_{\text{пр.макс}} = \Phi_{\text{р.макс}} / T_{\text{пр.мін}}, \text{ штук} \quad (4.5)$$

$$W_{\text{пр.мін}} = 1844 / 24,6 = 106 \text{ штук}$$

$$W_{\text{пр.макс}} = 1928 / 18,2 = 75 \text{ штук}$$

Отже, залежно від виробничої ситуації на робочому місці може бути відремонтовано від 75 до 106 двигунів

Тоді такти виробництва (поступлення двигунів)  $\tau_{\text{нсд}}$  буде мати також два значення [2]:

$$\tau_{\text{нсд.макс}} = \Phi_{\text{р.макс.}} / W_{\text{пр.мін}}, \text{ год} \quad (4.6)$$

$$\tau_{\text{нсд.мін}} = \Phi_{\text{р.мін}} / W_{\text{пр.макс}}, \text{ год} \quad (4.7)$$

$$\tau_{\text{нсд.макс}} = 1928 / 75 = 25,71 \text{ год}$$

$$\tau_{\text{нсд.мін}} = 1844 / 106 = 17,4 \text{ год}$$

На підставі отриманих даних можна сказати, що при більш менш рівномірному поступленні двигунів протягом року в ремонт, їх надходження буде змінюватися в межах двох-чотирьох днів

## 5. РОЗРОБКА ГВИНТОВОГО ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

### 5.1. Аналіз відомих аналогів пристроїв для демонтажу гільз

Одним з трудомістких процесів під час розбирання двигунів є демонтаж гільз циліндрів, так як в процесі роботи двигуна гільзи і блок покриваються накипом який утворюючи суцільну плівку робить дане з'єднання важко розбірним, що значно підвищує необхідне зусилля для демонтажу їх з блока циліндрів. Спеціальні пристрої для демонтажу гільз циліндрів забезпечують їх витягування без пошкодження на відміну від інших підручних засобів та знімачів загального призначення. Пристрої які рекомендуються для демонтажу гільз під час ремонту двигунів показано на рисунках 5.1-5.3.

Пристрій, що зображений на рисунок 4.1 складається з продовжувача (14), на одному кінці якого встановлено двох плеч важіль (7), а на другому поворотна п'ята (15), яка кріпиться до подовжувача за допомогою штифта. Даний пристрій впирається в блок через дві лапи-стояки (3), закріплені на траверсі (9) за допомогою гайки. В траверсі зроблені пази для регулювання ширини встановлення лап-стояків. На траверсі встановлений кульковий опорний підшипник на який опирається ручка (5).

Подовжувач (2,14), з поворотною п'ятою (15) вводиться в гільзу (1,12) блока зі сторони її верхнього торця. Після того як п'ята (15) вийде за нижній торець гільзи, вона повертається в горизонтальне положення. Обертаючи вороток (7) переміщують подовжувач (2,14) в осьовому напрямку вгору до контакту верхнього торця поворотної п'яти (15) з нижнім торцем гільзи. Одночасно лапи-стояки (3,11) впираються в блок (13). Прикладаючи зусилля до важелів (5,10) створюють осьове зусилля в подовжувачі (2,4) який через п'яту (15) діє на гільзу (13) і витягає її з блока. Недоліком даного пристрою є те, що конструкція лап-стояків не гарантує співвісності подовжувача (2,4) і

гільзи (13), що може спричинити вихід п'яти за зовнішню циліндричну поверхню гільзи і впирання п'яти (13) в блок двигуна, а далі можливе пошкодження блока і гільзи яке супроводжується вискакуванням п'яти (15).

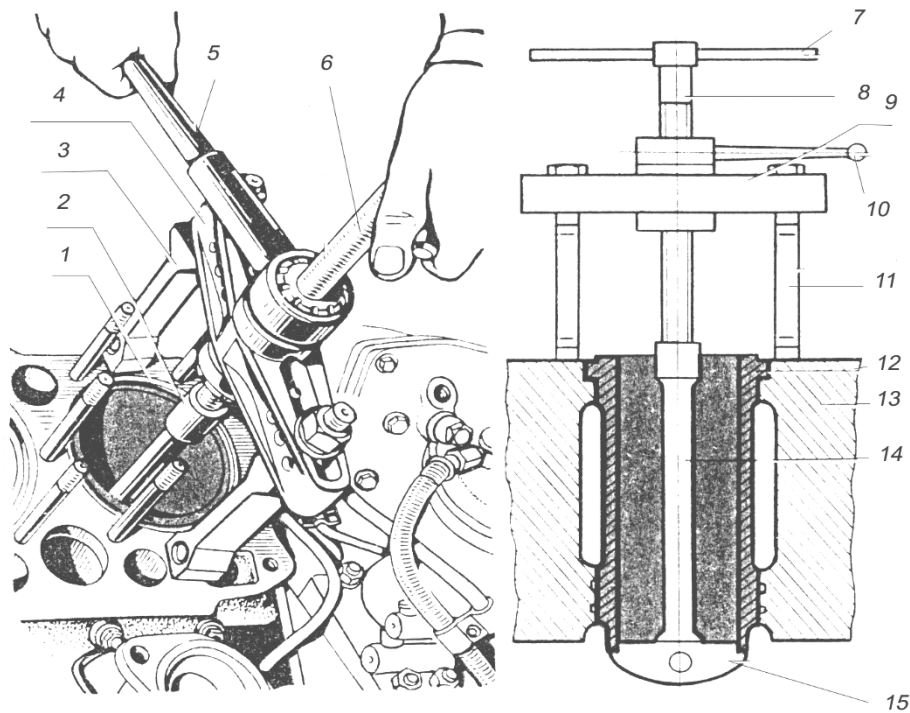


Рисунок 5.1 Механічний пристрій для демонтажу гільз циліндрів:

зліва: встановлення знімача на блок циліндрів; справа: схема демонтажу;  
1,12 – гільза блоку циліндра; 2,14 – подовжувач; 3,11 – лапа-стояк; 4,9 – траверса знімача; 5,10 – важелі приводу; 6,8 – силовий гвинт; 7- вороток; 13 – блок; 15 – поворотна п'ята.

Відома також конструкція пристрою зображеного на рисунку 5.2. який складається з важеля (1) який накручується на шток (2) розміщений в отворах опорної вилки (3), на нижньому кінці штока (2) шарнірно, за допомогою штифта закріплена п'ята (4).

