

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри надійності техніки,

к.т.н., доц. _____ Новицький А.В.

(підпис)

(ПБ)

“ ____ ” _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Реконструкція ремонтної майстерні
агрофірми з розробкою розбирально-складальної
дільниці»**

Спеціальність 133 - «Галузеве машинобудування»

Гарант освітньої програми

_____ Д.Т.Н., проф.

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Булгаков В.М.

(підпис)

(ПБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

_____ К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Попик П.С.

(підпис)

(ПБ)

Виконав

_____ (підпис)

_____ Крючков В.І.

(ПБ студента)

Київ - 2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АГРОФІРМИ...	9
1.1 Характеристика ремонтної майстерні агрофірми.....	9
1.2 Аналіз річної програми ремонту двигунів.....	9
1.3 Організація та технології ремонту двигунів.....	10
1.4 Актуальність вибору теми роботи.....	13
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ.....	15
2.1 Загальні положення.....	15
2.2 Очищення двигуна.....	16
2.3 Розбирання двигуна.....	17
2.4 Очищення деталей двигуна.....	18
2.5 Дефектування деталей.....	19
2.6 Ремонт деталей.....	23
2.7 Комплектування деталей.....	25
2.8 Складання з'єднань та двигуна.....	26
2.9 Регулювання двигуна.....	30
2.10 Обкатка двигуна.....	31
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ.....	32
3.1 Заходи з удосконалення технологічного процесу капітального ремонту двигунів.....	32
3.2 Маршрут технологічного процесу ремонту двигунів.....	33
3.3 Визначення річної програми дільниці.....	35
3.4 Розрахунок трудомісткості ремонту агрегатів.....	35
3.5 Розрахунок додаткових трудомісткостей.....	36

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Крючков В.І.				4	3	
Перевір.		Попик П.С.				НУБіП України		
Реценз.								
Н. Контр.		Банний О.О.						
Затверд.								

3.6	Режим роботи і фонди робочого часу.....	37
3.7	Визначення складу робітників.....	39
3.8	Вибір основного обладнання.....	41
3.9	Розрахунок планування дільниці.....	41
3.10	Розрахунок освітлення.....	43
3.10.1	Розрахунок природного освітлення.....	44
3.10.2	Розрахунок штучного освітлення.....	44
3.11	Розрахунок витрат електроенергії.....	45
3.11.1	Середньорічне споживання силової електроенергії.....	45
3.11.2	Середньорічне споживання електроенергії на освітлення.....	46
3.11.3	Загальна річна витрата електроенергії.....	46
РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА СТЕДНУ		
3 РОЗБИРАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ДВИГУНІВ.....		
4.1	Обґрунтування вибору конструкторської розробки.....	47
4.2	Аналоги конструкторської розробки стенду.....	48
4.3	Розрахунок робочого тиску та підбір гідроциліндра.....	52
4.4	Вибір регулятора тиску.....	54
4.5	Вибір розподільника тиску.....	55
4.6	Розрахунок півосі опори на згин.....	56
4.7	Вибір перерізу поворотних балок та стійок.....	59
4.8	Обслуговування стенда.....	60
4.9	Результати впровадження стенда.....	61
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....		
5.1	Стан показників безпеки життєдіяльності.....	62
5.2	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	62
5.3	Заходи безпеки.....	65
РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ.....		
6.1	Техніко-економічна оцінка конструкторської розробки.....	69
6.1.1	Вартість виготовлення корпусних деталей.....	69

6.1.2 Витрати на виготовлення оригінальних деталей.....	70
6.1.3 Вартість покупних деталей.....	72
6.1.4 Повна заробітна плата робітників, зайнятих на складанні стенду.....	72
6.1.5 Накладні витрати на виготовлення стенду.....	73
6.1.6 Собівартість виготовлення стенду.....	74
6.2 Економічне обґрунтування проекту.....	74
6.2.1 Собівартість ремонтних робіт.....	74
6.2.2 Вартість одного ремонту.....	75
6.2.3 Річна економія від зниження собівартості ремонтних робіт.....	75
6.2.4 Термін окупності додаткових капіталовкладень.....	75
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ.....	80

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ремонт машин як невід'ємний процес повернення їхньої працездатності виник одночасно з появою перших механізмів. В українських реаліях, де аграрний сектор та промисловість відіграють важливу роль, своєчасне та якісне відновлення техніки є критично важливим для забезпечення безперебійної роботи підприємств.

Довговічність деталей машин в Україні, як і в усьому світі, залежить від багатьох факторів: специфіки виконуваних функцій, діапазону навантажень та швидкостей, різноманітності видів тертя, якості використовуваних матеріалів, наявності відхилень у їхніх властивостях, точності виготовлення, якості обробки поверхонь, взаємного розташування деталей та впливу умов експлуатації. Саме тому протягом терміну служби машини, що визначається стійкістю її базових елементів, значна кількість деталей потребує заміни або відновлення.

В контексті відновлення ресурсу двигунів, що є серцем будь-якої самохідної техніки, ключову роль відіграє капітальний ремонт. В Україні, де ціна нової імпортової техніки може бути високою, якісний капітальний ремонт набуває особливого значення для продовження терміну служби наявного автопарку. Післяремонтний ресурс двигуна напряду залежить від якості виконаних робіт. Висока якість ремонту, своєю чергою, визначається кваліфікацією фахівців механіків, наявністю сучасного обладнання та інструментів, використанням якісних запасних частин (включаючи можливість використання як оригінальних, так і перевірених аналогів), правильною організацією технологічного процесу ремонту та доступом до актуальної інформації про новітні способи та методи ремонту.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Крючков В.І.</i>			ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Попик П.С.</i>					7	2
<i>Реценз.</i>						<i>НУБіП України</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Банний О.О.</i>						
<i>Затверд.</i>								

Метою даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є обґрунтування та розробка проекту реконструкції ремонтної майстерні агрофірми шляхом аналізу існуючих способів ремонту двигунів та методів організації робіт, з акцентом на розробці ефективної розбирально-складальної ділянки для вдосконалення технологічного процесу ремонту двигунів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання, адаптовані до українських реалій:

- провести аналіз підприємства з ремонту двигунів, виявити проблемні місця та неефективні етапи в існуючому технологічному процесі;
- здійснити огляд науково-технічної літератури за темами: «ремонт двигунів», «методи організації технологічних процесів», «нові технології та матеріали в ремонті двигунів»;
- обрати оптимальну схему технологічного процесу ремонту двигунів, яка найкраще відповідає умовам та можливостям підприємств;
- визначити основні параметри цеху з ремонту двигунів (орієнтовну річну програму, трудомісткість робіт та розподіл робіт за видами, розрахувати необхідні виробничі площі, підібрати необхідне обладнання та розробити його оптимальне розміщення, визначити необхідну кількість робітників та їхні спеціальності);
- розробити заходи щодо створення належних умов праці відповідно до українських норм (розрахувати освітлення, опалення, вентиляцію тощо з урахуванням місцевого клімату та вимог безпеки);
- розглянути питання організації робіт у ремонтному цеху, включаючи планування, облік та контроль якості відповідно до вітчизняних стандартів;
- описати вимоги з охорони праці та безпеки життєдіяльності в ремонтному цеху з урахуванням чинного українського законодавства;
- провести розрахунок економічної ефективності запропонованих удосконалень з урахуванням цін на матеріали та послуги в Україні;

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АГРОФІРМИ

1.1 Характеристика ремонтної майстерні агрофірми

В умовах сучасної України, де аграрний та транспортний сектори відіграють ключову роль, наявність якісного сервісного обслуговування техніки є запорукою безперебійної роботи багатьох підприємств. Спеціалізований сервісний центр, що діє на вітчизняному ринку, пропонує широкий спектр послуг для своїх клієнтів, забезпечуючи підтримку та відновлення працездатності їхнього автопарку.

Серед основних напрямків діяльності такого центру можна виділити:

- Передпродажна підготовка нової сільськогосподарської та вантажної техніки;
- Гарантійне сервісне обслуговування техніки;
- Ремонт двигунів;
- Ремонт коробок передач;
- Ремонт паливної апаратури дизельних двигунів;
- Ремонт електрообладнання;
- Діагностика гідросистем та ремонт гідроапаратури;
- Ремонт ведучих мостів;
- Відновлення працездатності маніпуляторів;
- Опресування рукавів високого тиску (шлангів) для гідравлічних систем;
- Монтаж, технічне обслуговування та ремонт автономних опалювачів.

1.2 Аналіз річної програми ремонту двигунів

Аналіз діяльності багатьох вітчизняних сервісних центрів показує, що значну частину їхнього доходу становить саме ремонт двигунів.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Крючков В.І.			АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АГРОФІРМИ		
Перевір.		Попик П.С.					
Реценз.							
Н. Контр.		Банний О.О.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						9	6
					НУБіП України		

Для прикладу, дані про кількість відновлених двигунів одним із таких підприємств за останні два роки можуть наочно продемонструвати важливість цього напрямку.

Таблиця 1.1

Річна програма по ремонту двигунів у 2023...2024 роках.

Марка двигуна	2023 р.	2024 р.
УАЗ-451	3	-
ГАЗ-53	2	-
ЗІЛ-130	3	-
ЯМЗ-236	17	15
ЯМЗ-238	6	8
КамАЗ-740	14	17
Д-37Е	8	-
Д-144	2	-
Д-65	20	15
Д-240	14	48
А-41	5	8
СМД-18	8	12
Всього	105	120

1.3 Організація та технології ремонту двигунів

На одному з вітчизняних підприємств, що спеціалізується на ремонті сільськогосподарської та вантажної техніки, організація процесу відновлення двигунів має наступну структуру.

Усі працівники, залучені до діляниць ремонту двигунів, знаходяться у безпосередньому підпорядкуванні начальника ремонтного цеху. Режим роботи в цеху є однозмінним, з восьмигодинним робочим днем та стандартним сорокагодинним робочим тижнем, що відповідає трудовому законодавству України.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Штат дільниць з ремонту двигунів налічує вісім працівників. Розподіл обов'язків між ними виглядає наступним чином: одна особа відповідає за розбирання двигунів, їхнє очищення (миття) та фарбування після ремонту. Ще один працівник займається дефектуванням деталей, включаючи вимірювання зносу, виявлення пошкоджень, а також виконує шліфування шийок колінчастих та розподільних валів і розточування циліндрів. Чотири слюсарі безпосередньо зайняті процесами складання двигунів, їхнім випробуванням на стенді та обкаткою. Ремонт паливної апаратури здійснює один спеціалізований слюсар. За відновлення електрообладнання двигунів відповідає ще один слюсар-електрик.

Дільниця з ремонту двигунів фізично розташована в межах будівлі ремонтного цеху. Технологічний процес відновлення двигунів включає в себе такі основні операції:

- Транспортування двигуна до ремонтного майданчика;
- Миття двигуна у спеціальній мийній установці для видалення забруднень (очищення окремих деталей проводиться в мийній машині);
- Дефектування (визначення стану деталей та прийняття рішення щодо їхньої заміни або відновлення);
- Комплектація необхідними деталями та складання двигуна;
- Холодна та гаряча обкатка двигуна з контролем навантаження;
- Приймання відремонтованого двигуна після випробувань;
- Фарбування двигуна для захисту від корозії та надання товарного вигляду;
- Транспортування двигуна зі складу відремонтованої продукції.

Переміщення двигунів у межах ремонтної дільниці здійснюється за допомогою кран-балки. Двигуни надходять на ремонт або з обмінного фонду підприємства, або з дільниці розбирання машин, де проводиться демонтаж агрегатів, що потребують відновлення.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Процес очищення вузлів двигуна включає використання гарячої води та каустичної соди для видалення стійких забруднень. Миття окремих деталей здійснюється в мийній машині з використанням дизельного палива як розчинника.

На дільниці дефектування кваліфіковані спеціалісти визначають подальшу долю кожної деталі: чи буде вона утилізована через непридатність, направлена на відновлення (механічну обробку, зварювання тощо), чи придатна для подальшого використання на дільниці комплектації.

Приймання відремонтованого двигуна відбувається наступним чином: на обкатувальному стенді слюсар-випробувач проводить вимірювання компресії у всіх циліндрах. Під час гарячої обкатки контролюється тиск оливи в масляній магістралі двигуна, здійснюється регулювання зазорів клапанів газорозподільного механізму. Після завершення обкатки слюсар заносить до спеціального журналу обліку обкатаних двигунів такі обов'язкові дані:

- Номер відремонтованого двигуна;
- Розмір циліндропоршневої групи після ремонту;
- Розмір корінних шийок колінчастого вала після обробки;
- Прізвище слюсара, який здійснював складання даного двигуна;
- Прізвище слюсара, який проводив випробування двигуна на стенді.

У випадку, якщо на відремонтованому двигуні встановлено відновлений колінчастий вал, у журналі обов'язково зазначається, які саме шатунні або корінні шийки були відновлені. Аналогічно, якщо під час ремонту відновлювалися гільзи циліндропоршневої групи, ця інформація також фіксується в журналі. Після успішного проходження випробувань двигун передається на дільницю фарбування.

Майстер ремонтної дільниці на кожен відремонтований двигун складає індивідуальний паспорт. До цього паспорта заносяться наступні ключові дані:

- Номер двигуна;
- Фактичний розмір циліндропоршневої групи після ремонту;
- Фактичний розмір корінних шийок колінчастого вала після обробки;

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- Прізвище, ім'я та по батькові слюсаря, який безпосередньо виконував ремонтні роботи;
- Дата (число, місяць та рік) приймання відремонтованого двигуна.

Надалі цей паспорт передається замовнику разом з відремонтованим двигуном при його отриманні. Якщо ж двигун направляється на обмінний пункт підприємства, паспорт залишається у майстра дільниці, відповідального за приймання та видачу агрегатів за накладною, яка передається до бухгалтерії для обліку.

1.4 Актуальність вибору теми роботи

Двигун є ключовим елементом будь-якої техніки. Якість його ремонту безпосередньо впливає на потужнісні та економічні показники, а також на тривалість подальшої експлуатації після відновлення.

Так, навіть незначні помилки при регулюванні двигуна після ремонту можуть призвести до падіння потужності на 10-15%, збільшення витрати палива на 18-20%. Крім того, неправильне регулювання спричиняє підвищення токсичності вихлопних газів, що є особливо небажаним в умовах зростання екологічних вимог до транспортних засобів в Україні. У двигунів, ремонт яких проводився з порушенням технологічних допусків, післяремонтний ресурс може скоротитися на 50%. Неякісне очищення вузлів та деталей зменшує термін служби двигуна на 20-35%, а використання запасних частин сумнівної якості знижує ресурс на 30-55%, а в окремих випадках може призвести до серйозних поломок.

На даний момент організацію роботи дільниці з ремонту двигунів на багатьох вітчизняних підприємствах можна охарактеризувати як задовільну, проте існують можливості для покращення.

Процес очищення вузлів та деталей двигунів часто здійснюється за допомогою застарілих мийних засобів (каустична сода, бензин, дизельне паливо, вода), які мають низьку ефективність, не повністю видаляються з поверхонь, залишаючись у внутрішніх порожнинах.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Нові запасні частини, що використовуються під час ремонту, часто не піддаються належному контролю якості (за розмірами, формою, масою тощо), і нерідко їхні параметри виходять за межі встановлених технологічних допусків.

Вищезазначені недоліки призводять до зниження післяремонтного ресурсу двигунів, значна частина яких повертається за рекламациями на повторний ремонт, що завдає підприємству фінансових збитків та негативно впливає на його репутацію.

Організація роботи на дільниці ремонту двигунів є актуальним питанням для будь-якого підприємства, що займається відновленням техніки. Правильно організований робочий процес дозволить досягти значного підвищення якості ремонту двигунів, що призведе до збільшення їхнього післяремонтного ресурсу. Крім того, оптимізація організації робіт може сприяти зниженню собівартості ремонту двигунів.

Капітальний ремонт двигунів зазвичай проводиться на спеціалізованій дільниці, типовий план якої представлений на рисунку 1.1.

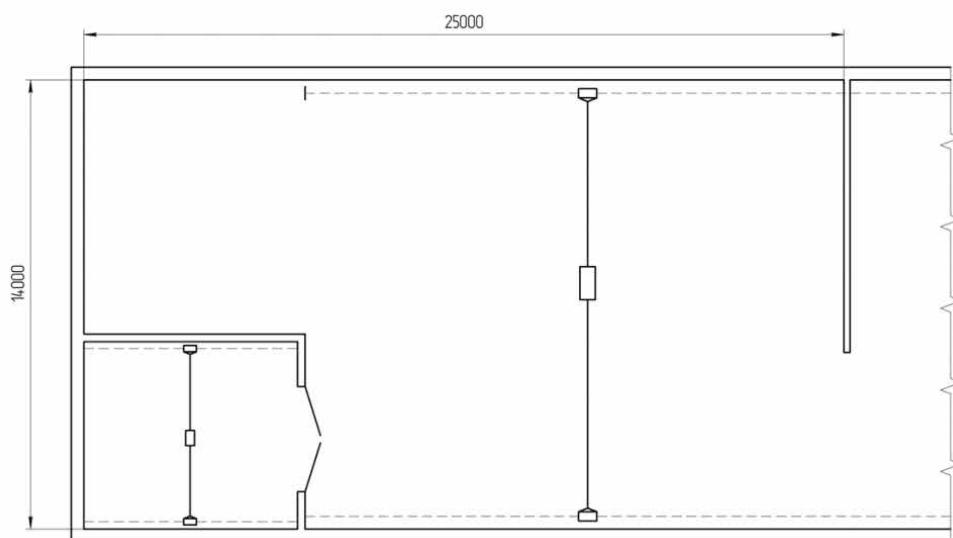


Рис 1.1. План дільниці по ремонту двигунів

Надання недорогого та водночас якісного ремонту дозволить підприємству підвищити позитивну репутацію серед клієнтів та розширити свою клієнтську базу на конкурентному ринку України.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ

2.1 Загальні положення

Необхідність у ремонті двигуна виникає, коли знос його деталей перевищує встановлені граничні значення пошкодження. Незалежно від причини, основні способи та методи проведення ремонтних робіт залишаються подібними.

