МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Підвищення експлуатаційної надійності дизельних двигунів шляхом розробки технології відновлення гільз циліндрів способом спрямованої термомеханічної деформації»

Виконав: студент _4 курсу, групи 42-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Тертичний Вадим Олегович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Тертичному Вадиму Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Підвищення експлуатаційної надійності дизельних двигунів шляхом розробки технології відновлення гільз циліндрів способом спрямованої термомеханічної деформації»
керівник проекту Дідур Володимир Володимирович, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129
2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.
3. Вихідні дані до проекту: конструктивні особливості гільз циліндрів; умови роботи гільз циліндрів; основні дефекти гільз циліндрів; вимоги до технічного стану гільз під час ремонту
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.
5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; технологічний процес відновлення гільз циліндрів термопластичним деформуванням; напрями удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту МТП; будова та принцип роботи пристрою; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025	
2.	Розділ 1. Характеристика гільз циліндрів	19.11.2025 .	
3.	Розділ 2. Конструкційно-технологічна частина	18.12.2025 .	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 .	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 .	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 .	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 .	

Студент _____ Тертичний В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Дідур В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ 5
1.1 Призначення гільз циліндрів двигуна КамАЗ-740 5
1.2 Конструктивні особливості гільз циліндрів 6
1.3 Умови роботи гільз циліндрів 7
1.4 Основні дефекти гільз циліндрів 7
1.5 Вимоги до технічного стану гільз під час ремонту 8
2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 10
2.1 Вибір і обґрунтування раціонального способу відновлення гільз циліндрів 10
2.2 Технологічний процес відновлення гільз циліндрів термопластичним деформуванням 12
2.3 Визначення режимів механічної обробки гільз циліндрів і розрахунок технічної норми часу 14
2.4 Проєктування дільниці відновлення 18
2.5 Призначення та будова пристосування для закріплення гільзи циліндра двигуна 21
2.6 Принцип роботи пристосування 21
2.7 Розрахунок елементів пристосування для закріплення гільзи циліндра 22
3 ОХОРОНА ПРАЦІ 28
3.1 Загальні вимоги охорони праці на ділянці відновлення гільз циліндрів 28
3.2 Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих факторів 28
3.3 Вимоги безпеки під час дефектації та підготовки гільз до відновлення 29
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 32
4.1 Розрахунок додаткових капітальних вкладень 32
4.2 Розрахунок собівартості відновлення гільз циліндрів та економічної ефективності роботи 35
ВИСНОВОК 38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 39

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

1.1 Призначення гільз циліндрів двигуна КамАЗ-740

Гільза циліндра є однією з основних деталей циліндро-поршневої групи дизельного двигуна КамАЗ-740. Вона формує робочу поверхню циліндра, по якій переміщується поршень із компресійними та маслознімними кільцями, забезпечує герметизацію камери згоряння, сприймає тиск газів під час робочого ходу та передає теплоту від зони згоряння до системи охолодження двигуна [1, 2].

У двигуні КамАЗ-740 гільзи працюють у складних умовах: за високих температур, значних змінних механічних навантажень, дії продуктів згоряння палива, мастильного матеріалу та охолоджувальної рідини. Через це до них висуваються підвищені вимоги щодо зносостійкості, точності геометричної форми, якості внутрішньої поверхні, теплопровідності та стабільності розмірів у процесі експлуатації [3, 4].

За даними технічних характеристик гільз для двигунів КамАЗ сімейства 740, внутрішній діаметр окремих модифікацій становить близько 120 мм, зовнішній діаметр — близько 130 мм, довжина — близько 200 мм, а матеріалом є зносостійкий чавун; також застосовується фосфатування поверхні для поліпшення утримання мастила . Окремі постачальники наводять для гільз КамАЗ-740 інші конструктивні розміри залежно від модифікації, зокрема довжину 224 мм, зовнішній діаметр 134 мм і діаметр за буртом 146 мм, що підтверджує необхідність уточнення параметрів за конкретним каталожним номером деталі .

Гільза циліндра забезпечує не лише напрямний рух поршня, а й бере участь у формуванні теплового режиму двигуна. Від її технічного стану залежить компресія, витрата мастила, рівномірність роботи двигуна, токсичність відпрацьованих газів, паливна економічність і довговічність усього кривошипно-шатунного механізму. Порушення геометрії внутрішньої поверхні, поява овальності, конусності, задирів або тріщин призводять до погіршення ущільнення між поршневими кільцями та дзеркалом циліндра, що знижує потужність двигуна і збільшує витрати на ремонт (рис. 1.1) [4, 5].

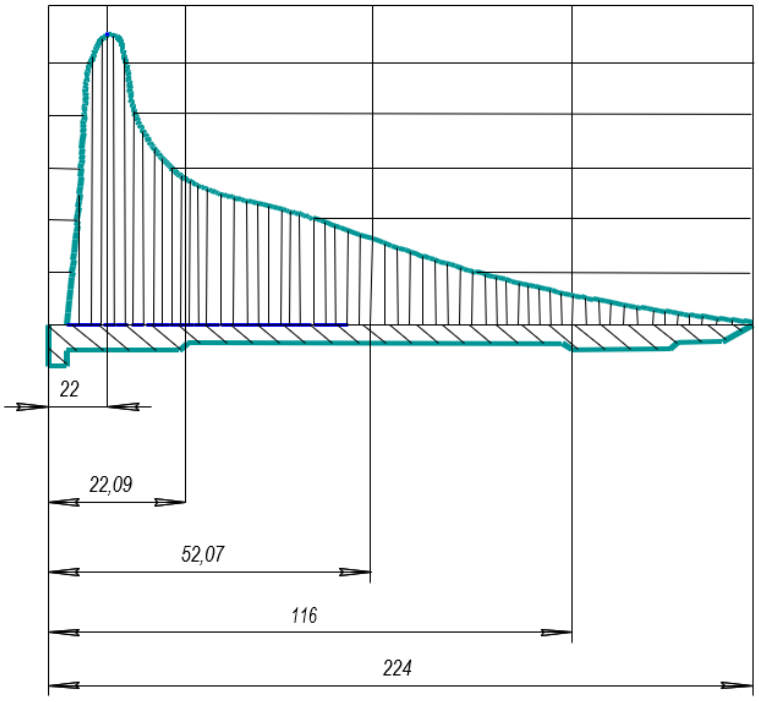


Рисунок 1.1 – Знос гільзи циліндра КамАЗ-740

1.2 Конструктивні особливості гільз циліндрів

Гільзи двигуна КамАЗ-740 належать до змінних деталей циліндро-поршневої групи. Їх використання дає змогу відновлювати працездатність блока циліндрів без заміни всього блока. Така конструкція є зручною для ремонтного виробництва, оскільки при досягненні граничного зносу гільза може бути замінена або відновлена відповідним технологічним способом [1, 6].

Конструктивно гільза має циліндричну форму з опорним буртом у верхній частині. Бурт забезпечує правильне встановлення гільзи в блоці циліндрів і сприймає частину осьових навантажень. Зовнішня поверхня контактує з посадковими поверхнями блока та охолоджувальною рідиною, а внутрішня поверхня, яку часто називають дзеркалом циліндра, безпосередньо працює в парі тертя з поршневими кільцями [2, 7].

Внутрішня поверхня гільзи повинна мати задану мікрогеометрію. Після остаточної механічної обробки на ній формують сітку слідів хонінгування, яка сприяє утриманню мастильної плівки. У технічній практиці хонінгування застосовують для усунення овальності, деформацій, подряпин і для створення перехресної мікроструктури поверхні, що покращує умови мащення . Саме якість цієї поверхні значною мірою визначає період припрацювання поршневих кілець, інтенсивність зношування і стабільність компресії [5, 8].

Матеріалом гільз зазвичай є спеціальний зносостійкий чавун. Вибір чавуну пояснюється його достатньою міцністю, доброю теплопровідністю, здатністю працювати в умовах граничного тертя та можливістю формування сприятливої мікроструктури поверхні. Наявність графітових включень у чавуні позитивно впливає на антифрикційні властивості, оскільки графіт може виконувати роль твердого мастильного компонента [3, 9].

1.3 Умови роботи гільз циліндрів

У процесі роботи двигуна гільза циліндра одночасно зазнає механічного, теплового, хімічного та абразивного впливу. Під час згоряння паливно-повітряної суміші на її стінки діє високий тиск газів, а температура в зоні верхньої мертвої точки поршня є найбільшою. Через циклічне нагрівання й охолодження виникають термічні напруження, які можуть призводити до зміни форми, появи мікротріщин або втрати стабільності посадки [4, 10].

Сучасні дослідження підкреслюють, що гільза циліндра працює під дією змінних теплових і механічних навантажень, а оцінювання її деформації є важливим завданням при проєктуванні й аналізі надійності двигуна . Для важконавантажених дизелів особливо характерними є нерівномірне нагрівання, коливання тиску газів, вплив бічного тиску поршня та зміна умов мащення в різних зонах ходу поршневих кілець [10, 11].

Найбільш інтенсивне зношування зазвичай спостерігається у верхній частині гільзи, де змінюється напрям руху поршня, температура є найвищою, а мастильна плівка працює в ускладнених умовах. У цій зоні можливе утворення уступу зношування, збільшення зазору між кільцями та стінкою циліндра, зниження компресії та підвищене потрапляння газів у картер двигуна [5, 8].

