

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ
ДВИГУНІВ SAMMINS ТА СТЕНДУ ДЛЯ ЇХ РОЗБИРАННЯ-СКЛАДАННЯ»

Виконав: студент IV курсу групи Аін-41

Спеціальності 208 «Агроінженерія»
(шифр і назва)

Судома Андрій Іванович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: Барабаш Руслан Іванович
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____

(підпис)

к.т.н., доцент Шарibuра А.О.

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Судомі Андрію Івановичу

1. Тема проєкту: «Удосконалення технологічного процесу ремонту двигунів SAMMINS та стенду для їх розбирання-складання»

Керівник проєкту: Барабаш Руслан Іванович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 27 листопада 2023 року 641/к-с

2. Строк здачі студентом закінченого проєкту 10.06.2024 року

3. Вихідні дані: інструкції з технічної експлуатації та технічного обслуговування двигунів Cummins, науково-технічна література з питань ремонту та випробування двигунів Cummins, патентний пошук та літературні джерела, які стосуються удосконалення стендів для розбирання-складання двигунів.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

- 4.1 Конструктивно – технічне обґрунтування об’єкта проєктування
- 4.2 Проєктування технологічного процесу ремонту двигунів Cummins
- 4.3 Вдосконалення конструкції стенду для розбирання-складання двигунів
- 4.4 Охорона праці та захист навколишнього середовища
- 4.5 Розрахунок собівартості ремонту одного двигуна

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

- 5.1 Аналіз конструкції стендів для розбирання – складання двигунів - 1-ий аркуш.
- 5.2 Загальний вигляд стенду - 2-ий аркуш.
- 5.3 Робочі креслення деталей - 3-ий аркуш.
- 5.4 Техніко – економічні показники проєкта – 4-ий аркуш.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Барабаш Р.І. к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича			
4	Городецький І. М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 27.11.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Відмітка про виконання
1	<i>Написання розділу: «Конструктивно – технічне обґрунтування об'єкта проєктування»</i>	<i>27.11.23-30.12.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу: «Проектування технологічного процесу ремонту двигунів Cummins»</i>	<i>01.01.24-25.02.24</i>	
3	<i>Виконання третього розділу: «Вдосконалення конструкції стенду для розбирання-складання двигунів»</i>	<i>26.02.24-30.03.24</i>	
4	<i>Написання розділу: «Охорона праці та захист навколишнього середовища»</i>	<i>31.03.24-30.04.24</i>	
5	<i>Виконання розділу: «Економічна ефективність»</i>	<i>01.05.24-25.05.24</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	<i>25.05.23-10.06.24</i>	

Студент _____ Андрій Судома
(підпис)

Керівник проєкту _____ Руслан Барабаш
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
1. КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОБЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ	8
1.1 Зародження та історія фірми Cummins	8
1.2 Особливості будови двигунів	9
1.3 Сфери застосування двигунів Cummins	9
1.4 Різновиди силових агрегатів	10
2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ CUMMINS	13
2.1 Короткий опис пристрою, призначення, технічна характеристика	13
2.2 Розробка структурної схеми виробу	14
2.3 Розробка технологічних маршрутів ремонту виробу та його складальних одиниць	15
2.4 Розробка технологічних процесів ремонту виробу та його складальних одиниць	
2.5 Вибір способу ремонту машин	22
3. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ- СКЛАДАННЯ ДВИГУНІВ	23
3.1 Аналіз основних операцій з використанням сучасного спеціального технічного обладнання	23
3.2 Огляд конструкцій технологічного обладнання	24
3.3 Аналіз конструкції обладнання, цілі та завдання модернізації	25
3.4 Обґрунтування вихідних даних для виконання розрахунку та модернізації технологічного обладнання	31

<i>3.5 Визначення технічних характеристик модернізованого обладнання, опис особливостей його функціонування</i>	42
<i>3.6 Складання послідовності виконання операцій у технологічному процесі з урахуванням модернізації обладнання</i>	44
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	46
<i>4.1 Заходи з охорони праці та протипожежного захисту</i>	46
<i>4.2 Охорона довкілля</i>	49
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	53
<i>5.1 Розрахунок собівартості ремонту одного двигуна</i>	53
<i>5.2 Розрахунок накладних витрат</i>	55
<i>5.3 Економічна ефективність ремонту одного двигуна</i>	57
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

УДК 629.114.3

Судома А.І. Удосконалення технологічного процесу ремонту двигунів CAMMINS та стенду для їх розбирання-складання : кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 60 с.

Табл. 12; рис. 8; бібліогр. джерел 24.

Досліджено конструктивні - технічні особливості двигунів *Cummins*, а саме: особливості будови двигунів, сфери застосування двигунів, різновиди силових агрегатів, конкурентоспроможність та актуальність *Cummins* на світовому ринку.

Виконано вибір та розрахунок параметрів технологічного процесу ремонту двигунів *Cummins*, розроблено структурну схеми виробу, технологічних маршрутів ремонту виробу та його складальних одиниць, обрано спосіб ремонту.

Вдосконалено конструкцію стенду для розбирання-складання двигунів. Подано перелік операцій які виконуються на даному технологічному обладнанні, проведено патентний пошук та аналіз конструкції вдосконаленого обладнання, окреслено цілі та завдання модернізації. Обґрунтовано вихідні дані для виконання розрахунку та модернізації технологічного обладнання. Визначено технічні характеристики модернізованого обладнання. Проведено опис особливостей стенду, його функціонування та складено послідовності виконання операцій у технологічному процесі з урахуванням його модернізації.

Запроектовано заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Розраховано собівартість та економічну ефективність ремонту одного двигуна.

ВСТУП

Збільшення випуску автотранспортних засобів, тракторів, автомобілів, автобусів, причепів та напівпричепів, удосконалення їх експлуатаційних якостей передбачає якість та ефективність виконання робіт з їх технічного обслуговування, способів ремонту та використання більш складного обладнання при діагностуванні.

Для підвищення продуктивності праці ремонтно-обслуговуючого персоналу та підтримання автотракторного парку у технічно справному стані необхідно механізувати та автоматизувати роботи, при технічному обслуговуванні та ремонті. На автотранспортних підприємствах і пунктах технічного обслуговування тракторів та автомобілів впроваджуються прогресивні технологічні процеси, що знижують трудомісткість і підвищують якість технічного обслуговування та ремонту, вони оснащуються також більш сучасним ремонтним обладнанням.

У технологічні процеси ТО впроваджують технологічне діагностування, що дозволяє економити кошти на утримання тракторів та автомобілів за рахунок скорочення простою на ТО та ремонт, виконання дійсно необхідних регулювальних та ремонтних операцій, скорочення витрати запасних частин та палива. Об'єктивні методи оцінки технологічного стану агрегатів та вузлів тракторів та автомобілів допомагають самостійно усунути пошкодження, що здатне викликати аварійну ситуацію, що підвищує безпеку дорожнього руху.

У зв'язку з цим необхідне технологічне переозброєння та розвиток виробничо-технологічної ремонтної бази. Істотне значення у вирішенні цього завдання приділяється теорія методики та практики проектування автотранспортних та ремонтно-обслуговуючих підприємств.

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується укрупненням та якісним та зміною його матеріально-технічної бази. На полях країни працює все більше потужних енергонасичених та високопродуктивних машин, таких як

трактори Claas, John Deere, ТЕРПІОН, комбайни John Deere, Полісся, АКРОС, великовантажні автомобілі та багато іншого.

Великі витрати на утримання техніки, перш за все, обумовлені низькою якістю її обслуговування та передчасних ремонтів. Дослідження показали, що більше половини двигунів прямують на ремонт із недовикористаним моторесурсом на 40-70%.

Немає можливості визначити стан спрацювання дизеля через нестачу засобів діагностування та відсутність висококваліфікованих кадрів. Механізатори нерідко роблять висновок про необхідність встановлення трактора на ремонт за принципом мінімальної потужності та перевитрати палива. Тим часом термін служби однотипних машин далеко не однаковий, він залежить від різноманітності умов експлуатації, режимів роботи та якості деталей.

Величезний техніко-економічний ефект дає використання технічного діагностування - однією з головних складових частин планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та ремонту машин. Вона дозволить повніше використовувати міжремонтний ресурс машини, усунути необґрунтоване розбирання механізмів, скоротити простої машинно-тракторних агрегатів внаслідок технічних несправностей, знизити трудомісткість ремонту та технічного обслуговування, підвищити потужність та економічність самохідних машин.

Завдяки технічному діагностуванню та збільшенню обсягу ремонтних робіт агрегатним методом скорочується кількість капітальних ремонтів. Одночасно вдосконалюються методи, і навіть засоби діагностування тех. обслуговування та ремонту.

1. КУНСТРУКТИВНО – ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОБЄКТА ПРЕКТУВАННЯ

Двигуни Cummins є продукцією популярної американської фірми, яка є лідером виробництва силових агрегатів на газовому та дизельному паливі. Компанія пропонує користувачам багатий асортимент двигунів, безліч товарів для використання у різних життєвих сферах та гарантує гарну якість агрегатів. Мотори Cummins використовують у промисловому устаткуванні, залізничному транспорті, на морських судах, автобусах, спеціальній техніці та вантажних автомобілях.

1.1 Зародження та історія фірми Cummins

Зародження всесвітньо відомої компанії відбулося далекого 1919 року. Клессі Каммінз, засновник ухвалив рішення про створення дизельного двигуна спільно з банкіром У. Ірвіном. На самому початку компанія виробляла двигуни для сільськогосподарської техніки з потужністю 6 к.с., проте через деякий час підприємство вирішило випробувати свої сили в іншій області.

1932 року відбулася рекламна акція, під час якої вантажна машина, оснащена шестициліндровим мотором від *Cummins*, пройшла 23500 кілометрів без жодної зупинки за два тижні. Цей факт став підтвердженням надійності продукції *Cummins*. Через деякий час фірмовий двигун використовувався на автомобілях Формули-1. В результаті змагань пілот автомобіля вийшов лідером: популярність компанії набирала все більших обертів, у 60-х роках фірма вийшла на міжнародний ринок: продукцію *Cummins* було представлено у сотні світових країн. З метою подальшого просування компанія здійснює нові розробки, застосовує інноваційні технології та створює надійні силові агрегати. У поточному році це одна з найпопулярніших компаній із виготовлення дизельних двигунів та супутніх товарів.

1.2 Особливості будови двигунів

Силові агрегати даної фірми мають систему живлення двигуна, яка повторює класичні бензинові ДВЗ. Крім того, агрегати оснащені стандартними охолоджувальними та змащувальними компонентами, які забезпечують його нормальне функціонування.

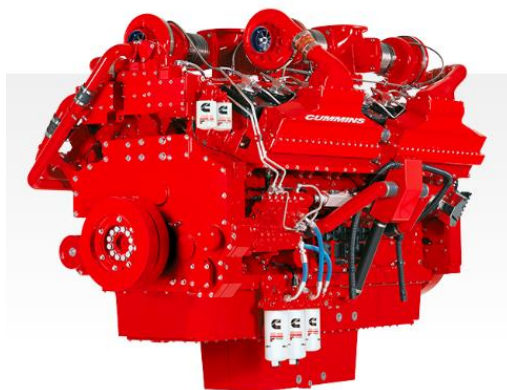


Рисунок 1.1 - Двигун *Cummins* серії QSK60

Турбований надув використовується в більшості силових агрегатів фірми *Cummins*, оскільки дизельні мотори мають невисоку потужність. Надув сприяє підвищенню потужності двигуна без впливу на його габарити. Виріб функціонує на основі відпрацьованих газів та зберігає тиск у межах 0,15–0,17 МПа. Завдяки таким характеристикам підвищуються обсяги подачі пального, що позитивно впливає на ефективність двигуна.

Турбований надув піднімає загальну потужність агрегату на 20-40% порівняно з атмосферниками. Існує і зворотний бік: в результаті активності надуву зростає робоча температура двигуна, навантаження на охолоджувальну систему теж підвищується.

1.3 Сфери застосування двигунів *Cummins*

Силові агрегати від *Cummins* широко використовуються в багатьох сферах життєдіяльності. На заводах компанії виробляються генератори, двигуни, автомобільні компоненти та навіть електрокари.

Силові агрегати. Завдяки широкому асортименту двигунів різних потужностей (від 49 до 3500 к.с.) силові агрегати даної фірми відрізняються універсальністю. Їх застосовують для різних видів спеціальної техніки:

1. Автомобілів, вантажних машин, автобусів, легкового транспорту.
2. Сільськогосподарська техніка: комбайнів, тракторів та іншого сільськогосподарського транспорту.
3. Військова техніка: БТР, танки.
4. Самоскидів, підйомних кранів, бурових установок, екскаваторів.
5. Дизельні електростанції.
6. Водного транспорту.
7. Кар'єрного транспорту: самоскидів, тягачів.

Генератори. Великою популярністю користуються генераторні установки даного виробника. Існує широкий асортимент продукції з різними потужностями від 2 до 10000 Кв. В наш час це приклад для більшості конкурентних компаній з погляду надійності, довговічності, універсальності, простоти експлуатації та догляду.

Пристрої використовуються в різних системах передачі енергії та збереження безперебійної роботи різних електричних установок. Вони актуальні для застосування у комерційних та промислових цілях. Використання силових агрегатів здійснюється як у промисловості так і у побуті.

1.4 Різновиди силових агрегатів

Силові агрегати даного виробника поділяються на двигуни малої, середньої та високої потужності.

Мала та середня потужність. До низько потужних і середньо потужних двигунів відносяться двигуни від 29 до 500 к.с.

ISF 2.8. Силовий агрегат, актуальний для застосування на пасажирських мікроавтобусах, а також вантажних автомобілів із невеликою вантажопідйомністю.

