

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

Допущено до захисту

“___” _____ 2026р.

Зав. кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь, вчене звання)

В.В. Дідур

(підпис)

(ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього ступеня)

тема проекту: «Проект ділянки капітального ремонту двигунів
внутрішнього згоряння тракторі та комбайнів фірми «Case» з проектування
стенду для розбирально – складальних робіт»

Виконав: студент 3 курсу, групи 32-к-ім
освітньої програми бакалавр

спеціальності 208 «Агроінженерія»

Бабейчик Богдан Васильович

(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2026 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ПРОСТОРОВО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕМОНТНОЇ ДІЛЬНИЦІ ДЗГ	7
1.1 Ефективність проведення капітального сервісного обслуговування двигунів «Cummins»	7
1.2 Оцінка технології ремонтно-відновлювальних робіт двигунів.....	8
1.3 Формування виробничої програми дільниці капітального ремонту двигунів	13
1.4. Оцінка трудомісткості ремонтно-технологічних операцій	14
1.5. Розрахунок чисельності виробничого персоналу дільниці	16
1.4. Формування технологічної схеми відновлення дизельного двигуна	18
1.5. Розробка структури та компонування проєктної дільниці	20
1.6.1. Обґрунтування та підбір основного технологічного обладнання.....	20
1.6.2. Формування оптимального планування виробничого простору	25
1.6.3. Формування архітектурно-технологічної структури ремонтної дільниці	26
1.7. Висновки за розділом.....	27
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗБІРНО-СКЛАДАЛЬНОГО СТЕНДУ ДВИГУНІВ.....	28
2.1. Порівняльний аналіз конструкцій стендів і визначення їх експлуатаційної доцільності	28
2.2. Технічний опис запропонованого конструктивного рішення	32
2.3. Перевірочні розрахунки міцності та працездатності стенду.....	36
2.4. Основні технічні параметри та показники роботи розробки.....	42
2.5. Порядок проведення процесу розбирання та складання на базі розробленого стенду	42
2.6. Висновки за розділом.....	43
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ	44
3.1. Оцінка стану системи охорони праці ТОВ «Крупа ІК»	44
3.2. Організація безпечних умов праці при капітальному ремонті двигунів..	45
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТНОЇ РЕМОНТНОЇ ДІЛЬНИЦІ	48
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	53

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору спостерігається постійне вдосконалення конструкцій сільськогосподарської техніки та впровадження високотехнологічних машин нового покоління. Провідні світові й вітчизняні виробники орієнтують свою діяльність на підвищення продуктивності мобільних енергетичних засобів, автоматизацію технологічних процесів, зниження експлуатаційних витрат і створення комфортних умов праці для механізаторів. Одночасно зростає складність конструкції машин, що висуває підвищені вимоги до організації їх технічного обслуговування, діагностування та ремонту. Надійність роботи машинно-тракторного парку безпосередньо впливає на своєчасність виконання агротехнічних операцій, а отже — на ефективність виробництва та рівень урожайності сільськогосподарських культур.

Важливе місце у структурі енергетичних засобів агропромислового комплексу займають трактори, зернозбиральні комбайни та інша самохідна техніка, що використовується під час виконання всього комплексу польових робіт — від обробітку ґрунту і сівби до внесення добрив, захисту рослин та збирання врожаю. Основним силовим вузлом таких машин є двигун внутрішнього згоряння, від технічного стану якого залежить працездатність і ресурс усієї техніки. Сучасні дизельні двигуни характеризуються складною конструкцією, високим рівнем автоматизації та точності роботи, тому потребують кваліфікованого технічного сервісу, спеціалізованого обладнання та професійного підходу до виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

Аналіз функціонування підприємств, що здійснюють ремонт двигунів внутрішнього згоряння, показує, що значна кількість ремонтних майстерень не забезпечує необхідного рівня технологічного оснащення. У багатьох випадках ремонт виконується без застосування сучасного діагностичного обладнання, спеціалізованої оснастки та контрольних стендів, що негативно позначається на якості відновлення деталей і вузлів. У результаті післяремонтний ресурс

двигунів суттєво знижується, а техніка зазнає повторних відмов у період найбільш інтенсивного використання, що призводить до простоїв та значних економічних втрат для господарств. У зв'язку з цим актуальним є створення спеціалізованих ремонтних дільниць, оснащених сучасними технічними засобами, які забезпечують якісне виконання операцій розбирання, дефектування, відновлення, складання та випробування двигунів.