Вивівши п'яту (4) з горизонтального положення встановлюють її в гільзу. Опорну вилку (3) розміщують симетрично до осі гільзи і переміщують шток (2) в отворах опорної вилки (3) до виходу п'яти (4) за нижній торець

гільзи до моменту прийняття п'ятою (4) горизонтального положення. Повертаючи ручку (1) переміщують шток (2) вгору до моменту контакту п'яти з нижнім торцем гільзи, а після цього продовжуючи обертати ручки (1) виводять гільзу із блока. Дана конструкція має недоліки аналогічні до попередньої так як не гарантує співвісності штока і гільзи а отже можливе встановлення п'яти в положення яке спричинить контакт з блоком або вискакування п'яти з зачеплення.

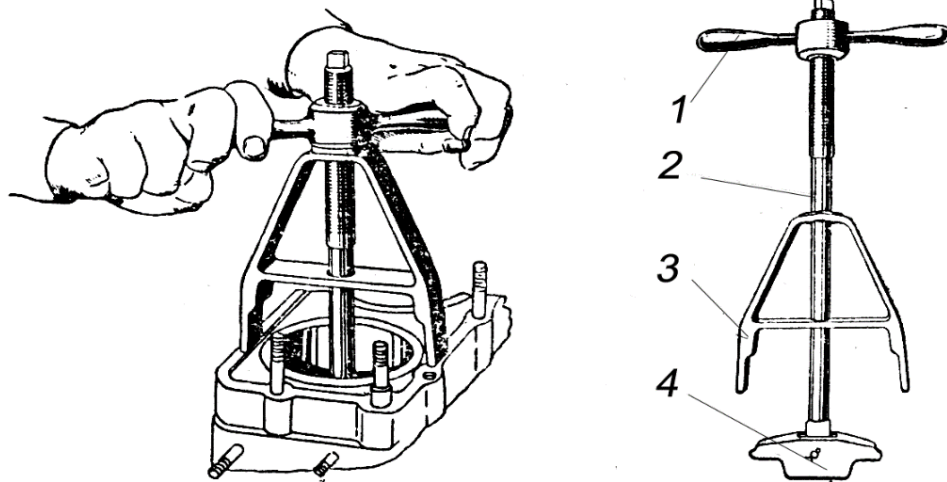


Рисунок 5.2 Пристрій для демонтажу гільз:

а) встановлення знімача на блок; б) пристрій для демонтажу гільз. 1- ручка;  
2- шток; 3- опорна вилка; 4- п'ята.

На рисунку 5.3 зображено знімач гільз який складається з: різьбового штока (1) в нижній частині якого встановленні шайба (2) і п'ята (3), які фіксуються на штоку (1) за допомогою труби (4) встановленої на втулках (5). На різьбовій частині штока (1) накручена муфта (9) з ручками для її обертання. Нижній торець муфти (9) через антифрикційну шайбу (10) впирається в опору (7) в нижньому торці якої розміщені штифти (6). В радіальному різьбовому отворі опори (7) вкручений гвинт (8) кінець якого розміщений в поздовжньому пазу штока (1). [3,4,9]

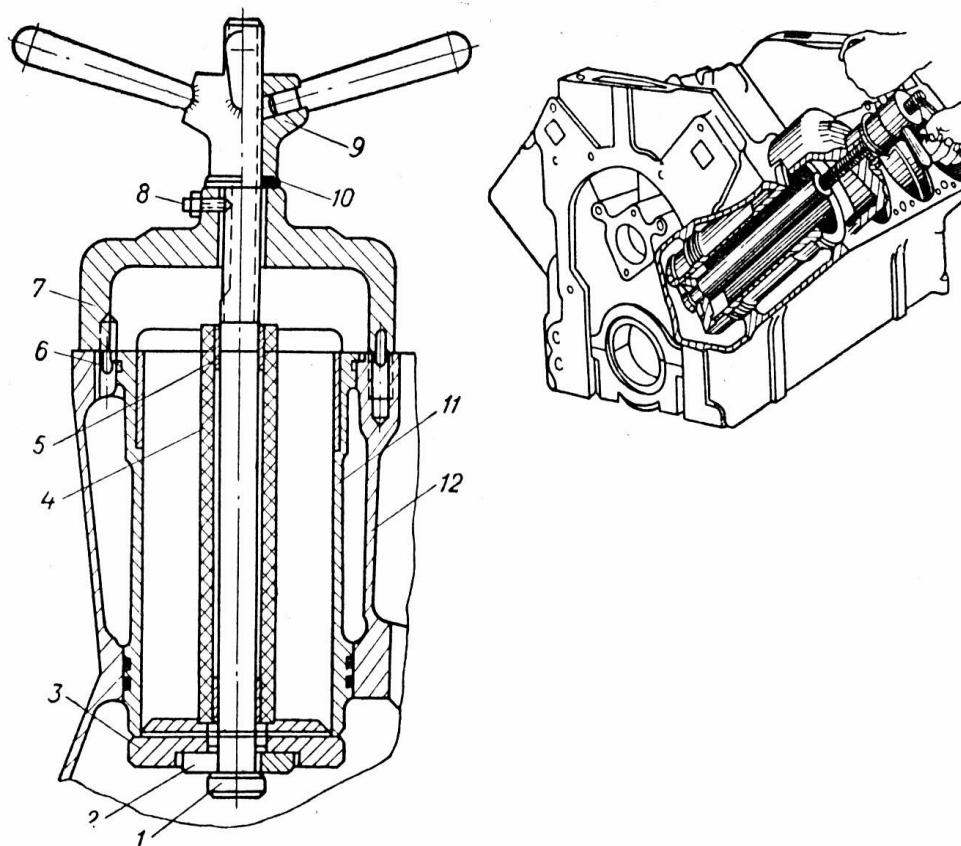


Рисунок 5.3. механічний гвинтовий знімач для демонтажу гільз:

- а) схема демонтажу; б) встановлення знімача на блок; 1- шток; 2- шайба;  
 3- п'ята; 4- труба; 5- втулка; 6- штифт; 7- опора; 8- гвинт; 9- муфта;  
 10 – антифрикційна шайба; 11 – гільза; 12- блок.

Працює даний знімач наступним чином [16]. П'ята (3) разом з штоком (1) на якому встановлена труба (4), яка центрує дану п'яту, встановлюються через нижню частину блока (12) в гільзу (11). Зверху на шток (1) встановлюється опора (7), штифти (6) якої вводяться у відповідні отвори блока (12). Від прокручування опора (7) відносно штока (1) фіксується гвинтом (8). Зверху на опору (7) встановлюється антифрикційна шайба (10) і накручується муфта (9), створюючи в штоку (1) осьове зусилля, що передається опорі (7) і п'яті (3) здійснюється переміщення гільзи вгору. На відміну від попередніх пристроїв даний пристрій забезпечує співвісність штока і гільзи але створює

певні незручності для роботи з ним. Наприклад, якщо двигун встановлений на автомобілі то для роботи з даним пристроєм потрібно двох виконавців, один з яких повинен знаходитися під автомобілем і вводити шток з п'ятою зі сторони нижнього торця гільзи, а другий повинен встановлювати на нього опору, антифрикційну шайбу і накручувати муфту.