Додатковим чинником зношування є забруднення повітря, мастила або палива твердими частинками. Абразивні частинки, потрапляючи в пару тертя “гільза — поршневе кільце”, прискорюють спрацювання дзеркала циліндра. Дослідження зношування пари “поршневе кільце — гільза циліндра” показують, що ця пара є критичною для оцінювання тертя і зносу у дизельних двигунах, а випробування часто виконують на зразках із сірого чавуну, типовому для гільз циліндрів

1.4 Основні дефекти гільз циліндрів

У ремонтній практиці гільзи циліндрів двигуна КамАЗ-740 можуть мати такі характерні дефекти:

1. зношування внутрішньої робочої поверхні;

2. овальність і конусність отвору;
3. подряпини, риски, задири та місцеві пошкодження дзеркала циліндра;
4. корозійні пошкодження зовнішньої або внутрішньої поверхні;
5. кавітаційне руйнування зовнішньої поверхні;
6. тріщини в зоні бурта або на стінці гільзи;
7. спрацювання посадкових поверхонь;
8. порушення шорсткості внутрішньої поверхні;
9. місцеве перегрівання і зміна структури металу [4, 6, 9].

Овальність виникає внаслідок нерівномірного бокового тиску поршня, деформації блока циліндрів, нерівномірного нагрівання або порушення режимів експлуатації. Конусність формується через різну інтенсивність зношування по висоті гільзи. Верхня частина працює в більш важких умовах, тому зношування там зазвичай інтенсивніше [5, 10].

Задири на дзеркалі циліндра з’являються за недостатнього мащення, перегрівання двигуна, потрапляння сторонніх частинок або заклинювання поршневих кілець. Такі пошкодження є небезпечними, оскільки вони погіршують герметичність камери згоряння і можуть спричинити подальше руйнування поршня, кілець та самої гільзи [8, 11].

Кавітаційні пошкодження зовнішньої поверхні виникають під дією коливань тиску в охолоджувальній рідині. У місцях локального руйнування рідини утворюються мікропорожнини, які при схлопуванні створюють ударні навантаження на метал. У результаті на зовнішній поверхні гільзи можуть з’являтися раковини, поглиблення і місцеве руйнування стінки [3, 10].

1.5 Вимоги до технічного стану гільз під час ремонту

Перед вибором способу відновлення гільзи необхідно провести дефектацію. Вона включає зовнішній огляд, вимірювання внутрішнього діаметра в кількох поясах і взаємно перпендикулярних площинах, перевірку овальності та конусності, контроль стану бурта, перевірку на наявність тріщин, задирів і корозійних пошкоджень [6, 7].

Для вимірювання внутрішнього діаметра застосовують індикаторні нутроміри, мікрометри, спеціальні калібри та інші засоби технічного контролю. Вимірювання необхідно виконувати у верхній, середній та нижній частинах робочої поверхні. Це дає змогу встановити фактичну форму отвору і визначити, чи може гільза бути відновлена або підлягає вибракуванню [6, 9].

До гільз, які допускаються до відновлення, висувають такі вимоги:

– відсутність наскрізних тріщин;
– відсутність значного кавітаційного руйнування стінки;
– збереження достатньої товщини металу;
– можливість відновлення правильної геометричної форми;
– можливість отримання необхідної шорсткості після остаточної обробки;
– відсутність критичного спрацювання бурта та посадкових поверхонь [6, 8].

Якщо дефекти мають місцевий характер і не перевищують допустимих меж, гільза може бути відновлена. Якщо ж наявні тріщини, значне руйнування бурта, глибокі задири або наскрізні кавітаційні пошкодження, деталь необхідно вибраковувати, оскільки її подальше використання може спричинити аварійне пошкодження двигуна [1, 6].

2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір і обґрунтування раціонального способу відновлення гільз циліндрів

Вибір раціонального способу відновлення залежить від конструктивно-технологічних особливостей деталі (форми й розмірів, матеріалу та виду термічної обробки, твердості поверхні й показників шорсткості), умов її роботи (характеру навантаження, роду та виду тертя), величини зносу, а також від вартості ремонтних робіт [5].

Під час вибору оптимального способу відновлення зношених поверхонь гільзи послідовно користуються трьома основними критеріями:

– технологічним критерієм (критерієм придатності), який, з одного боку, враховує особливості відновлення конкретної поверхні деталі, а з іншого – технологічні можливості відповідних методів ремонту [5];

– технічним критерієм (коефіцієнтом довговічності), що є функцією трьох змінних і характеризує здатність відновленої поверхні забезпечувати заданий ресурс роботи деталі [23];

$$К_д = К_и \cdot К_в \cdot К_{си} \quad (1.1)$$

де $К_в$ – коефіцієнт витривалості (втомна міцність) [23];

$К_и$ – коефіцієнт зносостійкості (характеризує твердість і шорсткість поверхні) [23];

$К_{си}$ – коефіцієнт зчеплення (міцність адгезії нанесеного покриття з основним матеріалом) [23].

Коефіцієнт довговічності чисельно приймають рівним значенню того з наведених коефіцієнтів, який має найменшу величину [23].

Техніко-економічний критерій чисельно дорівнює відношенню:

$$К_Т = \frac{С_в}{К_д} \quad (1.2)$$

де $С_в$ – собівартість відновлення відповідної поверхні *і*-м способом, грн;

$К_д$ – коефіцієнт довговічності поверхні деталі, відновленої *і*-м способом.

Значення собівартості відновлення зношеної поверхні визначається за виразом [9]:

$$С_в = С_{уі} \cdot S_і \quad (1.3)$$

де $С_{уі}$ – питома собівартість відновлення *і*-ї зношеної поверхні деталі, грн/дм² [9];

$S_і$ – площа *і*-ї відновлюваної поверхні, дм² [9].

Основними дефектами гільз є знос внутрішньої поверхні, а також знос верхнього і нижнього посадкових поясків. З урахуванням зазначених дефектів і технологічних

характеристик наявних способів їх усунення встановлюємо такі методи відновлення зношених поверхонь:

Дефект 1. Знос внутрішньої поверхні:

– плазмове напилення;

– пластинування;

– термопластичне деформування.

Дефект 2. Знос посадкових поясків:

– вібродугове наплавлення;

– контактне приварювання металевої стрічки;

– електродугова металізація.

Для кожного прийнятого способу відновлення визначаємо коефіцієнт довговічності за формулою (1.1).

Дефект 1

$$К_{д1} = f = (1{,}2; 0{,}9; 0{,}5) = 0{,}5$$

$$К_{д2} = f = (1{,}0; 1{,}0; 1{,}0) = 1{,}0$$

$$К_{д3} = f = (1{,}0; 1{,}0; 1{,}0) = 1{,}0$$

Дефект 2

$$К_{д1} = f = (0{,}85; 0{,}62; 1{,}0) = 0{,}62$$

$$К_{д2} = f = (1{,}0; 0{,}8; 0{,}8) = 1{,}0$$

$$К_{д3} = f = (1{,}2; 1{,}0; 0{,}6) = 0{,}6$$

Визначаємо площі відновлюваних поверхонь нижнього та верхнього посадкових поясків:

$$S_1 = \frac{3{,}14 \cdot 137{,}8 \cdot 12}{10000} = 0{,}51 \text{ дм}^2$$

$$S_2 = \frac{3{,}14 \cdot 137{,}87 \cdot 18}{10000} = 0{,}79 \text{ дм}^2$$

$$\sum S = 0{,}51 + 0{,}79 = 1{,}3 \text{ дм}^2$$

Визначаємо значення техніко-економічного критерію:

Дефект 1

$$К_{Т2} = \frac{52}{1{,}0} = 52$$

$$К_{Т3} = \frac{48{,}7}{1{,}0} = 48{,}7$$

Для відновлення внутрішньої поверхні гільзи приймаємо спосіб термопластичного деформування. З урахуванням особливостей технології відновлення посадкових поясків контактним приварюванням дефіцитної сталевої стрічки, остаточно як оптимальний спосіб обираємо електродугову металізацію.

2.2 Технологічний процес відновлення гільз циліндрів термопластичним деформуванням

Під час відновлення методом термопластичного деформування (ТПД) гільза швидко нагрівається індуктором струмами високої частоти та безперервно охолоджується водою через спрейер за послідовною схемою по всій довжині. Водночас гільза здійснює відносно індуктора вертикальний і обертальний рух [2].

Сутність способу полягає в тому, що за швидкого індукційного нагріву деталей типу «порожнистий циліндр» формується температурний градієнт, який, деформуючи деталь, спричиняє її залишкову деформацію (усадку), достатню для компенсації зносу поверхні та подальшої механічної обробки. При цьому в одному технологічному циклі в різній послідовності виконуються операції нагріву, деформування й охолодження деталі – як із фазовими перетвореннями, так і без них, із використанням або без використання зовнішніх механічних впливів [2].

Таблиця 2.1 – Режими відновлення гільз циліндрів термопластичним деформуванням

Найменування	Од. вим.	Значення
1	2	3
Температура попереднього нагрівання	град С	730…750
Температура загартування	град С	820…860
Швидкість нагріву (попереднього)	град/С	70
Швидкість нагріву при загартуванні	град/С	50
Швидкість відносного переміщення гільзи та індуктора (попереднє нагрівання)	м/мин	0,12
Швидкість відносного переміщення гільз та індуктора в режимі загартування	м/мин.	0,16
Частота обертання гільзи	$мин^{-1}$	24…28
Витрата охолоджуючої рідини на обертання та охолодження матриці	л/мин	70

Витрата охолоджуючої рідини через загартований спрейєр	л/мин	15
Сила струму струм анода	А	13
Сила струму сітки	А	2,8
Напруга анода	кВ	11,5
Напруга контуру	кВ	7,0

Застосування наведених режимів забезпечує усадку та гартування внутрішньої (робочої) поверхні гільзи на 0,5…1,2 мм.

Відновлення посадкових поясків електродуговою металізацією.

Застосування металізації дає змогу нанести на посадкові пояски додатковий шар металу для компенсації зносу шляхом розплавлення електричною дугою металу у вигляді порошку та перенесення його на поверхню деталі повітряним потоком. Використання цього способу відновлення не спричиняє короблення деталі завдяки незначному нагріванню її основного металу.