Саме тому **метою** даної випускної кваліфікаційної роботи є проектування дільниці капітального ремонту двигунів внутрішнього згоряння, зокрема двигунів фірми «Cummins». Реалізація проєкту передбачає впровадження сучасного технологічного обладнання, використання високоточної контрольно-вимірювальної апаратури, організацію ефективного виробничого процесу та забезпечення належних умов праці персоналу. Це дозволить підвищити якість ремонту, збільшити міжремонтний ресурс двигунів і забезпечити надійну роботу техніки в умовах інтенсивної експлуатації.

РОЗДІЛ 1

ПРОСТОРОВО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕМОНТНОЇ ДІЛЬНИЦІ ДЗГ

1.1. Ефективність проведення капітального сервісного обслуговування двигунів «Cummins»

Капітальний ремонт двигунів внутрішнього згоряння (ДЗГ) виробництва корпорації «Cummins» виконується з метою відновлення їхнього експлуатаційного ресурсу, який поступово зменшується в процесі тривалої роботи та накопичення зносу основних вузлів і деталей. Відповідно до нормативно-технічних даних [9], якісно виконаний комплекс ремонтно-відновлювальних заходів дозволяє відновити ресурс двигуна на рівні не менше 80 % від ресурсу нового агрегату.

Процес капітального ремонту ДЗГ є послідовною системою взаємопов'язаних етапів. На початковому етапі здійснюється демонтаж двигуна з машини та його транспортування до ремонтної майстерні. У разі відмови або досягнення граничного зносу агрегату сервісна бригада виконує виїзд безпосередньо до місця експлуатації техніки, де проводиться від'єднання всіх систем та зняття двигуна з рами трактора або комбайна із застосуванням вантажопідіймальних засобів. Після доставки двигуна на дільницю виконується його первинне очищення шляхом продування стисненим повітрям та видалення залишків мастильно-паливних матеріалів і зовнішніх забруднень. Далі агрегат встановлюється на розбирально-складальний стенд, де проводиться послідовне розбирання на вузли та деталі, включаючи зняття навісного обладнання, головки блоку циліндрів та елементів кривошипно-шатунного механізму.

Наступним етапом є дефектація деталей, під час якої здійснюється технічна оцінка стану всіх елементів двигуна. Блок циліндрів перевіряється на наявність тріщин і деформацій, контролюються геометричні параметри посадочних поверхонь, оцінюється стан дзеркала циліндрів. Окремо

перевіряються колінчастий та розподільний вали, шатуни, поршні та інші відповідальні деталі. За результатами дефектації приймається рішення щодо подальшої долі кожної деталі: придатні елементи використовуються повторно, зношені замінюються новими оригінальними комплектуючими, а базові корпусні деталі за необхідності направляються на спеціалізовані підприємства для відновлення геометричних параметрів.

Складання двигуна виконується у зворотній послідовності з обов'язковим дотриманням технічних вимог виробника, зокрема моментів затягування різьбових з'єднань, які контролюються динамометричним інструментом. Завершальним етапом є вихідний контроль якості та перевірка працездатності двигуна перед передачею замовнику.

Для забезпечення технологічного процесу дільниця підприємства оснащена необхідним обладнанням, включаючи стелажі для зберігання деталей, компресорну установку, слюсарні верстати, інструментальні шафи, гідравлічний прес та допоміжні засоби механізації, що забезпечують виконання ремонтних операцій. Зокрема, під час роботи з масивними двигунами Cummins виникає необхідність їхнього кантування в різних положеннях, що ускладнює процес складання та підвищує трудомісткість операцій.