Для забезпечення високої якості ремонту з мінімальними витратами праці та коштів, важливим є наявність належним чином обладнаного приміщення, комплекту професійного слюсарного та вимірювального інструменту, набору спеціальних пристосувань (знімачів, вибивачів, оправок, спеціальних ключів тощо) та спеціалізованого обладнання для розточування блоків циліндрів, шліфування колінчастих валів, відновлення деформованих площин головок блоків циліндрів та інших деталей двигунів. Також необхідно налагодити безперебійне постачання якісних запасних частин.

Попередній перелік необхідних для ремонту запасних частин складається на етапі дефектування деталей після розбирання двигуна. Замовлення деталей здійснюється на складі підприємства або у перевірених магазинах оптово-роздрібної торгівлі. З міркувань доцільності та професійної відповідальності наполегливо не рекомендується доручати, а тим більше покладати, закупівлю запасних частин на замовника, оскільки в такому випадку неможливо гарантувати якість деталей, а отже, і якість виконаного ремонту. Слід особливо підкреслити, що якість запасних частин багатьох виробників є вкрай низькою, а зорієнтуватися у величезному асортименті підробленої та бракованої продукції, що заповнила ринок України, непросто навіть досвідченому фахівцю.

Набір слюсарного та вимірювального інструменту для ремонту двигуна є стандартним, за винятком невеликої кількості спеціалізованих ключів та пристосувань, адаптованих для двигунів конкретних виробників.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Крючков В.І.</i>			ЗАГАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Попик П.С.</i>					25	27
<i>Реценз.</i>						<i>НУБіП України</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Банний О.О.</i>						
<i>Затверд.</i>								

Перелік інструменту та пристосувань, які можуть знадобитися для розбирання та складання двигуна певної конструкції, як правило, наводиться в сервісній документації з ремонту цього двигуна.

Оскільки при ремонті двигуна висуваються високі вимоги до чистоти складання з'єднань та точності вимірювань допусків і посадок (до сотих часток міліметра), приміщення для проведення ремонтних робіт повинні бути відокремлені від зон, де виконуються інші види робіт (наприклад, слюсарні або кузовні), мати ефективну витяжну вентиляцію, підлогу з плитки, мінімальний рівень запиленості, нормальну вологість та температуру повітря в межах 18-25 °С.

Зниження температури повітря в приміщенні відносно середньої оптимальної температури (20 °С) на кожні 10 °С призводить до збільшення величини вимірюваного зазору приблизно на 0,010-0,015 мм, що необхідно враховувати при проведенні точних вимірювань.

Узагальнено, процес ремонту двигуна зводиться до послідовного виконання наступних видів робіт та операцій:

- Миття двигуна;
- Розбирання двигуна;
- Миття деталей;
- Дефектування деталей;
- Ремонт деталей;
- Комплектування деталей;
- Складання з'єднань, складання двигуна;
- Регулювання двигуна;
- Обкатка двигуна.

2.2 Очищення двигуна

Процес очищення двигуна проводиться на спеціально обладнаній ділянці з використанням технічних мийних рідин або води з додаванням спеціальних мийних засобів, призначених для видалення складних забруднень, характерних для двигунів внутрішнього згорання.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Миття здійснюється як при частково, так і при повністю знятому навісному обладнанні двигуна. Основна мета цієї операції полягає у запобіганні потраплянню бруду та сторонніх часток всередину агрегату під час його подальшого розбирання. Крім того, якісне очищення зовнішніх поверхонь двигуна дозволяє виявити заводські маркування, написи та установочні мітки на корпусних деталях, що є важливим для правильної ідентифікації компонентів та подальшого складання.

Навісні деталі двигуна, такі як генератор, стартер, насоси тощо, піддаються очищенню окремо, з урахуванням особливостей їхньої конструкції та ступеня забруднення.

2.3 Розбирання двигуна

Процес розбирання двигуна здійснюється в строгій послідовності, визначеній заводом-виробником. Детальний опис порядку розбирання конкретної моделі двигуна міститься у відповідній сервісній документації. Розбирання двигунів традиційної конструкції зазвичай починається зі зняття навісних агрегатів (генератора, стартера тощо), впускного та випускного колекторів, шківів колінчастого та розподільного валів, а також маховика. Після цього знімають клапанну кришку, передню та задню кришки колінчастого вала, корпус підшипників розподільного вала разом із самим розподільним валом (у випадку верхнього розташування) та головку блоку циліндрів.

Далі двигун перевертають догори кришкою картера (масляним піддоном), відкручують кріплення та знімають піддон. Потім демонтують маслоприймальний патрубок масляного насоса та масляний насос у зборі. На наступному етапі від'єднують кришки кріплення шатунів до колінчастого вала та обережно виштовхують поршні разом із шатунами з циліндрів. У випадку наявності зношеного виступу у верхній частині циліндра, який може перешкоджати вийманню поршнів, цей виступ акуратно зрізають шабером. Після видалення поршнів з шатунами відкручують болти кріплення кришок корінних підшипників та обережно виймають колінчастий вал двигуна.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Протягом усього процесу розбирання двигуна проводиться ретельний візуальний огляд кожної деталі. Деталі, що мають явні пошкодження (тріщини, сколи, деформації), відбраковуються та підлягають заміні. Деталі, які не мають видимих пошкоджень, піддаються очищенню (миттю) та відкладаються для подальшого інструментального контролю з метою виявлення прихованих дефектів та визначення ступеня зносу. Деталі, які не мають пошкоджень та відповідають встановленим граничним значенням зносу, можуть бути використані повторно при складанні двигуна.

Важливою умовою повторного використання деталей є їхнє маркування відповідно до місця встановлення. Під час складання двигуна ці деталі повинні бути встановлені на свої попередні місця та в тому ж просторовому положенні. Дотримання цього правила дозволяє зберегти балансування двигуна та забезпечити належне притирання деталей одна до одної під час обкатки, що позитивно впливає на його подальшу надійність та ресурс.

2.4 Очищення деталей двигуна

Процес очищення деталей двигуна є обов'язковим етапом, що передує їхньому ретельному огляду з метою виявлення зношених елементів та проведенню ремонтних робіт. Значна кількість деталей очищається у спеціалізованому обладнанні – барабанних або струменевих мийних машинах, що забезпечує високу продуктивність та якість обробки. Невеликі або особливо делікатні деталі можуть очищатися вручну.

Під час експлуатації деталі двигуна часто покриваються стійкими маслянисто – асфальто - смолистими відкладеннями та нагаром. Ці забруднення ускладнюють візуальний огляд поверхні деталі, точне визначення ступеня її зносу, закривають нанесене маркування, негативно впливають на точність вимірювань та створюють незручності для працівників.

Для ефективного очищення та знежирення деталей рекомендується використовувати сучасні мийні засоби, які є чудовою альтернативою застарілим та малоефективним органічним розчинникам, таким як бензин, дизельне паливо, ацетон, бензол та розчин каустичної соди.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Сучасні промислові мийні засоби, розроблені з урахуванням екологічних норм та вимог до якості очищення, забезпечують видалення найскладніших забруднень без шкоди для матеріалів деталей.

Після завершення процесу очищення необхідно переконатися у відсутності залишків мийних або мастильних рідин у глухих отворах (як гладких, так і з різьбою), оскільки їхня присутність може негативно вплинути на подальші ремонтні роботи та експлуатацію двигуна.

2.5 Дефектування деталей

Після очищення кожна деталь двигуна підлягає ретельному огляду та вимірюванню. За результатами дефектування деталі сортуються на три категорії: придатні для подальшого використання, ті, що підлягають відновленню, та непридатні до ремонту й експлуатації. Придатні деталі під час складання двигуна встановлюються на свої попередні місця з урахуванням їхньої початкової орієнтації. Деталі, що потребують відновлення, направляються на відповідні ремонтні операції та після відновлення також можуть бути повторно встановлені в двигун. Деталі, ремонт яких є недоцільним або неможливим, підлягають утилізації.

У процесі експлуатації зношеного двигуна в деталях можуть виникати різноманітні несправності, серед яких: зміна лінійних розмірів, порушення геометричної форми (включаючи деформацію площин), відхилення у точності взаємного розташування елементів, механічні пошкодження (сколи, тріщини, подряпини), корозія матеріалу, а також зміна його фізико-механічних властивостей.

Перевірка стану деталей двигуна починається та завершується візуальним оглядом. Такі види пошкоджень, як корозія, тріщини, сколи, риски, подряпини, борозни, задири, викришування поверхні тощо, досить легко виявити як візуально, так і на дотик. Маючи певний досвід та навички, фахівець може візуально оцінити й менш очевидні дефекти, такі як неспіввісність, нерівність площин, порушення геометрії форми.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Для кількісної оцінки таких "неочевидних" пошкоджень, як ступінь зносу, величина деформації, використовуються інструментальні методи контролю з застосуванням високоточних вимірювальних інструментів.

Контроль деформації валів здійснюється за допомогою спеціальних призм та індикатора годинникового типу, закріпленого на стійці. Величина деформації вала визначається за максимальним відхиленням стрілки індикатора від нульового положення під час обертання вала на призмах навколо своєї осі. Схематичне зображення цього процесу намальовано на рис. 2.1.

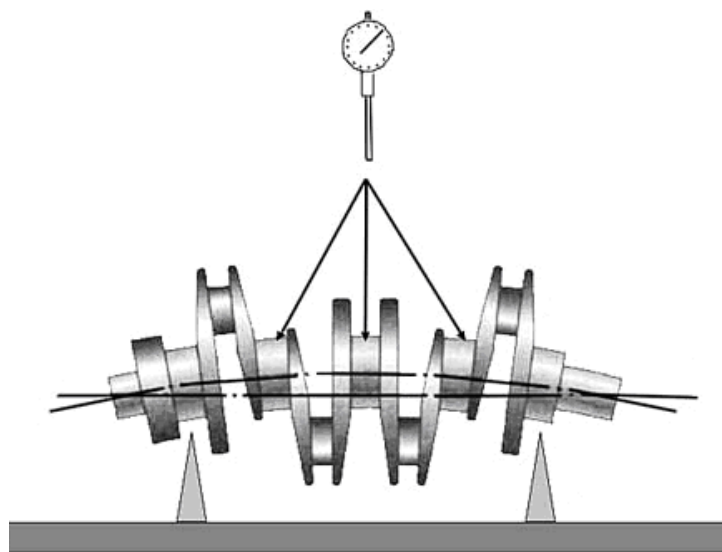


Рис. 2.1. Визначення деформації вала

Для виявлення нерівномірності зносу (овальності) шатунних шийок колінчастого вала їхні розміри контролюють у двох взаємно перпендикулярних напрямках: вздовж радіуса кривошипа та перпендикулярно до нього. Граничний знос шийки вала не повинен перевищувати максимально допустиме значення, встановлене заводом-виробником. Величина зносу кулачків розподільного вала визначається шляхом вимірювання їхньої висоти.

Корінні та шатунні вкладиші колінчастого вала при проведенні капітального ремонту двигуна підлягають обов'язковій заміні на нові.

Вимірювання внутрішніх діаметрів посадкових місць валів, отворів нижніх головок шатунів, циліндрів та інших отворів здійснюється за допомогою спеціального вимірювального інструменту – нутроміра.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Для перевірки співвісності опор вала може використовуватися лекальна лінійка. Лінійка встановлюється послідовно на три сусідні опори вздовж їхньої осі. Неспіввісність або деформація опор виявляється за характерним "погойдуванням" лінійки на середній з трьох обраних опор. Величина неспіввісності визначається за допомогою набору щупів, які підкладаються під лінійку до усунення хитання.

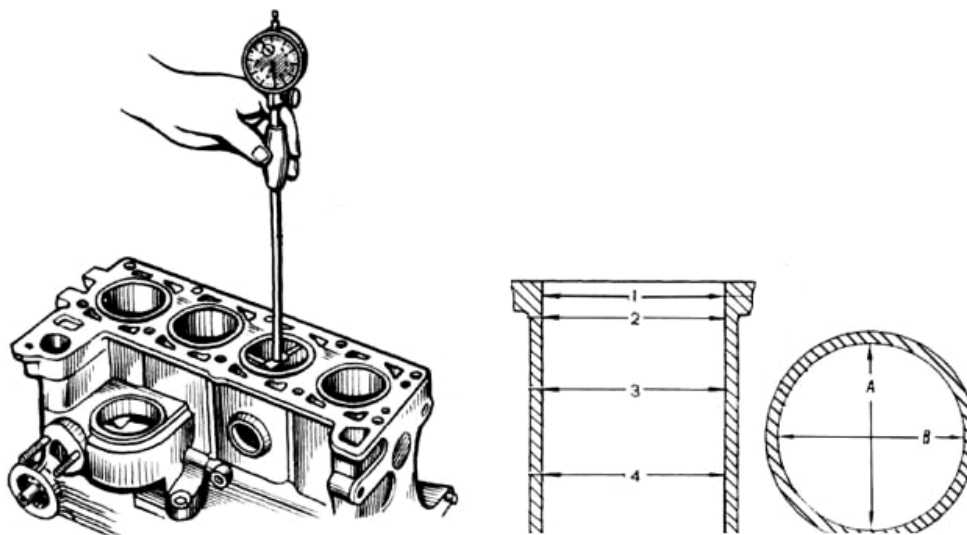


Рис. 2.2. Вимірювання розмірів циліндра

Знос поверхні поршневих кілець визначається візуально (на зношених кільцях сточені маслоснімні канавки) або за величиною зазору в замку. Товщину (висоту) кільця вимірюють за допомогою мікрометра.

При проведенні дефектування деталей двигуна обов'язково перевіряється деформація площин блоку циліндрів та головки блоку циліндрів. Вимірювання здійснюються за допомогою лекальної лінійки та набору щупів. Лінійка прикладається до площини по діагоналі. У зазор (за його наявності) між площиною деталі та площиною лінійки вводиться щуп. Якщо величина нерівності перевищує гранично допустиме значення, встановлене для даної деталі, площина підлягає відновленню (шліфуванню).

Серйозною проблемою при діагностиці є виявлення тріщин. Наявність непомічених тріщин у корпусних або інших важливих деталях двигуна може звести нанівець усі зусилля, витрачені на ремонт.

На сьогоднішній день на ремонтних підприємствах використовується кілька ефективних методів виявлення тріщин:

- Метод гідравлічного випробування під тиском полягає у подачі рідини під тиском 6-8 атмосфер у внутрішні порожнини деталі. При цьому всі отвори, що мають вихід назовні, повинні бути герметично закриті. У разі наявності тріщин у деталі, через них буде витікати (просочуватися) рідина, що закачується;
- Метод пневматичного випробування під тиском є аналогічним попередньому. У порожнину деталі, зануреної в гарячу воду, подається стиснене повітря. Наявність тріщин фіксується за виходом бульбашок повітря;
- Суть методу кольорової дефектоскопії полягає в нанесенні на деталь спеціального проникаючого розчину, забарвленого в червоний (або інший контрастний) колір. Завдяки високій проникаючій здатності, розчин здатен глибоко проникати навіть у мікротріщини шириною в тисячні частки міліметра. Після очищення поверхні деталі на неї наносять проявляючий розчин білого кольору. Наявні тріщини проявляються яскравою лінією на білому фоні;
- Магнітопорошковий метод дефектоскопії застосовується для діагностики деталей, виготовлених з чавуну або сталі. Деталь намагнічується шляхом поміщення її в поле електромагнітів. При наявності тріщин, магнітне поле в зоні дефекту спотворюється. При нанесенні на деталь феромагнітного порошку або суспензії, тріщина проявляється скупченням магнітного матеріалу вздовж її країв;
- Ультразвуковий метод дефектоскопії базується на принципі відбиття ультразвукових імпульсів певної частоти від внутрішніх неоднорідностей матеріалу деталі. Дефекти діагностуються за зміною характеристик відбитої хвилі, що відображається на екрані дефектоскопа.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.6 Ремонт деталей

Ремонт деталей двигуна є багатограним процесом, зумовленим різноманітністю форм, конфігурацій, матеріалів та технологій виготовлення його складових частин, а також специфікою обробки їхніх робочих поверхонь. Відповідно, способи та методи відновлення кожної деталі можуть суттєво відрізнятися. Проте, якщо узагальнити, весь комплекс робіт з ремонту двигуна в умовах українських сервісних центрів зводиться до трьох основних напрямків: відновлення отворів, відновлення валів та ремонт корпусних елементів.

Відновлення отворів у деталях двигуна здійснюється переважно двома шляхами. Зношені отвори або розточуються до наступного ремонтного розміру, або відновлюються до їхнього початкового (номінального) стану. Розточуванню під ремонтні розміри найчастіше піддаються циліндри та гільзи циліндрів. Відновленню до номінальних розмірів підлягають, зокрема, посадочні місця корінних та шатунних шийок колінчастого вала, отвори у головках шатунів тощо. Для виконання розточувальних робіт використовуються розточувальні та токарні верстати, наявні на багатьох українських ремонтних підприємствах. Відновлення первинних розмірів деталей досягається за допомогою технологій наплавлення, наварювання та порошкового напилення, які все частіше застосовуються в спеціалізованих сервісних центрах України. Незалежно від обраного методу, робочі поверхні відновлених отворів підлягають обов'язковій фінішній обробці на спеціалізованому обладнанні.