Однак перед відновленням деталь необхідно відповідним чином підготувати, використовуючи струминно-корундову обробку. Оброблення виконують у піскоструминній камері; режими обробки зовнішньої поверхні гільзи циліндрів наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Режими струминно-корундової обробки

Найменування	Од. вим.	Значення
Тиск стисненого повітря	МПа	0,5…0,7
Відстань від сопла до деталі	мм	80…100
Час обробки	с	60…80
Зернистість електрокорунду	мкм	100…150

Металізацію посадкових поясків гільзи циліндрів можна виконувати практично на будь-якому токарному верстаті. Гільзу необхідно закріпити в патроні верстата з

використанням спеціальної гідропластової оправки. Металізатор установлюють на супорті верстата за допомогою спеціального коливального пристрою. Коливальні рухи під час металізації оператор задає вручну.

2.3 Визначення режимів механічної обробки гільз циліндрів і розрахунок технічної норми часу

Токарна операція.

Для верстата 1К62 з висотою центрів 200 мм розміри перерізу державки різця приймаємо $H \times B = 25 \times 16$ мм. Глибину різання приймаємо $t = 0{,}02$ мм, подачу – за нормативними рекомендаціями.

Швидкість різання визначають за формулою [29]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v \tag{2.1}$$

де $x = 0{,}15$; $y = 0{,}2$; $m = 0{,}2$ – показники степеня [29];

$T = 90$ – стійкість різця, хв [29];

$C_v = 292$ – коефіцієнт, що залежить від умов обробки [29];

K_v – загальний поправковий коефіцієнт, який ураховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу [29].

$$K_v = K_{nv} \cdot K_{\mu v} \cdot K_{uv} \cdot K_{ov} \cdot K_{\varphi v} \tag{2.2}$$

$$K_{\mu v} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv} \tag{2.3}$$

$$K_{\mu v} = \left(\frac{190}{380}\right)^{1{,}25} = 0{,}42$$

$$K_{nv} = 1{,}0;\ K_{uv} = 1{,}0;\ K_{\varphi v} = 0{,}7;\ K_{ov} = 1{,}04$$

$$K_v = 0{,}42 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}04 = 0{,}31$$

$$V = \frac{292}{90^{0{,}2} \cdot 0{,}02^{0{,}15} \cdot 0{,}1^{0{,}2}} 0{,}31 = 102 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання шпинделя верстата визначають за формулою [29]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 102}{3{,}14 \cdot 130} = 250 \text{ об/хв} \tag{2.4}$$

Основний час на токарну обробку визначають за формулою [29]:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \tag{2.5}$$

де: L – розрахункова довжина оброблюваної поверхні, мм.

$$L = l_1 + l_2 + l_3 \tag{2.6}$$

де: l_1 – фактична довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_2 = 3$ – величина шляху врізання різця, мм;

$l_3 = 2$ – величина перебігу різця, мм.

$$L = 142 + 3 + 2 = 147 \text{ мм}$$

$$\text{Т}_0 = \frac{147}{250 \cdot 0{,}1} = 0{,}58 \text{ хв}$$

Штучний час визначають за формулою [29]:

$$\text{Т}_{\text{шт}} = \text{Т}_0 + \text{Т}_{\text{доп}} + \text{Т}_{\text{обс}} + \text{Т}_{\text{пер}} \quad (2.7)$$

де: $\text{Т}_{\text{доп}} = 0{,}65$ – допоміжний час [29], хв;

$\text{Т}_{\text{обс}}$ – час, що витрачається на обслуговування робочого місця [29], хв.

$$\text{Т}_{\text{обс}} = (3 \ldots 8\%)\text{Т}_{оп} \quad (2.8)$$

де: $\text{Т}_{оп}$ – оперативний час, хв.

$$\text{Т}_{оп} = \text{Т}_0 + \text{Т}_{\text{доп}} \quad (2.9)$$

$$\text{Т}_{оп} = 5{,}8 + 0{,}65 = 6{,}45 \text{ хв}$$

$$\text{Т}_{оп} = 0{,}03 \cdot 6{,}45 = 0{,}25 \text{ хв}$$

де $\text{Т}_{\text{пер}}$ – час, що витрачається на перерви в роботі, хв.

$$\text{Т}_{\text{пер}} = (4 \ldots 9\%)\text{Т}_{оп} \quad (2.10)$$

$$\text{Т}_{\text{пер}} = 0{,}05 \cdot 6{,}45 = 0{,}32 \text{ хв}$$

$$\text{Т}_{\text{шт}} = 5{,}8 + 0{,}65 + 0{,}25 + 0{,}32 = 7{,}02 \text{ хв}$$

Шліфувальна операція

Швидкість обертання абразивного круга визначають за формулою [29]:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (2.11)$$

де: $n = 1112$ – частота обертання абразивного круга, хв$^{-1}$;

D – діаметр абразивного круга, мм.

$$V_k = \frac{3{,}14 \cdot 600 \cdot 1112}{60 \cdot 1000} = 35 \text{ м/с}$$

Частоту обертання гільзи циліндрів визначають за формулою [29]:

$$n_{\text{д}} = \frac{1000 \cdot V_2}{\pi \cdot d} \quad (2.12)$$

де: d – діаметр посадкового пояска гільзи, мм.

$$n_{\text{д}} = \frac{1000 \cdot 30}{3{,}14 \cdot 124{,}95} = 76{,}8 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо поперечну подачу круга $S_{\text{поп}} = 0{,}2$ мм/хв.

Глибину різання визначаємо за формулою [29]:

$$t = \frac{S_{\text{поп}}}{n_{\text{д}}} \quad (2.13)$$

$$t = \frac{0,2}{76} = 0,0026 \text{ мм/об}$$

Визначаємо основний час за формулою [29]:

$$\text{Т}_0 = \frac{h}{S_{\text{поп}}} K \quad (2.14)$$

де: $S_{\text{поп}}$ – поперечна подача абразивного круга, мм/хв;

$K = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує точність шліфування та знос круга;

h – припуск на обробку деталі на одну сторону, мм.

$$\text{Т}_0 = \frac{0,2}{0,2} 1,3 = 1,3 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою [29]:

$$\text{Т}_{\text{шт}} = \text{Т}_0 + \text{Т}_{\text{дод}} + \text{Т}_{\text{обс}} + \text{Т}_{\text{пер}} \quad (2.15)$$

де: $\text{Т}_{\text{дод}}$ – допоміжний час, хв;

$\text{Т}_{\text{дод}} = 0,16$ – час на вимірювання деталі, хв;

$$\text{Т}_{\text{дод}} = 0,6 + 0,16 = 0,76 \text{ хв}$$

$\text{Т}_{\text{пер}}$ – час перерв у роботі, хв.

$$\text{Т}_{\text{пер}} = (4 \dots 9\%)\text{Т}_{\text{оп}} \quad (2.16)$$

$\text{Т}_{\text{обс}}$ – час обслуговування робочого місця, хв.

$$\text{Т}_{\text{обс}} = (3 \dots 8\%)\text{Т}_{\text{оп}} \quad (2.17)$$

$\text{Т}_{\text{оп}}$ – оперативний час, хв.

$$\text{Т}_{\text{оп}} = \text{Т}_{\text{о}} + \text{Т}_{\text{дод}} \quad (2.18)$$

$$\text{Т}_{\text{обс}} = 0,05 \cdot 2,06 = 0,1 \text{ хв}$$

$$\text{Т}_{\text{пер}} = 0,04 \cdot 2,06 = 0,08 \text{ хв}$$

$\text{Т}_{\text{шт}_1}$ для обробки верхнього посадкового пояска гільзи циліндра дорівнює:

$$\text{Т}_{\text{шт}_1} = 1,3 + 0,76 + 0,1 + 0,08 = 2,24 \text{ хв}$$

$\text{Т}_{\text{шт}_2}$ для обробки нижнього посадкового пояска гільзи циліндра дорівнює:

$$\text{Т}_{\text{шт}_2} = 1,3 + 0,76 + 0,1 + 0,08 = 2,24 \text{ хв}$$

$$\text{Т}_{\text{шт}_{\text{заг}}} = \text{Т}_{\text{шт}_1} + \text{Т}_{\text{шт}_2} = 4,48 \text{ хв}$$

Хонінгувальна операція

Хонінгування є процесом чистової обробки циліндричних отворів за допомогою дрібнозернистих абразивних брусків, які разом із хоном здійснюють обертальний і зворотно-

поступальний рух. Обробку виконують за рясної подачі мастильно-охолоджувальної рідини в зону різання, що складається з 80…90 % гасу та 10…20 % індустріального масла. Застосування мастильно-охолоджувальної рідини забезпечує зниження температури в зоні різання, а також видалення частинок абразивних зерен і продуктів зносу з поверхні брусків та оброблюваної поверхні.

Хонінгування здійснюють у три проходи: чорновий, напівчистовий і чистовий.

Розрахунок режимів хонінгування

Зворотно-поступальну швидкість під час хонінгування вибирають залежно від матеріалу та твердості оброблюваної деталі, а також від матеріалу хонінгувальних брусків за довідковою літературою. Приймаємо: $V_{\text{вп}}$ (чорнове) = 20 м/хв, $V_{\text{вп}}$ (напівчистове) = 17 м/хв, $V_{\text{вп}}$(чистова)=14 м/хв.

$$N_{\text{дв(чорнова)}} = \frac{1000 \cdot 20}{2 \cdot 170} = 59 \text{ двх/хв}$$

$$N_{\text{дв(напівчистова)}} = \frac{1000 \cdot 17}{2 \cdot 170} = 50 \text{ двх/хв}$$

$$N_{\text{дв(чистова)}} = \frac{1000 \cdot 14}{2 \cdot 170} = 41 \text{ двх/хв}$$

Окружну швидкість обертання хона вибирають за довідковою літературою [29].