Пристрій має крутний момент 297 Н/м при потужності 120 к.с., чотирьох циліндровий агрегат з розмірами 60,6×64×63,2 см. Компактний та потужний виріб легко розміщується у просторі під капотом та підключається до інших складових. Середня витрата двигуна становить 8,5 л/год. Відмінним елементом є наявність електромагнітної форсунки, а також електронної системи упорскування.

Двигуни серії ISF 3.8 також є широко затребуваним для власників легкових машин комерційного користування, вантажних автомобілів, фургончиків та пікапів. Це найлегший і найпотужніший двигун у своїй лінійці, обладнаний якісною паливною системою з високим тиском і турбованим нагнітачем з перепускними клапанами. Виріб відповідає вимогам Євро 3 і Євро 4. У другому випадку двигун може мати меншу потужність.

Двигуни високої потужності. Дана група включає пристрої з потужними показниками від 500 до 3500 к.с.

QSK78. Дизельний мотор з 18 циліндрами поєднує в собі високу продуктивність та відмінні експлуатаційні характеристики. Пристрій включає сучасну систему високого тиску і спеціалізовані захисні системи, що гарантують швидкий і ефективний пошук помилок у роботі.

Однією з головних особливостей є наявність чавунних поршнів, низькотемпературної додаткової системи охолодження та інтегрованої системи G-Drive. У порівнянні з двигунами меншої потужності, серія *QSK* актуальна для кар'єрних самоскидів, залізничного транспорту і навіть кораблів. Належить до класифікації Євро-2.

QSK15. Якісний шестициліндровий мотор, який має високі експлуатаційні характеристики, відрізняється довговічністю і легкістю експлуатації. Використовується для роботи у важких умовах.

Надійність пристрою забезпечується на 30% меншою кількістю внутрішніх деталей. Впорскування палива здійснюється в умовах високого тиску 1900 бар, для

прискореного та економного горіння палива. Монтується на самоскидах, тракторах, трубоукладальних машинах, а також екскаваторах фірми Хендай.

Силові агрегати, що використовують природний газ. Силові установки, які застосовують природний газ, набирають все більшої популярності в промисловому та побутовому застосуванні. Такі пристрої встановлюються на автобусах, кар'єрних самоскидах та генераторах.

QSB 6.7G. Надійний пристрій, тихохідний в роботі та безперебійний. Встановлюється на автобусах, середньо вантажних автомобілях та спеціалізованій техніці. Сконструйований на основі мотора ISB6.7G. Здатний безперебійно функціонувати на газу та біометані.

ISX 12G. Двигуни даної серії встановлюються на транспорт із високими показниками вантажопідйомності. Використовується для вантажівок, сміттевозів та різної сільськогосподарської техніки. Має якісну технологію згорання палива та виведення вихлопних газів, економний у споживанні палива.

До головних особливостей ISX 12G відноситься електронна система керування, високо потужний турбований компресор, якісна система охолодження. Комплектування двигунів можна здійснювати автоматичними та ручними трансмісіями.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ

2.1 Короткий опис пристрою, призначення, технічна характеристика

Ремонт – це комплекс робіт для підтримки та відновлення справності чи працездатності виробу.

Об'єктом капітального ремонту обрано двигун Cummins серії QSK60 (рис. 1.1), що встановлюється на дорожню будівельну техніку, самоскиди, гусеничні та колісні трактори, важкі колісні бульдозери, колісні навантажувачі тощо.

Двигуни серії QSK60 12-циліндровий, V-подібний чотирьохтактний дизель.

Двигуни з технологією *Selective Catalytic Reduction (SCR)* відповідають стандартам Євро-5. За цією технологією відбувається зниження шкідливих викидів у процесі згоряння палива завдяки поєднанню інтеграції електронного керування повітряною та паливною системою. На даному двигуні встановлений електронний модуль керування, який контролює роботу двигуна та електронна система впорскування палива (електрокеровані форсунки), яка дозволяє покращити впорскування палива і тим самим збільшити ефективність роботи двигуна. У таблиці 2.1 подано основні характеристики вибраного двигуна.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики двигунів серії Cummins серії QSK60

Характеристики	Номінальне значення
Робочий об'єм двигуна, л.	32,1
Маса не заправленого двигуна з урахуванням маси маховика (приблизно), кг.	2949
Габаритні розміри:	
Висота, мм	1404,8
Ширина, мм	1050,5
Довжина, мм	2282,3
Потужність двигунів серії, кВт	700 – 758
Кількість циліндрів	12
Максимальний крутний момент, Н·м	4716
Діаметр циліндрів, мм	145
Хід поршня, мм	162

2.2 Розробка структурної схеми виробу

Структурна схема будується на основі вивчення конструкції виробу за кресленнями, схемами, описами та специфікаціями складових елементів.

Використовуючи отримані дані, вироби розкладаються на складові елементи, складальні одиниці та деталі, які розташовуються за рівнями їх входження у виріб.

Кожному рівню надається цифровий індекс. До першого рівня належать вироби, що надійшли на ремонт. До другого рівня – елементи (складальні одиниці), які можуть бути демонтовані з виробу у нерозібраному вигляді. Кожному такому елементу надається цифровий індекс другого рівня з урахуванням індексу виробу. Таким чином, в індексації закладено інформацію про порядковий номер елемента у другому рівні та належність його до об'єкта ремонту (перший рівень).

Складальним одиницям, що входять до складу елемента другого рівня, присвоюється індекс третього рівня із зазначенням належності до елемента другого рівня та виробу. У ряді випадків до складу складальної одиниці третього рівня можуть входити складальні одиниці четвертого і нижчих рівнів. У індексі таких складальних одиниць їх номери позначаються парами цифр.

Для деталей ознака приналежності їх до складальних одиниць виробу немає істотного значення розробки технологічного процесу відновлення. Більш важливими для деталей є конструктивні та технологічні ознаки, тобто подібність їх форм та розмірів, подібності технологічних процесів відновлення. Тому в групу деталей з одним індексом можна включати деталі різних виробів, елементів, складальних одиниць, які можуть бути відновлені за однією технологією та на однаковому устаткуванні [2].

Двигун розбирання розкладається на електроустаткування, куди входять електрофорсунки; систему живлення та інші елементи та складальні одиниці. Деталі та нормалі не розглядаються як окремі складові, позначаються літерами «Д» та «Н».

Схема побудована так, щоб кожен елемент можна було розібрати на складальні одиниці.

Маючи цю схему, можна розробити таблицю технологічних маршрутів ремонту виробу.

2.3 Розробка технологічних маршрутів ремонту виробу та його складальних одиниць

Цей розділ розробляється на основі структурної схеми виробу.

Таблиця технологічних маршрутів дає можливість визначити номенклатуру ремонтних операцій або видів робіт та послідовність їх виконання для виробу та його складальних одиниць.

Найчастіше до таких ремонтних операцій належать:

- зовнішнє очищення та миття виробу;
- демонтаж робочого чи навісного обладнання;
- розбирання виробу на складальні одиниці;
- миття складальних одиниць та пропарювання картерних порожнин;
- розбирання складальних одиниць на деталі;
- миття та очищення деталей;
- дефектація деталей;
- комплектування та складання складальних одиниць;
- випробування та контроль складальних одиниць;
- фарбування складальних одиниць;
- збирання виробу зі складальних одиниць та елементів;
- обкатка та випробування виробу;
- фарбування виробу.

Також входить у таблицю технологічних маршрутів ремонтно-відновлювальні роботи.

У виробі можна виділити ряд елементів, які не вимагають випробування чи приробітку. Такими елементами можуть бути зовнішнє обладнання, гусенична стрічка, рама ходового візка та ін. Для таких елементів контрольнo-випробувальні операції не передбачаються.

До складу виробу можуть входити нерозбірні (зварні, клепані) складальні одиниці. Прикладами таких складальних одиниць можуть бути паливні та масляні баки, каркаси кабін, крила, металоконструкції. Для таких складальних одиниць не передбачається їхнє розбирання на деталі. У той самий час виникає потреба передбачити ремонт їх правкою, зварюванням, заміну дефектних елементів та інші операціями.

Зазвичай у практиці ремонтного виробництва прилади систем електроустаткування, живлення, гідравліки тощо ремонтуються комплектно на спеціалізованих ділянках, де виконуються всі види розбиральних, складальних та випробувальних робіт [2].

До цієї таблиці заносяться всі елементи та складальні одиниці, на які «розбито» виріб за структурною схемою, також відзначаються роботи з відновлення деталей та нормалей. У відповідній графі ставиться знак «+» - це означає виконання цієї операції чи виду робіт.

На основі вищесказаного за структурною схемою двигуна Cummins серії QSK60 складено схему технологічних маршрутів ремонту виробу.

Ця схема являє собою дві таблиці: у таблиці Б1 представлені маршрути ремонту виробу, елементів та складальних одиниць, у таблиці Б2 представлені маршрути ремонту та відновлення деталей та нормалей.

Зі схеми видно, що крім зовнішнього миття, миється кожен елемент, складальна одиниця і деталь. Випробування проводиться відразу по всьому виробу, винятки становлять крильчатка вентилятора, шків вентилятора, корпус кришки клапанного механізму і кришка. Також проводяться обкатка та випробування деяких елементів та складальних одиниць.

Після того, як було складено схему технологічних маршрутів ремонту виробу та його складальних одиниць, складається таблиця технологічних процесів ремонту виробу.

2.4 Розробка технологічних процесів ремонту виробу та його складальних одиниць

Технологічні процеси (маршрутна технологія) розробляються для кожного елемента та складальної одиниці, представленої у структурній схемі.

Перелік та послідовність операцій у кожному технологічному процесі визначаються функціональним призначенням елемента або складальної одиниці, технічними умовами на ремонт, методом складання, типом складальних операцій (з'єднання, пресування, загвинчування, зварювання тощо), що застосовуються при складанні.

Іноді на етапі збирання складальних одиниць необхідно передбачати довідкові операції, а також регулювальні роботи. Для деталей, отриманих у процесі розбирання виробу та складальних одиниць, залежно від їхньої приналежності до відповідних класів, встановлюється послідовність відновлення шляхом слюсарних, верстатних та інших робіт.

Таблиця технологічних процесів ремонту виробу містить усі технологічні процеси для кожного елемента, складальної одиниці, деталей та нормалей. Так само таблиця включає трудомісткості виконання того чи іншого процесу. Розраховуються також кількість робочих місць та формуються пости.

Трудомісткість приймається за нормативними даними. Норма трудомісткості на капітальний ремонт для дизельних двигунів потужністю від 121 до 221 кВт дорівнює 280 люд.-год [2]. Так як у двигуна Cummins серії QSK60 потужність становить 758 кВт, приймаємо коефіцієнт, збільшення трудомісткості k , ($k = 1,3$).

Отже, загальна трудомісткість виконання капітального ремонту дорівнює, $T_{\text{таб}}$ люд. / год.

$$T_{\text{таб}} = k \cdot T_{\text{норм}}, \quad (2.1)$$

де $T_{\text{норм}}$ - нормативна трудомісткість виконання капітального ремонту двигуна, люд.-год ($T_{\text{норм}} = 280$).

$$T_{\text{таб}} = 1,30 \cdot 280 = 364 \text{ люд. / год.}$$

Приймаємо $T_{\text{таб}} = 360$ люд. / год.

Загальна трудомісткість ($T_{\text{таб}} = 360$ люд. / год) розподілена за видами робіт у наступному співвідношенні, поданому у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Відсоткове співвідношення трудомісткостей за видами робіт

Операції	Відсоток від загальної трудомісткості, %	Трудомісткість Т, люд.-г
Розбирально-мийні	31,39	113,00
Складально-фарбувальні	39,84	143,43
Випробування та обкатка	5,00	18,00
Ремонт систем	4,64	16,7
Відновлення	19,13	68,87
РАЗОМ:	100	360

У розбірно-мийні операції також включено дефектування деталей, а в операції складально-випробувальні включено комплектування.

Роботи з відновлення (люд/год) розподілені у такому співвідношенні (таблиця 2.3). $T_{\text{таб.восст}} = 68,87$.

Таблиця 2.3 – Відсоткове співвідношення трудомісткостей щодо відновлювальних робіт

Операції	Відсоток від загальної трудомісткості, %	Трудомісткість, Т, люд.-год.
1	2	3
Металізаційні	5,20	3,58
Гальванічні	5,20	3,58
Термічні	5,20	3,58
Ковальські	5,20	3,58
Зварювально-наплавочні	10,10	6,95
Слюсарні та верстатні	35,27	24,30
Штампувальні	33,83	23,30
РАЗОМ:	100	68,87

Далі відповідно до таблиці 2.2 розбивається трудомісткість на окремі види робіт.

Після цього розподілу необхідно визначити фактичну трудомісткість для кожного виду робіт, яка залежить від коефіцієнта зменшення трудомісткості, T_{ϕ} , люд/год:

$$T_{\phi i} = K_n \cdot T_{\text{таб}i}, \quad (2.2)$$

де K_n - коефіцієнт зменшення трудомісткості, (для річної програми при $N = 850$ шт., $K_n = 0,85$) [2]; $T_{\text{таб}i}$ – таблична трудомісткість i -го виду робіт, люд/год.