Одним із поширених методів фінішної обробки в Україні є хонінгування, яке виконується на спеціальних хонінгувальних верстатах. Для обробки деталей з алюмінієвих, бронзових та чавунних сплавів використовуються хонінгувальні бруски на основі оксиду алюмінію (Al_2O_3) або карбїду кремнію (SiC), які є доступними на вітчизняному ринку абразивних матеріалів. Для обробки сталевих деталей можуть застосовуватися алмазні бруски або бруски з нітриду бору, що забезпечують високу точність та якість обробки.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Основна мета хонінгування полягає у створенні якісної робочої поверхні циліндра – гладкої, але з контрольованою мікрошорсткістю, здатної утримувати мастильну плівку для ефективного змащування поршня. Досягнення таких характеристик поверхні забезпечується застосуванням якісних абразивних матеріалів та спеціальних технологічних прийомів хонінгування, що добре освоєні українськими фахівцями.

Обробка отвору під ремонтний розмір залишається одним з найбільш економічно вигідних та поширених способів відновлення деталей в Україні. Важливо розрізняти обробку деталей під стандартні та нестандартні ремонтні розміри. Стандартні ремонтні розміри чітко регламентуються технічними умовами на ремонт, і оскільки збільшення діаметра отвору передбачає використання суміжної деталі відповідного збільшеного (ремонтного) розміру, саме в цих стандартизованих розмірах налагоджено промислове виробництво запасних частин в Україні та за її межами.

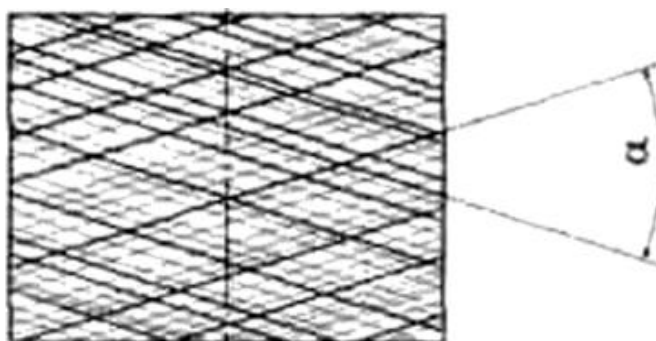


Рис. 2.3. Фрагмент поверхні циліндра після хонінгування

Основна мета ремонту отворів у деталях двигуна, зокрема циліндрів, полягає у: відновленні якості поверхні циліндрів; відновленні правильної геометрії отворів; відновленні оптимального зазору між циліндром та суміжною деталлю; відновленні точності взаємного розташування деталей.

Ремонт валів. Основними несправностями валів двигунів, з якими стикаються ремонтники, є: природний знос шийок та кулачків внаслідок тривалої експлуатації; задири на шийках та кулачках, що виникають через недостатнє змащення або потрапляння сторонніх часток у пару тертя "опора – шийка"; деформація валів, спричинена впливом граничних навантажень.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Зношені вали в умовах українських ремонтних майстерень піддаються шліфуванню шийок під ремонтні розміри, наплавленню матеріалу на зношені шийки та кулачки з подальшою їх обробкою до номінальних розмірів, а також правці наявних деформацій з обов'язковим подальшим балансуванням вала. Основною метою такого ремонту є: відновлення зазорів у сполученнях деталей до номінальних значень, встановлених виробником; відновлення правильної геометрії шийок; відновлення якості поверхні деталей; відновлення точності взаємного розташування поверхонь вала та його опор.

2.7 Комплектування деталей

Комплектування є підготовчим етапом перед складанням двигуна і проводиться з метою забезпечення встановлення в агрегат деталей належної якості та відповідних розмірів, а також дотримання необхідних допусків і посадок, що регламентуються технічними умовами виробника. В умовах українських ремонтних підприємств застосовуються кілька основних способів комплектування деталей:

- Селективний метод (метод групової взаємозамінності). Цей метод широко використовується для комплектування поршнів, поршневих пальців, поршневих кілець та деяких інших відповідальних деталей. Суть методу полягає в тому, що вироблені запасні частини сортуються за масою та розмірами на певні групи, які відповідним чином маркуються (цифрами, кольором, літерами латинського алфавіту, символами). Під час складання двигуна використовуються деталі, що належать до однієї розмірної групи, що гарантує дотримання технічних умов складання, встановлених допусків та посадок. Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальну роботу рухомих з'єднань двигуна;
- Метод повної взаємозамінності, який передбачає встановлення деталей без попередньої підгонки одна до одної. За цим принципом замінюються, наприклад, ланцюг та зірочки газорозподільного механізму (ГРМ), підшипники кочення у своїх посадкових місцях та

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

зірочки газорозподільного механізму (ГРМ), підшипники кочення у своїх посадкових місцях та інші стандартизовані деталі. Застосування цього методу значно спрощує та прискорює процес складання;

- Метод вимірювання та підгонки деталей базується на точному вимірюванні розмірів двох або більше суміжних деталей або зазорів між ними, а також маси деталей. У випадку невідповідності отриманих значень технічним умовам, деталі або замінюються на більш підходящі, або піддаються механічній підгонці одна до одної для досягнення необхідних параметрів. Цей метод вимагає високої кваліфікації слюсарів та наявності точного вимірювального інструменту.

Важливим етапом, що передує процесу комплектування деталей, є їхнє ретельне очищення. Деталі, які піддавалися ремонту, повинні бути звільнені від абразивного пилю, залишків мастильних та охолоджувальних рідин. Основна мета цього очищення – запобігти потраплянню забруднень та абразивних частинок у пари тертя під час складання двигуна та його подальшої експлуатації, що може призвести до передчасного зносу та виходу з ладу агрегату.

Після очищення та сушіння корпусні деталі двигуна, за необхідності, піддаються фарбуванню для відновлення захисного покриття та надання товарного вигляду.

2.8 Складання з'єднань та двигуна

Технологія складання двигуна визначається його конструктивними особливостями та може варіюватися залежно від конкретної моделі. Проте існує низка загальних технологічних принципів складання, характерних для більшості сучасних конструкцій двигунів, що застосовуються в Україні.

При складанні двигуна необхідно забезпечити:

- Необхідні натяги/зазори в з'єднаннях та парах тертя. Умовно всі установчі зазори можна поділити на теплові, які компенсують теплове розширення металу при нагріванні, що забезпечують наявність

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

мастила між тертьовими поверхнями. Величини як одних, так і інших зазорів строго регламентуються технічними умовами виробника. Порушення цих рекомендацій може призвести до заклинювання деталей при нагріванні, руйнування деталей через недостатнє змащення тощо;

- Підбір деталей за масою. Збалансованість двигуна досягається, зокрема, ретельним підбором деталей за їхньою вагою. Дотримання балансу рухомих частин є критично важливим для зменшення вібрацій та продовження терміну служби двигуна;
- Орієнтування деталей. Під час складання з'єднань необхідно дотримуватися правильної орієнтації поршнів та шатунів у циліндрах двигуна, поршневих кілець у канавках поршня (з урахуванням замків), кришок шатунів на роз'ємі нижньої головки шатунів та кришок колінчастого вала на його опорах. Неправильне орієнтування може призвести до неправильної роботи двигуна та його швидкого виходу з ладу;
- Зусилля, послідовність та порядок затягування різьбових з'єднань. Від загального обсягу складальних робіт складання різьбових з'єднань становить значну частину – приблизно одну третину. Дотримання правильних моментів затягування болтів та гайок є критично важливим для забезпечення герметичності з'єднань та запобігання деформації деталей.

Установка гільз циліндрів у блок двигуна може здійснюватися різними способами залежно від конструкції. "Мокрі" гільзи встановлюються в посадочні місця блоку циліндрів із певним зазором. Від осьового переміщення гільзи утримуються головкою блоку. Для надійного притискання гільзи її верхня частина повинна виступати над привалковою площиною блоку циліндрів на рекомендовану величину. Величина виступу гільзи, як правило, регулюється підбором шайб, що встановлюються під опорний бурт. Ці ж шайби забезпечують ущільнення гільзи в посадковому місці, запобігаючи

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

потраплянню охолоджуючої рідини з сорочки охолодження через стик гільзи з її опорою в картер двигуна. У конструкціях двигунів, де застосування шайб не передбачено, на привалкову площину борта гільзи або посадочну площину гнізда наноситься тонкий шар спеціального термостійкого клею або герметика. Контроль величини виступу гільзи є важливою операцією при складанні.

"Сухі" гільзи утримуються в посадочних місцях блоку циліндрів за рахунок натягу. Гільзування чавунних блоків циліндрів у ряді випадків допускається проводити способом запресовування за допомогою спеціального преса.

Установка колінчастого вала в опори двигуна полягає в тому, що відремонтований або новий колінчастий вал встановлюється у вкладиші відповідного ремонтного або номінального розміру. При цьому особлива увага приділяється правильному встановленню вкладишів та забезпеченню необхідного масляного зазору.

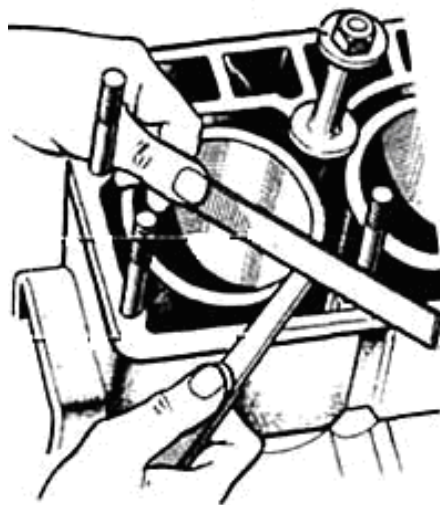


Рис. 2.4. Перевірка величини виступу гільзи

Новий вкладиш корінного або шатунного підшипника повинен щільно вставлятися у своє посадкове місце (ліжка) з невеликим натягом та не випадати при перевертанні блоку циліндрів. Масляні канали (отвори) у вкладишах повинні точно співпадати з відповідними каналами у ліжках для забезпечення належного змащення. Перед встановленням колінчастого вала робочі поверхні вкладишів та шийок вала рясно змащуються моторним маслом.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Після встановлення вкладишів колінчастий вал фіксується кришками корінних підшипників. Затягування болтів кріплення кришок колінчастого вала проводиться рівномірно, із зусиллям, що відповідає технічним умовам виробника та контролюється за допомогою динамометричного ключа. Правильно змащений та встановлений у картер блоку колінчастий вал повинен легко (від руки) обертатися в опорах. Вільне обертання вала є ключовою ознакою правильності складання. У випадку виявлення заїдання вала необхідно розібрати з'єднання, виявити та усунути причину несправності.

Причинами тугого обертання колінчастого вала можуть бути: невідповідність кришок та вкладишів їхнім посадковим місцям; неправильне встановлення кришок на опорах; невідповідність розміру вкладишів виконаному ремонту (наприклад, встановлення вкладишів іншого ремонтного розміру); невідповідність діаметра корінних шийок колінчастого вала виконаному ремонту (наприклад, неякісне шліфування); невідповідність товщини наполегливих півкілець; невідповідність зусилля затягування кріплення кришок корінних підшипників.

У випадку заїдання в одній з опор, мастило, нанесене на поверхні деталей перед складанням, після кількох обертів вала стає каламутним (через наявність найдрібніших частинок антифрикційного шару вкладишів), а на робочій поверхні вкладиша з'являється блискучий слід контакту з шийкою вала.

Осьове переміщення колінчастого вала контролюється за допомогою індикатора годинникового типу. Величина зазору регулюється підбором кілець відповідної товщини. Якщо величина зазору, виміряна індикатором, перевищує максимально допустиме значення, кільця замінюються на нові або на кільця ремонтних розмірів.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

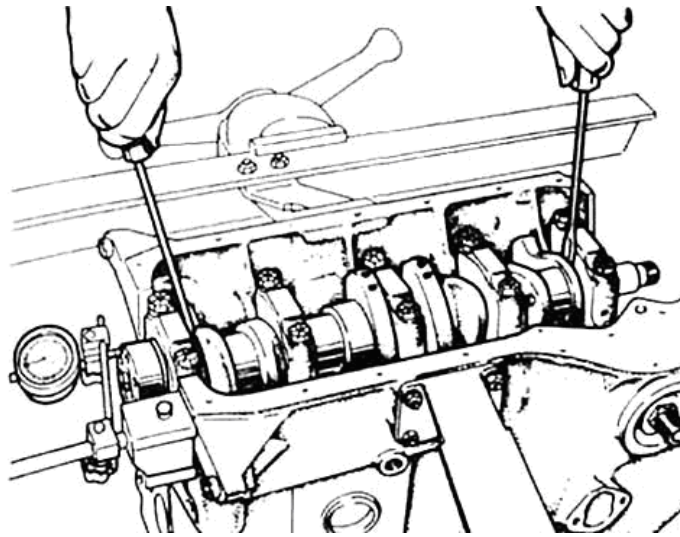


Рис. 2.4. Вимірювання величини осьового зазору

2.9 Регулювання двигуна

Після завершення складання двигуна, залежно від його типу та конструктивних особливостей, виконується комплекс регулювальних робіт, спрямованих на забезпечення оптимальних параметрів його функціонування. До основних видів регулювання, що проводяться в українських сервісних центрах, належать: регулювання натягу ременя привода генератора та вентилятора; регулювання натягу ременя/ланцюга газорозподільного механізму (ГРМ); регулювання фаз газорозподілу; регулювання зазорів у приводі клапанів; регулювання початкового кута випередження запалювання (для бензинових двигунів); регулювання кута випередження впорскування палива (для дизельних двигунів); регулювання подачі палива, обертів холостого ходу та вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах (регулювання паливної системи).

Регулювання обертів колінчастого вала на холостому ходу та вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах здійснюється на працюючому двигуні, попередньо прогрітому до робочої температури. Також на працюючому двигуні проводиться коригування кута випередження запалювання (для двигунів із розподільником запалювання). Усі інші регулювальні операції, як правило, виконуються на холодному двигуні до його першого запуску після ремонту.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.10 Обкатка двигуна

В умовах українських сервісних центрів розрізняють два основних типи первинної обкатки двигуна після ремонту: холодна обкатка та гаряча обкатка.

Холодна обкатка двигуна проводиться на спеціальному обкатувальному стенді. Тривалість цього етапу зазвичай становить 15-20 хвилин. Оберти колінчастого вала, що приводиться в рух електродвигуном стенду, підвищуються поступово і не повинні перевищувати 2500 обертів на хвилину. Двигун повинен бути заправлений моторним маслом, а тиск у системі змащення постійно контролюється за допомогою манометра, встановленого в масляній магістралі.

Гаряча обкатка проводиться на повністю зібраному двигуні, заправленому моторним маслом та охолоджуючою рідиною. Двигун запускається та прогрівається до робочої температури. На тих моделях двигунів, де це передбачено конструкцією, здійснюється регулювання обертів холостого ходу та кута випередження запалювання (для бензинових двигунів) або кута випередження впорскування палива (для дизельних двигунів). В процесі роботи двигуна ретельно контролюються тиск мастила та температурний режим, проводиться візуальний огляд на наявність витоків масла та охолоджуючої рідини. Також здійснюється прослуховування працюючого двигуна для виявлення можливих сторонніх шумів та стуків. Тривалість гарячої обкатки може варіюватися від 30 хвилин до 1,5 годин і більше, залежно від типу та складності двигуна.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ

ДВИГУНІВ

3.1 Заходи з удосконалення технологічного процесу капітального ремонту двигунів

Заходи, що пропонуються для вдосконалення технологічного процесу капітального ремонту двигунів:

1. Приймання двигуна від замовника здійснює кваліфікований фахівець. Після огляду двигуна він складає детальну відомість комплектації, в якій перелічуються всі присутні та відсутні на двигуні елементи, а також фіксуються видимі дефекти. Ця відомість обов'язково підписується замовником, що в подальшому унеможливить виникнення спірних питань між підприємством та клієнтом щодо вартості ремонту та комплектації агрегату;
2. При очищенні двигунів, агрегатів та окремих деталей використовуються сучасні високоефективні мийні засоби. Ці засоби повинні мати високу мийну здатність, легко змиватися при ополіскуванні, що дозволить значно скоротити час, витрачений на миття, та одночасно підвищити його якість. Застосування сучасних мийних технологій також сприятиме покращенню екологічної безпеки виробничого процесу;
3. Приділяється особлива увага процесу дефектування деталей. Необхідно вжити заходів для повного виключення або мінімізації ймовірності потрапляння деталей з прихованими дефектами на етап комплектування. Для цього слід використовувати сучасні методи неруйнівного контролю, такі як магнітопорошкова дефектоскопія, ультразвукова діагностика або кольорова дефектоскопія, що дозволить виявляти внутрішні тріщини та інші приховані дефекти.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Крючков В.І.			АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ					
Перевір.		Попик П.С.						Літ.	Арк.	Акрушів
Реценз.									32	25
Н. Контр.		Банний О.О.						НУБіП України		
Затверд.										

4. При закупівлі запасних частин першочергова увага приділяється якості їхнього виготовлення. Слід співпрацювати лише з перевіреними постачальниками, які гарантують відповідність своєї продукції встановленим стандартам та технічним вимогам. Вхідний контроль якості нових деталей, включаючи перевірку розмірів та відповідності матеріалів, допоможе запобігти використанню неякісних комплектуючих;
5. Впровадити систему матеріального заохочення та відповідальності для мотористів. У випадку надходження обґрунтованих претензій до якості виконаного ремонту з боку замовника, до винних працівників застосовуватимуться штрафні санкції. Водночас, за відсутності рекламаций або при отриманні позитивних відгуків про якісно виконану роботу, передбачити систему преміювання, що сприятиме підвищенню мотивації персоналу та покращенню загальної якості ремонтних послуг.