Розробляючи в даному дипломному проєкті пристрій для демонтажу гільз ми ставимо собі за мету усунути вказані вище недоліки, а саме розробити таку конструкцію пристрою якій буде зручним для користування одним виконавцем і виключить в процесі роботи можливість пошкодження гільзи і блока, підвищить продуктивність праці і створить безпечні її умови.

## 5.2. Будова і принцип дії пристрою для демонтажу гільз

Пристрій для демонтажу гільз циліндрів складається з штока (3), в верхній частині якого нарізана різьба для накручування різьбової муфти (4) з двома ручками - важелями (20). В нижній частині штока за допомогою різьбового з'єднання прикріплена п'ята (9) на якій з можливістю радіального переміщення встановлені чотири захоплювачі (10), в пазах яких розміщені штифти (18), закріплені в отворах штока (3). Для примусового розведення захоплювачів (10) між ними і штоком радіально розміщені чотири пружини (13) з кроком  $90^{\circ}$ . Кінці пружин в радіальних отворах штока (3).

Для центрування пристрою в гільзі встановлена обойма, яка складається з двох кришок (8,9), чотирьох сухариків (7), які закріплені на обоймі за допомогою штифтів (зрізаних з двох сторін) (14) на кінцях яких нарізана різьба і накручені гайки (15) і встановлені шайби (16). Розходяться сухарики (7) під дією конуса (5) який підтискається пружиною (11) котра фіксується на штоку (3) за допомогою шайби (12) і штифта (17).

Стояк (2) має прорізи для шпильок блока двигуна і встановлюється на блок циліндрів. Опора (1) з'єднана з стояком (2) за допомогою зварного

з'єднання. У верхній частині опори (1) передбачено заглиблення під підшипник (19), який встановлюється також в нижню частину різьбової муфти (4).

Працює даний пристрій наступним чином. Пристрій підводиться до гільзи з попередньо встановленою різьбовою муфтою (4) в верхній частині штока (3). П'ята (6), на якій передбачена фаска для полегшеного заходу в гільзу входить в останню і здійснює початкове грубе центрування пристрою. Далі входять в гільзу захоплювачі (10), контактуючи при дальшому переміщенні вниз з внутрішньою поверхнею гільзи. При наближенні до торця гільзи сухариків (7) конус (5) відтягують вгору і переміщують пристрій вниз до повного заходження сухариків в гільзу. Далі відпускають конус (5) який під дією пружини (11) повертається в попереднє положення симетрично розводячи сухарики (7) які впираються в дзеркало гільзи і таким чином центрують пристрій відносно осі гільзи. Далі переміщуємо пристрій вниз поки захоплювачі (10) не вийдуть за нижній торець гільзи, після чого під дією пружин (13) вони розійдуться і притиснуться ступінчатою поверхнею в дзеркало гільзи захопивши її одночасно за торець. Стояк (2) під власною вагою переміщується вниз і опирається в площину роз'ємну блока. Шток (3) утримується нерухомо за рахунок притискання до дзеркала гільзи захоплювачів (10) і сухариків (7). Обертаючи за ручки (20) накручуємо різьбову муфту (4) до її контакту через підшипник з опорою (1). Дальше закручування різьбової муфти супроводжується переміщенням гільзи вгору до її повного виходу за межі посадочних місць в блоку.

Запропонована конструкція пристрою для демонтажу гільз дає змогу забезпечити співвісність осі штока і осі гільзи, застерігає від виведення захоплювачів за зовнішній діаметр гільзи, що робить неможливим пошкодження блока, зіскакування захоплювачів з торця гільзи, а отже не може привести до пошкодження самої гільзи. Дана конструкція є досить простою для виготовлення і буде надійною у використанні. Доукомплектування

пристрою змінними сухариками, захоплювачами п'ятами і опорами дає можливість використовувати пристрій для демонтажу гільз з двигунів різних марок і моделей в широкому діапазоні діаметрів і довжин гільз.

### 5.3. Розрахунок основних елементів пристрою на міцність

Під час демонтажу гільз циліндрів накладаються наступні умови: зусилля витягування – 2,5...4,0 кН, товщина кромки гільзи циліндра, в нижній частині, з якою контактують лапки – 2,5 мм, довжина виходу захоплювачів поза зовнішню поверхню гільзи в нижній частині – не більше 2,0 мм, зусилля, яке прикладає робітник до ручки знімача в межах 100...200 Н.

Проводимо розрахунок основних елементів пристрою для демонтажу гільз які з точки зору функціонального аналізу піддаються дії навантажень і можуть бути пошкодженими або зруйнованими. Найбільші напруження будуть виникати у різьбовій парі різьбовий стержень штока – різьбова муфта, різьбовий стержень штока – п'ята та у поперечних січеннях штока де розміщені такі конструктивні елементи як пази і радіальні отвори.

Визначаємо діаметр штока із умови міцності на розтяг [5]:

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \leq [\sigma]_p \quad (5.1)$$

де  $F$  – зусилля необхідне для витягування, Н;

$A$  – площа поперечного перерізу штока, мм<sup>2</sup>;