Наприклад, для зовнішнього миття:

$$\begin{aligned} T_{\text{таб}} &= 0,80 \text{ люд/год,} \\ T_{\phi 1} &= 0,85 \cdot 0,80 = 0,68 \text{ люд/год.} \end{aligned}$$

Для загального розбирання двигуна:

$$\begin{aligned} T_{\text{таб}} &= 12,00 \text{ люд/год,} \\ T_{\phi 2} &= 0,85 \cdot 12 = 10,20 \text{ люд/год.} \end{aligned}$$

Відтак розраховується такт ремонту, τ , ч:

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{р.м.}}}{N}, \quad (2.3)$$

де $\Phi_{\text{р.м.}}$ – річний фонд часу на ремонт, год.

$$\Phi_{\text{р.м.}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{пр}} - D_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}}, \quad (1.4)$$

де $D_{\text{к}}$ – число календарних днів на рік, дн., ($D_{\text{к}} = 365$ дн.); $D_{\text{пр}}$ – кількість святкових днів на рік, дн., ($D_{\text{пр}} = 8$ дн.); $D_{\text{вих}}$ – кількість вихідних днів на рік, дн., ($D_{\text{вих}} = 104$ дн.); $t_{\text{см}}$ – тривалість робочої зміни, год, ($t_{\text{см}} = 8$ ч); $n_{\text{см}}$ - число змін, ($n_{\text{см}} = 2$) [2].

Такт ремонту - відрізок часу, через який виріб надходить на розбирально-мийну ділянку або виходить зі складального конвеєра.

$$\Phi_{\text{р.м.}} = (365 - 8 - 104) \cdot 8 \cdot 2 = 4048 \text{ год;}$$

$$\tau = \frac{4048}{8500} = 0,48 \text{ год.}$$

Такт ремонту однаковий для всіх видів робіт.

Розрахункова кількість робітників на операцію розраховується за формулою, $A_{я}^p$. люд/год.:

$$A_{я}^p = \frac{T_{\phi i}}{\tau}, \quad (2.5)$$

Для зовнішнього миття:

$$A_{я1}^p = \frac{0,68}{0,48} = 1,42 \text{ люд/год.}$$

Для розбирання двигуна:

$$A_{я2}^p = \frac{10,20}{0,48} = 21,25 \text{ люд/год.}$$

Прийнята кількість робітників ($A_{я}^n$) приймається самостійно: для розбирання виробу від 2 до 4 осіб, для розбирання складальної одиниці 1 – 2 особи.

Для зовнішнього миття:

$$A_{я1}^n = 1 \text{ люд.}$$

Для розбирання двигуна:

$$A_{я2}^n = 3 \text{ люд.}$$

Робоче місце – ділянка виробничої площі, призначена для виконання технологічної операції або виду робіт, зайнята основним та допоміжним обладнанням та робочою зоною.

На робоче місце рекомендується приймати від 1 до 4 осіб для розбирання (складання) складальних одиниць, елементів.

Кількість робочих місць визначається із співвідношення, $N_{рм}$:

$$N_{рм} = \frac{A_{я}^p}{A_{я}^n}. \quad (2.6)$$

Для зовнішнього миття:

$$N_{pm1} = \frac{1,42}{1} = 1,42 = 1.$$

Для розбирання двигуна:

$$N_{pm2} = \frac{21,25}{3} = 7,08 = 7.$$

Номери робочих місць розподіляються за порядком: 1, 2, 3,... і т.д.

Пост – ділянка виробничої площі, що включає кілька робочих місць (можливо одне робоче місце). У пост об'єднуються робочі місця в яких виконуються однотипні операції, на ньому працюють робітники приблизно однакової кваліфікації. Пости організують задля забезпечення раціонального завантаження робітників і устаткування.

У нашому випадку зовнішнє миття та розбирання двигуна об'єднані в один пост.

Номер посту надається по порядку. Даному посту (зовнішнє миття – розбирання двигуна) надано номер 1.

Кількість робітників на пості визначається підсумовуванням розрахункової кількості робітників на операцію, $A_{я}$, чол.:

$$A_{я} = A_{я1}^p + A_{я2}^p. \quad (2.7)$$

Для посту №1:

$$A_{я} = 1,42 + 21,25 = 22,67 = 23 \text{ люд.}$$

Ступінь завантаження посту оцінюється коефіцієнтом завантаження, $\eta_{зп}$:

$$\eta_{зп} = \frac{A_{я}^p}{A_{я}}. \quad (2.8)$$

Рекомендується коефіцієнт завантаження робітників на пості приймати рівним 0,95...1,15.

Для посту №1:

$$\eta_{зп} = \frac{22,67}{23} = 0,99.$$

2.5 Вибір способу ремонту машин

На ремонтних підприємствах застосовуватися незнеособлений або знеособлений ремонт машин. При незнеособленому ремонті всі відновлені деталі або складальні одиниці встановлюються на машину, з якої вони були демонтовані; при знеособленому – відновлені деталі та складальні одиниці (крім базових) можуть встановлюватися на будь-яку з машин, що ремонтуються.

Незнеособлений ремонт зазвичай застосовується в невеликих ремонтних підприємствах з невеликою програмою і значною різномарочністю об'єктів, що ремонтуються. Такий ремонт здійснюється бригадним методом, коли бригада у складі 3...4 робітників здійснює весь комплекс розбирально - складальних, мийних, регулювальних робіт на одній машині. Відновлення ж деталей та найскладніші роботи з ремонту складальних одиниць виконується у ЦВВД (цех відновлення та виготовлення деталей).

Знеособлений ремонт застосовується на великих ремонтних підприємствах і може виконуватися вузловим або потоково-вузловим методом. Ці методи передбачають організацію спеціалізованих робочих місць щодо ремонту окремих елементів та складальних одиниць машин.

При вузловому методі збирання (розбирання) машин проводиться на стаціонарних робочих місцях. При поточно-вузловому – на візкових конвеєрах.

Поточно-вузловий метод доцільно застосовувати при числі місць збирання (розбирання) машин із вузлів більше двох [2].

Так як на розбирання та складання прийнято 7 та 9 місць, то прийнято потоково-вузловий знеособлений метод ремонту.

3. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ- СКЛАДАННЯ ДВИГУНІВ

3.1 Аналіз основних операцій з використанням сучасного спеціального технічного обладнання

У таблиці 3.1 наведено аналіз основних операцій, які виконуються з використанням сучасного технічного обладнання.

Таблиця 3.1 - Аналіз основних операцій з використанням сучасного спеціального технічного обладнання

Найменування операції	Призначення та вплив на об'єкт впливу	Застосування, що застосовуються, та їх призначення	Режим роботи	Ступінь механізації	Функція обладнання
Розбирання-складання двигуна	Забезпечити доступ до елементів двигуна, полегшити роботу з ним	Набір слюсарний інструмент, установка для заміни масла, динамометричний ключ	Нормований	3	Утримання та поворот двигуна
Чищення двигуна	Забезпечити доступ до елементів двигуна	Набір слюсарний інструмент, мийка високого тиску	Нормований	3	Утримання та поворот двигуна
Ремонт двигуна	Забезпечити доступ до елементів двигуна, полегшити роботу з ним	Набір слюсарного інструменту, мотор-тестер, динамометричний ключ	Нормований	3	Утримання та поворот двигуна
ТО та ПР КП	Забезпечити доступ до елементів КП, полегшити обслуговування	Набір слюсарний інструмент, установка для заміни масла, динамометричний ключ	Нормований	3	Утримання та поворот КПП
ТО та ПР мостів	Забезпечити доступ до елементів мосту	Набір слюсарний інструмент, пневмо-гайковерт, динамометричний ключ	Нормований	3	Утримання та поворот мосту

3.2 Огляд конструкцій технологічного обладнання

Стенд для складання та розбирання двигунів Р776Е призначений для V-подібних двигунів, КП, задніх мостів та різних агрегатів вітчизняного та імпорного виробництва вагою не більше 2000 кг.

Конструкція стенду дозволяє вивішувати ремонтований агрегат у зручній позиції для його подальшого розбирання та складання. Поворот рами на 360° дозволяє проводити розбирання та складання будь-яких важкодоступних вузлів дизельних двигунів.

Процес переміщення агрегату, що ремонтується, в горизонтальній площині на даному виробі здійснюється в ручному режимі за допомогою вбудованого черв'ячного редуктора.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд стенду для збирання та розбирання двигунів Р776Е

Технічні характеристики стендів для розбирання та складання двигунів представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики стендів для розбирання та складання двигунів

№ п/п	Найменування показника	Значення параметра				
		P776E	P770E	Ravaglioli R15	P500E	Oda-b1157
1	2	3	4	5	6	7
1	Габаритні розміри, мм	2220x1060x1425	2282x1060x1425	2350x1035x1435	1195x791x1050	1400x810x350
2	Вантажопідйомність, кг	2000	2000	2000	500	300
3	Спосіб повороту	Вручну через черв'ячний редуктор	Електродвигун через черв'ячний редуктор	Електродвигун через черв'ячний редуктор	Вручну через черв'ячний редуктор	Вручну через черв'ячний редуктор
4	маса, кг	396	460	300	160	70
5	Тип	стаціонарний	стаціонарний	пересувний	стаціонарний	пересувний

3.3 Аналіз конструкції обладнання, цілі та завдання модернізації

Особливості конструкції, принципу роботи та комплектації 5 типів обраного технологічного обладнання представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Особливості конструкції, принципу роботи та комплектації обраного технологічного обладнання

№ п/п	Перелік функцій та комплектність	Наявність параметра				
		P776E	P770E	Ravaglioli R15	P500E	Oda-b1157
1	2	3	4	5	6	7
Функції						
1	Пересування стенду	-	-	+	-	+
2	Пульт керування	-	+	-	-	-
3	Піддон	-	-	-	+	+

Комплектність						
1	Адаптери телескопічні	+	+	-	-	-
2	Опора	+	+	+	+	-
3	Рем-болти	+	+	+	-	-
4	Кронштейн	-	-	-	+	-

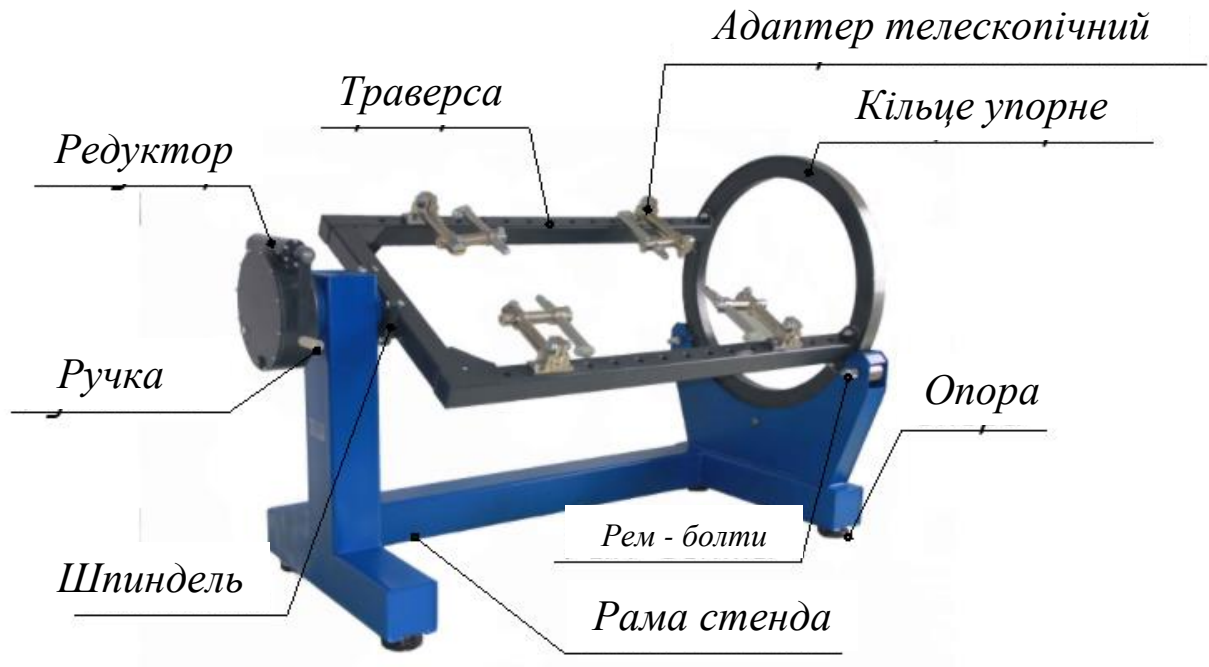


Рисунок 3.3 – Опис конструктивних елементів на зображенні технологічного обладнання Р776Е

У конструкцію стану для складання та розбирання двигунів Р776Е входить: рама станда, траверса, кільце опорне, шпиндель, редуктор, опора, рим-болти, телескопічні адаптери, рукоятка.

Рама станду – П-подібний металевий профіль, зварений між собою, служить для встановлення стану на бетонну основу, що кріпиться до опор на зварювання.

Траверса – металевий виріб П-подібної форми зварений з профілів з отворами, що служать для кріплення телескопічних адаптерів і прикручений до рами та опорного кільця за допомогою болтів.

Кільце опорне – Круглий металевий виріб, що служить для кріплення та повороту траверси, розташовується на рамі станду.

Шпиндель – вал, який служить передачі зусилля від редуктора до траверсі, розташовується на редукторі.

Редуктор – стандартний виріб з передачі потужності обертання, головною функцією якого є редукція, тобто, зниження зусилля, необхідного для приводу пристрою, що перетворює потужність, що передається в корисну роботу, розташовується на рамі станду.

Опора – круглий металевий виріб, який служить для кріплення рами і кріпиться до підлоги анкерними болтами.

Рем-болти – стандартний виріб, який служить для транспортування станду, кріпиться до рами станду.

Адаптери телескопічні – Z подібний металевий виріб, що служать для кріплення двигуна на стэнд, кріпиться до траверси болтами.

Рукоятка – металевий виріб з пластмасовою ручкою, призначений для руху редуктора і кріпиться до редуктора.