Приймаємо:

$V_{\text{окр}}$ (чорнове) = 70 м/хв,

$V_{\text{окр}}$ (напівчистове) = 55 м/хв,

$V_{\text{окр}}$ (чистове) = 45 м/хв.

За обраною окружною швидкістю визначаємо частоту обертання хонінгувальної головки:

$$n_x = \frac{1000 \cdot V_{\text{вр}}}{\pi \cdot D} \tag{2.19}$$

де: D – діаметр оброблюваного отвору гільзи циліндра, мм.

$$n_{x\text{(чорнова)}} = \frac{1000 \cdot 70}{3{,}14 \cdot 109{,}8} = 203 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{x\text{(напівчистова)}} = \frac{1000 \cdot 55}{3{,}14 \cdot 109{,}92} = 159 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{x\text{(чистова)}} = \frac{1000 \cdot 45}{3{,}14 \cdot 110} = 130 \text{ хв}^{-1}$$

Уточнюємо окружну швидкість обертання хонінгувальної головки за формулою [29]:

$$V_{\text{вр}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_x}{1000} \tag{2.20}$$

$$V_{\text{чорн}} = \frac{3{,}14 \cdot 109{,}8 \cdot 230}{1000} = 79 \text{ м/хв}$$

$$V_{\text{напів}} = \frac{3{,}14 \cdot 109{,}8 \cdot 160}{1000} = 55 \text{ м/хв}$$

$$V_{\text{чист}} = \frac{3{,}14 \cdot 110 \cdot 130}{1000} = 45 \text{ м/хв}$$

Розрахуємо штучно-калькуляційний час хонінгувальної операції за формулою [29]:

$$\text{Т}_{\text{шк}} = \text{Т}_0 + \text{Т}_{\text{в}} + \text{Т}_{\text{обс}} + \text{Т}_{\text{от}} \quad (2.21)$$

$$\text{Т}_{\text{О.чорн.}} = \frac{0{,}5}{59 \cdot 0{,}002} = 0{,}42 \text{ хв}$$

$$\text{Т}_{\text{О.чорн.}} = \frac{0{,}4}{50 \cdot 0{,}0015} = 0{,}53 \text{ хв}$$

$$\text{Т}_{\text{О.чорн.}} = \frac{0{,}03}{41 \cdot 0{,}001} = 0{,}73 \text{ хв}$$

За табличними даними приймаємо так само.

$$\text{Т}_{\text{в}} = 3{,}56 \text{ хв.}, \text{Т}_{\text{от}} = 1{,}2 \text{ хв.}, \text{Т}_{\text{обс}} = 1{,}45 \text{ хв}$$

$$\text{Т}_{\text{шк}} = 1{,}68 + 3{,}56 + 1{,}45 + 1{,}2 = 7{,}89 \text{ хв}$$

2.4 Проєктування дільниці відновлення

2.4.1 Розрахунок річних фондів часу роботи робітників і обладнання

Номінальний фонд часу визначають за формулою [14, 15]:

$$\Phi_{\text{н}} = (\text{к}_{\text{р}} \cdot t_{\text{см}} - \text{к}_n \cdot t_{\text{с}}) \cdot n \quad (2.22)$$

де: $\text{к}_{\text{р}} = 253$ – кількість робочих днів у році, дн. [14, 15];

$\text{к}_n = 8$ – кількість передвихідних і передсвяткових днів, на які скорочується робоча зміна, дн. [14, 15];

$t_{\text{см}}$ – тривалість зміни, год [14, 15];

$t_{\text{с}} = 1$ – час, на який скорочується зміна в передсвяткові дні, год [14, 15];

$n = 1$ – кількість змін [14, 15].

$$\Phi_{\text{н}} = (253 \cdot 8 - 8 \cdot 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи робітника визначаємо за формулою [21]:

$$\Phi_D = (\Phi_{\text{н}} - \text{к}_0 \cdot t_{\text{см}}) \cdot \eta_p \quad (2.23)$$

де: $\text{к}_0 = 28$ – загальна кількість календарних днів відпустки на рік, дн. [21];

$\eta_p = 0{,}95 \ldots 0{,}98$ – коефіцієнт втрат робочого часу.

$$\Phi_D = (2016 - 28 - 8) \cdot 0{,}96 = 1720 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання розрахуємо за формулою [21]:

$$\Phi_{D0} = \Phi_{\text{Н}} \cdot \eta_0 \quad (2.24)$$

де: $\eta_0 = 0{,}95 \ldots 0{,}98$ – коефіцієнт використання обладнання, що враховує простої під час технічного обслуговування та ремонту.

$$\Phi_{D0} = 2016 \cdot 0{,}96 = 1935 \text{ год}$$

2.4.2 Розрахунок чисельності робітників дільниці відновлення

Для розрахунку чисельності робітників необхідно визначити виробничу програму з відновлення гільз циліндрів.

Згідно з розрахунками, трудомісткість відновлення однієї гільзи циліндра становить 0,5 год.

Приймаємо програму відновлення 4000 гільз на рік.

Сумарну трудомісткість робіт з відновлення гільз циліндрів визначаємо за формулою [21]:

$$\sum \mathrm{T_г} = \mathrm{T_г} \cdot N \tag{2.25}$$

де: N – річна програма відновлення гільз, шт.;

$\mathrm{T_г}$ – трудомісткість відновлення однієї гільзи, год.

$$\sum \mathrm{T_г} = 0{,}5 \cdot 4000 = 2000 \text{ год}$$

Списковий склад робітників визначають за формулою [21]:

$$\mathrm{P_{сп}} = \frac{\sum \mathrm{T_г}}{\Phi_D} \tag{2.26}$$

$$\mathrm{P_{сп}} = \frac{2000}{1720} = 1{,}16$$

Явочний склад виробничих робітників визначають за формулою [21]:

$$\mathrm{P_{яв}} = \frac{\sum \mathrm{T_г}}{\Phi_\mathrm{Н}} \tag{2.27}$$

$$\mathrm{P_{яв}} = \frac{2000}{2016} = 0{,}99$$

Приймаємо кількість робітників, що дорівнює 1 особі.

Число допоміжних робітників приймаємо в розмірі 18…20 % від чисельності виробничих робітників [21].

$$\mathrm{P_в} = (0{,}18 \ldots 0{,}2) \cdot \mathrm{P_{сп}} \tag{2.28}$$

$$\mathrm{P_в} = 0{,}2 \cdot 1 = 0{,}2$$

За отриманим значенням приймаємо рішення допоміжного робітника не вводити. На дільниці працюватиме 1 робітник на 1,2 ставки.

2.4.3 Підбір технологічного обладнання та площі дільниці відновлення

Перелік технологічного обладнання та організаційного оснащення, необхідних для виконання робіт, наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.4 – Перелік технологічного обладнання та оснащення [14]

№ п/п	Найменування обладнання	Марка обладнання	Габаритні розміри, мм	Потужність, кВт	Площа, м^2
1	2	3	4	5	6
1.	Ящик для піску	ОРГ-1468-03	500х400	-	0,2
2.	Стелаж	ОРГ-1468-05	2500х800	-	2,0
3.	Верстат слюсарний	ОРГ-1468-01	1200х800	-	0,96
4	Шафа з набором інструменту	ОРГ-1661	750х615	-	0,46
5	Машина мийна	ОМ-4267	1360х1600	4,5	2,2
6	Верстат токарно гвинторізний	1К62	2522х1181	7,5	2,9
7	Камера струминний обробки	026-07.00	1959х1250	-	2,43
8	Установка термопластичного обтискання	11.24.057	1250х750	2,5	0,93
9	Верстат хонінгувальний	3К - 834	1400х1740	10	2,5
10	Встановлення електродугової металізації	УД-609.10	1650х1420	3,5	2,34
11	Стіл дефектувальний	ОРГ – 1635	1300х700	-	0,91
12	Верстат круглошліфувальний	3Б161	800х600	4,6	0,48
13	Стелаж для готової продукції	ОРГ - 1468 - 05	2500х800		2,0

Сумарна площа, зайнята обладнанням дільниці, становить 20,31 м².

Площу дільниці визначаємо за площею, зайнятою обладнанням, з урахуванням коефіцієнта, що характеризує робочі зони та проходи [21]:

$$F = F_{об} \cdot К_n \qquad (2.29)$$

де: $F_{об}$ – сумарна площа, зайнята обладнанням;

$К_n = 4{,}5$ – перехідний коефіцієнт, що враховує робочі зони та проходи.

$$F = 4{,}5 = 91{,}39 \text{ м}^2$$

Приймаємо приміщення площею 108 м² (довжиною та шириною 9 × 12 м).

2.5 Призначення та будова пристосування для закріплення гільзи циліндра двигуна

Пристосування для закріплення гільзи циліндра двигуна КамАЗ-740 призначене для полегшення й спрощення процесів зняття та встановлення гільзи на стіл верстата під час виконання таких операцій, як розточування і хонінгування.

Застосування цього пристосування дає змогу скоротити час, що витрачається на встановлення та зняття гільзи циліндра. Від робітника не вимагається прикладання значних фізичних зусиль, оскільки пристосування оснащене пневмоприводом.

Пристосування може використовуватися для закріплення гільз циліндрів різних двигунів. Це забезпечується шляхом заміни центрувальних кілець.