Відсутність зручного механізму повороту призводить до зниження продуктивності праці, ускладнення контролю точності складання та підвищення ризику травмування персоналу. У зв'язку з цим модернізація розбирально-складального стенда є доцільним та технічно обґрунтованим рішенням, спрямованим на підвищення ефективності ремонтного процесу та покращення умов праці на дільниці.

1.2. Оцінка технології ремонтно-відновлювальних робіт двигунів

Капітальний ремонт дизельних двигунів внутрішнього згорання виконується відповідно до чинних технологічних регламентів та нормативно-технічної документації, що встановлює вимоги до послідовності, якості та

безпеки виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Загальний ремонтний цикл включає не лише основні розбирально-складальні та дефектувальні операції, але й низку допоміжних процесів, таких як транспортно-логістичне забезпечення, матеріально-технічне постачання, проміжний і заключний контроль якості, а також стендові випробування двигунів після ремонту.

На першому етапі здійснюється приймання двигуна та його зовнішня діагностика. Агрегат, що надійшов в ремонт, проходить первинний огляд, під час якого визначається його загальний технічний стан, комплектність, а також оформлюється відповідна супровідна документація для подальшого дефектування.

Другий етап передбачає очищення та розбирання двигуна. Перед початком розбиральних робіт силовий агрегат очищується шляхом обдування стисненим повітрям для видалення пилу, залишків ґрунту та мастильно-паливних забруднень. Далі демонтуються зовнішні вузли та навісне обладнання, включаючи турбокомпресор, стартер, генератор, паливні магістралі, впускний і випускний колектори, водяний насос та інші допоміжні елементи. Після цього виконується розбирання базових вузлів двигуна: головки блока циліндрів, піддона картера, механізму газорозподілу та кривошипно-шатунного механізму. За потреби проводиться демонтаж гільз циліндрів. Усі деталі проходять очищення в мийних установках, після чого сортуються та розміщуються на технологічних піддонах для подальшої обробки.

Третій етап є найбільш відповідальним і включає прецизійну дефектацію деталей. На цьому етапі виконується інструментальний контроль параметрів зносу, геометричних розмірів та виявлення прихованих дефектів, таких як мікротріщини, сколи або задири. Особлива увага приділяється головці блока циліндрів, де перевіряється стан клапанного механізму, герметичність, неплотинність поверхні прилягання, а також проводяться гідравлічні випробування сорочки охолодження. За результатами дефектації приймається рішення щодо подальшого використання деталей: придатні елементи залишаються в роботі, зношені підлягають заміні або направляються на

відновлення в умовах спеціалізованих підприємств.

Четвертий етап передбачає складання, герметизацію та фінішну обробку двигуна. Складання виконується у зворотній послідовності з дотриманням технологічного регламенту виробника. Особлива увага приділяється контролю моментів затягування різьбових з'єднань, які виконуються за допомогою динамометричних ключів відповідно до встановлених нормативів. Після завершення складання та перевірки герметичності двигун піддається зовнішньому фарбуванню термостійкими матеріалами, що забезпечує антикорозійний захист і товарний вигляд агрегату.

На п'ятому етапі здійснюються обкатка, випробування та здавання двигуна замовнику. У процесі випробувань контролюються основні робочі параметри, зокрема тиск масла, температурний режим та стабільність роботи двигуна. Після успішного завершення випробувань оформлюється акт виконаних робіт і двигун передається замовнику разом із гарантійною документацією. Дизельні двигуни Cummins серії C, включаючи модифікації ISC, QSC та 6СТ, які широко застосовуються у складі сучасної сільськогосподарської техніки провідних світових виробників. Технічні характеристики зазначених двигунів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