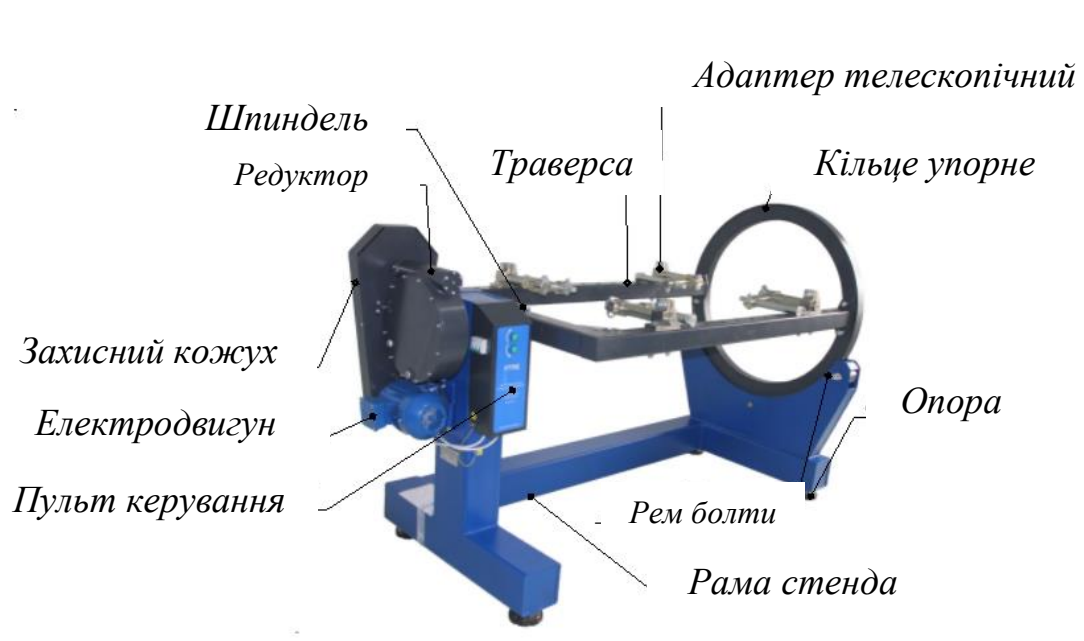


Рисунок 3.4 – Опис конструктивних елементів на зображенні технологічного обладнання Р770Е

У конструкцію стану для складання та розбирання двигунів P770E входить: рама стану, траверса, кільце опорне, шпindel, редуктор, опора, рим-болти, телескопічні адаптери, електродвигун, захисний кожух, пульт управління.

Конструкція даного стану схожа з конструкцією стану P776E, відмінними рисами є, у стану P770E пульт управління службовець для приведення електродвигуна в роботу, виконаний з пластмаси, має вигляд прямокутника, кріпиться до рами стану.

Захисний кожух – металевий виріб, який служить захистом ременя приводу, має вигляд прямокутника, кріпиться до рами стану.

Електродвигун – стандартний виріб, що кріпиться на стійці стану, служить для обертання черв'ячного редуктора, кріпиться до рами стану.

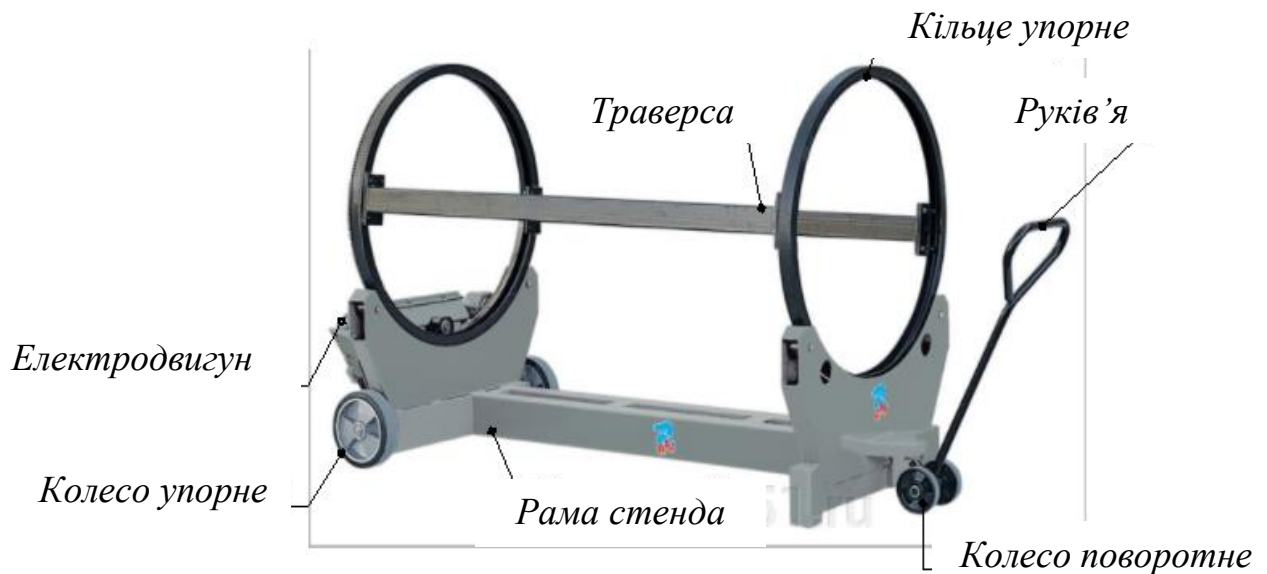


Рисунок 3.5 – Опис конструктивних елементів на зображенні технологічного обладнання Ravaglioli R15

У конструкцію стану Ravaglioli R15 входить: редуктор, ручка, рама стану, траверса, електродвигун, колесо поворотне, колесо опорне, кільце опорне.

Конструкція даного стану схожа з конструкцією стану P770E, відмінними рисами є, у стану Ravaglioli R15 колесо опорне кругле пластмасове виріб, що служить для переміщення стану, кріпиться до рами стану.

Рукоятка – металевий виріб, призначений для керування переміщення стенду, що кріпиться до поворотного колеса.

Поворотне колесо - кругле пластмасове виріб, призначене для переміщення стенда, що кріпиться до рами стенда.

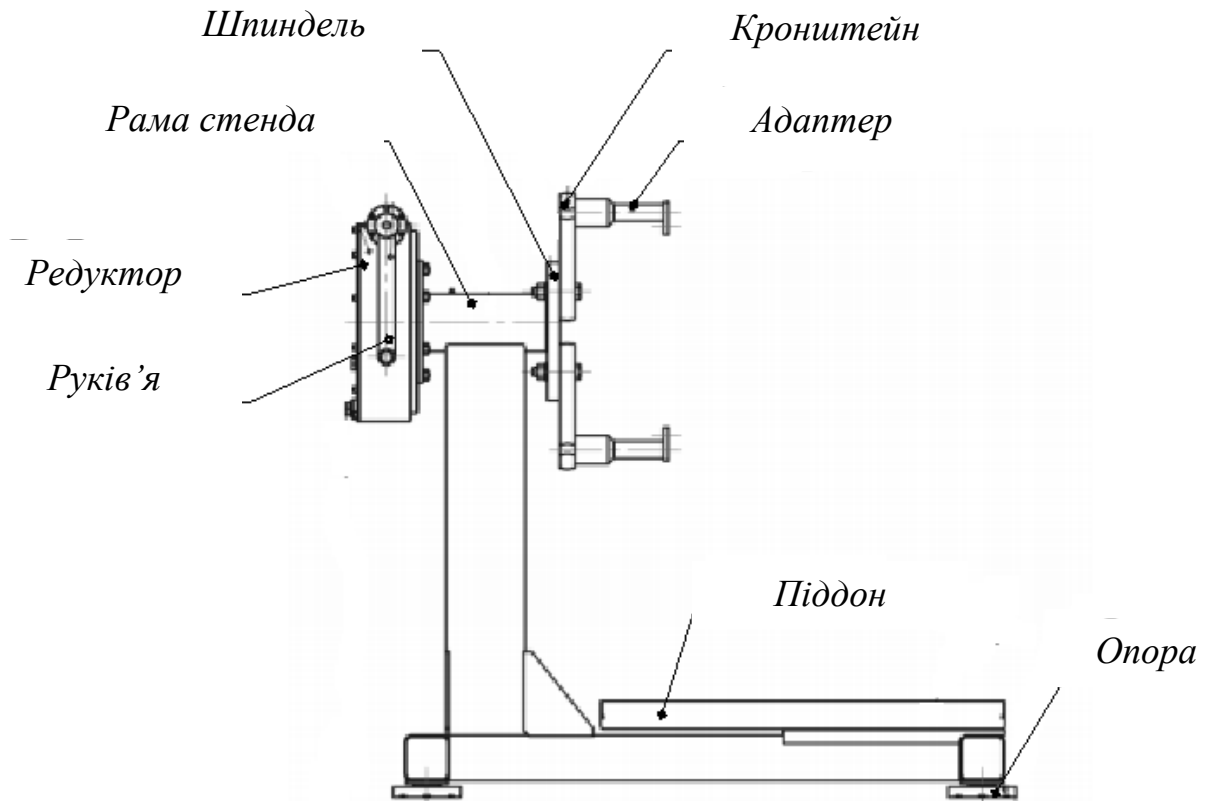


Рисунок 3.6 – Опис конструктивних елементів на зображенні технологічного обладнання P500E

У конструкцію стенду P500E входить: редуктор, рукоятка, рама стенда, адаптер, кронштейн, шпиндель, опора, піддон.

Конструкція даного стенду схожа з конструкцією стенду P776E, відмінними рисами є, у стенду P500E піддон прямокутне металеве вироби, що служить резервуаром для олії і кріпиться до рами болтами.

Адаптер – металевий овальний виріб, що служить для кріплення двигуна, кріпиться до кронштейна.

Кронштейн – металевий виріб, що кріпиться до шпинделя, що служить для кріплення до вертикальної площини, що виступають у вертикальних поверхнях виробів.

Рама-металевий виріб зварений з П-подібного профілю, що кріпиться до опор, служить для кріплення інших елементів.

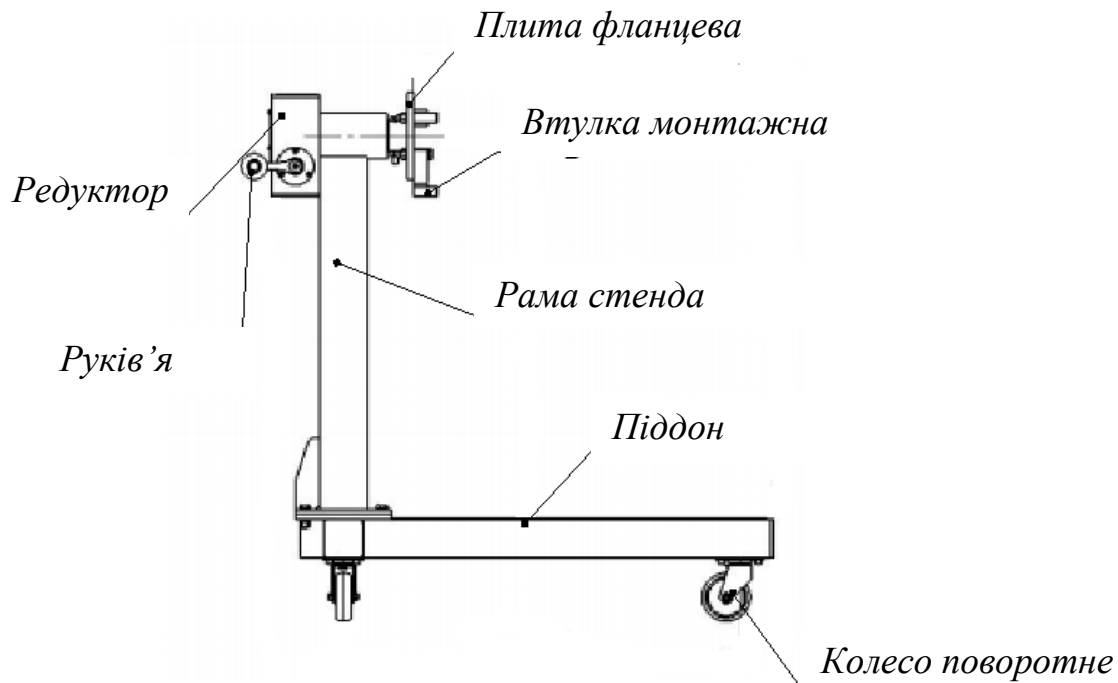


Рисунок 3.7 – Опис конструктивних елементів на зображенні технологічного обладнання ODA-B1157

У конструкцію станду ODA-B1157 входить: редуктор, рукоятка, рама станда, піддон, поворотне колесо, втулка монтажна, плита фланцева.

Конструкція даного станду схожа з конструкцією станду P500E, відмінними рисами є, у станда ODA-B1157 колесо поворотне пластмасове виріб, що служить для переміщення станду, що кріпиться до рами станду.

Втулка монтажна - деталь механізму циліндричної форми, що має осьовий отвір, в який входить деталь, що сполучається, кріпиться до фланцевої плити.

Фланцева плита - плоска деталь квадратної форми, що служить для міцного з'єднання деталей один з одним, кріпиться на шпинделі.