3.2 Маршрут технологічного процесу ремонту двигунів

З урахуванням запропонованих заходів з удосконалення технологічного процесу ремонту двигунів, для вітчизняного підприємства пропонується наступний оптимальний маршрут відновлення двигунів:

1. Приймання двигуна від замовника кваліфікованим спеціалістом зі складанням детальної відомості комплектації та фіксацією видимих дефектів. Подальше транспортування двигуна за допомогою кран-балки на дільницю ремонту двигунів;
2. Підготовка до зовнішнього очищення, що включає демонтаж навісного обладнання двигуна (повітряного та паливного фільтрів, паливного насоса, карбюратора/форсунок, стартера, генератора тощо), яке очищатиметься окремо;
3. Зовнішнє миття двигуна у спеціальній мийній машині з використанням сучасних високоефективних мийних засобів;

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4. Встановлений на кантувачі двигун розбирається на окремі агрегати та вузли згідно з технологічною картою розбирання;
5. Подальше розбирання агрегатів та вузлів на окремі деталі здійснюється за допомогою спеціальних пристосувань, знімачів та іншого необхідного інструменту;
6. Очищення деталей від забруднень проводиться з використанням сучасних мийних засобів у ваннах та мийній машині;
7. Наступним відповідальним етапом є дефектування деталей. Для точного визначення стану кожної деталі та мінімізації ризику повторного використання елементів з прихованими дефектами, пропонується оснастити дільницю дефектування сучасним обладнанням для неруйнівного контролю;
8. Після дефектування частина деталей, непридатних для подальшого використання (наприклад, блоки та головки блоків циліндрів з серйозними пошкодженнями, колінчасті та розподільні вали з критичним зносом або деформаціями), утилізується та в подальшому замінюється новими, Друга частина деталей, що підлягають відновленню (найчастіше це колінчасті та розподільні вали, циліндри з допустимим зносом), направляється на дільницю відновлення, Третя частина деталей (блоки, головки блоків, кришки та інші елементи без явних та прихованих дефектів) після дефектування передаються на дільницю комплектування;
9. Перед етапом комплектування всі деталі проходять повторний процес очищення для видалення можливих забруднень після ремонту або зберігання;
10. Після складання, регулювання та обкатки відремонтованого двигуна проводиться ретельна перевірка якості ремонту. Контроль здійснюється компетентним фахівцем, який перевіряє наявність витоків мастила та охолоджуючої рідини, відсутність заклинювань та заїдань, величину люфтів та осьових переміщень тощо, а також фіксує

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показники контрольно-вимірювальних приладів;

11. Після фарбування двигуна та оформлення необхідної документації про приймання, його направляють на майданчик готової відремонтованої продукції для подальшої передачі замовнику.

3.3 Визначення річної програми дільниці

Основний перелік моделей двигунів, що підлягають ремонту на підприємстві, включає дизельні двигуни таких марок як КамАЗ-740, ЯМЗ-238, ЯМЗ-236, А-41, А-01, СМД-18, Д-240, Д-260, Д-65 та їхні модифікації, що є поширеними на українській сільськогосподарській та вантажній техніці. Враховуючи незначні відмінності в технічних параметрах та трудомісткості ремонту, для спрощення планування ці двигуни об'єднано у три основні групи:

1. КамАЗ (ЯМЗ);
2. А-41 (А-01, СМД-18);
3. Д-240 (Д-65, Д-260).

Згідно з аналізом, проведеним у першій частині бакалаврського проекту, загальна кількість відремонтованих двигунів протягом 2024 року склала 120 одиниць. Враховуючи думку працівників підприємства та статистичні дані за попередні роки, очікувати значного збільшення обсягу ремонтних робіт у перспективі не прогнозується. Тому, для розрахунків на 2025 рік, планову кількість ремонтів двигунів залишено на рівні 120 одиниць.

3.4 Розрахунок трудомісткості ремонту агрегатів

Визначення трудомісткості ремонтних робіт здійснюється за наступною формулою:

$$T_p = m_d \cdot N$$

де: T_p – загальна трудомісткість на ремонт двигунів, люд-год.;

m_d – нормативна трудомісткість ремонту одного двигуна відповідної групи, люд-год;

N – річна кількість двигунів, що підлягають ремонту, шт.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Трудомісткість на ремонт двигунів

Марка двигуна	m_d , люд-год.	N, шт.	T_p , люд-год.
КамАЗ	100	40	4000
А-41	65	20	1300
Д-240	59	60	3540
Всього:			8840

Отже, розрахункові трудомісткості на ремонт двигунів становлять $T_p = 8840$ люд-год.

Враховуючи, що нормативи трудомісткості ремонтних робіт, які використовуються, розраховані для спеціалізованих ремонтних підприємств зі значно більшою річною програмою – близько 1000 ремонтів на рік, а річний обсяг ремонтів на нашому підприємстві є суттєво меншим 120 шт/рік, для визначення фактичної трудомісткості на дільниці необхідно ввести поправочний коефіцієнт до нормативної трудомісткості. Цей коефіцієнт враховує вплив обсягу річної програми дільниці на ефективність використання робочого часу.

$$T_{осн} = k \cdot T_p$$

де: $T_{осн}$ – основна трудомісткість на дільниці ремонту двигунів, люд-год;

k – поправочний коефіцієнт, що враховує річну програму ремонту; згідно з існуючими галузевими даними, для ремонту двигунів з річною програмою менше ніж 120 шт/рік, значення коефіцієнта k становить 1,2.

$$T_{осн} = 1,2 \cdot 8840 = 10608 \text{ люд-год.}$$

3.5 Розрахунок додаткової трудомісткості

Окрім основних операцій з ремонту двигунів, на дільниці передбачається виконання додаткових робіт, обсяг яких визначається як певний відсоток від основної трудомісткості. Ці роботи включають внутрішньо цехове

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

транспортування деталей та вузлів, налагодження обладнання.

Таблиця 3.2

Трудомісткість додаткових видів робіт

Вид робіт	%	Трудомісткість, люд-год.
Ремонт обладнання	10	1060,8
Відновлення та виготовлення деталей	5	530,4
Ремонт та виготовлення оснастки та інструменту	5	530,4
Інші роботи	10	1060,8
Всього		3182,4

Сумарна трудомісткість на проектованій ділянці ремонту двигунів:

$$T_{\text{сум}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{дон}}$$

де: $T_{\text{дон}}$ – додаткова трудомісткість, люд-год.

$$T_{\text{сум}} = 10608 + 3182,4 = 13790,4 \text{ люд-год.}$$

Для визначення економічної ефективності проекту, сумарна трудомісткість може бути переведені в умовні ремонти. Кількість ремонтів розраховується за формулою:

$$N_{\text{ус.р.}} = T_{\text{сум}} / T_{\text{ус.р.}}$$

де: $N_{\text{ус.р.}}$ – кількість ремонтів, одиниць;

$T_{\text{ус.р.}}$ – нормативна трудомісткість одного умовного ремонту, яка приймається на рівні 300 люд-год.

$$N_{\text{ус.р.}} = \frac{13790,4}{300} = 45,97 \text{ шт.}$$

3.6 Режим роботи і фонди робочого часу

Режим роботи ділянки визначається кількістю робочих днів на рік, тривалістю робочого тижня та зміни в годинах, а також кількістю змін. Для проектованої ділянки приймаємо п'ятиденний робочий тиждень з двома вихідними днями, середню тривалість робочої зміни – 8 годин.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Виходячи з прийнятого режиму роботи, визначаємо річний номінальний фонд робочого часу працівників дільниці ($\Phi_{д.р.}$), а потім, з урахуванням коефіцієнта використання робочого часу, розраховуємо річний дійсний фонд робочого часу працівників ($\Phi_{д.р.}$).

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника розраховується за формулою:

$$\Phi_{н.р.} = (d_k - d_v - d_{п}) \cdot t_{см} - d_{шп}$$

де: d_k , d_v , $d_{п}$ – відповідно кількість календарних днів у році, вихідних та святкових днів;

$t_{см}$ – тривалість робочої зміни, години;

$d_{шп}$ – кількість передсвяткових днів, скорочених на 1 годину.

Роботу дільниці плануємо на 2025 рік. Згідно з виробничим календарем України на цей рік:

- кількість календарних днів – 365;
- кількість вихідних та святкових днів – 119;
- кількість передсвяткових днів, скорочених на 1 годину – 2.

Тоді, номінальний річний фонд робочого часу одного працівника становитиме:

$$\Phi_{н.р.} = (365 - 119) \cdot 8 - 2 = 1974 \text{ год.}$$

Дійсний річний фонд робочого часу одного працівника визначаємо за формулою:

$$\Phi_{д.р.} = (d_k - d_v - d_o) \cdot t_{см} \cdot \eta_p - d_{шп} \cdot \eta_p$$

де: d_o – кількість днів щорічної відпустки; згідно з законодавством України, мінімальна тривалість щорічної основної відпустки становить 24 календарні дні, приймаємо $d_o = 28$;

η_p – коефіцієнт, що враховує можливі пропуски роботи з поважних причин (лікарняні, відгули тощо); приймаємо $\eta_p = 0,97$.

$$\Phi_{д.р.} = (365 - 119 - 28) \cdot 8 \cdot 0,97 - 2 \cdot 0,97 = 1697 \text{ год.}$$

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7 Визначення складу робітників

Визначаємо необхідну чисельність робітників на дільниці за формулою:

$$P = T_{\text{сум}} / \Phi_{\text{д.р.}}$$

де: P – необхідна кількість робітників.

$$P = 13790,4 / 1697 = 8,13 \text{ чол.}$$

Приймаємо штат дільниці у кількості 8 осіб.

Для ефективної організації роботи дільниці розподілимо робітників за спеціальностями, враховуючи обсяг робіт за кожним видом. Орієнтовний розподіл обсягу робіт у відсотковому відношенні до загальної трудомісткості наведено в таблиці 3.3.

Остаточо затверджуємо наступний склад ремонтної бригади дільниці з ремонту двигунів:

1. Слюсар III-го розряду. До його обов'язків входить: доставка двигуна на дільницю ремонту, підготовка двигуна до зовнішнього миття, зовнішнє миття двигуна, розбирання двигуна на вузли, миття деталей, фарбування двигуна.
2. Дефектувальник деталей (слюсар VI-го розряду). Забезпечує дефектування вузлів двигуна, розбирання вузлів на деталі, дефектування деталей з використанням необхідного контрольно-вимірювального інструменту та обладнання для неруйнівного контролю.
3. Верстатник та електрозварник (VI-го розряду). Здійснює відновлення зношених деталей методом механічної обробки на верстатах (токарних, фрезерних, шліфувальних) та зварювальні роботи при відновленні корпусних деталей тощо.
4. Слюсар з ремонту паливної апаратури (VI-го розряду). Виконує ремонт та регулювання паливних насосів високого тиску, форсунок та інших елементів паливної системи дизельних двигунів.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

5. Слюсар-електрик (VI-го розряду). Здійснює діагностику та ремонт електрообладнання двигунів (стартерів, генераторів, датчиків тощо).
6. Два слюсарі-мотористи (VI-го розряду). Забезпечують комплектування деталей, складання вузлів та агрегатів двигуна, остаточне складання двигуна, його обкатку на стенді та проведення контрольних випробувань.

Таблиця 3.3

Розподіл трудомісткості за видами робіт

Вид робіт	У % від загальної трудомісткості	Трудомісткість, люд-год.	Кількість робітників, чол.
Доставка двигуна	0,9	124,11	0,07
Підготовка до миття двигуна	0,7	96,53	0,06
Очищення двигуна	0,7	96,53	0,06
Розбирання двигуна на вузли	7	965,33	0,56
Дефектування вузлів двигуна	1,4	193,07	0,11
Розбирання вузлів на деталі	7	965,33	0,56
Очищення деталей	2,8	386,13	0,22
Дефектування деталей	2,7	372,34	0,22
Відновлення та виготовлення деталей	15	2086,56	1,20
Ремонт паливної апаратури	8,4	1158,39	0,67
Ремонт електрообладнання	7,7	1061,86	0,62
Складання вузлів	24,2	3337,28	1,94
Складання двигуна	16,7	2303,00	1,34
Обкатка та випробування двигуна	4,2	579,20	0,34
Фарбування двигуна	0,6	82,74	0,05
Всього	100	13790,4	8,13

За умови наявності вільного часу після виконання основних завдань, працівники дільниці взаємодіють та надають допомогу іншим колегам для забезпечення рівномірного завантаження та своєчасного виконання виробничої програми.

Усі працівники дільниці з ремонту двигунів перебувають у підпорядкуванні завідувача ремонтного цеху, який також виконує функції контролю якості ремонтних робіт.

Середній кваліфікаційний розряд робітників на дільниці $A_{cp} = V$.

3.8 Вибір основного обладнання

Підбір необхідного обладнання для дільниці ремонту двигунів здійснюється на основі розробленої схеми технологічного процесу. Визначаємо обладнання, яке необхідно придбати для забезпечення якісного та ефективного виконання ремонтних робіт.

Перелік обладнання, яке планується закупити, представлено в таблиці 3.4. При виборі обладнання враховувалися технічні характеристики, продуктивність, вартість, а також наявність сервісного обслуговування та запасних частин на ринку України.

Таблиця 3.4

Перелік основного обладнання, яке потрібно закупити

№	Найменування обладнання
1	Мийна машина АМ 800
2	Набір інструментів ВГ131-1214
3	Агрегат маслороздавально ручна С 227
4	Пресс гідравлічний ПГ-15
5	Візок інструментальний PROFFI 950.7
6	Знімач гільз циліндрів СГ-234

3.9 Розрахунок планування дільниці

Планувальне рішення дільниці з ремонту двигунів, з поділом на функціональні відділення, представлено на рисунку 3.1.

Розрахунок площі кожного відділення дільниці здійснюється на основі встановлених у галузі норм питомих площ, що припадають на одного виробничого робітника. Загальна площа дільниці визначається за формулою:

$$F_{\text{уч}} = P \cdot f_{\text{уд}}$$

де: P – загальна кількість виробничих робітників на дільниці;

$f_{\text{уд}}$ – питома площа, що припадає на одного виробничого робітника для дільниць ремонту двигунів, м^2 .

Згідно з діючими будівельними нормами та галузевими рекомендаціями для ремонтних дільниць двигунів, питома площа на одного виробничого робітника становить $f_{\text{уд}} = 30 \text{ м}^2$.

$$F_{\text{уч}} = 8 \cdot 30 = 240 \text{ м}^2.$$

Отримане значення площі є орієнтовним та може бути скориговане з урахуванням фактичних габаритів підбраного обладнання, необхідних проходів та зон обслуговування, згідно з вимогами охорони праці та ергономіки.

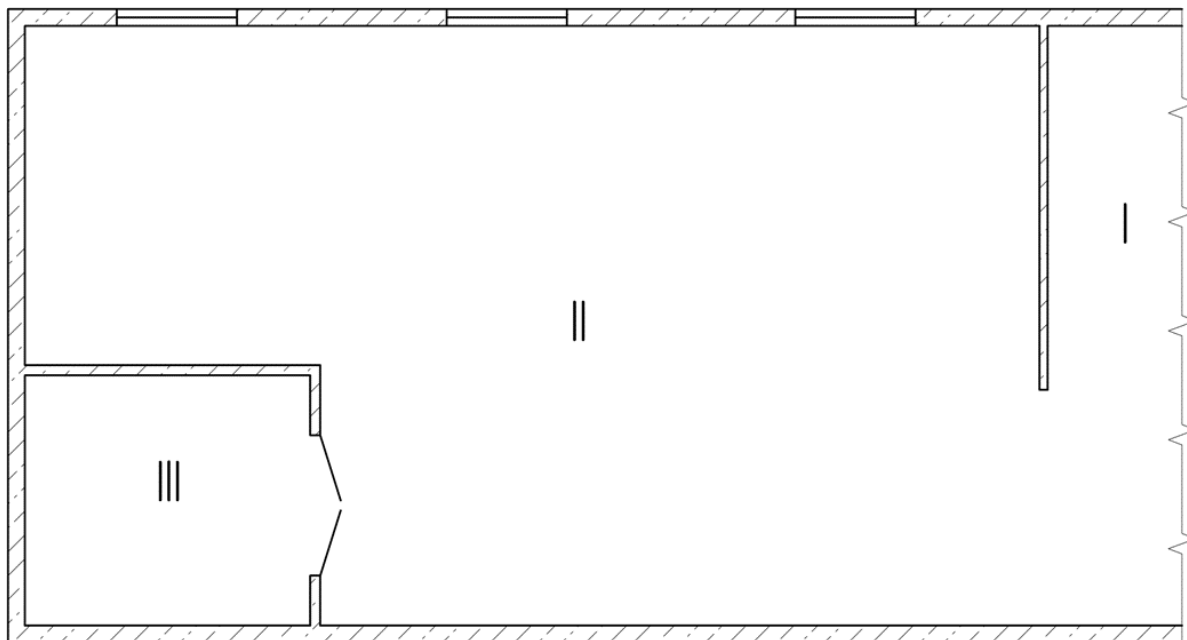


Рис. 3.1. План дільниці з ремонту двигунів: I – відділення розбирання та миття; II – ремонтне відділення; III – відділення обкатки, випробування двигунів та контролю якості ремонту.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Враховуючи значну кількість обладнання, розміщеного на ділянці з ремонту двигунів, проведемо контрольну перевірку необхідної площі, виходячи з габаритів обладнання:

$$F_{\text{уч}} = F_0 \cdot G$$

де: F_0 – загальна площа, яку займає обладнання, м^2 , згідно з планом розміщення обладнання, $F_0 = 34 \text{ м}^2$;

G – коефіцієнт, що враховує робочі зони навколо обладнання, необхідні проходи та проїзди, для ділянок ремонту двигунів значення $G = 2,5-3$;

Приймаємо значення коефіцієнта $G = 3$.

$$F_{\text{уч}} = 34 \cdot 3 = 102 \text{ м}^2.$$

Згідно з початковим варіантом планування, загальна площа ділянки з ремонту двигунів становить 327 м^2 . Отримане значення площі відповідає чинним будівельним нормам і правилам (ДБН) України, що регламентують проектування виробничих приміщень. Навіть з урахуванням придбання додаткового обладнання, наявних площ буде достатньо для організації ефективного та безпечного робочого процесу на ділянці ремонту двигунів.