**Аналіз конструктивних особливостей та робочих характеристик моторів
серії C компанії «Cummins» [10]**

Найменування показника	Значення та характеристики параметра
Механізм відведення тепла	Застосовується рідинна система з примусовою циркуляцією, що забезпечується інтегрованим водяним насосом.
Робочий об'єм двигуна	Варіюється в діапазоні від 8,3 до 14 літрів.
Система змащування	Реалізована за принципом подачі оливи під тиском, що здійснюється за допомогою оливного насоса.
Номінальна потужність	200 л.с. (140,6 кВт) - 600 л.с. (421 кВт)
Газорозподільний механізм (ГРМ)	Має конфігурацію типу OHV (Overhead Valve), що передбачає нижнє розміщення розподільного валу та верхнє розташування клапанів.
Конструкція паливної системи	Акумуляторна Common Rail або механічна з ПНВТ

Конструктивна кількість циліндрів	6 (рядне розташування).
Максимальний крутний момент	Досягає значень від 925 Нм до 2 508 Нм..
Тип застосовуваного палива	Використовується дизельне паливо.
Система впуску повітря	Оснащена турбонаддувом, інтегрованим з проміжним охолоджувачем повітря (інтеркулером) для підвищення ефективності.

Наочне зображення на рис.1.1.



Рис. 1.1. Силовий агрегат виробництва компанії «Cummins», модифікація серії С

З метою розширення ринку надання сервісних послуг та охоплення новіших модельних лінійок техніки Case IH, технологічний процес капітального ремонту сучасних двигунів Iveco Cursor 9, що оснащені електронними системами керування впорскуванням високого тиску. Технічні характеристики цих двигунів наведено в таблиці 1.2.

Інтегрована мікропроцесорна система електронного керування двигунів Iveco Cursor 9 оптимізує параметри паливоподачі в реальному часі, що мінімізує питомі витрати палива та токсичність вихлопу

Аналіз конструктивних особливостей та робочих характеристик**Iveco Cursor 9 [10]**

Найменування показника	Значення та характеристики параметра
Газорозподільний механізм	Виконаний за схемою OHV (Overhead Valve), яка передбачає нижнє розміщення розподільного вала та верхнє розташування клапанів.
Система змащування	Функціонує як примусова система змащування під тиском, що створюється за допомогою оливного насоса.
Крутний момент	Максимальне значення крутного моменту варіюється в межах від 1300 Ньютон-метрів до 1627 Ньютон-метрів.
Система відведення та нейтралізації відпрацьованих газів	Включає багатоступеневе рециркуляційне охолодження відпрацьованих газів.
Механізм відведення тепла	Присутня рідинна система з примусовою циркуляцією охолоджувальної рідини, що забезпечується водяним насосом
Номінальна потужність	Діапазон потужності агрегату становить від 310 кінських сил (217,9 кВт) до 450 кінських сил (316,3 кВт).
Тип пального	Використовується дизельне паливо
Конструкція паливної системи	Реалізована електронно-керована система безпосереднього впорскування пального.

**Рис. 1.2. Силовий агрегат внутрішнього згоряння моделі Iveco Cursor 9**

Завдяки високій точності виготовлення деталей та сучасній архітектурі

блоку, дані двигуни характеризуються низьким рівнем вібраційної та шумової активності, що суттєво покращує умови праці оператора мобільної техніки. Проте ремонт таких ДЗГ потребує використання високоточного розбирально-складального оснащення, що унеможлиблює проведення робіт за спрощеними кустарними технологіями.

1.3 Формування виробничої програми дільниці капітального ремонту двигунів

У системі ремонтно-технічного обслуговування агропромислового комплексу повнокомплектний капітальний ремонт дизельних двигунів внутрішнього згоряння (ДЗГ) розглядається як завершальна стадія комплексу технічного сервісу та ремонту. Основною його метою є повне відновлення експлуатаційних характеристик агрегату та забезпечення міжремонтного ресурсу, максимально наближеного до рівня нового двигуна. Реалізація даного процесу здійснюється в умовах спеціалізованих ремонтних підрозділів і передбачає повне розбирання двигуна, детальну дефектацію, відновлення або заміну зношених елементів, у тому числі базових і корпусних деталей, таких як блок циліндрів, колінчастий вал, розподільний вал та головка блока циліндрів.