3.4 Обґрунтування вихідних даних для виконання розрахунку та модернізації технологічного обладнання

Вихідні дані для проектування представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Вихідні дані для проектування

Найменування параметру	Позначення	Значення
1	2	3
Характеристики, зазначені в завданні		
Вантажопідйомність, кг	T	1500
Тип	-	Стаціонарний
Потужність електродвигуна, кВт	N	0,75
Живлення мережі, В/Гц	-	220/50
Привід	-	Електромеханічний
Кут повороту	φ	360
Характеристики прийняті		
Габаритна висота тах, мм	-	1400
Маса у зборі, кг	-	380
Довжина, мм	-	2200
Ширина, мм	-	1060
Перелік функцій		
Пересування стенду	-	-
Універсальність	-	+
Піддон	-	-
Перелік операцій		
Розбирання-складання двигуна	-	+
Чищення двигуна	-	+
Ремонт двигуна	-	+
ТО та ТР КПП	-	+
ТО та ТР мостів автомобіля	-	+
Список інструментів		
Адаптери телескопічні	-	+
Опора	-	+
Рим-болти	-	+
Кронштейн	-	-

Принципова електрична схема представлені рисунку 3.8.

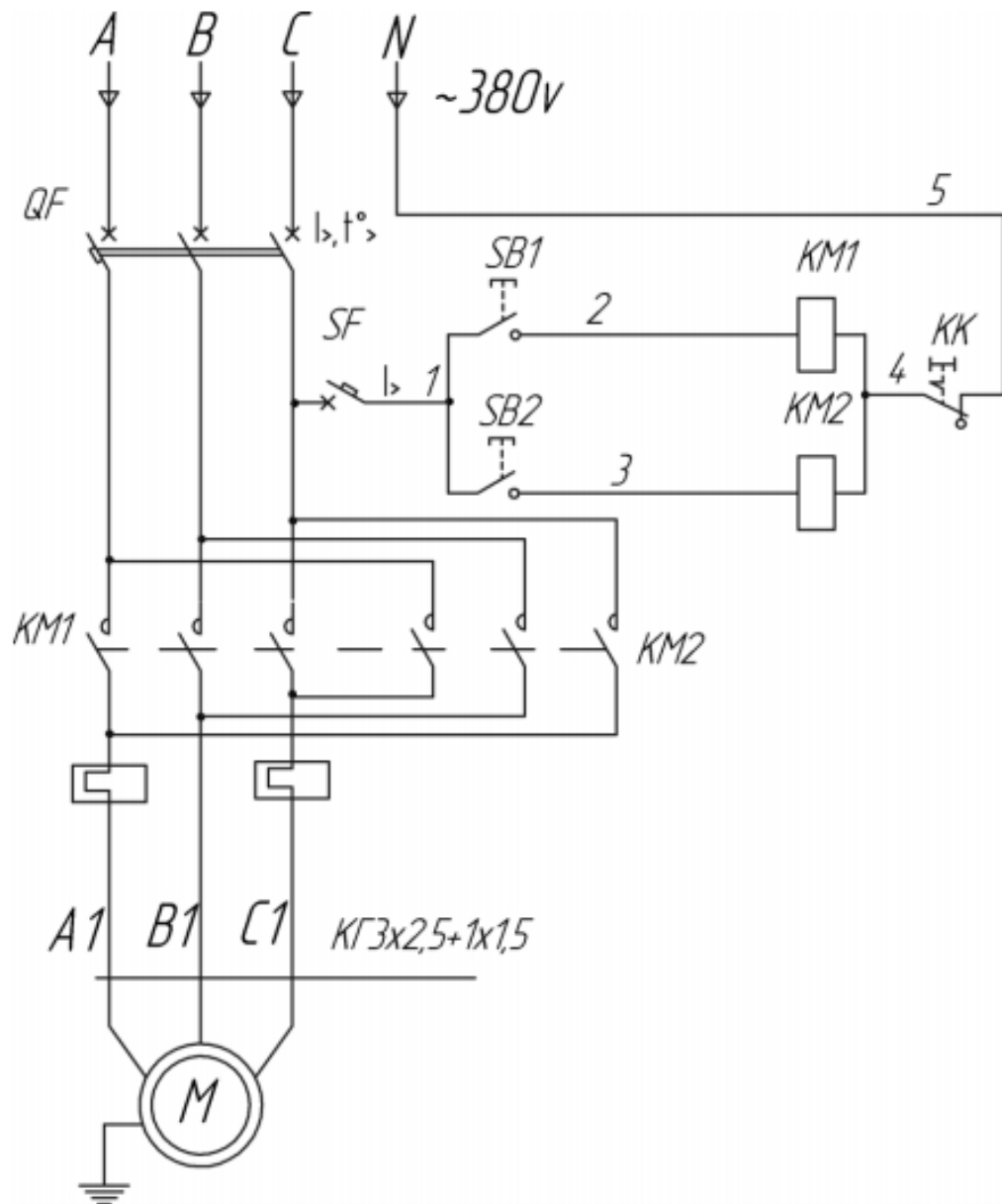


Рисунок 3.8 - Схема електрична принципова

Таблиця 3.5 – Позначення електричних елементів

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	2	3	4
<i>QF</i>	Вимикач автоматичний трифазний ВА-51-25	1	5А
<i>SF</i>	Вимикач автоматичний однофазний С1	1	1А

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4
<i>SB1, SB2</i>	Вимикач кнопочний SB-7EA-42	2	
<i>KM1, KM2</i>	Пускач магнітний КМІ12011	1	Укат ~220 В
<i>KK</i>	Реле теплове РТЛ-1007-2,5...4А	1	
<i>M</i>	Електродвигун АДМ80А6	1	0,75 кВт; 1000 хв ⁻¹

Вибір електродвигуна здійснюється за потужністю, необхідної для забезпечення передачі моменту, що крутить, на приводному валу. Потужність на приводному валу P_{po} , кВт розраховується за формулою [1]:

$$P_{po} = F_t \cdot v \cdot k, \quad (3.1)$$

де v - окружна швидкість на вихідному валу, м/с

k – кількість елементів робочому органі.

$$P_{po} = 2,1 \cdot 0,3 \cdot 1 = 0,63 \text{ кВт}.$$

Необхідна потужність електродвигуна $P_{двтр}$, кВт визначається за формулою [1]:

$$P_{двтр} = P_{po} / \eta_0, \quad (3.2)$$

де η_0 - загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) приводу.

ККД приводу окреслюється добуток ККД елементів приводу, тобто. за формулою [1]:

$$\eta_0 = \prod_{i=1}^n \eta_i = \eta_M \cdot \eta_{чп1} \cdot \eta_{шп}^4, \quad (3.3)$$

де $\eta_{рем}$ - ККД клинопасової передачі, $\eta_{рем} = 0,95$;

$\eta_{зп1}, \eta_{зп2}$ - ККД черв'ячної передачі, $\eta_{чп1} = 0,95$;

$\eta_{шп}$ - ККД однієї пари підшипників, $\eta_{шп} = 0,99$.

Значення ККД взяті з таблиці 1.1 [1].

Загальне значення ККД приводу:

$$\eta_0 = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,99^4 = 0,86.$$

Тоді необхідна потужність електродвигуна дорівнює:

$$P_{\text{ДВ-ТР}} = 0,63 / 0,86 = 0,73 \text{ кВт}.$$

Кутова швидкість робочого органу $\omega_{\text{РО}}$, рад/с розраховується за формулою [1]:

$$\omega_{\text{РО}} = \frac{2v_{\text{РО}}}{D_{\text{РО}}}; \quad (3.4)$$

$$\omega_{\text{РО}} = \frac{2 \cdot 0,3}{0,36} = 1,66 \text{ рад / с}.$$

Частота обертання робочого органу $n_{\text{РО}}$, хв^{-1} визначається за формулою [1]:

$$n_{\text{РО}} = \frac{30 \cdot \omega_{\text{РО}}}{\pi}; \quad (3.5)$$

$$n_{\text{РО}} = \frac{30 \cdot 1,66}{3,14} = 15,85 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначимо необхідну частоту обертання двигуна $n_{\text{ДВ}}$, хв^{-1} за формулою [1]:

$$n_{\text{ДВ}} = n_{\text{РО}} \cdot \prod_{j=1}^m i_j = n_{\text{РО}} \cdot i_{\text{ЧП}} \cdot i_{\text{РП}} \cdot i_{\text{ЦП}}, \quad (3.6)$$

де i_j - орієнтовне значення передавального відношення передач, у тому числі складається привід (визначаємо по таблиці 1.2 [1]).

$$n_{\text{ДВ}} = 15,85 \cdot (2 \dots 6) \cdot (2 \dots 5) \cdot (2 \dots 5) = (127 \dots 2379) \text{ хв}^{-1}.$$

За необхідною потужністю $P_{\text{ДВ-ТР}}$ та частотою обертання $n_{\text{ДВ}}$ вибираємо електродвигун асинхронний АДМ80А6 (ДСТУ 19523-81) із частотою обертання $n_{\text{ДВ}} = 1000 \text{ хв}^{-1}$ та потужністю $P_{\text{ДВ}} = 0,75 \text{ кВт}$.

Обчислюємо вихідну потужність приводу:

$$P_{\text{Вих}} = P \cdot \eta \quad (3.7)$$

$$P = 0,75 \cdot 0,95 = 0,712 \text{ кВт}.$$

Визначимо передатне число черв'ячного редуктора:

$$u_{\text{черв}} = \frac{n_{\text{эд}}}{n_{\text{Вых}}} \quad (3.8)$$

$$u = \frac{1000}{10} = 100.$$

Обороти на валах приводу:

$$n_2 = \frac{n_1}{u} \quad (3.9)$$

$$n_{1\text{черв}} = n_{\text{эд}} = 1000_{\text{ХВ -1}};$$

$$n_{2\text{черв}} = \frac{n_{1\text{черв}}}{u_{\text{черв}}} = \frac{1000}{100} = 10_{\text{ХВ -1}}.$$

Кутові швидкості на валах приводу:

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} \quad (3.10)$$

$$\omega_{1\text{черв}} = \omega_{\text{эл.дв}} = \frac{\pi n_{\text{эд}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,6 \text{ з 1};$$

$$\omega_{2\text{черв}} = \frac{\pi n_{2\text{черв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 10}{30} = 1,04 \text{ з 1}.$$

Круті моменти на валах приводу:

$$T_1 = \frac{P}{\omega_1} \quad (3.11)$$

$$T_{1\text{черв}} = T_{\text{эл.дв}} = \frac{P}{\omega_{1\text{черв}}} = \frac{0,75 \cdot 10^3}{104,6} = 7,17 \text{ Нм.}$$

$$T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta_{\text{передачі}} \cdot \eta_{\text{поди}} \quad (3.12)$$

$$T_{2\text{черв}} = 7,17 \cdot 100 \cdot 0,95 \cdot 0,99^2 = 667,61 \text{ Нм.}$$

Розрахунок черв'ячної передачі.

Швидкість ковзання в зачепленні:

$$v_s \approx 0,45 \cdot 10^{-3} n_{1\text{черв}} \sqrt[3]{T_{2\text{черв}}} \quad (3.13)$$

$$v_s \approx 0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot \sqrt[3]{667,61} = 3,9 < 5 \text{ м/с.}$$

Вибір матеріалу шестірні. Як матеріал черв'яка вибираємо сталь 40X із загартуванням по перерізу ($\sigma_B = 1500 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_{-1} = 650 \text{ Н/мм}^2$, HRC = 50, $[\sigma]_F = 380 \text{ Н/мм}^2$, $[\sigma]_H = 900 \text{ Н/мм}^2$) [3, 4].

Вибір матеріалу колеса. Як матеріал черв'ячного колеса вибираємо сірий чавун СЧ15 ($[\sigma]_{BH} = 280 \text{ Н/мм}^2$, HB = 241), т.к. швидкість ковзання менше 3 м/с [3, 4].

Допустима контактна напруга в зачепленні:

$$[\sigma]_H = 300 - 25v_s \quad (3.14)$$

$$[\sigma]_H = 300 - 25 \cdot 4,1 = 197,5 \text{ Н/мм}^2.$$

Коефіцієнт довговічності:

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{N}}; \quad (3.15)$$

$$N = 60 n_{2\text{черв}} L_h; \quad (3.16)$$

$$N = 60 \cdot 10 \cdot 6 = 3600;$$

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{3600}} = 1,8.$$

Допустиме навантаження вигину:

$$[\sigma]_F = K_{FL} [\sigma]_{F0}, \quad (3.17)$$

$$[\sigma]_{F0} = 0,12 [\sigma]_{BH}, \quad (3.18)$$

$$[\sigma]_{F0} = 0,12 \cdot 280 = 33,6 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\sigma]_F = 1,8 \cdot 33,6 = 60,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Розрахунок геометричних параметрів передачі.

Міжосьова відстань:

$$a_{wr} = 35 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{2\text{черв}}}{[\sigma]_H^2}} \quad (3.19)$$

$$a_{wr} = 35 \cdot \sqrt[3]{\frac{667,61 \cdot 10^3}{230^2}} = 81,4 \text{ мм.}$$

Число витків черв'яка. За стандартом ДСТУ 19672-74 приймаємо $z_{1черв} = 2$

Число зубів черв'ячного колеса:

$$z_{2черв} = z_{1черв} u_{черв} . \quad (3.20)$$

$$z_{2черв} = 2 \cdot 50 = 100 .$$

Модуль зубів черв'ячної передачі. За ДСТУ 19672-94 приймаємо із низки стандартних значень $m=1$. Діаметр черв'яка. За ДСТУ 19672-94 та з конструктивних міркувань приймаємо діаметр черв'яка рівний $d_{e1черв} = 50$ мм.