3.10 Розрахунок освітлення

З метою перевірки відповідності рівня освітлення на ділянці діючим будівельним нормам України (ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення"), проведемо контрольний розрахунок.

При проектуванні та розрахунку освітлення виробничих приміщень необхідно враховувати наступні основні вимоги:

- Достатність освітлення: рівень освітленості на робочих поверхнях повинен бути достатнім для забезпечення чіткого бачення об'єктів праці та виконання робіт з необхідною точністю та швидкістю.
- Якість освітлення: освітлення повинно бути рівномірним, без різких тіней та сліпучих відблисків, які можуть негативно впливати на продуктивність праці та безпеку.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- Відповідність характеру виробництва: система освітлення повинна враховувати специфіку виробничих процесів, включаючи тип виконуваних робіт, розміри об'єктів праці, вимоги до точності та інші особливості технологічного процесу на дільниці ремонту двигунів.

3.10.1 Розрахунок природного освітлення

Природне освітлення приміщення дільниці забезпечується через віконні прорізи розміром 3000 x 2000 мм. Загальна кількість вікон на дільниці становить 3 одиниці.

3.10.2 Розрахунок штучного освітлення

Штучне освітлення виробничих приміщень здійснюється за допомогою світильників різної конструкції, які забезпечують рівень освітленості, що відповідає встановленим нормам для конкретних робочих місць згідно з ДБН В.2.5-28:2018.

Контрольний розрахунок штучного освітлення виконаємо методом питомої потужності освітлювальної установки. Цей метод дозволяє визначити необхідну кількість світильників для забезпечення нормативного рівня освітленості.

Загальна світлова потужність S , необхідна для освітлення виробничих відділень, визначається за формулою:

$$S = F \cdot S_0$$

де: F – площа підлоги відділення, m^2 ;

S_0 – питома потужність освітлювальної установки на одиницю площі, $Вт/m^2$.

Кількість світильників розраховується за залежністю:

$$n_c = S / S_c$$

де S_c – потужність одного світильника, $Вт$.

Для розрахунку приймаємо світильники типу "Універсаль" потужністю 200 Вт. Результати розрахунку наведено в таблиці 3.5.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок штучного освітлення

Найменування відділення	F, м ²	S ₀ , Вт/м ²	S, Вт	Кількість ламп	
				Розрахункова	Прийнято
Ремонт двигунів	327	16	5232	26,2	27

Для забезпечення ефективної роботи персоналу на ділянці ремонту двигунів необхідно встановити орієнтовно 27 світильників типу "Універсаль" потужністю 200 Вт кожен.

Електроживлення системи освітлення здійснюється від електричної мережі напругою 220/380 В, що відповідає стандартам електробезпеки в Україні.

3.11 Розрахунок витрат електроенергії

3.11.1 Середньорічне споживання силової електроенергії

Для розрахунку середньорічного споживання силової електроенергії необхідно визначити сумарну встановлену потужність усіх електроприймачів (електродвигунів верстатів, пресів, зварювального обладнання тощо), що використовуються на ділянці ($P_{уст}$).

Згідно з проведеним аналізом технологічного обладнання, сумарна встановлена потужність електроприймачів на ділянці становить $P_{уст} = 24$ кВт.

Розрахуємо активну потужність електроприймачів (P_a), враховуючи коефіцієнт попиту, який відображає фактичне середнє завантаження обладнання протягом робочого часу:

$$P_a = n_c \cdot P_{уст}$$

де n_c – коефіцієнт попиту, що враховує недовантаження за потужністю та непостійність роботи електроприймачів, а також втрати в мережі та електродвигунах на тертя та нагрівання. Приймаємо середнє значення $n_c = 0,85$.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$P_a = 0,85 \cdot 24 = 21 \text{ кВт.}$$

Річне споживання силової електроенергії ($W_{г.с.}$) визначається за формулою:

$$W_{г.с.} = P_a \cdot \Phi_{д.о.} \cdot \eta_3$$

де: $W_{г.с.}$ – річне споживання силової електроенергії, кВт·год;

P_a – активна потужність електроприймачів, кВт;

$\Phi_{д.о.}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год; $\Phi_{д.о.} = 1895,04$ год;

η_3 – коефіцієнт завантаження обладнання за часом, що враховує реальний час роботи обладнання протягом дійсного фонду часу. Приймаємо середнє значення $\eta_3 = 0,65$.

$$W_{г.с.} = 21 \cdot 1895 \cdot 0,75 = 29846 \text{ кВт·год.}$$

3.11.2 Середньорічне споживання електроенергії на освітлення

Середньорічне споживання електроенергії на освітлення ($W_{г.ос.}$) визначається за формулою:

$$W_{г.ос.} = (T_{ос.} \cdot S) / 1000$$

де: $W_{г.ос.}$ – середньорічне споживання електроенергії на освітлення, кВт·год;

$T_{ос.}$ – річне число годин використання максимального освітлювального навантаження, год; середнє значення $T_{ос.} = 1000$ год;

S – встановлена світлова потужність, Вт; $S = 5232$ Вт.

$$W_{г.ос.} = (1000 \cdot 5232) / 1000 = 5232 \text{ кВт·год.}$$

3.11.3 Загальна річна витрата електроенергії

Загальна річна потреба в електроенергії ($W_{рiч.заг.}$) розраховується як сума річного споживання силової електроенергії та річного споживання електроенергії на освітлення:

$$W_{г.об} = W_{г.с.} + W_{г.ос.}$$

$$W_{г.об} = 29846 + 5232 = 35078 \text{ кВт·год.}$$

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА СТЕДНУ З

РОЗБИРАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ДВИГУНІВ

Розбирання та складання складають близько 40% загального обсягу робіт з ремонту та технічного обслуговування агрегатів. На сьогоднішній день рівень механізації цих процесів на багатьох українських підприємствах не є достатньо високим. Тому першочерговим завданням є впровадження комплексної механізації розбиральних, складальних та монтажних операцій для всіх видів ремонтної техніки. Це передбачає активне використання пневматичних та електричних гайковертів, спеціалізованих стендів, різноманітних пристроїв для полегшення розбирання та складання вузлів, а також сучасного оснащення та інструменту. Впровадження таких заходів дозволить значно підвищити продуктивність праці, покращити якість ремонтних робіт та зменшити фізичні навантаження на персонал.

4.1 Обґрунтування вибору конструкторської розробки

Використання обладнання та пристроїв для фіксації та просторової орієнтації складальних одиниць значно полегшує процеси розбирання та складання, сприяє підвищенню продуктивності праці, оскільки працівники звільняються від необхідності вручну утримувати важкі та незручні об'єкти.

До пристроїв даного типу зазвичай не висувається вимог щодо точного позиціонування фіксованих складальних одиниць. Головною вимогою є забезпечення достатньої сили закріплення для запобігання їхньому зсуву під дією сил та моментів, що виникають під час виконання розбирально-складальних робіт.

В якості конструкторської розробки для ділянки ремонту двигунів пропонується використовувати кантувач для розбирання-складання двигунів.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Крючков В.І.</i>			КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА СТЕДНУ З РОЗБИРАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ДВИГУНІВ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Попик П.С.</i>					47	25
<i>Реценз.</i>						НУБіП України		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Банний О.О.</i>						
<i>Затверд.</i>								

Особливістю проєктованого кантувача є наявність телескопічних стійок. Це конструктивне рішення дозволяє регулювати висоту встановлення двигунів різних марок, забезпечуючи зручне робоче положення для різних працівників, що значно покращує ергономіку роботи зі стендом.

Кантувач призначений для фіксації двигунів таких марок, як ЯМЗ-236/238/240, СМД-60/62, КамАЗ-740/741 та їхніх модифікацій, під час виконання операцій розбирання та складання на різних етапах технологічного процесу ремонту.

Для встановлення двигуна на стенд необхідно зняти чотири технологічні заглушки на блоці циліндрів. Чотири технологічні отвори, що знаходяться під ними, суміщаються з установчими пальцями на кінцях поворотних балок, після чого пальці вгвинчуються до упору, забезпечуючи надійну фіксацію двигуна. Поворот двигуна навколо горизонтальної осі стенда здійснюється за допомогою ручного привода, аналогічного приводу стенда конструкції ЯМЗ.

Привод телескопічних стійок здійснюється за допомогою гідравлічної станції, встановленої на стенді для правки колінчастих валів (поз. 6 на плані ділянки – проєктований стенд, поз. 13 на плані ділянки – стенд для правки колінчастих валів). Таке рішення дозволяє використовувати наявне гідравлічне обладнання для розширення функціональності нового стенда.

4.2 Аналоги конструкторської розробки стенду

Нижче наведено огляд існуючих розбиральних стендів та їхніх технічних характеристик, які були використані як аналоги при проєктуванні конструкції та окремих складальних одиниць нового стенда:

1. Стенд ОР-5500 призначений для розбирання, складання та контрольного огляду двигуна СМД-60 та його модифікацій, а також інших V-подібних тракторних двигунів, що експлуатуються в аграрному секторі України.

Технічні характеристики:

Типстаціонарний;

Приводелектромеханічний;

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність двигуна, кВт1,5;
Кут повороту, град.360;
Швидкість повороту, об/хв2,3;
Маса, кг595.

2. Стенд Р-770М використовується для розбирання та складання двигунів ЯМЗ-236/238 та КамАЗ-740/741, які широко застосовуються на вантажних автомобілях та іншій техніці в Україні.

Технічні характеристики:

Привод електричний;
Габаритні розміри, мм1770×1000×1020;
Маса, кг260.

3. Стенд Р-776 є аналогом попереднього стенда та призначений для виконання тих самих операцій з двигунами ЯМЗ-236/238 та КамАЗ-740/741, але має ручний привод.

Технічні характеристики:

Привод ручний;
Габаритні розміри, мм1840×1000×1020;
Маса, кг220.

4. Кантувач 70-7824-2531 (рис. 4.1) використовується для складання та розбирання двигуна ЯМЗ-238НБ, що встановлюється на різноманітній промисловій та сільськогосподарській техніці в Україні. Застосовується як на ділянках розбирання, так і на складальних конвеєрах.

Технічні характеристики:

Кут повороту двигуна, град0-360;
Привод гідрогайковерт ИП-3103;
Габаритні розміри, мм1425×945×815;
Маса кг230 кг.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

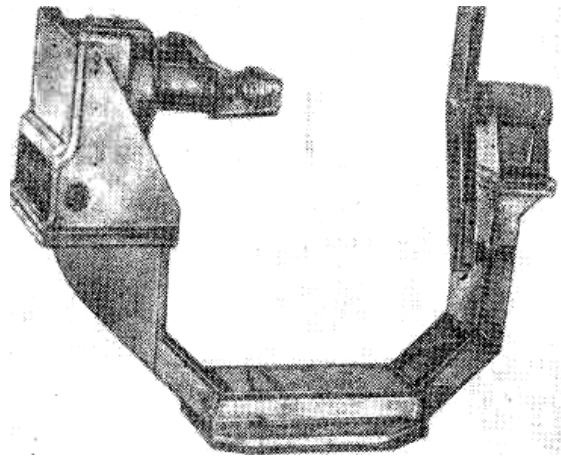


Рис. 4.1. Кантувач 70-7824-2531

5. Стенд-кантувач ОРГ-9275 (рис. 4.2) призначений для складання та розбирання двигунів ЯМЗ-238НБ та ЯМЗ-236, які є поширеними в Україні.

Технічні характеристики:

Поворот навколо осі колінвала, град 360;

Потужність привода, кВт1,6;

Габаритні розміри, мм2200×465×980.

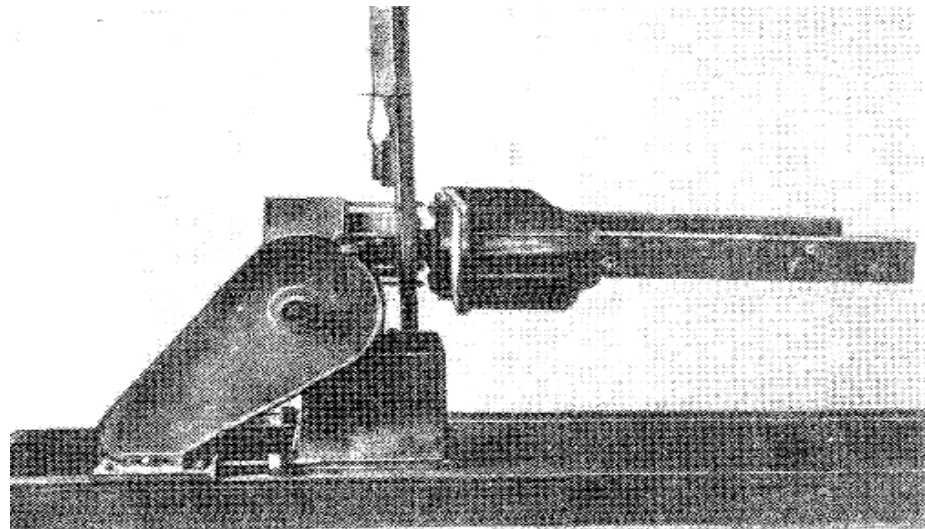


Рис. 4.2. Стенд-кантувач ОРГ-9275

6. Стенд спеціальної конструкції ЯМЗ (рис. 4.3) використовується для розбирання та складання двигунів ЯМЗ-238/240, які експлуатуються на різній техніці в Україні.

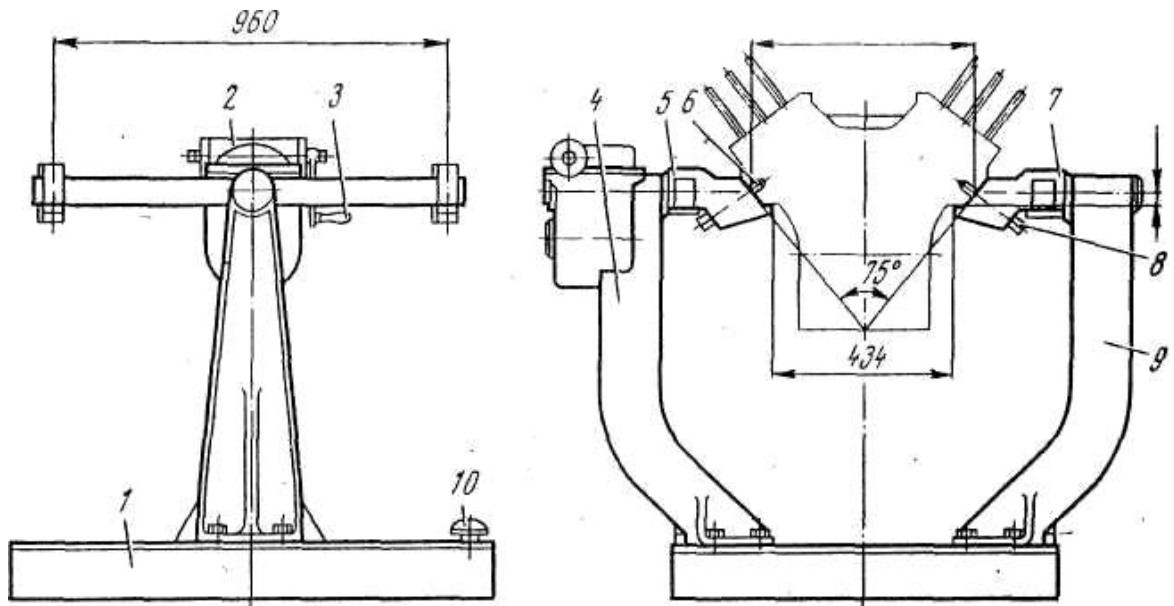


Рис. 4.3. Стенд спеціальний для конструкції ЯМЗ: 1 – станина; 2 – черв'ячний редуктор; 3 – рукоятка редуктора; 4, 9 – стійки; 5, 7 – поворотні балки; 6, 8 – установчі пальці; 10 – педаль фіксатора.

Конструктивні особливості:

При встановленні двигуна на стенд знімаються чотири технологічні заглушки на блоці циліндрів, а відповідні чотири технологічні отвори суміщаються з установчими пальцями (6 і 8) на кінцях поворотних балок, після чого пальці вгвинчуються до упору. Поворот двигуна навколо горизонтальної осі стенда здійснюється обертанням рукоятки черв'ячного редуктора (2). Поворот навколо вертикальної осі стенда можливий після натискання на педаль фіксатора (10), встановлену на станині (1). Стенд складається зі станини (1), черв'ячного редуктора (2), рукоятки редуктора (3), стійок (4, 9), поворотних балок (5, 7) та установчих пальців (6, 8), педалі фіксатора (10).

7. Стенд ОНР-989 універсальний (рис. 4.4) призначений для складання та контрольного огляду двигунів тракторів, комбайнів та автомобілів різних марок, що експлуатуються в Україні. Конструкція стенда дозволяє складати двигуни як при вертикальному положенні блоку циліндрів (картером вгору або вниз), так і в горизонтальному положенні.

Технічні характеристики:

						01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			51

Час повороту двигуна на 180 град, с10;
 Габаритні розміри, мм1500×1500×825;
 Маса, кг172.