Актуальність проєктування та розвитку спеціалізованих дільниць з ремонту імпортованих дизельних двигунів класу «Cummins» обумовлена низкою виробничо-експлуатаційних факторів. Насамперед це значна присутність на ринку неоригінальних і фальсифікованих запасних частин, що мають знижені показники зносостійкості та призводять до скорочення ресурсу двигунів.

Додатково впливає порушення регламентів технічного обслуговування у господарствах, зокрема використання неякісних паливно-мастильних матеріалів та несвоєчасна заміна фільтрів.

Також суттєву роль відіграє недотримання експлуатаційних режимів роботи техніки, що спричиняє передчасні відмови кривошипно-шатунного

механізму та головки блока циліндрів і викликає необхідність позапланового капітального ремонту.

Для забезпечення ефективного та безперервного циклу ремонтно-відновлювальних робіт у структурі проєктованої ділянки передбачено створення двох взаємопов'язаних технологічних зон:

- пост виконання розбирально-складальних і слюсарно-монтажних операцій, де здійснюється основне розбирання, комплектування та складання двигунів;
- ділянка стендових випробувань і контрольного обкатування, яка забезпечує фінальну перевірку працездатності та енергетичних параметрів відремонтованих агрегатів.

Процес проєктування ремонтного підрозділу базується на визначенні виробничої програми та передбачає послідовне виконання таких основних розрахунково-проєктних етапів:

- обґрунтування загальної річної трудомісткості ремонтних робіт;
- визначення оптимальної чисельності виробничого персоналу та організація робочих місць;
- розробка та опис структурно-технологічної схеми ремонту двигунів;
- підбір і розрахунок завантаження основного та допоміжного технологічного обладнання;
- визначення необхідної площі виробничої ділянки з урахуванням норм планування та зон обслуговування.

Отримані результати розрахунків використовуються як основа для формування остаточних техніко-організаційних параметрів проєктованої ремонтної ділянки.

1.4. Оцінка трудомісткості ремонтно-технологічних операцій

Ключовим планово-економічним та інженерним параметром, що визначає виробничу потужність проєктованого підрозділу, є річний обсяг

капітального ремонту у залікових одиницях часу. Річна трудомісткість виконання безпосередніх ремонтно-технологічних операцій на дільниці формується на основі диференційованих нормативів затрат праці на розбирально-складальні, мийно-дефектувальні, фарбувальні та обкатувально-випробувальні процеси, а також залежить від встановленого річного обсягу ремонту фонду ДЗГ.

Розрахунок річної трудомісткості виконання основних технологічних операцій на дільниці здійснюємо за математичною залежністю:

$$T_{дйл.} = (T_{р.скл.} + T_{ов.} + T_{ф} + T_{м}) \times N \times K_n \quad (1.1)$$

Де $T_{скл.}$ – часові затрати на складальні та комплектувальні роботи оцінюються у 23,41 людино-години [8];

$T_{розб.д.}$ – трудомісткість демонтажних та дефектувальних операцій становить 25,2 людино-години;

$T_{м} = 3,9$ – трудомісткість мийних робіт [8]

$T_{ов}$ – обсяг робочого часу, необхідний для обкатувально-випробувальних процедур дорівнює 9,33 людино-години [8];

$T_{ф}$ – трудомісткість нанесення захисного покриття силового агрегату складає 0,52 людино-години. [8];

N . – Річний запланований обсяг ремонту двигунів передбачає 48 одиниць [12];

$K_n = 1.15$ – поправочний коефіцієнт. [8]

Підставляючи числові значення нормативно-технологічних параметрів у базову формулу (2.1), отримуємо обсяг основних робіт:

$$T_{дйл.} = (25,2 + 23,41 + 9,33 + 0,52 + 3,9) \times 48 \times 1,15 = 3\,442,27 \text{ люд-год.}$$

Крім безпосередніх трудовитрат, пов'язаних з виконанням капітального ремонту силових агрегатів, надзвичайно важливо враховувати трудомісткість, що припадає на допоміжні операції. Відповідно до нормативних джерел [5], до таких робіт належать: ремонт та технічне обслуговування технологічного устаткування виробничої ділянки (8-10 %); відновлення та продукування технологічного оснащення й інструментарію (3-5 %); а також інші супутні види

діяльності (10 %). У межах даного дослідження прийнято, що загальний обсяг допоміжних робіт становить 20 % від сукупної річної трудомісткості робіт досліджуваної ділянки.