$[\sigma]_p$  – допустиме напруження на розтяг, мПа

Приймаємо матеріал штока Ст3 для якого  $[\sigma]_p = 90$  мПа

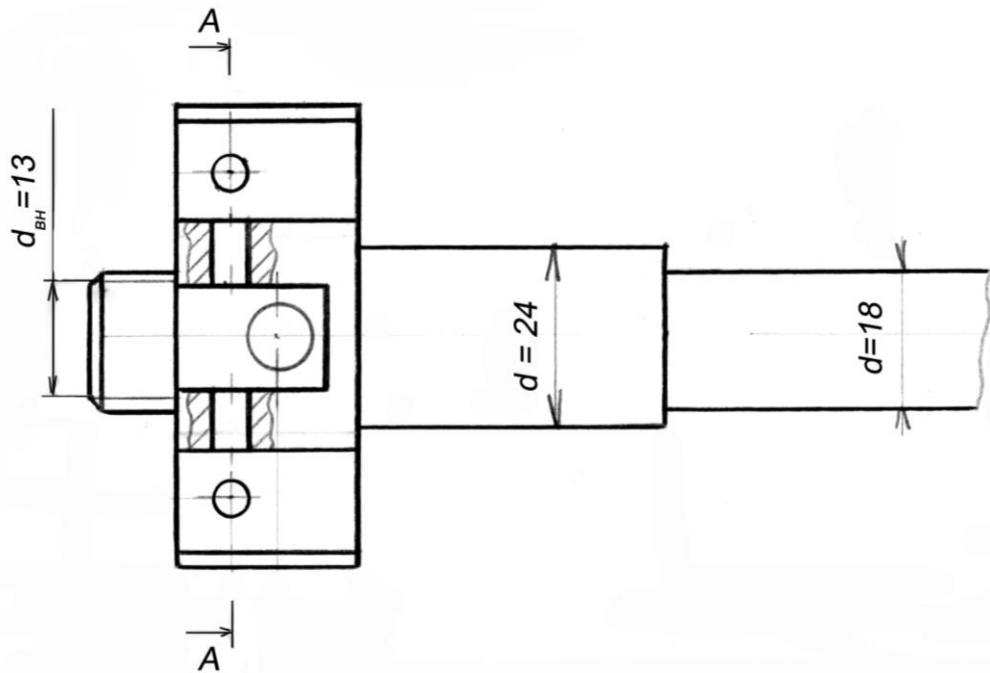
Площа поперечного перерізу штока визначається з виразу:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}; \text{мм} \quad (4.2)$$

де  $d$  – діаметр штока, мм



Визначаємо діаметр штока з формули (5.1) підставивши в неї формулу (2.2), після перетворень отримаємо вираз:



A-A

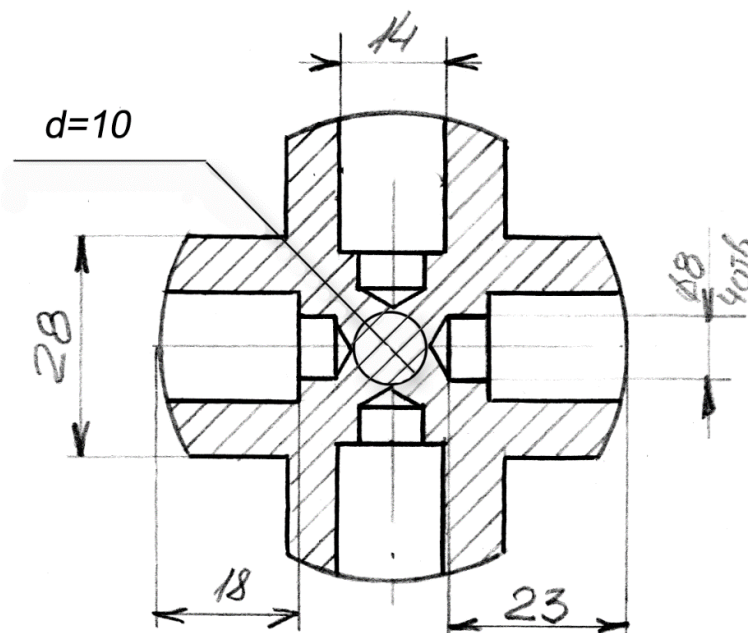


Рисунок 5.4 Схема для розрахунку штока

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma]_p}}, \text{ мм} \quad (5.3)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 4000}{3,14 \cdot 90}} = 7,5 \text{ мм}$$

Отже, в небезпечному перерізі, а це буде різьбова частина і місця в яких є пази та радіальні отвори площа поперечного перерізу штока повинна бути не меншою в порівнянні з січенням діаметром 8мм. Приймаємо, що на штоку буде різьба М18.

Розраховуємо захоплювачі виходячи з умови міцності на зріз [6]:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A} \leq [\tau]_{зр} \quad (5.4)$$

де  $A$  – площа зрізу, мм<sup>2</sup>

$$A = Z \cdot h \cdot b, \text{ мм}^2 \quad (5.5)$$

де  $Z$  – кількість захоплювачів;

$h$  – висота захоплювача в місці зрізу; мм;

$b$  – ширина захоплювача в місці зрізу; мм;

$[\tau]_{зр}$  – допустиме напруження на зріз, мПа

Приймаємо матеріал лапки Ст. 3 для якої  $[\sigma]_{зр} = 150$  мПа

$$\tau_{зр} = \frac{4000}{4 \cdot 8 \cdot 6,5} = 19,2 \text{ мПа}$$

Отже, умова міцності захоплювачів на зріз  $\tau_{зр} < [\tau]_{зр}$  задовольняється, так як  $19,2 < 150$  мПа.

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності:

$$S = \frac{[\sigma]_{зр}}{\tau_{зр}} \quad (5.6)$$

$$S = \frac{150}{19,2} = 7,8$$

Для наших умов цей показник є досить високим.

Розраховуємо захоплювачі на зминання, виходячи з умови:

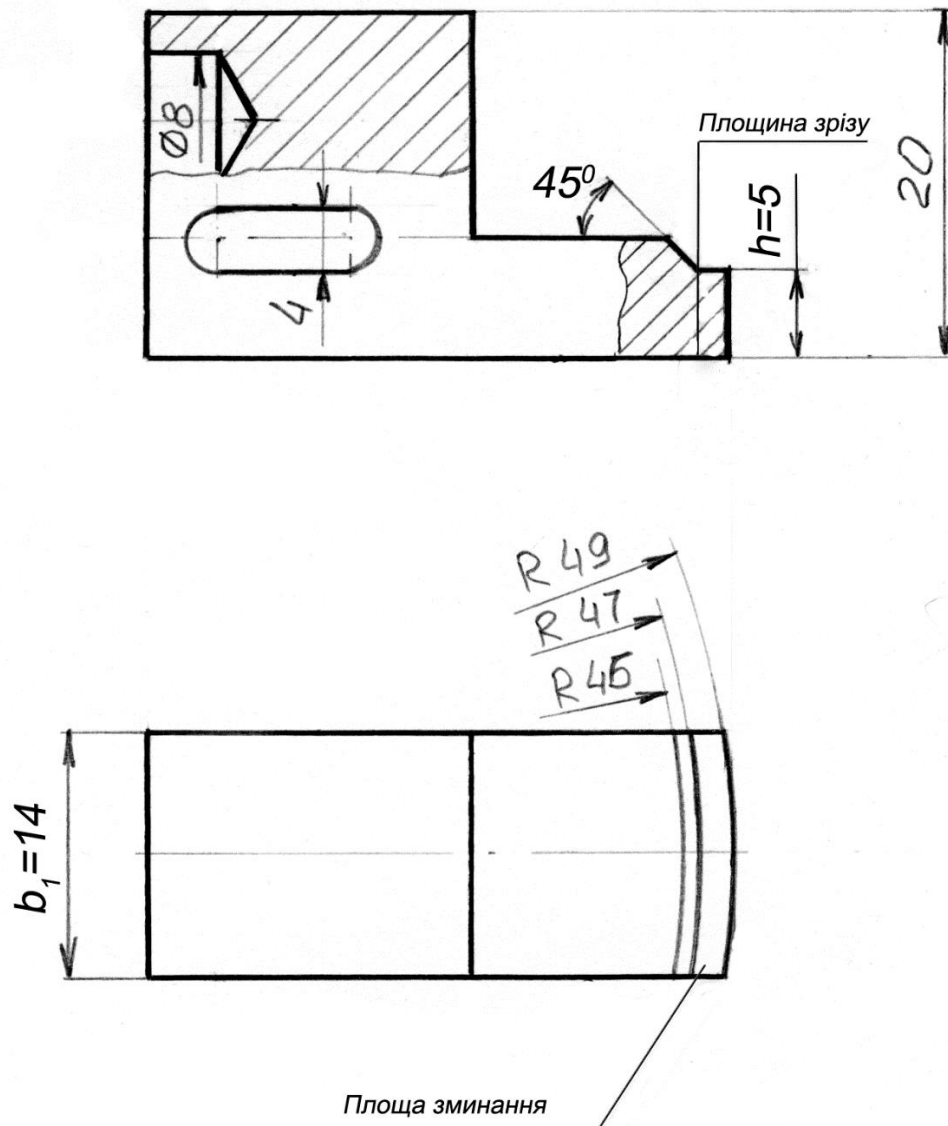


Рисунок 5.5 Схема для розрахунку параметрів захоплювачів

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{A} \leq [\sigma]_{зм} \quad (5.7)$$

де  $A$ - площа що підлягає зминанню, мм<sup>2</sup>

$$A = l_1 b_1 z, \text{ мм}^2 \quad (5.8)$$

де  $[\sigma]_{зм}$  – допустиме напруження на зминання яке для Ст3 має наступне значення  $[\sigma]_{зм}=135\text{МПа}$

$l_1$  - довжина відрізка зминання захоплювача, мм;

$b_1$  – ширина захоплювача в місці зминання, мм;

$z$  – кількість лапок

Підставивши формулу (5.8) в формулу (5.7) отримаємо [6]:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{L_1 \cdot b_1 \cdot z}, \text{ мПа} \quad (5.9)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{4000}{9 \cdot 2,5 \cdot 4} = 49,8 \text{ мПа}$$

Отже, умова міцності на зминання задовольняється, оскільки  $\sigma_{зм} < [\sigma]_{зм}$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності при зминанні лапки:

$$S = \frac{[\sigma]_{зм}}{\sigma_{зм}} \quad (5.10)$$

$$S = \frac{135}{49,8} = 2,71$$

Для наших умов значення коефіцієнту запасу міцності задовільний.

Визначаємо необхідну довжину ручки на підставі нормованого зусилля яке прикладатиме робітник.

Приймаємо різьбу штока М18 з середнім діаметром  $d_{сер} = 16,376$  мм; кроком  $t = 2,5$  мм.

Визначаємо момент, який необхідно прикласти до ручок для накручування різьбової муфти [5]:

$$T = F(0,5 \cdot d_{сер} \cdot tg(\lambda + \rho) + f \cdot R_{36}), \text{ Нм} \quad (5.11)$$

де  $F$  – сила необхідна для витягування гільзи, Н;

$d_{сер}$  – середній діаметр нарізі, м;

$\lambda$  – кут підйому нарізі:

$$\lambda = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi \cdot d_{сер}} \quad (5.12)$$

$t$  – крок різьби, мм

$$\lambda = \operatorname{arctg} \frac{2,5}{3,14 \cdot 16,376} = 2^{\circ} 78'$$

$\rho$  – приведений кут тертя:

$$\rho = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \alpha} \quad (5.13)$$

$\alpha$ - половина кута профілю різьби,  $\alpha=15^{\circ}$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя сталі по сталі,  $f=0,16$ .

$$\rho = \operatorname{arctg} \frac{0,16}{\cos 15} = 9,4$$

$R_{зг}$  – зведений радіус сил тертя на площині торця гайки.

$$R_{зг} = 0,7d, \text{ мм} \quad (5.14)$$

де  $d$  – діаметр різі, мм

$$R_{зг} = 0,7 \cdot 18 = 12,6 \text{ мм}$$

$$T = 4000 (0,5 \cdot 0,016376 \cdot \operatorname{tg}(2^{\circ} 78' + 9^{\circ} 4') + 0,16 \cdot 0,0126) = 20,5 \text{ Нм}$$

Визначаємо довжину ручки з виразу [5]:

$$T = F_p \cdot l; \text{ Нм} \quad (5.15)$$

де  $F_p$  – сили, яку прикладає робітник,  $F_p = 100 \dots 200$  Н;

$l$  – довжина ручки, м

$$l = \frac{T}{F_p}, \text{ м} \quad (5.16)$$

$$l = \frac{20,5}{150} = 0,136 \text{ м}$$

Приймаємо ручку циліндричної форми з важелем довжиною 155 мм.

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Проблема поліпшення умов праці безпосередньо пов'язана з санітарно-побутовими умовами, режимом роботи і медичним обслуговуванням працівників, організацією відпочинку, харчування та інших факторів.

Збитків, яких сьогодні завдає виробничий травматизм і професійні захворювання на виробництві, можна позбутися за рахунок розробки спеціальних заходів додержання вимог трудового законодавства, спеціальних нормативних та інших документів, а також впровадження в виробництво найновіших досягнень науки і передового досвіду з охорони праці.

### 6.1 Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів

Технологічний процес заміни деталей і вузлів автомобілів під час їх ремонту включає наступні операції: ► миття і очищення деталей, вузлів та кріпильних деталей; ► допоміжні операції для створення доступу до деталей; ► готування і встановлення технологічного обладнання; ► виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів: ► контроль технічного стану вузлів та деталей; ► транспортування знятих вузлів деталей для їх заміни [7].