Пристосування складається зі столу 1 (рисунок 2.1), на якому закріплена бобишка 2. У бобишці 2 розміщені два прихвати 3. Нижні частини прихватів 3 за допомогою витків 4 з’єднані зі стаканами 5, що дає змогу прихватам повертатися навколо своєї осі. Стакани 5 за допомогою гвинтів 6, пальців 7 і вилок 11 з’єднані з важелями 8, які шарнірно закріплені на стійках 9. Останні встановлені на внутрішніх бокових поверхнях столу 1 за допомогою болтів 10. З іншого боку до важелів 8 приєднані штоки пневмоциліндрів 12, які закріплені на зовнішній боковій поверхні столу.

2.6 Принцип роботи пристосування

Стиснене повітря від компресора надходить до крана керування 13, за допомогою якого вмикають і вимикають пристосування. Далі стиснене повітря подається до пневмоциліндрів 12. Штоки пневмоциліндрів 12 переміщують важелі 8, які через вилки 11, пальці 7, гвинти 6 і 4 та стакани 5 передають зусилля на прихвати 3. Прихвати 3, у свою чергу, затискають гільзу в бобишці 2.

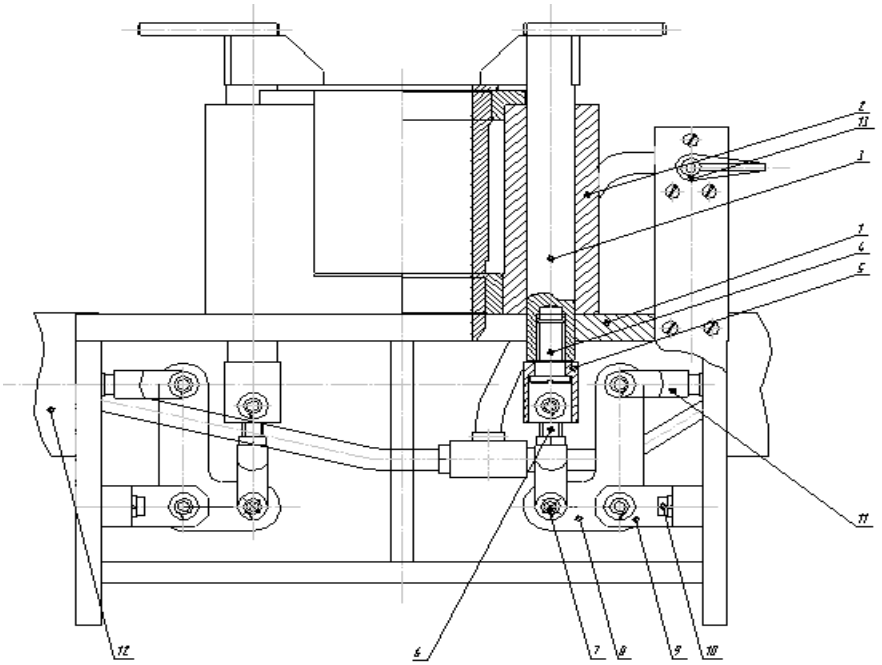


Рисунок 2.1 – Пристосування для закріплення гільзи циліндра

Повернення в початкове положення здійснюється пружинами, розміщеними всередині пневмоциліндрів 12, після перемикання крана керування 13.

2.7 Розрахунок елементів пристосування для закріплення гільзи циліндра

2.7.1 Розрахунок зусилля прихватів

Розрахунок проводимо на основі умови [1].

$$M_{пр} \geq M_{кр} \tag{2.30}$$

де: $M_{кр}$ – крутний момент, що намагається провернути гільзу в пристосуванні, Н·м;

$M_{пр}$ – момент, який перешкоджає провертанню гільзи в пристосуванні, Н·м.

Крутний момент, що перешкоджає провертанню гільзи в пристосуванні, визначають за формулою [1]:

$$M_{кр} = P_z \cdot \frac{Д}{2} \tag{2.31}$$

де: P_z – зусилля, що виникає під час обробки гільзи і намагається провернути її, Н;

$Д = 0{,}12$ – внутрішній діаметр гільзи, м.

Оскільки пристосування призначене для закріплення гільзи під час виконання операцій розточування та хонінгування, а окружне зусилля при розточуванні більше, ніж при хонінгуванні, то розрахунок ведемо за більшим зусиллям.

Для розточувальної операції $P_z = 315$ Н.

$$M_{кр} = 315 \cdot \frac{0{,}12}{2} = 18{,}9 \text{ Н·м}$$

Знаходимо момент, що перешкоджає провертанню гільзи в пристосуванні, за формулою:

$$\mathrm{M}_{\text{пр}} = \mathrm{M}_{\text{кр}} \cdot k \tag{2.32}$$

де: $k = 1{,}5 \ldots 1{,}8$ – коефіцієнт запасу.

$$\mathrm{M}_{\text{пр}} = 18{,}9 \cdot 5 = 28{,}4 \text{ Н·м}$$

Розрахуємо зусилля, що прикладається прихватами пристосування, за формулою [1]:

$$F = \frac{\mathrm{M}_{\text{пр}}}{zf(Д_1/2)} \tag{2.33}$$

де: $f = 0{,}2 \ldots 0{,}25$ – коефіцієнт тертя для пари матеріалів «сталь – чавун»;

$z = 2$ – кількість прихватів, шт.;

$Д_1$ = 0,146 – діаметр буртика гільзи циліндра, м.

$$F = \frac{28{,}4}{2 \cdot 0{,}25 \cdot (\frac{0{,}146}{2})} = 786 \text{ Н}$$

Зусилля прихватів становитиме 786 Н.

2.7.2 Розрахунок важеля пристосування на згин

Для забезпечення міцності важеля пристосування необхідно, щоб найбільше напруження згину в небезпечному перерізі не перевищувало відповідного допустимого значення (рисунок 2.2).

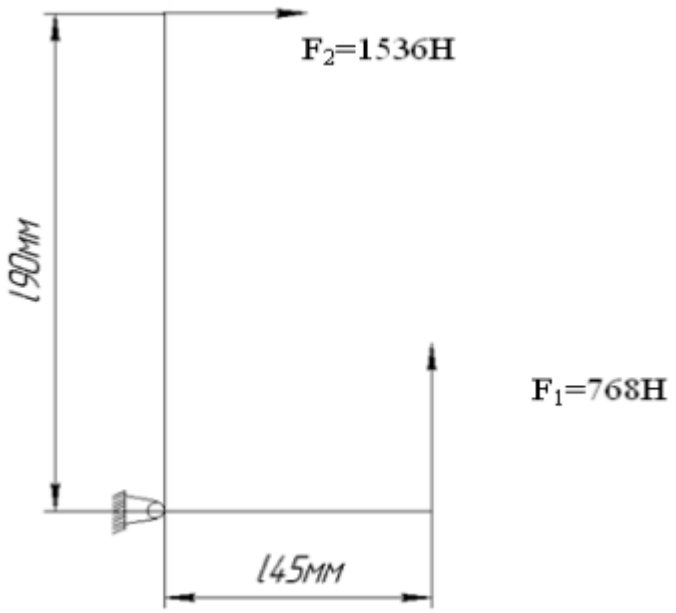


Рисунок 2.2 – Схема дії сил на пристосування для закріплення гільзи циліндра

Напруження згину визначають за формулою [16]:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_x} \leq [\sigma_u] \tag{2.34}$$

де: W_x – момент опору, м³;

M_u – згинальний момент, Н·м.

Згинальний момент визначаємо за формулою [16]:

$$\text{М}_{\text{зг}} = F_{\text{н}} \cdot l_{\text{н}} \quad (2.35)$$

де: $F_{\text{н}}$ – сила, що діє на нижній важіль, Н;

$l_{\text{н}}$ – довжина нижнього важеля, мм.

Згинальний момент для нижнього важеля визначаємо за виразом:

$$\text{М}_{\text{зг}} = 768 \cdot 45 = 34560 \text{ Н·мм}$$

Момент опору для профілю прямокутної форми визначаємо за формулою [16]:

$$W_1 = \frac{B \cdot h^2}{6} \quad (2.36)$$

де: h – висота важеля, мм;

B – ширина важеля, мм.

$$W_1 = \frac{12 \cdot 35^2}{6} = 2450 \text{ мм}^2$$

Підставивши розрахункові значення у формулу (2.34), отримаємо:

$$\sigma_u = \frac{34560}{2450} = 14{,}1 \text{ МПа} < [\sigma_u] = 160 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Обчислимо величину сили, що діє на верхній важіль.

З урахуванням довжини верхнього важеля визначимо зусилля на його кінці.

$$\frac{F_1}{l_1} = \frac{F_2}{l_2} \quad (2.37)$$

Звідси:

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot l_2}{l_1}$$

$$l_1 = 45 \text{ мм}$$

$$l_2 = 90 \text{ мм}$$

$$l_3 = 768 \text{ Н}$$

$$F_2 = \frac{768 \cdot 90}{45} = 1536 \text{ Н}$$

Згинальний момент для верхнього важеля визначаємо за формулою [16]:

$$\text{М}_{\text{зг}} = F_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}} \quad (2.38)$$

де: $F_{\text{в}}$ – сила, що діє на верхній важіль, Н;

$l_{\text{в}}$ – довжина верхнього важеля, мм.

$$\text{М}_{\text{зг}} = 1536 \cdot 90 = 138240 \text{ Н·мм}$$

Епюри згинальних моментів для важелів наведені на рисунку 2.3.