Ділильний діаметр черв'ячного колеса:

$$d_{e2черв} = z_{2черв} m . \quad (3.21)$$

$$d_{e2черв} = 100 \cdot 1 = 100 \text{ мм.}$$

Діаметр вершин зубів черв'яка та черв'ячного колеса:

$$d_{ai} = d_{ei} + 2m \quad (3.22)$$

$$d_{a1черв} = 50 + 2 \cdot 1 = 52 \text{ мм;}$$

$$d_{a2черв} = 100 + 2 \cdot 1 = 102 \text{ мм.}$$

Діаметр западин зубів черв'яка та черв'ячного колеса:

$$d_{fi} = d_{ei} - 2,5m \quad (3.23)$$

$$d_{f1черв} = 50 - 2,5 \cdot 1 = 47,5 \text{ мм;}$$

$$d_{f2черв} = 100 - 2,5 \cdot 1 = 97,5 \text{ мм.}$$

Ширина зубчастого вінця черв'яка та черв'ячного колеса. За ДСТУ 19672-94 приймаємо із низки стандартних значень $\psi_a = 0,315$.

$$b_{1черв} = \psi_a a_{wr} \quad (3.24)$$

$$b_{1черв} = 0,315 \cdot 81,4 = 25,66 \text{ мм.}$$

$$b_{2\text{черв}} = 1,2b_{1\text{черв}} \quad (3.25)$$

$$b_{2\text{черв}} = 1,2 \cdot 25,66 = 30,8 \text{ мм.}$$

Сили у зачепленні. Окружна сила на черв'ячному колесі, що дорівнює осьовій силі на черв'яку:

$$F_{t2\text{черв}} = F_{a1} = \frac{2 \cdot 10^3 T_{2\text{черв}}}{d_{e2\text{черв}}} \quad (3.26)$$

$$F_{t2\text{черв}} = F_{a1} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 667,61}{100} = 3456,1 \text{ Н.}$$

Окружна сила на черв'яку, що дорівнює осьовій силі на черв'ячному колесі:

$$F_{t1\text{черв}} = F_{a2} = \frac{2 \cdot 10^3 T_{1\text{черв}}}{d_{e1\text{черв}}} \quad (3.27)$$

$$F_{t1\text{черв}} = F_{a2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 7,17}{52} = 286,8 \text{ Н.}$$

Розрахунок міцності. Контактна напруга.

Так як швидкість ковзання в зачепленні $vs < 5$, то $K = 1$ тоді

$$\sigma_H = \frac{480}{d_{e2\text{черв}}} \cdot \sqrt{\frac{KT_{2\text{черв}}}{d_{e1\text{черв}}}} \leq [\sigma]_H = 197,5 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.28)$$

$$\sigma_H = \frac{480}{100} \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 667,61}{50}} = 17,5 \leq [\sigma]_H = 197,5 \text{ Н/мм}^2.$$

З розрахунків видно, що зуби проходять по контактним напругам із великим запасом міцності.

Напруги вигину зубів:

$$\sigma_F = \frac{0,7 F_{t2\text{черв}} K_F Y_F}{b_{2\text{черв}} m} \leq [\sigma]_F = 53,7 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.29)$$

де K_F - Коефіцієнт розрахункового навантаження ($K_F = 1$);

Y_F - Коефіцієнт форми зуба ($Y_F = 1,05$).

$$\sigma_{F\text{черв}} = \frac{0,7 \cdot 197,5 \cdot 1 \cdot 1,05}{30,8 \cdot 1} = 4,7 \leq [\sigma]_F = 53,7 \text{ Н/мм}^2.$$

З розрахунків видно, що зуби проходять за напругою вигину з великим запасом міцності.

Розрахунок міцності

Виконаємо розрахунок міцності валів.

Матеріал валів – сталь 45 покращена ($[\sigma]_B = 900 \text{ Н/мм}^2$, $[\sigma]_{-1} = 400 \text{ Н/мм}^2$, $[\sigma]_F = 380 \text{ Н/мм}^2$, $[\sigma]_H = 600 \text{ Н/мм}^2$).

Діаметр найменшого перерізу валу:

$$d_{Bi} = \sqrt[3]{\frac{T_i}{0,2 \cdot [\tau]}}, \quad (3.30)$$

де $[\tau]$ - знижена тангенціальна напруга (для валів редукторів $[\tau] = 12 \dots 15 \text{ Н/мм}^2$) [3].

$$d_{B1\text{черв}} = \sqrt[3]{\frac{7,17 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 13,4 \approx 13 \text{ мм};$$

$$d_{B2\text{черв}} = \sqrt[3]{\frac{667,61 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 60,5 \approx 61 \text{ мм}.$$

Згинальний момент у небезпечному перерізі (під шестернею, в області шпонкового паза)

$$M = \sqrt{\left(F_r \frac{ab}{l} + M_a \frac{a}{l}\right)^2 + \left(F_t \frac{ab}{l} + F_M \frac{ca}{l}\right)^2} \quad (3.31)$$

$$M_{\text{вил}} = \sqrt{(8,6 \cdot 2)^2 + (769 \cdot 2)^2} = 1,54 \cdot 10^3 \text{ Нмм}.$$

Запас опору втоми:

$$s = \frac{s_\sigma s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \geq [s] \approx 1,5, \quad (3.32)$$

$$s_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a K_{\sigma}}{K_d K_F + \psi_{\sigma} \sigma_m}} \quad (3.33)$$

$$s_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a K_{\tau}}{K_d K_F + \psi_{\tau} \tau_m}} \quad (3.33)$$

$$\sigma_m = 0; \sigma_a = \frac{M}{0,1d_i^3};$$

$$\tau_m = \tau_a = 0,5\tau = \frac{0,5T_i}{0,2d_i^3}. \quad (3.34)$$

$$\tau_{-1} = 0,3[\sigma_B] \quad (3.35)$$

$$\tau_{-1} = 0,3 \cdot 900 = 270 \text{ Н/мм}^2.$$

Для сталі 45 $\psi_{\sigma} = 0,1$; $\psi_{\tau} = 0,01$.

Для діаметра черв'ячного колеса, що дорівнює $d_{e2\text{черв}} = 100$ мм масштабний коефіцієнт $K_d = 0,5$ і фактор шорсткості $K_F = 0,85$.

При $[\sigma]_B = 900$ Н/мм² ефективні коефіцієнти концентрації напруги рівні $K_{\sigma} = 2,5$ і $K_{\tau} = 1,8$.

$$s_{\sigma_{\text{цил}}} = \frac{400}{\frac{18,7 \cdot 2,5}{0,5 \cdot 0,85 + 0,1 \cdot 0}} = 12,2;$$

$$s_{\tau_{\text{цил}}} = \frac{270}{\frac{7,5 \cdot 1,8}{0,5 \cdot 0,85 + 0,05 \cdot 7,5}} = 16,$$

$$s = \frac{12,2 \cdot 16}{\sqrt{12,2^2 + 16^2}} = 9,7 \geq [s] \approx 1,5.$$

З розрахунків слід, що вали мають значний запас опору втоми.

Вибір підшипників. Підшипники вибираються динамічною вантажопідйомністю, виходячи з осьової сили, що діє на вал.

Для валу черв'яка ми вибрали роликові однорядні конічні підшипники серії

7513 ($d = 65$ мм, $D = 120$ мм, $C_0 = 98$ кН) ДСТУ 27365-97.

Для валу черв'ячного колеса ми вибрали кулькові підшипники радіально-упорні серії 1036904 ($d = 20$ мм, $D = 37$ мм, $C_0 = 4,4$ кН) ДСТУ 831-95

Розрахунок опор стенда для розбирання двигуна на стійкість

Максимальна довжина штока, що стискається $L_{шт} = 1400$ мм;

Розмір профілю ($l \times b$) = 70 x 140 мм;

Зусилля, що діє опору $P = m/2 = 6000/2 = 3000$ Н.

Наведена довжина опори, що стискається, дорівнює:

$$L_{пр} = \mu L_{шт}, \quad (3.36)$$

де μ - коефіцієнт приведення довжини, що враховує закріплення кінців опори ($\mu = 2$).

$$L_{пр} = \mu L_{шт} = 2 \cdot 1400 = 2800 \text{ мм.}$$

Гнучкість опори:

$$\lambda = \frac{L_{пр}}{i_{\min}}, \quad (3.37)$$

де i_{\min} – радіус інерції перерізу опори.

$$i_{\min} = 0,25(l \times b) \quad (3.38)$$

$$i_{\min} = 0,25 \cdot 9800 = 2450 \text{ мм.}$$

$$\lambda = \frac{2800}{2450} = 1,14.$$

Критичне навантаження, при якому опора втрачає стійкість для рівності $1 \leq \lambda \leq 100$:

$$Q_{кр} = (a - b\lambda)L \geq P, \quad (3.39)$$

де a, b - Коефіцієнти інерції (для сталі 45 $a = 470$, $b = 1,8$).

$$Q_{кр} = (470 - 1,8 \cdot 1,14) \cdot 1400 = 655127,2 \text{ Н} > P = 3000 \text{ Н.}$$

З розрахунків отримано відповідність розробленого стенду для розбирання двигуна вимогам міцності, що висуваються.

3.5 Визначення технічних характеристик модернізованого обладнання, опис особливостей його функціонування

Для оцінки ефективності та доцільності модернізації даного технологічного обладнання застосовувалися такі критерії:

- найменша собівартість модернізації;
- найменші амортизаційні витрати у процесі експлуатації установки;
- найменші експлуатаційні витрати у процесі експлуатації установки;
- найменші витрати часу для виконання технологічних процесів на даній установці;
- найбільш універсальні кваліфікаційні вимоги, що пред'являються до робітників для роботи на даній установці;
- найбільша технологічність виконуваних технічних процесів;
- найменші габаритні розміри і маса розробленої установки.

У процесі виконання цієї кваліфікаційної роботи розробили такі елементи конструкторської документації: креслення виду загального, складальний креслення, деталювання. Розробка даних креслень конструкторської документації відбувалася відповідно до вимог єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД).

Перелік техніко - економічних характеристик модернізованої установки з урахуванням коригування на основі технологічного проектувального розрахунку наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Техніко - економічні характеристики модернізованої установки з урахуванням коригування на основі технологічного проектувального розрахунку

Найменування параметру	Позначення	Значення
1	2	3
Характеристики, зазначені в завданні		
Вантажопідйомність, т	<i>T</i>	1500
Тип	-	Стаціонарний
Потужність електродвигуна, кВт	<i>N</i>	0,75
Живлення мережі, В/Гц	-	220/50

Продовження табл. 3.6

1	2	3
Привід		Електромеханічний
Кут повороту	φ	360
Характеристики прийняті		
Частота обертання, хв ⁻¹	n	1000
Продуктивність насоса, л/хв	Q_n	5,7
Перелік функцій		
Пересування стенду	-	+
Універсальність	-	+
Піддон	-	+

Привід складатиметься з електродвигуна, ремінної передачі та редуктора. В якості редуктора приймемо черв'ячний, оскільки він може забезпечити велике передатне число при компактних розмірах. Так під дією сил тяжіння агрегат не самовільно обертатиметься, оскільки утримуватиметься силами тертя в редукторі.

Двигун, встановлений через адаптери на траверсу, повертається обертанням тихохідного валу редуктора черв'ячного в положення найбільш зручне для роботи. Редуктор з'єднаний з траверсою шпинделем. З протилежного боку траверса жорстко закріплена з опорним кільцем. Кільце спирається на три ролики, закріплені в рамі. Обертання швидкохідного валу черв'ячного редуктора здійснює електродвигуном через клинопасову передачу.

Двигун (агрегат) кріпиться до адаптерів болтами (шпильками) через отвори в кріпильних кронштейнах.

Елементи адаптерів мають можливість при встановленні двигуна (агрегату) поступального та обертального руху один щодо одного. Це дозволяє закріпити двигун (агрегат) з будь-яким просторовим розташуванням місць кріплення.

Для кріплення двигунів на кронштейнах кріпильних передбачені циліндричні шаблі, які вставляються в отвори сорочки охолодження блоку циліндрів.

Увімкнення стенда здійснюється автоматичним вимикачем, розташованим на лівій стінці пульта керування. Двигун повертається натисканням кнопок керування, розташованих на лицьовій стінці пульта керування. Верхня кнопка має значок , що

відповідає обертанню двигуна проти годинникової стрілки по відношенню до оператора. Нижня кнопка має значок, що відповідає обертанню двигуна за годинниковою стрілкою по відношенню до оператора.

Двигун надійно фіксується в будь-якому положенні завдяки тому, що редуктор самогальмуючий.

Для пересування стенда передбачені колеса.