Таким чином, сукупна трудомісткість робіт на зазначеній ділянці визначається як сума прямої та допоміжної трудомісткості, що розраховується за формулою (2.2.):

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{діл}} + T_{\text{доп}} = 3442,27 + 684,45 = 4126,72 \text{ люд-год} \quad (1.2.)$$

Де $T_{\text{доп}}$ – це річний обсяг трудовитрат, відведений на виконання допоміжних операцій у межах ділянки.

1.5. Розрахунок чисельності виробничого персоналу дільниці

При плануванні та визначенні оптимальної кількості трудових ресурсів для ефективного функціонування виробничої дільниці критично важливим є розрізнення між двома основними показниками: штатним та явочним складом працівників.

Штатна чисельність персоналу відображає сукупність усіх робітників, які офіційно оформлені, зараховані до штату підрозділу чи підприємства. Цей показник включає всіх працівників, незалежно від їхньої фактичної присутності на робочому місці (наприклад, тих, хто перебуває у відпустці, на лікарняному, у відрядженні тощо). Явочна кількість працівників, натомість, позначає фактичне число співробітників, які фізично присутні на робочих місцях та виконують свої безпосередні функціональні обов'язки на ремонтній дільниці протягом певного робочого дня або зміни.

Обчислення штатної кількості робітників здійснюється за наступною розрахунковою формулою, яка враховує загальну трудомісткість робіт, дійсний фонд робочого часу працівника та запланований коефіцієнт виконання норм:

$$P_{\text{шт}} = \frac{T_{\text{заг.}}}{\Phi_{\text{д}} \times K} \quad (1.3.)$$

Де $\Phi_{\text{д}}$ – представляє собою дійсний річний фонд робочого часу одного

працівника у годинах. Для слюсарів цей показник становить 1860 годин, згідно з джерелом [8];

$K = 1.10$ – є запланованим коефіцієнтом перевиконання норм виробітку, який у цьому випадку дорівнює 1.10, також відповідно до [8].

Підставивши вихідні дані, отримуємо:

$$P_{um} = \frac{4126,72}{1860 \times 1,10} = 2,4 \text{ роб.} \quad (1.4)$$

Враховуючи практичні міркування та необхідність мати ціле число штатних одиниць, отримане значення округлюється. Таким чином, приймається 2 працівника до штатного розпису дільниці.

Розрахунок явочної чисельності персоналу, тобто фактичної кількості співробітників, які повинні щоденно виходити на роботу, здійснюється за подібною формулою, але з використанням номінального фонду робочого часу:

$$P_{um} = \frac{T_{заг}}{\Phi_H \times K} \quad (1.5)$$

Де Φ_H – це номінальний річний фонд робочого часу одного працівника у годинах. Для даної категорії слюсарів він становить 2070 годин, згідно з джерелом [8].

Підставивши відповідні значення, отримуємо:

$$P_{яв.} = \frac{4126,72}{2070 \times 1,10} = 2,1 \text{ роб.} \quad (1.6)$$

Аналогічно, після округлення цього показника до найближчого цілого числа, приймається необхідна явочна кількість працівників у розмірі 2 особи. Окрім визначення чисельності персоналу, важливим етапом є розрахунок оптимальної кількості стаціонарних робочих місць, які потрібно організувати на дільниці. Це здійснюється за наступною формулою:

$$X_{pm} = \frac{T_{заг}}{\Phi_{pm} \times C} \quad (1.7.)$$

Де Φ_{pm} – це річний фонд роботи одного робочого місця у годинах, який у даному розрахунку прирівнюється до номінального фонду робочого часу (Φ_H) і становить 2070 годин, згідно з [8].