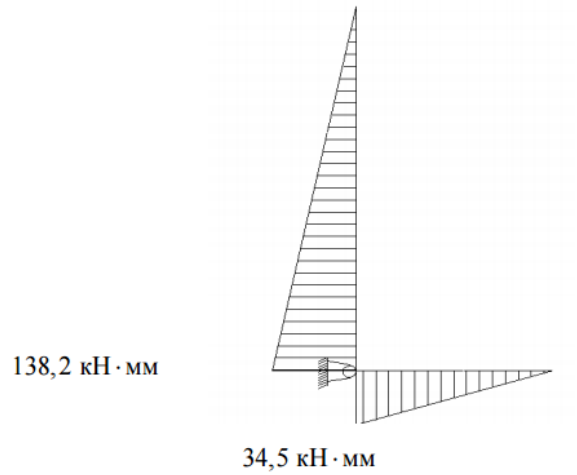


Рисунок 2.3 – Епюри згинальних моментів важелів

Момент опору для профілю прямокутної форми визначаємо за формулою [16].

$$W_2 = \frac{B \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 35^2}{6} = 2450 \text{ мм}^3$$

Тоді:

$$\sigma_u = \frac{138240}{2450} = 56 \text{ МПа} < [\sigma_u] = 160 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

2.7.3 Розрахунок різьбового з'єднання пристосування

Основним недоліком різьбових з'єднань є зниження їх міцності за циклічних навантажень у місцях концентрації напружень. У більшості випадків руйнування різьбових з'єднань відбувається внаслідок зриву різьби або руйнування стержня болта.

Розрахунок різьбових з'єднань, як правило, виконують за менш міцним елементом. Оскільки в пристосуванні для закріплення гільз циліндрів застосовуються різьбові з'єднання М12×1,25 і М18×1,5, розрахунок проводимо за найменш міцним з'єднанням.

Умова міцності на зріз різьби має вигляд [16]:

$$\tau_{\text{ср}\sigma} = \frac{F_\Sigma}{\pi d H K_n K_\text{м}} \leq \left[\tau_{\text{ср}\sigma}\right] \qquad (2.39)$$

Де: d – діаметр болта, мм [16];

F_Σ – осьове зусилля, яке сприймається різьбовим з'єднанням, Н [16];

H – висота гайки, мм [16];

$K_\text{м} = 0{,}6 \ldots 0{,}7$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між витками різьби;

$K_n = 0{,}87$ – коефіцієнт повноти різьби [16];

$\tau_{\text{ср}\sigma}$ – допустиме напруження зрізу, МПа.

$$[\tau_{\text{ср}\sigma}] = (0{,}15 \dots 0{,}2) \cdot \sigma_{\text{Т}} \quad (2.40)$$

де: $\sigma_{\text{Т}}$ – границя плинності матеріалу.

Для різьби М12×1,25: $d = 0{,}82 \cdot 12 = 9{,}84$ мм.

$$\text{Н}_{\text{г}} = 1{,}5 \cdot \text{Д}_{\text{н}} = 1{,}5 \cdot 12 = 18 \text{ мм}$$

де: $\text{Д}_{\text{н}}$ – зовнішній діаметр різьби, мм.

Тоді:

$$\tau_{\text{ср}\sigma} = \frac{768}{3{,}14 \cdot 9{,}84 \cdot 18 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}65} = 2{,}4 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\text{ср}\sigma} = 0{,}175 \cdot \sigma_{\text{Т}} = 0{,}175 \cdot 360 = 63 \text{ МПа}$$

$\sigma_{\text{Т}} = 350$ – для сталі 45, МПа.

Розрахуємо болт на розтяг.

Умова міцності під час розрахунку стержня на розтяг має вигляд [16]:

$$\sigma_{\text{розр}} = \frac{F_{\Sigma} \cdot 4}{\pi d^2} \leq [\sigma_{\text{розр}}] \quad (2.41)$$

де: $[\sigma_{\text{розр}}]$ – допустиме напруження розтягу, МПа [16].

$$[\sigma_{\text{розр}}] = \frac{\sigma_{\text{розр}}}{S_{\text{Т}}} \quad (2.42)$$

де: $S_{\text{Т}} = 4 \dots 5$ – коефіцієнт запасу міцності [16].

$$[\sigma_{\text{розр}}] = \frac{360}{5} = 72 \text{ МПа}$$

$$\sigma = \frac{768 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 9{,}84^2} = 10{,}1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{відст}} = 10{,}1 < 72 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

2.7.4 Розрахунок пальця пристосування на зріз і стиск

Умова міцності стержня (пальця) на стиск має вигляд [16]:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{\text{А}_{\text{см}}} = \frac{F}{d_n \cdot l_{\text{к}}} \leq [\sigma_{\text{см}}] \quad (2.43)$$

де: d_n – діаметр пальця пристосування, мм;

$l_{\text{к}}$ – довжина контактування пальця зі спряженою деталлю, мм;

F – зусилля, що діє на палець пристосування, Н.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{1536}{12 \cdot 12} = 10{,}6 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження стиску має вигляд [16]:

$$[\sigma_{\text{см}}] = 0{,}8\sigma_{\text{Т}} \quad (2.44)$$

де: $\sigma_{\text{Т}} = 360$ – границя плинності матеріалу (сталь 45), МПа.

$$[\sigma_{см}] = 0{,}8 \cdot 360 = 288 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{см} = 10{,}6 \text{ МПа} \leq 288 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Розрахунок на зріз здійснюють за формулою [16]:

$$\tau_{ср} = \frac{F_{\sum} \cdot 4}{\pi d^2} \leq [\tau_{ср}] \quad (2.45)$$

$$\tau_{ср} = \frac{1536 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 12^2} = 13{,}5 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зрізу має вигляд:

$$[\tau_{ср}] = 0{,}2 \ldots 0{,}3 \cdot \sigma_{Т} \quad (2.46)$$

$$[\tau_{ср}] = 0{,}25 \cdot 360 = 90 \text{ МПа}$$

$$\tau_{ср} = 13{,}5 \text{ МПа} \leq 90 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги охорони праці на ділянці відновлення гільз циліндрів

Ділянка відновлення гільз циліндрів двигуна КамАЗ-740 повинна бути організована з урахуванням вимог чинного законодавства України з охорони праці, пожежної безпеки, виробничої санітарії та безпечної експлуатації технологічного обладнання. Закон України “Про охорону праці” визначає основні положення щодо реалізації права працівників на охорону життя і здоров’я у процесі трудової діяльності .

Основними завданнями охорони праці на ділянці є:

– запобігання травмуванню працівників під час демонтажу, дефектації, нагрівання, деформування та механічної обробки гільз;

– зниження впливу шкідливих виробничих факторів;

– забезпечення справності технологічного обладнання;

– організація безпечного переміщення деталей;

– дотримання вимог електробезпеки, пожежної безпеки та виробничої санітарії;

– забезпечення працівників засобами індивідуального захисту [13, 14, 15].

До виконання робіт допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, навчання з охорони праці та перевірку знань безпечних методів роботи. Працівник повинен знати будову обладнання, призначення захисних пристроїв, порядок аварійного вимкнення устаткування, правила користування вантажопідіймальними засобами, електроінструментом, нагрівальними установками та вимірювальними приладами [13, 14].

3.2 Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час відновлення гільз циліндрів напрямленою термомеханічною деформацією на працівників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

1. рухомі частини верстатів, пресів, пристроїв і механізмів;
2. підвищена температура нагрітих деталей і оснащення;
3. небезпека опіків під час термічних операцій;
4. підвищений рівень шуму та вібрації;
5. металева стружка, абразивний пил і частинки зношеного металу;
6. аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин;
7. небезпека ураження електричним струмом;

8. фізичне перенавантаження під час переміщення важких деталей;

9. пожежна небезпека при використанні мастил, ганчір’я, електрообладнання та нагрівальних установок;

10. недостатня освітленість робочого місця [14, 15, 16].

Під час нагрівання гільз особливу небезпеку становлять інфрачервоне випромінювання, гарячі поверхні та можливість займання забруднених мастилом матеріалів. Під час механічної обробки небезпечними є обертові частини верстатів, відлітання стружки, руйнування інструмента, защемлення рук у зоні обробки та потрапляння одягу в рухомі механізми [14, 15].

Виробничий мікроклімат має відповідати санітарним нормам. ДСН 3.3.6.042-99 визначає мікроклімат виробничих приміщень як сукупність температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, температури поверхонь та інтенсивності теплового випромінювання . Для ділянки відновлення гільз це особливо важливо через наявність операцій нагрівання і можливе локальне підвищення температури повітря.

3.3 Вимоги безпеки під час дефектації та підготовки гільз до відновлення

Перед початком роботи необхідно перевірити справність інструменту, пристроїв, вимірювальних засобів, освітлення, вентиляції та захисних огороджень. Робоче місце повинно бути очищене від зайвих предметів, мастила, стружки та забрудненого ганчір’я. Проходи між обладнанням мають бути вільними, а заготовки й відновлені деталі — розміщеними на стелажах або спеціальних підставках [14, 16].

Під час миття й очищення гільз необхідно використовувати рукавиці, захисні окуляри та спецодяг. Якщо застосовуються мийні рідини або розчинники, роботу слід виконувати за наявності вентиляції, не допускаючи контакту рідини зі шкірою та очима. Заборонено використовувати легкозаймисті рідини поблизу відкритого полум’я або нагрівальних пристроїв [15, 16].

Дефектацію гільз потрібно виконувати на стійкому столі або спеціальному пристрої, який запобігає перекочуванню деталі. Вимірювальні операції слід проводити після повного очищення гільзи від мастила, нагару та стружки. Заборонено виконувати вимірювання деталі під час її обертання, переміщення або перебування в зоні дії преса чи нагрівальної установки [14].

3.3.1 Розрахунок штучного освітлення дільниці відновлення гільз циліндрів

На дільниці відновлення гільз циліндрів природне освітлення здійснюється через

вікна у зовнішній стіні.

Довжина дільниці – 12 м;

ширина – 9 м;

висота – 3 м.