3.6 Складання послідовності виконання операцій у технологічному процесі з урахуванням модернізації обладнання

Розглянемо перелік операцій, проведення яких було можливе із застосуванням даного обладнання до модернізації, зіставивши цей перелік із переліком операцій, що виконуються модернізованим обладнанням. Також розглянемо робочі параметри виконуваних операцій та функцій, оцінимо їх результати коригування даної моделі технологічного устаткування. Результати порівняння наведемо у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Результати порівняння переліку технологічних операцій та їх параметрів до та після модернізації

Найменування операції (функції)	Наявність операції та її параметри	
	До модернізації	Після модернізації
Вантажопідйомність, т	2000	2000
Тип	Стаціонарний	Пересувний
Потужність електродвигуна, кВт	-	0,75
Живлення мережі, В/Гц	220/50	220/50
Привід	механічний	електромеханічний
Кут повороту	360	360
Пересування стенду	-	+
Універсальність	+	+
Піддон	-	+

Таблиця 3.8 – Технологічна карта процесу виконання операції ремонту колінчастого валу двигуна

Найменування операції	Кількість точок обслуговування	Устаткування, інструмент, пристосування	Технічні вимоги та вказівки
1	2	3	4
1 Встановити двигун на стенд	1	Стенд-кантувач Р776Е	Забезпечити надійну фіксацію двигуна на стенді
2 Перевернути двигун натисканням кнопки	2	Стенд-кантувач Р776Е	Не допускати витоків масла з двигуна
3 Зняти піддон	1	Тріскатковий ключ ДСТУ 22402-97	Не допускати розливу олії. Видалити прокладку, сліди прокладки
4 Викрутити болти кріплення кришок опорних шийок	1	Тріскатковий ключ ДСТУ 22402-77	Не допускати пошкодження різьблення
5 Відкрити болти кріплення кришок шатунних шийок	1	Тріскатковий ключ ДСТУ 22402-77	Не допускати пошкодження різьблення
6 Зняти кришки шатунних шийок та замки шатунів	1	Молоток ДСТУ 2310-97	Не допускати випадання вкладишів
7 Витягти колінчастий вал	1	Лебідка. ДСТУ 12617-98	Чи не впустити. Не допускати пошкодження робочої поверхні
8 Дефектувати колінчастий вал	1	Штангенциркуль ДСТУ 166-99	Перевірити наявність дефектів. При необхідності розточити шатунні шийки до ремонтного розміру та встановити вкладики необхідної товщини. При прогинанні колінчастого валу на 0,04мм вважати несправним.
9 Встановити колінчастий вал	1	Лебідка. ДСТУ 12617-98	Переконується у правильності встановлення шатунів
10 Встановити кришки шатунних шийок та замки шатунів	1	Пасатижі. ДСТУ 17438-92	Не допускати перекоосу
11 Закрутити болти кріплення кришок шатунних шийок	1	Динамометричний ключ. ДСТУ 33530-2015	Закрутити болти з моментом 45 Нм.
12 Закрутити болти замків шатунів опорних шийок	1	Динамометричний ключ. ДСТУ 33530-2015	Закрутити болти з моментом 68 Нм.
13 Встановити піддон	1	Тріскатковий ключ. ДСТУ 22402-77	Встановити нову прокладку
14 Зняти двигун зі стенду	1	Стенд-кантувач Р776Е	Не пошкоджувати двигун під час зняття

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Заходи з охорони праці та протипожежного захисту проєктованого об'єкта

Українське законодавство про працю, регулює трудові відносини всіх робітників та службовців з адміністрацією підприємств та установ, сприяє зростанню продуктивності праці, підвищенню ефективності виробництва, зміцненню трудової дисципліни.

Законодавство України, охороняючи встановлену тривалість робочого дня, не допускає проведення робіт понаднормово. Проведення таких робіт допускається у виняткових, певних випадках. Адміністрація господарства зобов'язана провести необхідні заходи щодо створення безпечних умов праці, підготувати, оформити та затвердити інструкцію з техніки безпеки на кожному робочому місці. Робочий персонал повинен добре вивчити пристрій призначення та розташування трубопроводів, арматури, контрольно-вимірювальних приладів, інструкцію з техніки безпеки та здати техмінімум з обслуговування та ремонту обладнання майстерень. До обслуговування стендів допускається особи, які досягли вісімнадцятирічного віку, пройшли виробниче навчання та інструктаж з техніки безпеки. Результати атестації оформлюються протоколом, підписаним головою та членами кваліфікаційної комісії. Відділення майстерні, робочі місця, проходу, підсобні приміщення повинні утримуватися в чистоті, робочі місця повинні бути освітлені та забезпечені справними інструментами та пристроями. Організація та здійснення заходів з техніки безпеки у ремонтному підприємстві має проводитись відповідно до інструкції з техніки безпеки робітників ремонтних підприємств. Керівництво та відповідальність за організацію роботи з охорони праці у ремонтних майстернях покладено на завідувача майстерні: на дільницях на керівників дільниць.

Охорона праці базується на системі заходів, що охоплює три основні проблеми.

- санітарну охорону праці, яка розробляє заходи щодо боротьби з професійними шкідливостями;
- технічну охорону праці, що розробляє заходи щодо боротьби з виробничим травматизмом;
- Правову охорону праці, яка розробляє загальні питання охорони праці як частину державного регулювання трудового законодавства. Особи відповідальні за охорону праці повинні стежити за тим, щоб за всіма трьома основними напрямками охорони праці розроблялися та виконувались заходи щодо поліпшення умов праці, впровадження комплексної механізації робіт, забезпечення справного стану обладнання, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці.

Протипожежний стан майстерень забезпечується та контролюється завідувачем майстерні, який несе за це персональну відповідальність. Для проведення попереджувальної протипожежної роботи та надання першої допомоги у разі виникнення пожежі має бути організована добровільна пожежна дружина з числа робітників підприємства. Завідувач майстерні проводить заняття з робітниками за правилами пожежної безпеки.

Майстерня має бути забезпечена протипожежним інвентарем, та обладнанням, до яких входить вогнегасники, ящик з піском, відра, багри. Інвентар розміщується на різних ділянках у пожежонебезпечних місцях.

Для розміщення протипожежного інвентарю використовують дерев'яні щити, пофарбовані в червоний колір.

Поводження з вогнегасником слід навчитися до пожежної обстановки, Обов'язки адміністрації з охорони праці та техніки безпеки. Для ознайомлення робітників із правилами техніки безпеки проводяться такі види інструктажу; вступний, первинний (інструктаж на робочому місці), повсякденний та періодичний.

Вступний інструктаж проводиться з усіма, щойно надійшли до роботи на новій ділянці. Інструктаж на робочому місці проводить керівник ділянки чи завідувач майстерні.

У майстернях повинна здійснюватися реєстрація заходів щодо техніки безпеки.

Керівники зобов'язані один або два рази на рік проводити навчання персоналу незалежно від інструктажу. Інструктаж ведеться за темами, що охоплюють питання, пов'язані з виконаними роботами: поводження з нафтопродуктами, робота з вантажопідійомними пристроями та механізмами, газозварювання та електрозварювання, користування електроінструментами. Результати занять перевіряються кваліфікованою комісією.

Відомості про проведення навчання заносяться до журналу реєстрації навчання з техніки безпеки.

Завідувач майстерні повинен організувати кабінет або куточок з техніки безпеки, з літературою, що містить правила з техніки безпеки та виробничої санітарії під час проведення різних ремонтних робіт, а також інструкції з техніки безпеки за такими видами; газоелектрозварювальні роботи, слюсарно-складальні, вантажопідійомні, верстатні, ковальські, малярські та ін. Для створення сприятливих умов роботи необхідно розробити та здійснити низку спільних заходів з техніки безпеки та виробничої санітарії щодо полегшення та оздоровлення умов праці.

1. Привести приміщення майстерні у повну відповідність до чинних норм та правил техніки безпеки.

2. Оснастити огорожувальними пристроями всі небезпечні зони та категорично заборонити роботу на обладнанні без огорож та захисних пристроїв.

3. Зменшити продуктивний шум.

4. Забезпечити розбиральні та складальні ділянки знімачами та пристроями для монтажних робіт, вимірювальним інструментом у повному відповідності з технологією.

5. Перевірити технічний стан всіх електросилових установок, випробувати заземлення.

6. Перевірити надійність дії вентиляційних пристроїв, а також пристосувань, що відсмоктують, на ділянках, де виділяється абразивний і механічний пилю.

7. До роботи на ділянці з ремонту двигунів допускаються особи, які досягли 18-річного віку і мають відповідну кваліфікацію та посвідчення.

8. Строго дотримуватися правил експлуатації приладів, інструментів та пристроїв.

9. У верстатів потрібно мати надійне заземлення.

10. Забороняється працювати без спец. одягу та захисних окулярів.

4.2 Охорона довкілля

Більшість ремонтних підприємств із природних ресурсів витрачають велику кількість повітря та води. Останні частково утилізуються і повертається в природне середовище, але вже у вигляді викидів в атмосферу забруднених пилюю і токсичними газами, що містять механічні домішки та шкідливі речовини.

Наприклад, котельні, що практично є на багатьох ремонтних підприємствах, на спалювання 1 тонни вугілля, мазуту або газу споживають близько 10 тонн атмосферного повітря. Після цього повітря практично в тому ж обсязі, але зі зниженим вмістом кисню повертається в атмосферу, збагачений канцерогенною сажею, токсичним оксидом вуглецю, оксидами азоту та іншими шкідливими речовинами. Ці речовини забруднюють як прилеглі території, а й разносяться великі відстані. Оксид вуглецю та оксиди азоту, не розпадаючись, можуть зберігатися у повітрі до чотирьох діб.

При дії опадів вони випадають з атмосфери у вигляді кислотних дощів, що знищують культурні посіви, ліси, рослинність, отруюють водойми та порушують умови існування рослинного та тваринного світу.

Викиди ремонтних підприємств, перш за все, можуть впливати на забруднення атмосфери приземного шару промислової площі підприємства, а також можуть негативно впливати на людей, які проживають в зонах, що примикають до нього, оскільки багато ремонтних підприємств розміщуються в житлових масивах, а їх санітарно-захисні зони мають невеликі розміри (50 м).

Вплив ремонтних підприємств на навколишнє природне середовище, перш за все, може виявитися у викидах в атмосферу, скидання стічних вод і складування твердих відходів на полігонах.

Тому для запобігання забрудненню навколишнього середовища шкідливими відходами виробництва підприємства повинні використовувати різні очисні споруди, в яких здійснюється різні методи очищення відходів виробництва: фільтрування, флотація, осадження шкідливих домішок, фізико-хімічні методи, біологічні. Для регенерації стічних вод використовують бризкально-охолоджувальні басейни, відстійники, поля фільтрації. Для зниження витрат води на виробництво використовується оборотна вода з попередньою регенерацією, терміновими водами та складуванням твердих відходів на полігонах. Сучасне сільське господарство розвивається у ситуації, коли наростає необхідність його подальшого розвитку та інтенсифікації, а водночас цього шлях тягне за собою серйозні екологічні наслідки. Потреби населення планети, що росте, в продуктах продовольства і технічної сировини поки не можуть бути задоволені повністю. Водночас руйнується угруповання рослин і тварин, забруднюються ґрунти, вода. Зростання виробництва сільськогосподарської продукції відбувається за рахунок більш інтенсивної експлуатації земельної площі, широкого застосування хімізації, нової техніки. Праця хлібороба і тваринника по суті є використання природних ресурсів на користь людини. Технологічні ланцюги процесів отримання

сільськогосподарської продукції, від етапу відтворення біологічних ресурсів, до переробки в кінцевий продукт представляє складний механізм різноманітного впливу на природу. Це диктує необхідність компетентності спеціаліста сільського господарства у питаннях раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища та накладає серйозну відповідальність за прийняті ним рішення. Завдання сільськогосподарського виробництва фахівець повинен поєднувати з комплексним здійсненням природоохоронних заходів, активно та цілеспрямовано добиватися впровадження передових ефективних методів організації виробництва, економічних та екологічних технологій та процесів.

Промислові забруднення довкілля поділяються на такі види;

- механічні забруднення атмосфери, забруднення ґрунту та води твердими предметами та частинками.

- хімічні утворення виділення та скупчення газоподібних, рідких та твердих хімічних сполук, що вступають у взаємодію з довкіллям;

- фізичні, теплові та світлові виділення та вібрації, шум;

- біологічні надходження у навколишнє середовище різних організмів, що завдають шкоди природі.

Ремонтні підприємства виділяють перераховані вище види забруднень або накопичують їх у процесі очищення машин і агрегатів під час проведення різних технологічних процесів ремонту.

З метою охорони навколишнього середовища від шкідливого впливу промислових відходів необхідно спільно з санітарно-епідеміологічним наглядом ретельно опрацювати питання нейтралізації, утилізації або поховання шкідливих розчинів кислот, лугів, миючих речовин, гербіцидів та інших матеріалів, що застосовуються при ремонті або утворюються під час очищення та миття . Відпрацьовані мастильні матеріали необхідно направляти на регенерацію або використовувати для місцевих потреб.

При виконанні таких же технологічних процесів при ремонті, як забарвлення, обкатка та випробування двигуна, при застосуванні епоксидних смол повинні бути передбачені пристрої примусової вентиляції з випускними трубами достатньої висоти.

Для зменшення забруднення довкілля необхідно:

1. Правильне спалювання палива. При спалюванні кам'яного вугілля потрібна подача тяги або перехід на газифіковане опалення.

2. Будівництво очисних споруд: застосовують методи очищення (механічні, хімічні, електричні, комплексні)

3. Удосконалення технології виробництва, зменшення викидів в атмосферу та максимального використання відходів.

Відповідальність за виконання правил з охорони навколишнього середовища несе керівник підприємства, цеху, який в обов'язковому порядку зобов'язаний вживати запобіжних заходів, щоб не допустити забруднення навколишнього середовища.

Людина та природа - одне ціле ніщо не існує окремо. І наше завдання берегти та охороняти її.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5.1 Розрахунок собівартості ремонту одного двигуна

Собівартість - це витрати в гривнях на одиницю продукції, що ремонтується.

Витрати визначається виразом:

$$C_n = Z_n + Z_n; \quad (5.1)$$

де Z_n - сума прийнятих витрат;

Z_n – сума накладних витрат.

До прямих витрат відносяться основні та додаткові витрати робітників, витрати на запасні частини та ремонтні матеріали.

Прямі витрати визначаються за формулою;

$$Z_n = Z_{раб} + Z_{з.ч} + Z_p; \quad (5.2)$$

де $Z_{раб}$ – заробітна плата робітникам;

$Z_{з.ч}$ – витрати на запасні частини;

Z_{pm} – витрати на ремонтні матеріали.