У процесі виконання вище перелічених операцій можуть виникати такі травмонебезпечні ситуації:

□ під час 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 відколин, зазубрин, гострих країв і стружки; ○ падіння, інструментів деталей і складальних одиниць; ○ зіскакування ключів з граней гайок

□ підготовка і встановлення технологічного обладнання: ○ намотування одягу на обертові деталі обладнання; ○ затискання одягу або частин тіла елементами обладнання; ○ перекидання обладнання і падіння його на присутніх; ○ наїзд мобільним обладнанням на виконавців робіт або на інших присутніх осіб

□ виконання основних операцій заміни деталей і вузлів: ○ наявність на деталях відколи, зазубрин і стружки; ○ зіскакування ключів з граней гайок: ○ падіння деталей і складальних одиниць

□ під час контролю технічного стану вузлів та деталей: ○ випадання з рук мірного інструменту та пристроїв для дефектування; ○ неправильне використання інструментів та пристроїв

□ під час транспортування знятих вузлів і деталей: ○ 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.

Небезпечні умови операції (НУ): ■ 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): ◇ розбрикування 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.

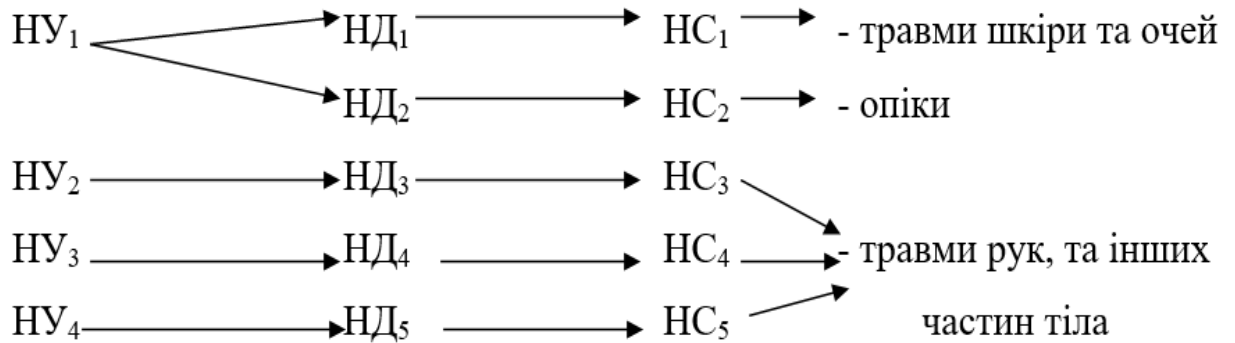


Рисунок 6.1 – Модель процесу заміни агрегатів та вузлів вантажних автомобілів

6.2 Основні вимоги правил безпеки праці під час ремонту агрегатів вузлів автомобілів та заходи для застереження нещасних випадків

Зняті під час розбирання вузли і деталі потрібно укладати на спеціально встановлені стелажі, столи, підставки розташовані так, щоб залишилось місце для безпечної роботи і проходу. Верстаки, монтажні столи, підставки та інше обладнання повинно бути стійким від перекидання від ваги об'єкту ремонту та від прикладеної робітником сили, а їх робочі поверхні з дерева, повинні бути покритими металевим листом. Якщо верстаки встановлені поблизу проходів або звернені до інших робочих місць чи один до одного, то між ними потрібно встановити захисну стінку висотою не менше 600 мм над поверхнею столу (наприклад з густої металеві сітки) [7, 25].

Однією з найбільш непривабливих складових частин процесу ремонту машин є їх очищення та миття. Мийні роботи, як правило, виконують із застосуванням мийних розчинів, що містять луги а також вогнебезпечні та

гарячі розчини, які швидко випаровуються. Робітники під час виконання таких робіт повинні користуватися спецодягом, окулярами, рукавицями, а при потребі респіраторами. Відкриті ділянки шкіри попередньо потрібно обробляти захисними пастами і кремами. Необхідно проводити інтенсивне вентильовання приміщень мийного відділення та робочих місць де такі роботи виконуються. Особливу увагу потрібно приділяти зберіганню на робочих місцях використовуваного для витирання деталей ганчір'я та знятих захисних матеріалів, які повинні зберігатися у металевій тарі, яка встановлюється в зоні недоступній для сонячного проміння, джерел тепла та іскроутворення.

В даний час основну частку трудомісткості ремонту складає розбирання-складальні, операції які в більшості випадків виконуються вручну і значно рідше з використанням механізованих інструментів. Отже головне завдання техніки безпеки полягає у контролі за правильністю організації робочих місць, технічним станом інструментів та засобів механізації процесів розбирання і складання. Під час розбирання та складання пресових з'єднань використовувати лише інструменти відповідного типорозміру, спеціальні знімачі та інші пристрої, справні молотки, молоти, зубила, вибивачі, кернери, напрямні, і інші інструменти, постійно слідкуючи за цілісністю їх ручок, відсутністю у молотків, кернерів, пошкоджень на ударних і робочих поверхнях. Під час виконання слюсарних робіт потрібно пам'ятати, що хвостовики напилків, шаберів, ручки ножівок і інших аналогічних інструментів повинні бути надійно заправлені в дерев'яну ручку з металевим кільцем. Слюсарно – механічні роботи з використанням відрізних та шліфувальних кругів, встановлених на шпинделях з пневматичним та електричним приводом, потрібно виконувати в спецоязі, рукавицях і респіраторі.

Основні правила техніки безпеки для верстатників наступні: під час роботи на токарних верстатах заборонено використовувати спрацьовані або несправні центри, притримувати рукою відрізувану деталь, обробляти довгі

деталі без люнета, працювати без захисних огорожень, залишати ключ в затискному патроні, зачищати деталі під час обертання шпинделя шліфувальним папером вручну без спеціальних тримачів, прибирати стружку з верстата під час його роботи, або руками без рукавиць, здувати її струменем стисненого повітрям.

Під час роботи на свердлувальних верстатах забороняється притримувати деталі руками, закріплювати деталь під час роботи верстата, зупиняти шпиндель руками. На шліфувальних і точильних верстатах не допускати ударів по кругу, використання круга з розколами та надломами, стояння навпроти круга під час роботи верстата, працювати на верстатах не оснащених гідравлічними вловлювачами пилю, підручниками для утримування деталей, прозорими захисними щитками. Після заміни круга потрібно надійно закріпити кожухи, перевірити роботу верстата на холостому ходу протягом трьох хвилин та при потребі провести балансування круга.

Під час проведення електрозварювальних робіт потрібно слідкувати за надійним заземленням обладнання. Електрокабелі не можуть мати пошкоджень ізоляції. Зварювання проводити не ближче як 5 метрів від горючих матеріалів, предметів. Особливу небезпеку становлять роботи з тарою з під паливо-мастильних матеріалів які необхідно промити розчином каустичної соди або продути гарячою водяною парою, чи витримати у відпрацьованих газах двигунів не менше трьох годин, а зварювати тільки при відкритих горловинах. Біля поста зварювальника повинні бути протипожежні засоби, захисні щити від випромінюючої дії дуги.