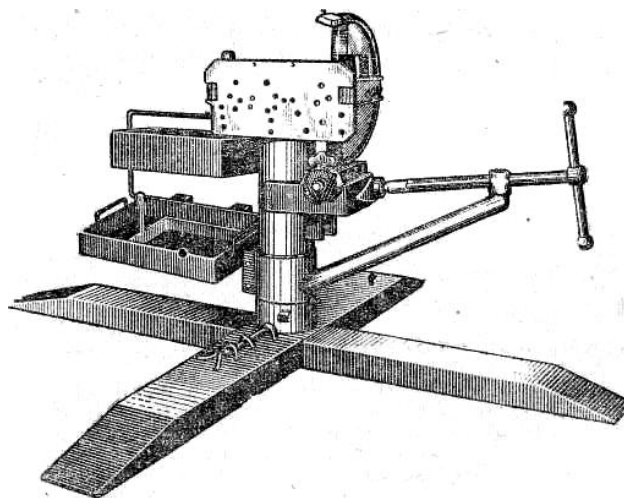


Рис. 4.4. Універсальний стенд ОПР-989

4.3 Розрахунок робочого тиску та підбір гідроциліндра

Проектування телескопічної стійки передбачає інтеграцію гідроциліндрів у порожнисту частину стійок для забезпечення регулювання висоти.

Оскільки маса двигунів вантажних автомобілів є значною, використання стандартних гідроциліндрів у конструкції стійок можливе лише після проведення технологічних та геометричних розрахунків параметрів конструкції.

З технічної документації наявного стенда для правки колінчастих валів відомо, що тиск у гідросистемі становить $P = 6 \cdot 10^5$ Па, а максимальний тиск, що створюється насосом, сягає 10^6 Па.

Однак, при підборі гідроциліндра для проєктованого стенда, необхідно врахувати наступні умови експлуатації:

- Різна маса та габаритні розміри двигунів різних марок, що впливає на необхідну міцність опорної плити, яка сприймає тиск, а також на її форму та швидкість руху поршня гідроциліндра.
- Переміщення кожного окремого типу двигуна відбуватиметься при різному робочому тиску та, відповідно, з різною швидкістю руху

поршня. Тому необхідно врахувати в розрахунках максимальні та мінімальні допустимі навантаження, що впливають на режим роботи гідроциліндра.

Тому, перед вибором конкретної моделі гідроциліндра необхідно визначити граничні мінімальний та максимальний допустимий тиск всередині нього.

Визначаємо рекомендований тиск на поршень у робочій камері циліндра:

$$P_{ц} = a \cdot \frac{P \cdot S}{S_1}$$

де: P – тиск на поршень, кПа;

S – площа опорної плити, що сприймає зовнішнє навантаження (масу двигуна), см²;

S_1 – площа поршня гідроциліндра, см²;

a – коефіцієнт втрати тиску (0,97-1,0), приймаємо $a=1,0$.

$$P_{ц} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ см}^2.$$

де d – діаметра поршня гідроциліндра, см.

Приймаємо стандартне значення для діаметрів поршня $d = 10$ см.

Оскільки на ринку України не вдалося підібрати стандартний гідроциліндр з необхідними характеристиками, його необхідно виготовити на замовлення або силами підприємства. Загальний вигляд проектованого гідроциліндра представлений на рисунку 4.5. Обрана конструкція штока запобігає його прокручуванню. Довжина ходу поршня становить 250 мм. Характеристики даного циліндра дозволяють йому працювати в необхідному діапазоні тисків (min та max), який буде уточнено після визначення максимальної маси двигунів та площі опорної плити.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

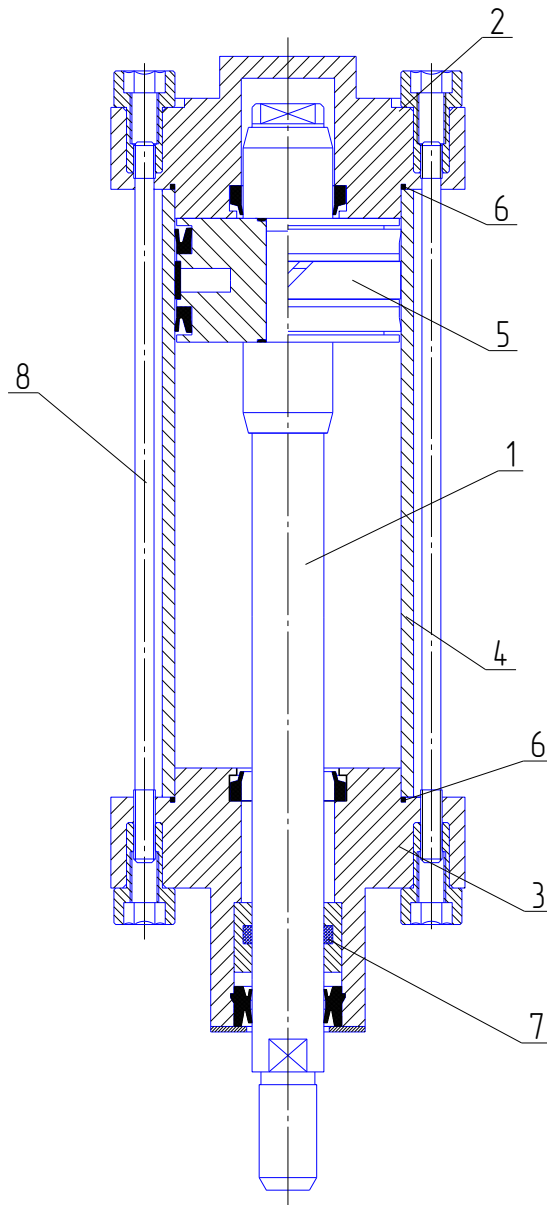


Рис. 4.5. Гідроциліндр: 1 – шток, 2 – глуха торцева кришка, 3 – торцева кришка із наскрізним отвором, 4 – корпус циліндра, 5 – поршень, 6 – манжета, 7 – манжета ущільнювальна, 8 – шпилька стяжна.

4.4 Вибір регулятора тиску

Плавне регулювання робочого тиску на поршень у гідросистемі забезпечується за допомогою регулятора тиску. Принцип його дії базується на дозуванні певного об'єму гідравлічної рідини, що подається в робочу камеру гідроциліндра, для досягнення необхідної величини переміщення поршня.

Визначимо експлуатаційну витрату гідравлічної рідини для номінального тиску:

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h \cdot P_n \cdot 10^{-6}$$

де h – хід поршня, см;

P_n – номінальний робочий тиск у гідросистемі, Па.

$$Q = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \cdot 0,25 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} = 11,7 \frac{\text{М}^3}{\text{ХВ}}$$

Експлуатаційна витрата гідравлічної рідини для максимального тиску:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h \cdot P_{\max} \cdot 10^{-6}$$

де P_{\max} – максимальний робочий тиск у гідросистемі, Па.

$$Q = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \cdot 0,25 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} = 19,6 \frac{\text{М}^3}{\text{ХВ}}$$

Як видно з наведених формул, для забезпечення необхідного тиску на одиницю довжини ходу поршня витрачається різна кількість гідравлічної рідини: чим вищий тиск, тим більшою є її витрата.

Для забезпечення стабільної роботи гідроциліндра в діапазоні мінімальних та максимальних витрат рідини необхідно підібрати відповідний регулятор тиску. На основі аналізу технічних характеристик доступних на ринку України регуляторів, пропонується використати регулятор моделі SF 202 (або аналогічний за параметрами), який відповідає вимогам до робочого тиску та витрати гідравлічної рідини в проектованій гідросистемі.

4.5 Вибір розподільника тиску

Розподільники гідравлічної рідини призначені для спрямування потоку робочої рідини під тиском до відповідної камери гідроциліндра залежно від напрямку руху поршня (робочий хід – зворотний хід). Вибір гідравлічного розподільника здійснюється на основі наступних ключових параметрів:

- Номінальна витрата гідравлічної рідини, л/хв;
- Діапазон робочих тисків, Па;
- Діапазон допустимих температур навколишнього середовища, °С.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Враховуючи зазначені параметри гідравлічної системи проєктованого стенда, оптимальним вибором є гідравлічний розподільник типу MZH-3-0,4-K з електромагнітним керуванням (рис. 4.6), діапазон робочих тисків 0,1-1,2 МПа, номінальна витрата гідравлічної рідини 0,04-10 л/хв, діапазон робочих температур навколишнього середовища +5-50 °С.

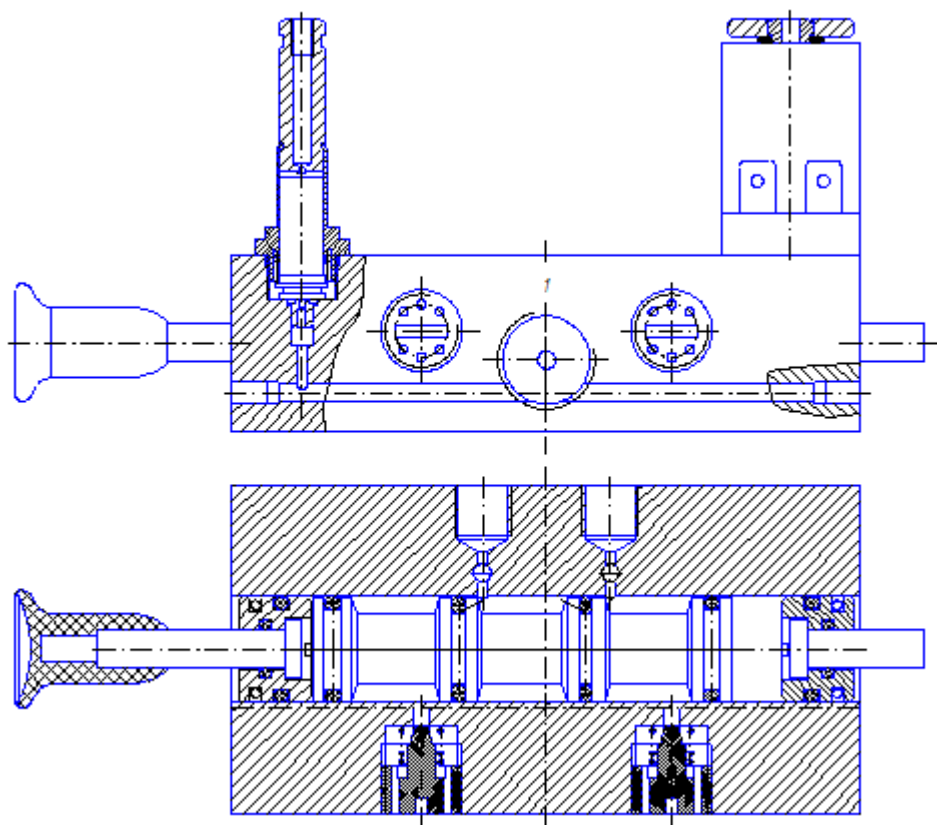


Рис. 4.6. Розподільник тиску MZH-3-0,4-K

4.6 Розрахунок півосі опори на згин

Піввісь опори являє собою консольну балку круглого поперечного перерізу (рис. 4.7), навантажену на вільному кінці зосередженою силою P , що виникає від маси половини двигуна $m=500/2=250$ кг. Таким чином, сила P становить 2500 Н, відстань l від опори (підшипник 1) до точки прикладання навантаження становить 200 мм.

Розглянемо довільний поперечний переріз на вільному кінці балки на відстані Z від вільного кінця півосі та відокремимо частину балки, розташовану праворуч від цього перерізу. Оскільки вся балка перебуває у стані рівноваги, то і відокремлена частина також повинна бути в рівновазі. Це буде забезпечено,

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

якщо в місці уявного розрізу прикласти внутрішні зусилля, що відображають дію відкинutoї лівої частини на праву. Внаслідок жорсткого з'єднання обох частин, у місці розрізу виникають три внутрішні зусилля: поздовжня сила N , поперечна сила Q та згинальний момент M_z . Визначимо внутрішні зусилля методом перерізів: $N = 0$, $Q = P = 2500 \text{ Н} = \text{const}$, $M_z = -P \cdot l$.

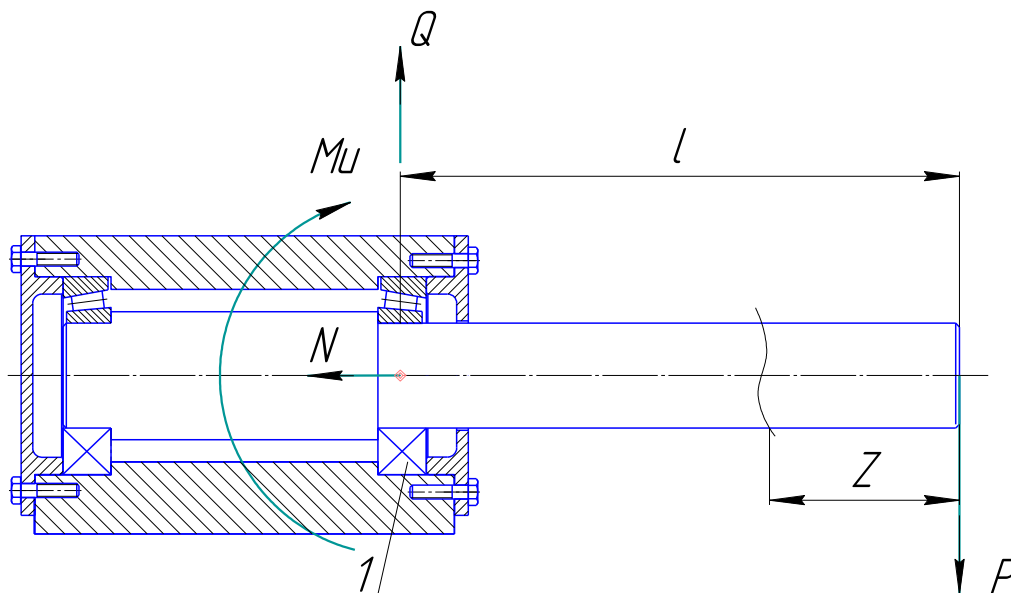


Рис. 4.7. Схема розрахунку півосі опори на згин

Поздовжня сила N дорівнює нулю, а поперечна сила Q є сталою та додатною на всій розрахунковій ділянці. Згинальний момент M_z є від'ємним і змінюється за лінійним законом залежно від величини Z . Зі збільшенням Z згинальний моменту зростає: при $Z = 0$, $M_z = 0$; при $Z = l$; $M_z = -P \cdot l$.

На рисунку 4.8 представлено епюри поперечних сил Q та згинальних моментів M_z вздовж довжини півосі опори. Найбільш небезпечним є переріз, де піввісь закріплена в підшипнику 1, оскільки саме в цьому місці виникає найбільший за абсолютною величиною згинальний момент.

На рисунку 4.9 зображено поперечний переріз півосі опори в місці її кріплення в підшипнику 1. Показано круглий переріз півосі та дві найбільш віддалені від нейтральної осі точки – $K1$ та $K2$. Саме в цих точках виникають найбільші за абсолютною величиною нормальні напруження від згину.

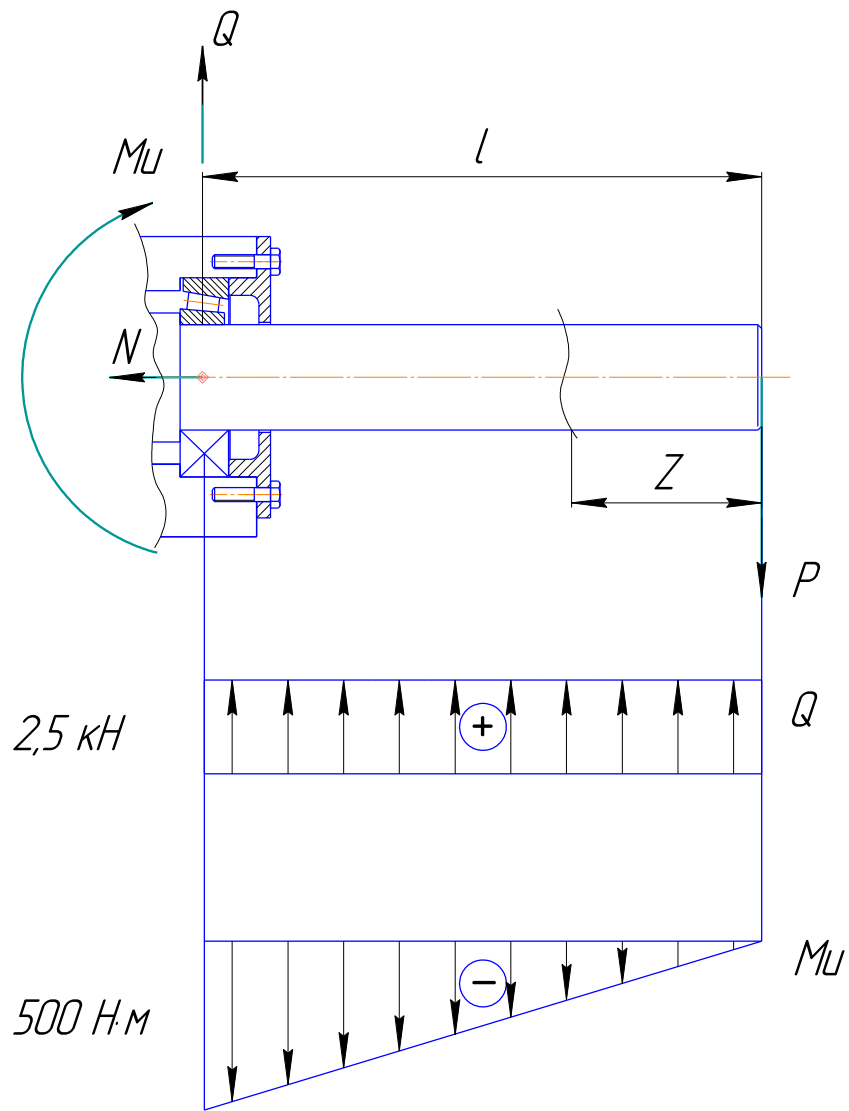


Рис. 4.8. Епюри навантаження півосі

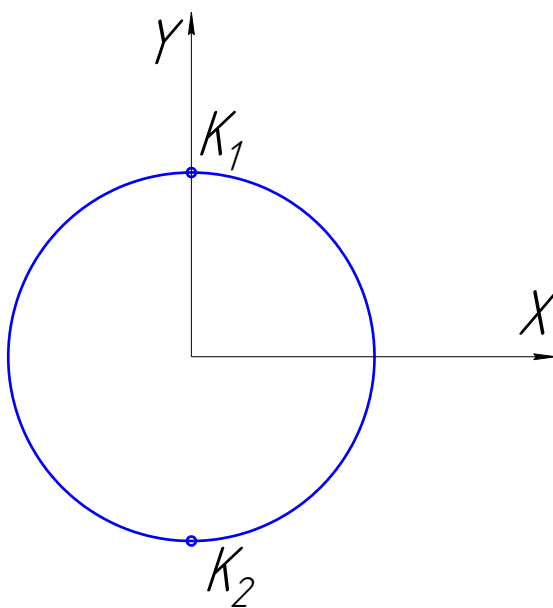


Рис. 4.9. Точки концентрації напруг

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Для визначення необхідного діаметра півосі опори потрібно розрахувати допустиме нормальне напруження при згині:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{z\max}}{W_x}$$

де W_x – осьовий момент опору перерізу півосі, м³.

$$W_x = \frac{M_u}{[\sigma]} = \frac{500}{200000000} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Допустиме нормальне напруження при згині для вуглецевої сталі Ст.5 [σ] становить 200 МПа.

$$W_x = \frac{500}{200000000} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Визначимо необхідний діаметр півосі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_x}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 0,029 \text{ м} = 29 \text{ мм}$$

Відповідно до стандартного ряду розмірів, приймаємо діаметр вала $d=30\text{мм}$.