Характер зорової роботи – середньої точності; розряд зорової роботи – IV; характеристика фону – світлий; нормоване значення освітленості $E_н = 200$ лк [18].

$$L_{св} = \gamma h_{св} = 1{,}5 \cdot 2{,}2 = 3{,}3 \text{ м} \quad (3.1)$$

де: $\gamma = 1{,}5$ – найвигідніше відношення $L/h_{св}$;

$h_{св}$ – висота підвісу світильників на дільниці відновлення, м.

Відстань від стіни до першого ряду світильників за наявності робочих місць біля стіни:

$$L_1 = \frac{1}{3} \cdot L_{св} = \frac{1}{3} \cdot 3{,}3 = 1{,}1 \text{ м} \quad (3.2)$$

Відстань між крайніми рядами світильників, розташованих біля протилежних стін:

$$L_2 = b - 2 \cdot L_1 = 9 + 2 \cdot 1{,}1 = 6{,}8 \text{ м} \quad (3.3)$$

де: b – ширина дільниці відновлення, м.

Кількість рядів світильників, які можна розмістити між крайніми рядами:

$$n_{св.ш} = \frac{L_2}{L_{св}} - 1 = \frac{6{,}8}{3{,}3} - 1 = 1{,}06 \quad (3.4)$$

Загальна кількість рядів по ширині приміщення:

$$n_{св.ш.о} = n_{св.ш} + 2 = 1 + 2 = 3 \text{ ряди} \quad (3.5)$$

Відстань між крайніми світильниками по довжині приміщення:

$$L_3 = a - 2 \cdot L_1 = 12 - 2 \cdot 1{,}1 = 9{,}8 \text{ м} \quad (3.6)$$

де: a – довжина приміщення, м.

Кількість рядів світильників, які можна розмістити між крайніми рядами (по довжині приміщення):

$$n_{св.д} = \frac{L_3}{L_{св}} - 1 = \frac{9{,}8}{3{,}4} - 1 = 1{,}97 \text{ рядів} \quad (3.7)$$

Загальна кількість рядів світильників (по довжині приміщення):

$$n_{св.д.о} = n_{св.д} + 2 = 2 + 2 = 4 \text{ радів} \quad (3.8)$$

У приміщенні по довжині має бути розташовано 4 ряди, по ширині – 3 ряди, усього необхідно встановити 12 світильників.

Коефіцієнт відбиття стін приміщення з чистого бетону $p_{ст} = 50\%$, побіленої стелі $p_{пт} = 70\%$ [18].

За табличними даними для приміщення площею близько 100 м² і нормованої освітленості 200 лк для люмінесцентних ламп ЛБ80 питома потужність загального рівномірного освітлення становить $P_у = 15$ Вт/м² [18].

Загальну потужність ламп, необхідну для освітлення дільниці відновлення гільз циліндрів, визначаємо за формулою [18]:

$$P_0 = a \cdot b \cdot P_y \tag{3.9}$$

$$P_0 = 12 \cdot 9 \cdot 15 = 1620 \text{ Вт}$$

Необхідна потужність кожної лампи:

$$P_{лр} = \frac{P_0}{12} \cdot 4 = \frac{1620}{12} \cdot 4 = 33{,}75 \text{ Вт} \tag{3.10}$$

Приймаємо світильники ЛБ40-4 з потужністю по 40 Вт.

Дійсна потужність освітлювальної установки становитиме:

$$P_{оус} = P_л \cdot n_{св.ш.о} \cdot n_{св.д.о} = 40 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 = 1920 \text{ Вт} \tag{3.11}$$

де: $P_л$ – паспортна потужність однієї лампи, Вт.

Дійсна питома потужність освітлювальної установки:

$$P_{пит} = \frac{P_{оус}}{S_п} = \frac{1920}{108} = 17{,}77 \text{ Вт/м}^2 \tag{3.12}$$

Дійсна освітленість:

$$E_д = E \cdot \frac{P_л}{P_{лр}} = 200 \cdot \frac{40}{33{,}75} = 237 \text{ мл.} \tag{3.13}$$

Використання 12 освітлювальних установок із газорозрядними лампами ЛД40-4 дасть змогу забезпечити заданий рівень освітленості дільниці відновлення гільз циліндрів.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок додаткових капітальних вкладень

Витрати на виготовлення пристосування для закріплення гільзи циліндра визначаємо за формулою [12]:

$$З_{пр} = Ц_{п.д.} + З_{ориг.д} + Р_{оп.р} + ЗП_{сб.пр} \quad (4.1)$$

де: $Ц_{п.д.}$ – вартість покупних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра [12], грн;

$З_{ориг.д}$ – витрати на виготовлення оригінальних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра [12], грн;

$Р_{оп.р}$ – загальновиробничі витрати під час виготовлення пристосування для закріплення гільзи циліндра [12], грн;

$ЗП_{сб.пр}$ – заробітна плата робітників, які беруть участь у складанні пристосування для закріплення гільзи циліндра [12], грн.

Витрати на виготовлення оригінальних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра:

$$З_{ориг} = Ц_{м} + ЗП_{ор} \quad (4.2)$$

де: $Ц_{м}$ – вартість матеріалу, необхідного для виготовлення оригінальних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра, грн;

$ЗП_{ор}$ – заробітна плата робітників, які беруть участь у виготовленні оригінальних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра, грн.

Основну заробітну плату робітників визначають за формулою [12]:

$$ЗП_{осн.р} = t_u \cdot C_r \cdot K_t \quad (4.3)$$

де: $t_u = 16{,}9$ – трудомісткість виготовлення оригінальних деталей, люд.-год [12];

$C_r = 120$ – погодинна тарифна ставка робітника, грн/год [12];

$K_t = 1{,}025 \dots 1{,}030$ – коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати [12].

$$ЗП_{осн.ор} = 16{,}9 \cdot 120 \cdot 1{,}027 = 2082{,}75 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра, визначається за формулою [12]:

$$ЗП_{дод.ор} = \frac{(5 \dots 12) ЗП_{осн.ор}}{100} \quad (4.4)$$

$$ЗП_{дод.ор} = \frac{10 \cdot 2082{,}75}{100} = 208{,}28 \text{ грн}$$

Страхові внески до фондів робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра, визначаються за формулою [12]:

$$ЗП_{внз.ор} = \frac{30(ЗП_{осн.ор}+ЗП_{дод.ор})}{100} \quad (4.5)$$

$$ЗП_{внз.ор} = \frac{30(2082,75+208,28)}{100} = 687,31 \text{ грн}$$

Повна заробітна плата робітників, зайнятих виготовленням оригінальних деталей:

$$ЗП_{ориг} = ЗП_{осн.ор} + ЗП_{внз.ор} + ЗП_{дод.ор} \quad (4.6)$$

$$ЗП_{ориг} = 2082,75 + 208,28 + 687,31 = 2978,34 \text{ грн}$$

Вартість матеріалу, що витрачається на виготовлення оригінальних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра [12]:

$$Ц_{мат} = \sum Ц_з \cdot М_з \quad (4.7)$$

де: $М_з$ – маса заготовки для деталі, кг;

$Ц_з$ – вартість 1 кг матеріалу заготовки, грн.

$$Ц_{мат} = 420 \cdot 1,1 + 350 \cdot 1,3 = 876,1 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення оригінальних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра:

$$З_{ориг.д} = 876,1 + 2978,34 = 3854,44 \text{ грн}$$

Вартість покупних деталей пристосування для закріплення гільзи циліндра (болти, гайки, шайби) $Ц_{п.д} = 120$ грн.

Заробітна плата робітників, які беруть участь у складанні пристосування для закріплення гільзи циліндра, визначається за формулою [12]:

$$ЗП_{сб.пр} = ЗП_{сб.осн} + ЗП_{сб.внз} + ЗП_{сб.дод} \quad (4.8)$$

Основну заробітну плату робітників, які беруть участь у складанні пристосування для закріплення гільзи циліндра, визначаємо за формулою:

$$ЗП_{сб.осн} = Т_{сб} \cdot C_r \cdot K_t \quad (4.9)$$

$$Т_{сб} = K_с \cdot t_{сб} \quad (4.10)$$

де: $t_{сб}$ – трудомісткість складання, люд.-год;

$K_с$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення повного та оперативного часу.

$$Т_{сб} = 1,08 \cdot 0,36 = 0,39 \text{ люд-год}$$

$$ЗП_{сб.осн} = 0,39 \cdot 120 \cdot 1,027 = 48,06 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата робітників, зайнятих складанням пристосування для закріплення гільзи циліндра:

$$ЗП_{сб.дод} = \frac{(5...12)ЗП_{сб.осн}}{100} \quad (4.11)$$

$$ЗП_{сб.дод} = 10 \cdot \frac{48,06}{100} = 4,81 \text{ грн}$$

Страхові внески до фондів робітників, зайнятих складанням пристосування для закріплення гільзи циліндра:

$$ЗП_{сб.внз} = \frac{30(ЗП_{сб.осн}+ЗП_{сб.дод})}{100} \quad (4.12)$$

$$ЗП_{сб.внз} = \frac{30(48,06+4,81)}{100} = 15,86 \text{ грн}$$

Заробітна плата робітників, які беруть участь у складанні пристосування для закріплення гільзи циліндра:

$$ЗП_{сб.пр} = 48,06 + 4,81 + 15,86 = 68,73 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати під час виготовлення пристосування для закріплення гільзи циліндра визначаємо за формулою [12]:

$$Р_{оп.р} = \frac{ЗП_{осн.роб} \cdot R_{оп}}{100} \quad (4.13)$$

де: $ЗП_{осн.роб}$ – основна заробітна плата робітників, зайнятих виготовленням і складанням пристосування, грн.

$$ЗП_{осн.роб} = ЗП_{осн.ориг} + ЗП_{сб.осн} \quad (4.14)$$

$$ЗП_{осн.роб} = 2082,75 + 48,06 = 2130,81 \text{ грн}$$

де: $R_{оп} = 85$ – відсоток загальновиробничих витрат, %.

$$Р_{оп.р} = 2130,81 \cdot \frac{85}{100} = 1811,19 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення пристосування для закріплення гільзи циліндра становитимуть:

$$З_{пр} = 120 + 3854,44 + 68,73 + 1811,19 = 5754,36 \text{ грн}$$

Додаткові капіталовкладення складаються з вартості:

– розробленого пристосування – 5754,36 грн;

– установки термопластичного обтиснення – 921500 грн;

– установки електродугової металізації – 551000 грн;

– камери струминної обробки – 150000 грн;

– столу дефектувальника – 50000 грн.

$$ΔК = 5754,36 + 921500 + 751000 + 150000 + 50000 = 1978254,36 \text{ грн}$$

Додаткові капітальні вкладення становлять 1 978 254,36 грн.