На робочих місцях повинні бути аптечки укомплектовані засобами першої допомоги, які постійно поповнюються витраченими медичними препаратами і засобами, а також проводиться заміна препаратів, що втратили термін придатності.

На робочих місцях постійно поновлювати наочну інформацію з питань охорони праці, утримувати в належному стані документацію проведення

інструктажів, вести постійну роботу з усіма працівниками, запроваджувати в дію вимоги нових нормативних документів з охорони праці, техніки безпеки, пожежної безпеки та виробничої санітарії.

### 6.3 Пожежна безпека

На запропонованому робочому місці заміни коробок передач вантажних автомобілів пропонуємо встановити пожежний щит, укомплектований необхідним інвентарем і скриню для піску. У майстерні повинні бути крани на водяній мережі із пожежними рукавами і брандспойтами, а недалеко від майстерні повинен бути пожежний резервуар з безперешкодним під'їздом, при будь яких погодних умовах [7,25].

На робочому місці повинно бути оснащення для подачі сигналу у випадку виникнення пожежі. майстерня повинна бути обладнана відповідною сигналізацією і телефоном, щоб можна було своєчасно викликати пожежну охорону. Автомобіль який знаходяться на робочому місці повинен мати справні пристрої для його буксирування на яких одним боком повинен бути закріплений жорсткий буксир.

Для своєчасного запобігання та ліквідації пожежі потрібно передбачити комплекс заходів організаційно-технічного і протипожежного напрямку, зокрема: а) заняття з працівники майстерні з питань уникнення пожежонебезпечних ситуацій; б) дотримання вимог пожежної безпеки; в) набуття навиків у діях, відповідно табелю бойового розрахунку на випадок пожежі; г) систематичне поновлення і поповнення засобів пожежогасіння.

## 7. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ГВИНТОВОГО ЗНІМАЧА ГІЛЬЗ

Розрахунковий економічний ефект визначаємо за формулою [1]:

$$E_p = B_p - Z_p, \text{ грн.} \quad (7.1)$$

де  $B_p$  – вартісна оцінка результатів, які отримані за розрахунковий період, грн.:  $Z_p$  – вартісна оцінка витрат, що пов'язані з використанням знімача гільз, грн.

Вартісна оцінка результатів за рік використання визначається за формулою [1]:

$$B_t = C_t \times A_t \times P_t, \text{ грн.} \quad (7.2)$$

де  $C_t$  – економія коштів на демонтажі гільз:  $A_t$  – кількість одиниць використовуваного обладнання в даному році,  $A_t = 1$ :  $P_t$  – річна продуктивність одного обладнання, шт.

Економію коштів на відновленні демонтажі гільз визначаємо з виразу [1]:

$$C_t = e_1 + e_2, \text{ грн.} \quad (7.3)$$

де  $e_1$  – економія коштів на оплаті праці, грн.:  $e_2$  – економія коштів за рахунок скорочення тривалості простою трактора в ремонті, грн.

Економію коштів за рахунок зменшення оплати праці визначаємо за формулою [1,2]:

$$e_1 = c_{np} \times (t_1 - t_2), \text{ грн.} \quad (7.4)$$

де  $c_{np}$  – середня годинна тарифна ставка робітника зайнятого на відновленні диска муфти зчеплення,  $c_p = 55$  грн. год.:  $t_1$  - середня тривалість заміни гільз в даний час,  $t_1 = 0,58$  год.;  $t_2$  – середня заміни гільз з використанням розробленого обладнання,  $t_2 = 0,46$  год.

Економію коштів за рахунок скорочення тривалості простою тракторів визначаємо за формулою:

$$e_2 = v_n \times (t_1 - t_2), \text{ грн.} \quad (7.5)$$

де  $v_n$  – мінімальні втрати від години простою трактора,  $v_n = 500$  грн./год.

Підставивши відповідні значення у формулу (7.4) і (7.5) отримаємо:

$$e_1 = 55 \times (0,58 - 0,46) = 6,6 \text{ грн.}$$

$$e_2 = 500 \times (0,58 - 0,46) = 60 \text{ грн}$$

Тоді середня економія коштів на заміні гільз в 2025 році становитиме

$$Ц_t = 6,6 + 60 = 66,6 \text{ грн.}$$

Загальну кількість запланованих заміни гільз приймаємо за середнім значенням розрахунків отриманих з використанням формул (4.4) (4.5)

$$П_t = 91 \text{ шт.} \quad (7.6)$$

де  $\Phi_{до}$  – дійсний фонд робочого часу обладнання в одну зміну,  $\Phi_{до} = 1640$  (згідно розрахунків в розділі 4)

Підставивши отримані значення у формулу (7.2) визначаємо вартісну оцінку результатів

$$B_{t2025} = 66,6 \times 1 \times 91 = 6060,6 \text{ грн.}$$

Вартісну оцінку витрат включає: вартість виготовлення конструкторської документації, вартість виготовлення технологічної документації, вартість основних матеріалів та комплектуючих, вартість виготовлення деталей, вартість складання, випробування та налагодження обладнання, вартість проведення організаційно-підготовчих робіт для запровадження обладнання у виробництво. Приймаємо для розрахунків вартість витрат по першому року рівною 4600 грн,  $З_{2025} = 4600$  грн

Приймаємо термін служби обладнання даного типу,  $T = 6$  років

Значення коефіцієнт приведення до розрахункового року  $\alpha_t$  подано в таблиці 7.1

Вартість витрат для наступних років становитиме [1]:

$$З_t = З_{2026} \times \alpha_t \times 0,10, \text{ грн}$$

$$З_{2026} = 4600 \times 0,9091 \times 0,10 = 4181,66 \text{ грн}$$

Підставивши отримані значення у формулу (7.1) визначаємо річний економічний ефект за результатами першого 2025 року використання пристрою для заміни гільз

$$E_{p2025} = 92534,6 - 745,46 = 91789,1 \text{ грн}$$

Результати розрахунків для решти років заносимо в таблицю 7.1

Таблиця 7.1 - Показники економічної ефективності від використання гвинтового знімача гільз

Показники	Роки використання пристрою						Разом
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
П <sub>t</sub> - річна програма, шт.	91	91	91	91	91	91	546
Ц <sub>t</sub> -економія коштів, грн.	66,6	60,5461	55,0382	50,0366	45,4878	41,3519	
α <sub>t</sub> - коефіцієнт приведення до розрахункового року	1	0,9091	0,8264	0,7513	0,683	0,6209	
В <sub>t</sub> -вартісна оцінка результатів, грн.	6060,6	5509,69	5008,48	4553,33	4139,39	3763,03	29034,5
З <sub>t</sub> - вартісна оцінка витрат, грн.	4600	745,46	380,144	345,59	314,18	285,61	6671
Е <sub>t</sub> -економічний ефект, грн.	1460,6	4764,23	4628,34	4207,73	3825,21	3477,41	22363,5

З таблиці 7.1 бачимо, що сумарний економічний ефект становитиме понад 22,3 тис грн.