Перевіримо розрахований діаметр за фактичними нормальними напруженнями:

$$\sigma_{\max} = \frac{32 \cdot M_u}{3,14 \cdot d^3}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{32 \cdot 500}{3,14 \cdot 0,03^3} = 18862808 \text{ Па} = 188,63 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується: $\sigma \leq [\sigma] - 188,63 < 200$

4.7 Вибір перерізу поворотних балок та стійок

Для спрощення виготовлення поперечний переріз поворотних балок обираємо прямокутним зі співвідношенням висоти (h) до ширини (b) $h/b=2$.

Визначимо мінімальний поперечний переріз балки за максимальним згинальним моментом у небезпечному перерізі.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

1. Визначаємо згинальний момент:

$$M_{зг} = 0,5 \cdot F_a \cdot l_b$$

$$M_{зг} = 0,5 \cdot 1700 \cdot 0,48 = 408 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2. Визначаємо мінімальний осьовий момент опору

$$W_{ос} = \frac{M_{из}}{[\sigma]}$$

$$W_{ос} = \frac{0,408 \cdot 10^3}{150} = 3,2 \text{ см}^3.$$

3. Підбираємо відповідний поперечний переріз:

$$W_{ос} = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Для забезпечення запасу міцності та зручності кріплення, приймаємо стандартний профіль – швелер 6,5П з розмірами $b \times h = 36 \times 65$ мм.

Для стійок попередньо обираємо прокатний сталевий профіль квадратного перерізу № 10 з наступними характеристиками: площа перерізу $S = 20,40 \text{ см}^2$, $J = 174 \text{ см}^4$, $W = 34,8 \text{ см}^3$, $i = 1,370 \text{ см}$.

Перевіримо стійку на поздовжній згин, визначивши мінімальний необхідний момент інерції:

$$J_{\min} = \frac{F \cdot [n_y] \cdot (\mu \cdot l)^2}{\pi^2 \cdot E}$$

$$J_{\min} = \frac{6376 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 0,98)^2}{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6} = 248,9 \text{ см}^4.$$

Обраний переріз стійки є достатнім за умовою стійкості, так як $J > J_{\min}$.

4.8 Обслуговування стенда

Проектований стенд відрізняється простотою в експлуатації та обслуговуванні. Протягом терміну його служби необхідно періодично контролювати технічний стан основних вузлів та механізмів. У разі виявлення будь-яких несправностей, подальшу експлуатацію стенда слід негайно припинити до повного усунення виявлених дефектів з метою запобігання виникненню аварійних ситуацій та забезпечення безпеки праці.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Технічне обслуговування стенда включає наступні регламентні операції:

1. Очищення від пилу та виробничих забруднень;
2. Контроль надійності елементів кріплення стенда.
3. Змащення елементів, що труться.

4.9 Результати впровадження стенда

Впровадження розробленого стенда в технологічний процес ремонту двигунів на підприємстві забезпечить:

- Підвищення продуктивності праці за рахунок зменшення трудомісткості операцій розбирання-складання двигунів;
- Покращення зручності виконання операцій розбирання-складання двигуна.
- Підвищення культури виробництва завдяки організованому та виконанню ремонтних робіт.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Стан показників безпеки життєдіяльності

Основні показники безпеки життєдіяльності на підприємстві за останні роки представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Основні показники безпеки життєдіяльності на підприємстві

Показники	Роки		
	2021	2022	2023
Середньооблікова чисельність працівників, чол.	28	28	28
Сума коштів, запланованих на охорону праці, тис. грн	200	218	180
Сума фактично витрачених коштів, тис. грн	200	198	180
Відсоток освоєння коштів, %	100	91	100
Витрачено коштів на охорону праці на одного працівника, грн.	2439,02	2414,63	2195,12

5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

В результаті аналізу виробничого процесу ремонту двигунів виявлено наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- Недостатня професійна підготовка працівників: виконання робіт працівником, кваліфікація якого нижча за необхідну згідно з нормативними документами; не проходження перепідготовки або підвищення кваліфікації для роботи з новим обладнанням; необачність та незнання правил безпеки; виконання робіт у стані алкогольного, наркотичного сп'яніння або хвороби.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Крючков В.І.			ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Попик П.С.					62	7
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Банний О.О.						
Затверд.								

- Невикористання або відсутність підйомно-транспортних механізмів для зняття та переміщення вузлів і агрегатів масою понад 20 кг.
- Відсутність стійок та упорів на візках для транспортування деталей, вузлів та агрегатів.
- Експлуатація машин та обладнання, що мають явні або приховані дефекти, при виявленні яких можливі аварії з травмуванням працівників.
- Незадовільний стан будівлі.
- Пожежна небезпека: відповідно до класифікації приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, дільницях ремонту двигунів відноситься до категорії «В», оскільки в приміщенні використовуватимуться горючі рідини та речовини, здатні горіти при взаємодії з киснем. Приміщення дільниці відноситься до II ступеня вогнестійкості [ДБН В.1.1-7-2002]. Будівля за конструктивною пожежною небезпекою відноситься до класу С1 – малопожежонебезпечна [ДБН В.1.1-7-2002].
- Електробезпека – можливість ураження електричним струмом: за ступенем небезпеки дільниці ремонту двигунів відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою через наявність струмопровідних підлог, можливість дотику працівників до металевих корпусів електрообладнання, що перебувають під напругою; на дільниці використовується електромережа напругою 220/380 В із заземленою глухою нейтраллю [ГОСТ 12.1.038-82].
- Шум: основним джерелом шуму є пневмоінструмент. Рівень звукового тиску може сягати до 70 дБ. Небезпечним для здоров'я людини рівнем є шум понад 80 дБ, а шкідливим – понад 90 дБ [ДСН 3.3.6.037-99].
- Блискавконебезпека: середня кількість уражень блискавкою на 1 км² земної поверхні в місцевості, де розташоване господарство, дорівнює $n = 6$; очікуване число уражень блискавкою на рік будівель, необладнаних блискавкозахистом, $N = 0,025$ [СОУ 34.21.122:2006].

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Недостатність освітлення: освітленість менше 300 лк для V розряду «а» підрозряду зорових робіт – малої точності, найменший розмір об'єкта розрізнення від 1,0 до 5 мм (причини – працюють не всі світильники, недостатня кількість світильників, у світильниках встановлені лампи малої потужності) [ДБН В.2.5-28:2018].
- Шкідливі хімічні фактори: основним джерелом є відділення мийки деталей, оскільки при виробничому процесі миття використовуються бензин та дизельне паливо (рідкі шкідливі речовини часто просочуються через нещільності, розбризкуються при відкритому зливі їх з однієї ємності в іншу. При цьому вони можуть потрапити безпосередньо на шкірний покрив працівників та чинити відповідну несприятливу дію, а крім того, забруднювати навколишні зовнішні поверхні обладнання та огорожень, які стають відкритими джерелами їх випаровування. При подібному забрудненні створюються великі поверхні випаровування шкідливих речовин, що призводить до швидкого насичення повітря парами та утворення високих концентрацій) [ГОСТ 12.1.005-88].
- Загазованість парами бензину понад норму 100 мг/м³ [ГОСТ 12.1.005-88], парами дизельного палива понад норму 300 мг/м³ [ДСТУ 7688:2015], (причини – при митті деталей бензином або дизельним паливом; при зберіганні бензину та дизпалива у відкритих ємностях, при проливі бензину або дизпалива).
- Мікроклімат: температура повітря в приміщенні в холодний період року нижче 16 °С та вище 25 °С у теплий період року при нормі 17-18 °С, швидкість руху повітря 0,3 м/с; (протяги, аерація повітря через нещільності в дверних та віконних отворах; у теплий період року – недостатність повітрообміну) [ДСН 3.3.6.042-99].
- Вологість повітря, що перевищує $W = 75 \%$ при допустимій нормі 15-75 % [ДСН 3.3.6.042-99].
- Фізична та психологічна втома.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

- Організація праці: небезпечним може бути порушення режиму робочого часу, тобто тривалість робочого тижня понад 40 годин, недостатність відпочинку (перерва на відпочинок та приймання їжі менше 45 хвилин, відсутність регламентованих перерв протягом зміни) [Кодекс законів про працю України].
- Несправність або незастосування засобів індивідуального захисту.

Конструкторська розробка створює наступні небезпечні та шкідливі фактори:

- Електробезпека: можливість ураження електричним струмом при дотику працівником до струмопровідних частин або короткого замикання.
- Вірогідність заземлення рук оператора (оператор тримається за опори двигуна під час його встановлення на кантувач).
- Можливість руйнування конструкції (наслідок – її падіння) при встановленні вантажів (двигунів) масою більшою за допустиму (понад 700 кг).

5.3 Заходи безпеки

Допуск до роботи на дільниці ремонту двигунів дозволено особам, які досягли 18 років, пройшли спеціальне навчання, вступний та первинний інструктажі з охорони праці.

Обслуговування електрообладнання дільниці ремонту двигунів проводиться лише при вимкненому ввідному рубильнику.

На обертових частинах стендів встановлені захисні огороження (суцільні металеві огороження зі сталі товщиною 3 мм).

Для зниження рівня шуму та його впливу працівникам видаються протишумові навушники. Після сорока хвилин безперервної роботи передбачено відпочинок тривалістю 10 хвилин.

На дільниці для запобігання ураженню електричним струмом працівників від металоконструкцій, що можуть опинитися під напругою, передбачено захисне заземлення.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Заземлення виконано по контуру: кількість заземлювачів $n = 10$, довжина металевої смуги $L_{\text{під}} = 20$ м, розміри смуги 12×4 мм, діаметр прута $d = 30$ мм, довжина прута $l = 2$ м, відстань між заземлювачами $a = 3$ м, глибина закладання $h = 0,8$ м, опір заземлювача $R_3 = 4$ Ом, середній питомий опір ґрунту $\rho = 40$ Ом·м.

Ремонт двигунів проводиться на ділянці, розташованій у ремонтному цеху, в якому за будівельним проектом передбачено блискавкозахист, що складається з блискавкоприймача довжиною 1 м, перерізом 100 мм^2 та струмовідводу. Струмовідвід являє собою круглий прокат діаметром 8 мм, довжиною 32 м. Заземлювачі (3 шт.) – стержні довжиною 1,5 м, діаметром 30 мм, опір заземлювача $R_3 = 10$ Ом.

З метою пожежної безпеки в приміщенні ділянці з ремонту двигунів передбачено пожежний щит, ящик з піском та вогнегасники марки ВП-10 – 2 шт.

Освітленість на рівні робочої поверхні для V розряду, «а» підрозряду зорових робіт становить $E = 300$ лк. Тип світильників – «Широкорозсіювач дзеркальний», потужність однієї лампи 200 Вт, кількість світильників – 28 штук. Світильники на ділянках розташовані «по вершинах прямокутника».

На робочих місцях (місцях розташування працівників біля стендів, столів тощо) передбачено комбіноване (загальне + місцеве) освітлення (освітленість 400 лк для V розряду, «а» підрозряду зорових робіт). Природне освітлення здійснюється через вікна.

У неробочий час освітлення внутрішнього приміщення здійснюється трьома аварійно-черговими світлодіодними світильниками ДСПС 16-5-20, з споживаною потужністю 1 Вт та освітленістю 1,5 лк.

Виділювані шкідливі пари, гази видаляються припливно-витяжною вентиляцією – діаметр повітроводів $D = 0,3$ м; кратність повітрообміну $k = 4$ год⁻¹; загальна кількість відцентрових вентиляторів серії ЕВР-4 $n = 1$, продуктивність вентилятора $W = 800$ м³/год.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня температура приміщення взимку становить 17-18 °С. Теплоносій – вода з температурою 70-90 °С, як нагрівальні прилади використовуються радіатори М-140АО, закриті захисними кожухами.

На дільницю ремонту двигунів виділяється аптечка медична – прикріплюється до стіни на видному місці.

Робочий персонал забезпечується справним робочим інструментом (набори ключів, набір щупів, набір викруток, слюсарні молотки тощо). Інструмент зберігається у спеціально обладнаних ящиках, стелажах та шафах.

Трудовий режим встановлено з урахуванням фізіології організму людини. Тривалість робочого тижня – 40 год, робочого дня – 8 год; під час роботи передбачено перерву на відпочинок та приймання їжі 45 хвилин; через 2 год після початку зміни, також передбачено дві перерви по 10 хвилин у першій та другій половині дня.

Вступний інструктаж проводить інженер з охорони праці з новоприйнятими на роботу, практикантами та відрядженими. Первинний інструктаж проводиться інженером з охорони праці на робочому місці показом безпечних прийомів праці. Повторний інструктаж проходять усі працівники майстерні не рідше 1 разу на півріччя. Позаплановий інструктаж проводять при змінах технологічного процесу, а також при перервах у роботі понад 60 днів.

Ширина проходів, проїздів та відстаней між стендами, стелажми та іншим обладнанням відповідають встановленим нормам ДБН В.2.2-9-2018 «Громадські будинки і споруди. Основні положення». Відстань від задньої стінки верстатів до стіни – 1 метр, між боковими сторонами сусідніх верстатів – не менше 1,5 м. Ширина проходів та проїздів між верстатами, стендами та стелажми – 1,5-2 м.

Вихідні двері відчиняються назовні. Кількість шляхів евакуації для дільниці $m = 1$, для всього ремонтного цеху $m = 6$.

Конструкторська розробка передбачає наявність наступного:

- Розроблено інструкцію з охорони праці при роботі з кантувачем.
- На обертові частини кантувача встановлені захисні огороження.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

- Заземлення: під'єднано до загального контуру заземлення обладнання ремонтного цеху.
- Електричні блокувальні пристрої: обмежувачі ходу притискачів (кінцеві вимикачі).
- Працівники, що обслуговують кантувач, забезпечені спецодягом (костюм бавовняний, головний убір, рукавиці комбіновані).

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

6.1 Техніко-економічна оцінка конструкторської розробки

Витрати на виготовлення кантувача визначаються за формулою:

$$C_{к.р.} = C_{к.д.} + C_{о.д.} + C_{п.д.} + C_{сб.к.} + C_{оп.}$$

де: $C_{к.д.}$ – вартість виготовлення корпусних деталей, грн;

$C_{о.д.}$ – витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн;

$C_{п.д.}$ – вартість покупних комплектуючих, грн;

$C_{сб.к.}$ – повна заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції кантувача, грн;

$C_{оп.}$ – загальновиробничі накладні витрати на виготовлення конструкторської розробки, грн.

6.1.1 Вартість виготовлення корпусних деталей

Вартість корпусних деталей визначається за формулою:

$$C_{к.д.} = Q_{м.} \cdot C_{м.}$$

де: $Q_{м.}$ – маса витраченого матеріалу, кг;

$C_{м.}$ – середня ціна 1 кг матеріалу, грн.

Визначимо вартість використаної смуги сталевий.

Маса смуги, витраченої на виготовлення кантувача ($Q_{п.}$), становить 32 кг.

Середня ціна 1 кг смуги ($C_{п.}$) становить 40 грн/кг.

Тоді вартість використаної смуги складе:

$$C_{с.п.} = 32 \cdot 40 = 1280 \text{ грн.}$$

Визначимо вартість швелера, необхідного для виготовлення кантувача.

Необхідна маса швелера ($Q_{ш.}$) становить 25 кг.

Середня ціна 1 кг швелера ($C_{ш.}$) становить 50 грн/кг.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Крючков В.І.			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Попик П.С.					69	8
Реценз.						НУБіП України		
Н. Контр.		Банний О.О.						
Затверд.								

Тоді вартість швелера складе:

$$C_{y.} = 25 \cdot 50 = 1250 \text{ грн.}$$

Загальну вартість корпусних деталей визначаємо за формулою:

$$C_{к.д.} = C_{с.п.} + C_{ш.}$$

$$C_{к.д.} = 1280 + 1250 = 2530 \text{ грн.}$$

6.1.2 Витрати на виготовлення оригінальних деталей

Витрати на виготовлення оригінальних деталей визначаються за формулою:

$$C_{о.д.} = T_{пр.р.} + C_{м.}$$

де: $T_{пр.р.}$ – заробітна плата виробничих робітників, грн;

$C_{м.}$ – вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей, грн.