4.2 Розрахунок собівартості відновлення гільз циліндрів та економічної ефективності роботи

Собівартість відновлення гільз визначаємо за формулою [12]:

$$С_в = С_{зп} + С_м + С_а + С_{ел} + С_н \quad (4.15)$$

де: $С_{зп}$ – заробітна плата робітників, які беруть участь у відновленні гільз циліндрів, грн;

$С_а$ – амортизаційні відрахування, грн;

$С_м$ – вартість витратних матеріалів, грн;

$С_н$ – накладні витрати, грн;

$С_{ел}$ – витрати на електроенергію, грн.

Основну заробітну плату робітників, зайнятих відновленням гільз циліндрів, визначають за формулою:

$$С_{зп} = К_с \cdot Т_{в.г.} \cdot С_{ч.р.} \quad (4.16)$$

де: $Т_{в.г.} = 0{,}5$ – трудомісткість відновлення однієї гільзи (глава 2), люд.-год;

$С_{ч.р.} = 120$ – погодинна тарифна ставка робітників, грн/год;

$К_с$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення повного та оперативного часу.

$$С_{зп} = 1{,}08 \cdot 0{,}5 \cdot 120 = 64{,}8 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата робітників, зайнятих відновленням гільз циліндрів:

$$С^д_{зп} = 10 \cdot \frac{С_{зп}}{100} = 10 \cdot \frac{64{,}8}{100} = 6{,}48 \text{ грн} \quad (4.17)$$

Страхові внески до фондів:

$$С^{внз}_{зп} = \frac{30(С_{зп} + С^д_{зп})}{100} = 30(64{,}8 + 6{,}48) = 21{,}38 \text{ грн} \quad (4.18)$$

Заробітна плата робітників, які беруть участь у відновленні гільз циліндрів:

$$С_{ЗП} = 64{,}8 + 6{,}48 + 21{,}38 = 92{,}66 \text{ грн}$$

Для відновлення однієї гільзи циліндра необхідно витратити такі розхідні матеріали: мийний склад «Лабомід-203» – 130 грн, ганчір’я – 16 грн.

Витрати на розхідні матеріали становлять $С_м = 146$ грн.

Вартість обладнання дільниці відновлення гільз циліндрів становить 1 978 254,36 грн.

Амортизаційні відрахування на обладнання приймаємо в розмірі $А = 12{,}5\ \%$ від балансової вартості обладнання на рік.

$$С_а = А \cdot \frac{К}{100} \cdot n = 12{,}5 \cdot \frac{1978254{,}36}{100} \cdot 4000 = 61{,}82 \text{ грн} \quad (4.19)$$

де: $n = 4000$ – кількість гільз, що відновлюються за рік (глава 3), шт.

Витрати на електроенергію визначають за формулою [12]:

$$С_{ел} = \frac{К_с \cdot \sum Р_{уст} \cdot Ф \cdot Ц_{кВт/год}}{n} \quad (4.20)$$

де: $Р_{уст}$ – потужність електродвигунів дільниці відновлення, кВт;

$К_с$ – коефіцієнт, що враховує час роботи та простою обладнання;

F – річний фонд часу роботи обладнання дільниці відновлення, год;

$Ц_{кВт/год}$ – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.

$$С_{ел} = \frac{0{,}85 \cdot (4{,}5 + 7{,}5 + 2{,}5 + 10 + 3{,}5 + 4{,}6) \cdot 1937 \cdot 6{,}30}{4000} = 84{,}53 \text{ грн}$$

Накладні витрати приймаємо в розмірі 85 % від заробітної плати робітників.

$$С_н = \frac{С_{зп} \cdot R_н}{100} \quad (4.21)$$

де: $С_н$ – накладні витрати, грн;

$R_н = 85$ – відсоток накладних витрат, %.

$$С_н = 92{,}66 \cdot \frac{85}{100} = 78{,}76 \text{ грн}$$

Собівартість відновлення гільзи становить:

$$С_в = 92{,}66 + 146 + 61{,}82 + 84{,}53 + 78{,}76 = 463{,}77 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект визначається за формулою [12]:

$$Е_{річне} = (С_н - С_в)n \quad (4.22)$$

де: $С_н = 970$ – вартість нової гільзи двигуна КамАЗ-740, грн;

$С_в = 463{,}77$ – собівартість відновлення гільзи циліндра, грн.

$$Е_{річне} = (970 - 463{,}77)4000 = 2024920 \text{ грн}$$

Строк окупності капітальних вкладень:

$$Т_{ок} = \frac{К}{Е_{річне}} = \frac{1978254{,}36}{2024920} = 0{,}98 \text{ роки} \quad (4.23)$$

де: ΔK – розмір капіталовкладень, грн.

Усі розраховані техніко-економічні показники заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Економічна ефективність роботи

Показники	Базовий варіант	Проектований варіант	Різниця +/-
1	2	3	4
Додаткові капіталовкладення, грн.	-	1978254,36	-
Вартість нової гільзи циліндрів та вартість відновлення гільзи, грн	970	463,77	- 506,23
Річна програма відновлення гільз циліндрів, шт.	-	4000	-
Річний економічний ефект, грн	-	2024920	-
Термін окупності, років	-	0,98	-
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	-	1,02	-

ВИСНОВОК

Підприємство є спеціалізованою організацією, що займається поточним і капітальним ремонтом автомобілів марки КамАЗ. Аналіз виробничо-господарської діяльності свідчить, що підприємство працює рентабельно: виручка у 2019 році становила 23 784 тис. грн, а прибуток – 627 тис. грн. Водночас за звітний період зафіксовано зниження рівня рентабельності на 35,7 %, що вказує на необхідність упровадження сучасних технологічних процесів ремонту.

Аналіз способів відновлення гільз циліндрів показав, що найбільш перспективним і економічно доцільним методом відновлення гільз циліндрів двигуна КамАЗ-740 є термопластичне обтиснення в матриці. Розрахунки засвідчили, що стабільна усадка гільзи за внутрішнім діаметром становить 0,7…0,75 мм, чого достатньо для відновлення гільз до номінального розміру за максимального зносу до 0,5 мм.

У зв’язку з відсутністю необхідного технологічного обладнання для реалізації розробленого способу відновлення було спроєктовано пристосування для закріплення гільзи циліндра. Виконано міцнісні та технологічні розрахунки елементів розробленого пристосування.

Аналіз стану охорони праці на підприємстві виявив окремі недоліки, для усунення яких запропоновано комплекс заходів щодо поліпшення умов праці. Проведено розрахунок освітленості дільниці відновлення гільз циліндрів. Розроблено інструкцію з охорони праці під час роботи з розробленим пристроєм для закріплення гільзи циліндра.

Економічні розрахунки підтвердили ефективність роботи та прийнятих проєктних рішень у цілому. За додаткових капіталовкладень у розмірі 1 978 254,36 грн річний економічний ефект від упровадження розробленого технологічного процесу відновлення гільз циліндрів становить 2 024 920 грн, а строк окупності – 0,98 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Керівництво з експлуатації, технічного обслуговування і ремонту двигунів КамАЗ-740. Електронний ресурс.

2. Гільза циліндра КамАЗ 740. Технічні характеристики та призначення. Електронний ресурс.

3. Гільза 740.30-1002021-70 Євро 0/1/2 фосфатована: технічні характеристики. Електронний ресурс.

4. Гільза циліндра КАМАЗ 740: конструктивні розміри та призначення. Електронний ресурс.

5. Хомич С. М. Ремонт сільськогосподарських машин : навч. посіб. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 242 с.

6. Мамарін В. В. Технологія ремонту машин : навч. посіб. Миколаїв : МНАУ, 2011. Електронний ресурс.

7. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2017. 290 с.

8. Honing of cylinder liners: purpose, removal of ovality and formation of oil-retaining surface. Електронний ресурс.

9. ASM Handbook. Vol. 18: Friction, Lubrication, and Wear Technology. ASM International, 1992.

10. Han F. та ін. Simulation Research on Cylinder Liner Shape and Position Error under Thermal and Mechanical Loads. Processes. 2024. Vol. 12, № 7.

11. Truhan J. J., Qu J., Blau P. J. A rig test to measure friction and wear of heavy duty diesel engine piston rings and cylinder liners using realistic lubricants. Tribology International. 2005.

12. Nemyrovskyi Y. та ін. Improving the Processing Quality of Cylinder Liners. Вісник НТУ “ХПІ”. 2022.

13. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних “Законодавство України” / Верховна Рада України.

14. Про затвердження Правил охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями : наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19.12.2013 № 966. НПАОП 0.00-1.71-13.

15. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском : наказ Міністерства соціальної політики України від 05.03.2018 № 333. НПАОП 0.00-1.81-18.

16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42.

17. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417. НАПБ А.01.001-2014.

18. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 16 с.