Строк окупності даного обладнання визначаємо з виразу [1]:

$$t_{ок} = (\sum Z_i / \sum E_i) \times 6, \text{ років} \quad (7.9)$$

$$t_{ок} = 6671 / 22,363,5 \times 6 = 1,75 \text{ року}$$

Отже, строк окупності обладнання буде трохи більшим 21 місяця.

## ВИСНОВКИ

1. Загальний аналіз конструкцій дизельних двигунів показав основні подібності і відмінності двигунів різних марок і модифікацій, що дає висновок про доцільність створення робочих місць для ремонту двигунів певної лінійки. Це дасть змогу оптимізувати кількість інструментів і оснащення і сприятиме фаховій підготовці виконавців робіт

2. Розгляд основних несправностей тракторних дизельних двигунів свідчить, що за умови дотримання технічних умов експлуатації загальний ресурс двигуна визначається технічним станом поршнів, кілець і гільз, тобто деталей, що працюють в умовах дії великих навантажень, високих температур та під дією сил тертя

3. Основні лінійки розмірів гільз найбільш поширених марок дизельних двигунів дають можливість стверджувати, що їх подібність сприятиме груповим методам ремонту.

4. Будова і принцип дії запропонованого пристрою для демонтажу гільз свідчать про його реальну працездатність під час демонтажу гільз із забезпеченням чіткого встановлення захоплювачів на нижній торець гільзи з надійною фіксацією і виключенням можливості пошкодження.

5. Доцільність виготовлення і використання запропонованого пристрою підтверджується розрахунковим економічним ефектом, який становитиме понад 22,3 тис грн



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аветісян В.К., Бантковський В.А., Луценко А.П., Польотов В.А., Рижов В.Г. Економіка ремонтного підприємства; За ред.. В.К. Аветісяна – Харків, ХНТУСГ, 2005 – 389 с
2. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: Підручник. 2-е вид., доп. і перероблене. / В.Г. Андрійчук. К.: КНЕУ, 2002. 624с.
3. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом "Агрономія" / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – К.: Урожай, 2002. – 324с.
4. Будова автомобіля і трактора. Частина 3. (Трансмісія, механізми керування, ходова частина). Посібник до лабораторних робіт: для студентів технологічного факультету / Укл. Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.С., Бивалькевич Л.М. – Чернігів: ЧНПУ, 2015. – 108 с.
5. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 275 с.
6. Деталі машин. Розрахунок та конструювання: підручник. Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов, О. І. Дубинець, О. І. Пилипенко, А. В. Гайдамака, С. Л. Панов, А. С. Столбовий. – Київ : Талком, 2014. – 684 с.
7. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Л.: Афіша. – 2005. – 320 с
8. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. К44 Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 6-те вид. - К.: Либідь, 2006. — 400 с.
9. Коваленко В. М. К56 Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. — Київ : Літера ЛТД, 2017. — 224 с.

10. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. Підручник. Луцьк: ЛДТУ, 2001.- 564 с.
11. Лебедев А.Т. та інші «Трактори та автомобілі» ч.1 «Автотракторні двигуни» ,К; Вища школа 2000р.; с.7-9.
12. Лебедев А.Т. та інші «Трактори та автомобілі» ч.3 «Автотракторні двигуни» ,К; Вища школа 2000р.; с.9-13.
13. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с
14. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2/ Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., та інші/ За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. - Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018 - 491с.
15. Ремонт машин. Моделювання процесів розбирання і складання об'єктів ремонту. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічних курсових та дипломних робіт для студентів факультету механіки та енергетики спеціальностей 7.091902, 8.091902 "Механізація сільського господарства" / Чухрай В.Є. - Львівський нац. аграр. ун-т, 2008.-31 с
16. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: підручник / [Сідашенко О.І та ін.]. за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. К.: Агроосвіта, 2014. -665с.
17. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій./ Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Лузан С.О. та інші. Навч. Посібник - Харків: ХНТУСГ, 2017. - 361 с.
18. Тіщенко Л. М. Т 11 На допомогу фермерам. Практичні поради сервісу двигунів сільгосптехніки. / Л. М. Тіщенко, А. Т. Лебедев, О. І. Сідашенко, С. О. Харченко, А. М. Антипенко, М. Г. Макаренко, О. М. Макаренко, Ю. М. Кулаков, П. С. Сиромятников, С. П. Сорокін, І. О.

Шевченко, М. Л. Шуляк. За ред. Л. М. Тищенко - Харків.: «Міськдрук», 2014, - 224 с.

19. Чухрай В. Є. Обґрунтування технологічних параметрів обладнання для операцій розбирання-складання машин в умовах ремонтної бази їх власників. Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 83. Наукове видання. Глеваха, 2000 – с. 234-238.

20. Чухрай В.Є. Визначення кількості можливих варіантів послідовностей виконання операцій розбирання об'єкта ремонту/Інженерія аграрного виробництва у вимірах бережливості. Колективна монографія / За ред. О.Д.Семковича, О.В.Сидорчука, І.М. Флиса, С.Й.Ковалишина. Львів: Львів. держагроуніверситет.2006. - С. 267-290

21. Чухрай В.Є. Киричинська І.Б. Розрахунок кількості варіантів послідовності виконання операцій розбирання об'єктів ремонту / Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. / Львів: Львівський держ. аграр. ун-т. 2006.- №10. –С 189-196.

22. Чухрай В.Є. Оптимізація процесів розбирання і складання об'єктів ремонту. Вісник аграрної науки. – 2006 Спеціальний випуск, серпень . – С. 114-121

23. Чухрай В.Є. Рис В.І /Розбирання і складання спряжень з натягом // Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи/ Львів. держ. аграр. університет, 2004.-14с.

24. Шкельов Л. Т. та ін. Опір матеріалів: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / Л. Т. Шкельов, А. М. Станкевич, Д. В. Пошивач.– ЗАТ «Віпол», 2011.– 456 с.

25. Ярошевская В.М., Чабан В.Й. Охорона праці в галузі. Навч. Посібник. – К.: ВД «Професіонал». – 2004. – 288 с

26. <http://imesg.gov.ua>. Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» [Електронний ресурс

27. <http://naas.gov.ua/> Національна академія аграрних наук України  
[Електронний ресурс]