Повна заробітна плата з нарахуваннями визначається за формулою:

$$T_{пр.р.} = T_{ф.} + T_{доп.} + T_{сев.} + T_{ст.} + T_{отп.} + T_{нач.}$$

де: $T_{ф.}$ – тарифний фонд заробітної плати, грн;

$T_{доп.}$ – додаткова заробітна плата (премії), грн;

$T_{сев.}$ – надбавки за стаж роботи, грн;

$T_{ст.}$ – стажові надбавки, грн.;

$T_{отп.}$ – відпускні, грн;

$T_{нач.}$ – нарахування на зарплатню, грн.

Тарифний фонд заробітної плати:

$$T_{ф.} = t_{ф.} \cdot C_{ч.}$$

де: $t_{ф.}$ – час робіт, год (приймаємо орієнтовно 20 год, виходячи з нормативів часу для виконання подібних робіт робітником відповідної кваліфікації);

$C_{ч.}$ – годинна ставка робітника V розряду, грн/год.

$$C_{ч.} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: K_1 – умовна погодинна тарифна ставка, виходячи з мінімальної заробітної плати (приймаємо, 50 грн/год);

K_2 – коефіцієнт підвищення мінімальної ставки (приймаємо 1,1);

K_3 – коефіцієнт складності праці для V розряду (приймаємо 1,8).

$$C_{\text{ч.}} = 50 \cdot 1,1 \cdot 1,8 = 99 \text{ грн/год.}$$

$$T_{\text{ф.}} = 20 \cdot 99 = 1980 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата (премії):

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{ф.}} \cdot 0,4$$

$$T_{\text{доп.}} = 1980 \cdot 0,4 = 792 \text{ грн.}$$

Надбавки за складність, напруженість у роботі:

$$T_{\text{сев.}} = (T_{\text{ф.}} + T_{\text{доп.}}) \cdot 0,15$$

$$T_{\text{сев.}} = (1980 + 792) \cdot 0,15 = 415,8 \text{ грн.}$$

Надбавки за стаж роботи:

$$T_{\text{ст.}} = (T_{\text{ф.}} + T_{\text{доп.}} + T_{\text{сев.}}) \cdot (0,1 \dots 0,3)$$

де $0,1 \dots 0,3$ – коефіцієнт, що враховує стаж робітника (приймаємо середній стаж роботи робітників – десять років, коефіцієнт приймаємо рівним – 0,2).

$$T_{\text{ст.}} = (1980 + 792 + 415,8) \cdot 0,2 = 637,56 \text{ грн.}$$

Відпускні нарахування на зарплатню плату:

$$T_{\text{отп.}} = (T_{\text{ф.}} + T_{\text{доп.}} + T_{\text{сев.}} + T_{\text{ст.}}) \cdot 0,0854$$

$$T_{\text{отп.}} = (1980 + 792 + 415,8 + 637,56) \cdot 0,0854 = 326,68 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату:

$$T_{\text{нач.}} = (T_{\text{ф.}} + T_{\text{доп.}} + T_{\text{сев.}} + T_{\text{ст.}} + T_{\text{отп.}}) \cdot 0,325$$

$$T_{\text{нач.}} = (1980 + 792 + 415,8 + 637,56 + 326,68) \cdot 0,325 = 1349,41 \text{ грн.}$$

Повна заробітна плата становить:

$$T_{\text{пр.р.}} = 1980 + 792 + 415,8 + 637,56 + 326,68 + 1349,41 = 5501,45 \text{ грн.}$$

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей визначаємо за такою формулою:

$$C_{м.} = C_{з.} \cdot Q$$

де: $C_{з.}$ – вартість 1 кг заготовок, грн/кг (приймаємо 42 грн/кг);

Q – маса заготовок, кг (приймаємо 8 кг).

$$C_{м.} = 42 \cdot 8 = 336 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення оригінальних деталей становлять:

$$C_{о.д.} = 5501,45 + 336 = 5837,45 \text{ грн.}$$

6.1.3 Вартість покупних деталей

Перелік деталей, складальних одиниць та обладнання, які необхідно придбати для виготовлення кантувача, та їхня вартість наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Перелік обладнання, яке потрібно закупити

Найменування	Марка, тип	Ціна за од., грн	Кількість, од.	Сума, грн
Регулятор тиску	SF 202	8500	1	8500
Механізм повороту ручний (вживаний)	–	2630	1	2630
Всього				11130

Отже, $C_{п.д.} = 11130$ грн.

6.1.4 Повна заробітна плата робітників, зайнятих на складанні стенду

$$C_{сб.к.} = T_{сб.} + T_{доп.} + T_{сев.} + T_{ст.} + T_{отп.} + T_{нач.}$$

Основна заробітна плата:

$$T_{сб.} = T_{рн.} \cdot C_{ч.}$$

де: $T_{рн.}$ – нормативна трудомісткість на складання конструкції, год;

$C_{ч.}$ – годинна тарифна ставка робітника V розряду, грн/год (згідно з попереднім розрахунком – 99 грн/год).

$$T_{рн.} = k_c \cdot \sum t_{сб.}$$

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: k_c – коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним та оперативним часом складання (приймаємо $k_c = 1,08$);

$\sum t_{сб.}$ – сумарна трудомісткість складання складових частин конструкції, год (за нормативами часу на відповідні види робіт приймаємо $\sum t_{сб.} = 15$ год).

$$T_{рн.} = 1,08 \cdot 15 = 16,2 \text{ год.}$$

$$T_{сб.} = 16,2 \cdot 99 = 1603,8 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата (премії):

$$T_{доп.} = 1603,8 \cdot 0,4 = 641,52 \text{ грн.}$$

Надбавки за складність, напруженість у роботі:

$$T_{сев.} = (1603,8 + 641,52) \cdot 0,15 = 336,8 \text{ грн.}$$

Надбавки за стаж роботи:

$$T_{ст.} = (1603,8 + 641,52 + 336,8) \cdot 0,2 = 516,37 \text{ грн.}$$

Приймаємо стаж робітника – десять років, що відповідає коефіцієнту надбавки 0,2.

Відпускні нарахування на заробітну плату:

$$T_{отп.} = (1603,8 + 641,52 + 336,8 + 516,37) \cdot 0,0854 = 264,59 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату:

$$T_{нач.} = (1603,8 + 641,52 + 336,8 + 516,37 + 264,59) \cdot 0,325 = 1092,91 \text{ грн.}$$

Повна заробітна плата становить:

$$C_{сб.к.} = 1603,8 + 641,52 + 336,8 + 516,37 + 264,59 + 1092,91 = 4455,72 \text{ грн.}$$

6.1.5 Накладні витрати на виготовлення стенду

Загальновиробничі накладні витрати на виготовлення конструкції кантувача визначаються за формулою:

$$C_{оп.} = C'_{пр.} \cdot R_{оп} / 100$$

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

де: $C'_{\text{пр.}}$ – основна заробітна плата виробничих робітників, грн;

$R_{\text{оп}}$ – відсоток загальновиробничих накладних витрат (приймаємо $R_{\text{оп}} = 10\%$).

$$C'_{\text{пр.}} = T_{\text{пр.р.}} + C_{\text{сб.к.}}$$

$$C'_{\text{пр.}} = 5837,45 + 4455,72 = 10293,17 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{оп.}} = 10293,17 \cdot 10 / 100 = 1029,32 \text{ грн.}$$

6.1.6 Собівартість виготовлення стенду

$$C_{\text{к.р.}} = 2530 + 5837,45 + 11130 + 4455,72 + 1029,32 = 24982,4 \text{ грн.}$$

6.2 Економічне обґрунтування проекту

Економічне обґрунтування розробки та впровадження кантувача для ремонту двигунів на підприємстві необхідне для оцінки економічної доцільності та ефективності удосконалення технологічного процесу.

В основу економічного обґрунтування проекту покладено метод порівняння техніко-економічних показників існуючої технології ремонту двигунів на підприємстві з проектованою, що включає використання розробленого кантувача.

Кількісно економічна ефективність від впровадження нової технології виражатиметься в річній економії матеріальних ресурсів, зокрема, за рахунок зниження трудомісткості операцій та зменшення витрат на оплату праці.

Очікується, що нова система, завдяки використанню кантувача, дозволить підвищити якість ремонту двигунів та знизити витрати на одиницю виконаних робіт.

Подальші розрахунки будуть спрямовані на порівняльний аналіз витрат та визначення конкретних показників економічної ефективності від впровадження розробленого обладнання.

6.2.1 Собівартість ремонтних робіт

Собівартість ремонтних робіт визначається за формулою:

$$C_{\text{бр.р.}} = T_{\text{з.п.}} + C_{\text{з.ч.р.м.}} + H_{\text{р.}}$$

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

де: $T_{з.п.}$ – загальний фонд оплати праці робітників, грн;

$C_{з.ч.р.м.}$ – сумарні витрати на запасні частини та ремонтні матеріали, грн;

N_p – загальновиробничі витрати, грн.

$$C_{бр.р.} = 3793257,08 + 0 + 1444113,86 = 5237370,94 \text{ грн.}$$

Повна вартість ремонтних робіт для підприємства зазвичай у два рази більша за собівартість. Звідси повну вартість ремонтних робіт (Вповн.рем.) можна розрахувати як:

$$C_{р.р.} = C_{бр.р.} \cdot 2 = 5237370,94 \cdot 2 = 10474741,88 \text{ грн.}$$

6.2.2 Вартість одного ремонту

$$C_p = C_{р.р.} / N_p$$

де N_p – кількість ремонтів на рік (120 одиниць).

$$C_p = 10474741,88 / 120 = 87289,51 \text{ грн.}$$

6.2.3 Річна економія від зниження собівартості ремонтних робіт

$$\mathcal{E}_r = (C_{исх.} - C_{пр.}) \cdot N_p$$

де $C_{исх.}$ – собівартість одного ремонту у вихідному варіанті, грн ($C_{исх.} = 88781,6$ грн, береться як середнє значення від вартості ремонту з урахуванням відсоткового співвідношення марок ремонтованих двигунів. Двигуни марок Д-240, Д-260, А-41 та А-01 становлять 67 % ремонтного фонду, двигуни марок КамАЗ та ЯМЗ становлять решту 33 % ремфонду);

$C_{пр.}$ – собівартість ремонту в проектованому варіанті.

$$\mathcal{E}_r = (88781,6 - 87289,51) \cdot 120 = 179050,12 \text{ грн.}$$

6.2.4 Термін окупності додаткових капіталовкладень

$$O = \Delta_k / \mathcal{E}_r$$

де Δ_k – вартість додаткових капіталовкладень, грн.

$$\Delta_k = \Delta_{к1} + \Delta_{к2}$$

де: $\Delta_{к1}$ – вартість додаткової площі, грн. ($\Delta_{к1} = 0$ – розширення площі не робили);

$\Delta_{к2}$ – вартість додаткового обладнання, грн.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість додаткового обладнання ($\Delta_{к2}$) береться з прайс-листів постачальників (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2

Вартість додаткового обладнання

Найменування обладнання	Вартість, грн
Мийна машина АМ 800	160000
Набір інструментів ВГ131-1214	16000
Установка маслороздавальна ручна С 227	33000
Прес гідравлічний ПГ-15	45000
Візок інструментальний PROFFI 950.7	15000
Знімач гільз СГ-234	25000
Монтажні роботи	20000
Конструкторська розробка	24982,49
Всього	338982,49

$$\Delta_{к.} = \Delta_{к2} = 338982,49 \text{ грн.}$$

$$O = 338982,49 / 179050,12 = 1,89 \text{ років.}$$

Таблиця 6.3

Економічна ефективність технологічного процесу ремонту двигунів

Показники	Варіант		Відхилення, ±
	Базовий	Новий	
Витрати праці на дільниці, люд-год.	14120	13790	-330
Виробнича площа дільниці, м ²	327	327	0
Кількість робітників, чол.	8	8	0
Кількість ремонтів, шт.	120	120	0
Вартість одного ремонту, грн.	88781,6	87289,51	-1492,09
Додаткові капіталовкладення, грн.	-	338982,49	-
Річна економія, грн.	-	179050,12	-
Термін окупності, років	-	1,89	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ

Арк.

76

ВИСНОВКИ

Метою даної бакалаврської роботи була розробка пропозицій щодо удосконалення технологічного процесу капітального ремонту двигунів на підприємстві.

В рамках проекту представлено огляд технологій ремонту двигунів, здійснено технологічний розрахунок дільниці з розміщенням обладнання, проведено розрахунки з проектування стенда для розбирання-складання двигунів, виконано економічне обґрунтування проекту, а також розглянуто питання безпеки життєдіяльності на виробництві.

Удосконалення технологічного процесу капітального ремонту двигунів передбачає низку заходів, спрямованих на підвищення якості ремонтних робіт та зниження їхньої собівартості. Зокрема, проектування та впровадження спеціалізованого стенда для розбирання-складання двигунів має оптимізувати робочий процес та зменшити трудомісткість операцій.

Результати проведеного аналізу свідчать про те, що впровадження запропонованої удосконаленої технології капітального ремонту двигунів на підприємстві призведе до економічної вигоди за рахунок зниження витрат та підвищення ефективності виробництва.

Річна економія від удосконалення технологічного процесу ремонту двигунів складе 179 тис. грн. на рік. При капітальних вкладеннях у розмірі 338982,49 грн., термін окупності проекту становитиме 1,89 року.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Крючков В.І.</i>			ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Попик П.С.</i>					77	2
<i>Реценз.</i>						<i>НУБіП України</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Банний О.О.</i>						
<i>Затверд.</i>								

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буклагін Д.С. та ін. Довідник інженера з технічного сервісу машин та обладнання в АПК. – М.: НДІ "Квант", 2003 – 604 с.
2. Черноіванов В.І. та ін. Концепція розвитку технічного сервісу в АПК України на період до 2010 року. – М.: НДІ "Квант", 2004. – 200 с.
3. Черноіванов В.І. та ін. Оптимізація інфраструктури ремонтно-обслуговуючої бази АПК. – М.: НДІ "Квант", 2007. – 52 с.
4. Варнаков В.В. та ін. Технічний сервіс машин сільськогосподарського призначення – М.: Колос, 2000.
5. Курчаткін В.В. Надійність та ремонт машин – М.: Колос, 2000.
6. Туровський В.В. та ін. Сучасні методи ремонту двигунів – М.: Колос, 2005.
7. Хабаров І.П. Надійність та ремонт машин: Методичні вказівки/ 2-е вид., перероб. та доп. – Київ: ІЦ ВГМХА, 2007. – 67 с.
8. Курдюмов В.І., Зотов Б.І. Проектування та розрахунок засобів забезпечення безпеки. – М.: Колос, 2005. – 216 с.
9. Растров В.І. Проектування приводів машин. – М.: Колос 1997 – 288 с.
10. Дарков А.В. Опір матеріалів – М.: Вища школа, 1989.
11. Оробинський Д.Ф. Визначення економічної ефективності механізації сільськогосподарського виробництва. Київ, 2005. – 42 с.
12. Матвєєв В.А. Технічне нормування ремонтних робіт у сільському господарстві. – М.: Колос 1979 – 288 с.
13. Кавун А.П. Норми часу на виробничі роботи в сільському господарстві. – М.: Агропромиздат, 1987.
14. Сірий М.С. та ін. Курсове та дипломне проектування з надійності та ремонту машин. – М.: Агропромиздат 1993.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Крючков В.І.</i>			СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Попик П.С.</i>					78	2
<i>Реценз.</i>						<i>НУБіП України</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Банний О.О.</i>						
<i>Затверд.</i>								

15. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту в частині забезпечення безпеки проєктованого об'єкта та при написанні розділу: «БЖД на виробництві». Чеконін А.А. Київ, 2007.

16. Шкрабак В.С. та ін. Безпека життєдіяльності в сільськогосподарському виробництві. – М.: Колос, 2002. – 512 с.

17. Зотов Б.І., Курдюмов В.І. Безпека життєдіяльності на виробництві. – М.: Колос, 2000. – 424 с.

18. Занько Н.Г. Медико-біологічні основи безпеки життєдіяльності, вид. 2-е. – М.: Академія, 2004. – 288 с.

19. Чекмарьов А.А. Довідник з машинобудівного креслення – М.: Вища школа, 1994.

20. Агроінженерія: Підручник / Д.Г. Войтюк, М.П. Кальченко, В.М. Козаченко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Аграрна освіта, 2012. – 742 с.

21. Алексєєнко С.М. Організація і технологія ремонту машин: Навчальний посібник. – К.: ВД "Професіонал", 2003. – 288 с.

22. Бєвз С.А. Проектування підприємств автомобільного транспорту: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2010. – 320 с.

23. Васильковський М.П. Надійність та ремонт машин: Навчальний посібник. – К.: Аграрна освіта, 2007. – 384 с.

24. Олійник В.В. Організація і технологія ремонту машин та обладнання: Навчальний посібник. – Л.: Новий Світ-2000, 2012. – 352 с.

25. Єгоров О.В. Технологія ремонту сільськогосподарської техніки: Навчальний посібник. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 264 с.

26. Занько Ю.С. Основи проектування підприємств автомобільного транспорту: Підручник. – К.: Каравела, 2005. – 416 с.

27. Калінін Є.І. Організація і планування виробництва на підприємствах автомобільного транспорту: Навчальний посібник. – К.: Ліра-К, 2014. – 360 с.

28. Козаченко В.М. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 528 с.

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ДОДАТКИ

					01.12-КР. 2265«С» 2024.12.16.045 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Крючков В.І.</i>			ДОДАТКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Попик П.С.</i>					80	2
<i>Реценз.</i>						<i>НУБіП України</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Банний О.О.</i>						
<i>Затверд.</i>								