Визначається, виходячи з обсягу робіт, що виконуються в цеху та годинної тарифної ставки за відповідним розрядом;

$$Z_{раб} = T_{сум} \times C_ч; \quad (5.3)$$

де $T_{сум}$ = сумарна трудомісткість робіт у цеху,

$C_ч$ – середня годинна тарифна ставка слюсаря четвертого розряду.

$C_ч = 32.44$ грн.

$$Z_{раб} = 19778 \times 32.44 = 641598 \text{ грн.}$$

Окрім основної заробітної плати визначається додаткова заробітна плата, яка застосовується 25-100% від основної.

$$Z_{дон} = Z_{раб} \times 60/100. \quad (5.4)$$

$$Z_{дон} = 384\,959 \text{ грн.}$$

Визначаємо оплату відпусток 10%

$$Z_{отп} = (Z_{раб} + Z_{дон}) \times 10/100. \quad (5.5)$$

$$Z_{omn} = 102656 \text{ грн.}$$

Нараховуємо до загального фонду заробітної плати:

Соціальне страхування – 3,2%;

Медичне страхування – 2,8%;

Від нещасних випадків – 0,2%;

Пенсійний фонд – 20%.

$$Z_{n.poch} = (Z_{n.zaг} + Z_{n.don} + Z_{n.vidn}) \times 0,262 = 295854 \text{ грн.}$$

Визначаємо нарахування на загальну заробітну плату виробничих робітників із нарахуванням;

$$Z_{n.c.} = Z_{pab} + Z_{don} + Z_{omn} + Z_{нач} = 1425067 \text{ грн.}$$

де Z_{pab} - заробітна плата робітників

Z_{don} – додаткова оплата

Z_{omn} – відпускна заробітна плата

Знач – нарахування

Вони беруться у відсотковому відношенні від відпускної ціни двигуна, що ремонтується. Відпускна ціна двигуна 60 000 грн.

Вартість запасних частин береться 40-50% від ціни.

$$Z_{зч} = C_{omn} \times 50 N_p / 100. \quad (5.7)$$

$$Z_{зч} = 60000 \times 50 \times 350 / 100 = 10500000 \text{ грн.}$$

де C_m – відпускна ціна

N_p – кількість ремонтів.

Вони становлять 5-8% від відпускної ціни.

$$Z_{p.m} = C_{omn} \times 8 / 100 \times N_p. \quad (5.8)$$

$$Z_{p.m} = 40000 \times 8 / 100 \times 350 = 1680000 \text{ грн.}$$

загальна сума прямих витрат;

$$Z_n = Z_{n.osn} + Z_{зч} + Z_{p.m}; \quad (5.9)$$

де $Z_{n.osn}$ - загальна сума заробітної плати з нарахуваннями,

$Z_{з.ч}$ – витрати на запасні частини

$Z_{p.m}$ – витрати на ремонтні матеріали

$$Z_n = 13\,297\,560 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок накладних витрат

До накладних витрат відносять витрати, які не можна зарахувати до конкретного ремонтного об'єкта.

Для їхнього розрахунку визначаємо вартість виробничих фондів. Вартість будівлі визначається виходячи із вартості одного квадратного метра ціна від 5 тис. грн. до 12 тис. грн.

$$C_{зд} = \Gamma_m \times C_{зд}; \quad (5.10)$$

де $C_{зд}$ – вартість одного квадратного метра

Γ_m – площа будівлі

$$C_{зд} = 400 \times 6000 = 2400000 \text{ грн.}$$

Вартість обладнання визначається з розрахунку одного квадратного метра до 1500 грн.

$$C_{об} = 400 \times 1500 = 600\,000 \text{ грн.}$$

Вартість пристосування та інструменту визначається аналогічно:

$$C_{ni} = \Gamma_m \times C_n. \quad (5.11)$$

$$C_{ni} = 400 \times 500 = 200\,000 \text{ грн.}$$

Визначаємо заробітну плату допоміжних робітників.

$$Z_{вс.раб} = \Phi_{вр} \times C_ч \times n; \quad (5.12)$$

де $\Phi_{вр}$ – фонд часу робітника,

$C_ч$ – середня годинна тарифна ставка за другим та третім розрядом,

n – кількість допоміжних робітників

$$Z_{вс.раб} = 1710 \times 27,16 \times 1 = 46444 \text{ грн.}$$

Визначаємо заробітну плату МОП та службовців яка виробляється за п'ятим розрядом тарифної ставки:

$$Z_{мон} = D_{p.m} \times T_{cm} \times P; \quad (5.13)$$

де $D_{p.m}$ – кількість робочих місяців,

T_{cm} - тарифна ставка,

P – кількість працівників,

$$Z_{mon} = 11 \times 2944 \times 1 = 32384 \text{ грн.}$$

Визначаємо заробітну плату ІТП, яка виробляється за 11–16 розрядом тарифної ставки залежно від освіти та стажу роботи:

$$Z_{imp} = 11 \times 5376 \times 1 = 59136 \text{ грн.}$$

Загальна заробітна плата:

$$Z_{n.zag} = Z_{вс.раб} + Z_{mon} + Z_{imp} = 137964 \text{ грн.}$$

Визначаємо додаткову заробітну плату у розмірі 25 – 100 % від загальної заробітної плати:

$$Z_{n.dop} = Z_{n.zag} \times 50/100 = 68982 \text{ грн.}$$

Визначаємо оплату відпусток 10%:

$$Z_{n.vidn} = Z_{n.zag} \times 10 / 100 = 20695 \text{ грн.}$$

Нарахування до фонду заробітної плати:

Соціальне страхування – 3,2%;

Медичне страхування – 2,8%;

Від нещасних випадків – 0,2%.

$$Z_{n.poch} = (Z_{n.zag} + Z_{n.dop} + Z_{n.vidn}) \times 0,262 = 59642 \text{ грн.}$$

Визначаємо загальну заробітну плату ІТП, МОП службовців та допоміжних робітників з нарахуванням:

$$Z_{n.osn} = Z_{n.poch} + Z_{n.dop} + Z_{n.vidn} + Z_{нач} = 287283 \text{ грн.}$$

Визначаємо накладні витрати основних виробничих фондів.

Усі види накладних витрат для зручності зводимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Накладні витрати

№	Види витрат	Показники	Формула	Результати розрахунку грн.
1	Амортизація будівлі	2% від Сзд	$2 * Сзд/100$	48000
2	Амортизація обладнання	5% від Соб	$5 * Соб/100$	30000
3	Амортизація приладів та інструменту	12% від Спі	$12 * Спі/100$	24 000
4	Поточний ремонт будівлі	5% від Сзд	$5 * Сзд/100$	120000
5	Поточний ремонт обладнання	5% від Соб	$5 * Соб/100$	30000
6	Поточний ремонт інструменту	1,5% від Спч	$1,5 * Спч/100$	3000
7	Утримання будівлі та обладнання	0,5% від (Сзд + Соб)	$0,5 (Сзд + Соб) / 100$	15000
8	Витрати електроенергію	Руст * Фоб * 3	$75 * 1852 * 3,7$	831168
9	Інші витрати	5% від Соб	$5 * Соб/100$	30000
10	$C_{опф}$ (всього)			1131168

$$З_n = C_{опф} + З_{н.осн} = 1418451 \text{ грн.}$$

$C_{опф}$ - підсумкові дані накладних витрат основних виробничих фондів (див. таблицю - всього)

$З_{н.осн}$ - заробітна плата МОП, ІТП, службовців та допоміжних робітників з нарахуваннями.

Собівартість – це витрати на одиницю часу продукції, що ремонтується.

Визначаємо собівартість ремонту одного двигуна.

$$З = З_n + З_n / N_p,$$

де $З_n$ – сума прямих витрат

$З_n$ – сума накладних витрат

$$З = 42046 \text{ грн.}$$

5.3 Економічна ефективність ремонту одного двигуна

$$E_{к.еф} = C_{отп} - C_{об.рем},$$

де $C_{отп}$ – відпускна ціна двигуна

$C_{\text{еб.рем}}$ - собівартість одного ремонту двигуна

$$E_{\text{к.еф.}} = 60000 - 42046 = 17954 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від усієї програми ремонту складає:

$$E_{\text{к.еф.}} = (C_{\text{отп}} - C_{\text{еб.рем}}) \times N_p,$$

де N_p – кількість ремонтів

$$E_{\text{к.еф.}} = (60000 - 42046) \times 350 = 6283900 \text{ грн.}$$

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1) Було проаналізовано конструктивно – технічні характеристики двигунів *Cummins*, а саме будова і функціональне призначення його складових частин, можливі несправності і методи їх усунення, діагностовані параметри та якісні характеристики технічного стану, що дає можливість оцінки вибору технологічного процесу ремонту дизельних двигунів.

2) Розроблений аналіз технологічного процесу ремонту двигунів дає можливість визначення потрібної фахової підготовки робітників, вибору технологічного обладнання для проведення ремонту, планування та розрахунку параметрів виробничої мотороремонтної дільниці

3) Основну увагу керівництву майбутнього підприємства потрібно звернути на оснащення робочих місць технологічною документацією на ремонт складних вузлів та обладнанням для складання та випробування двигунів.

4) Зважаючи на наявну матеріально-технічну базу, в мотороремонтній дільниці доцільно організувати ремонт дизельних двигунів не тільки марки *Cummins* але і інших марок двигунів.

5) Запроектований універсальний стенд для розбирання - складання двигунів варто запровадити у виробництво, так як його характеристики цілком відповідають нормам нормативно – технологічної документації на ремонт двигунів.

6) Запроектовані заходи, що до охорони праці і навколишнього середовища дозволять забезпечити відповідно умови безпечної праці і запобігання негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

7) Техніко – економічна оцінка ефективності запроєктованого пристрою для розбирання - складання двигунів дасть можливість оцінити сукупність затрат на його виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лімот А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин : навч. посіб. / А.С. Лімот. Житомир. Держ. агроеколог. ун-т, 2008. 410 с.
2. Ільченко В.Ю. Експлуатація МТП в аграрному виробництві / Ільченко В.Ю., Карасьов П. Т., Лімот А.С. та ін. Київ. Урожай, 1993. 288 с.
3. Агулов І.І. Довідник по технічному обслуговуванню сільськогосподарських машин / Агулов І.І., Вознюк Л.Ф., Левчій О.В. Київ. Урожай, 1989. 256 с.
4. Козаченко О.В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки / О.В. Козаченко. Харків. Торнадо, 2000. 192 с.
5. Козаченко О.В. Практикум з технічної експлуатації сільськогосподарської техніки : Монографія / Козаченко О. В., Сичов І. П. та ін. ; за ред. О.В. Козаченка. Харків. Торнадо, 2001. 374 с.
6. Технологія технічного обслуговування машин : [навч. посіб. для студентів інжен. спец. зі спеціалізації «Технічний сервіс на осв. кваліф. рівні «Спеціаліст», «Магістр»] / І.М. Бендера, С.М. Грушецький, П.І. Роздорожнюк, Я.М. Михайлович. Кам'янець-Подільський. ФОП Сисин О.В., 2010. 320 с.
7. Грушецький С.М. Технологія технічного обслуговування машин : навч.-мет. компл. для студентів інжен. спец. зі спеціалізації «Технічний сервіс» на осв.-кваліф. рівні «Спеціаліст», «Магістр»] / Грушецький С.М. Кам'янець-Подільський. ФОП Сисин О.В., 2012. 400 с.
8. Канарчук В. Є. Надійність машин : Підручник / В.Є. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв. Київ. Либідь, 2003. 424 с.
9. Лімонт А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин : Навч. посіб. / А.С, Лімонт. Держ. агроеколог. ун – т. Житомир, 2008. 420 с.
10. Погорілій Л.В. Випробування сільськогосподарської техніки: науково – методичні засади оцінки та прогнозування надійності сільськогосподарських машин / Л.В. Погорілій, В.Я. Анілович. Київ Фенікс, 2004. 208 с.

11. Булей І.А. Проектування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин. Київ. „Вища школа”, 1993.
12. Гряник Г.М. Охорона праці. Київ. Урожай, 1994.
13. Зерхалов Д.В., Береславський М.Л. Обладнання для технічного обслуговування і ремонту машин. Довідник. Київ. Урожай, 1991.
14. Злобін Ю.А. Основи екології. Київ Лібра, 1998.
15. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ. Урожай. 1993.
16. Ремонт машин., Методичні поради до курсового та дипломного проектування: У 2 – х частинах / За заг. ред. академіка О.Д. Семковича. Частина 2. Львів. держ. агр. ун-т, 1997. 150с.
17. Семкович О.Д. Визначення параметрів ремонтної технологічності. Організаційно-технологічна взаємодія підприємств АПК в процесі ремонту сільськогосподарської техніки // Збірник наукових праць – Львів: Львівський с-г інститут, 1991.
18. Методика визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво: Затв. Наказом Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції та Міністерством фінансів України за № 218/446 від 26.09.01.
19. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навчальний посібник / Є. Ю. Формальчик, М. С. Оліскевич, О. Л. Мاستикаш, Р. А. Пельо. Львів. Афіша, 2004. 492 с.
20. Канарчук В. Є. Виробничі системи на транспорті : підручник / В. Є. Канарчук, П. П. Куртков. Київ. Вища школа, 1997. 359 с.
21. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець. Київ. Вища школа, 1994. (У 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. 342 с.; Кн. 2: Організація, планування і управління. 383 с.; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. 599 с.

22. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : підручник / Лудченко О. А. Київ. Знання-Прес, 2003. 511 с.

23. Надійність техніки. Терміни і визначення: ДСТУ 2860:1994. Київ. Держстандарт України, 1994. 36 с. (Національні стандарти України).

24. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ. Мінтранс України, 1998. 16 с.