C – позначає кількість робочих змін, що діють на дільниці. У цьому

випадку приймається 1 зміна.

Підставивши відповідні значення, отримуємо:

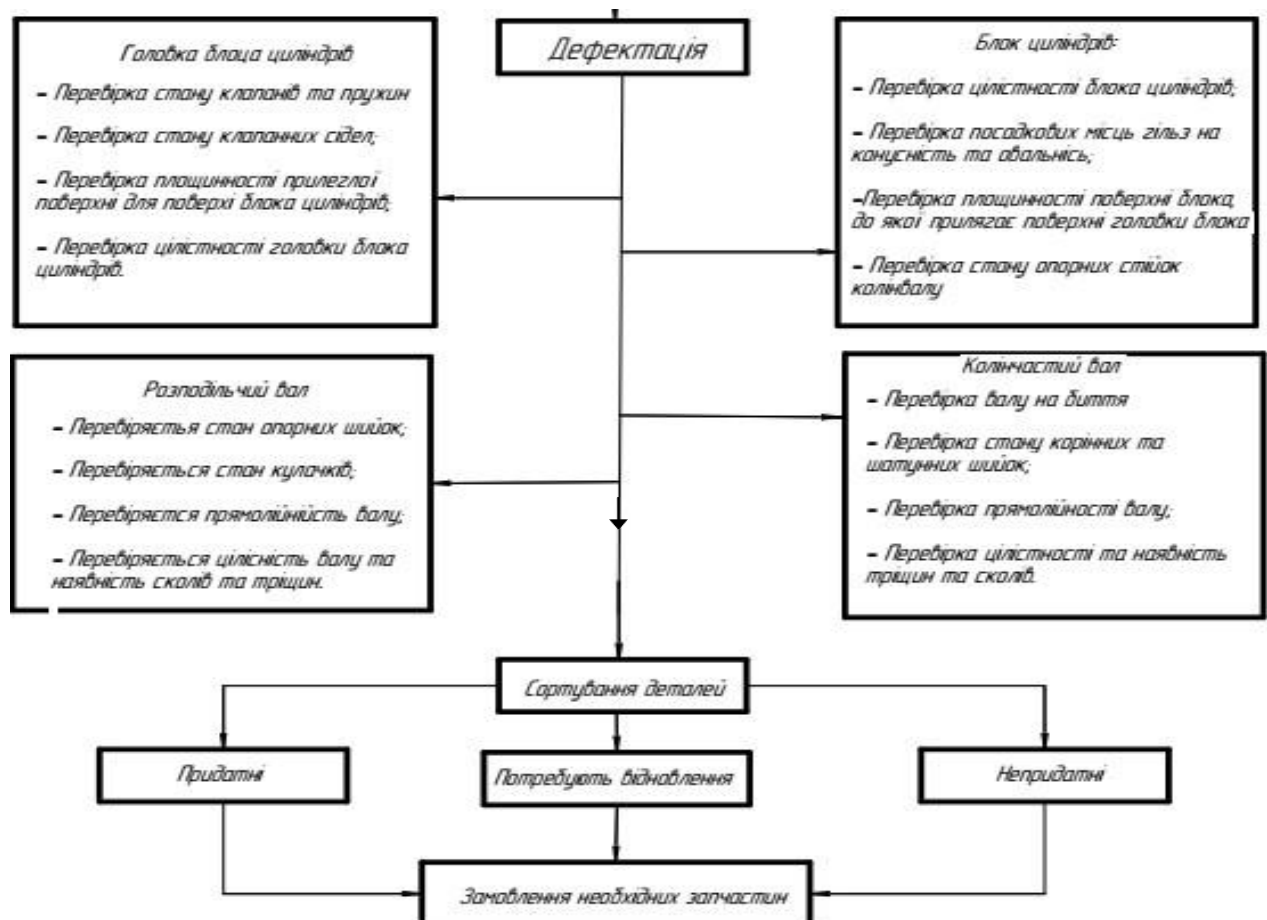
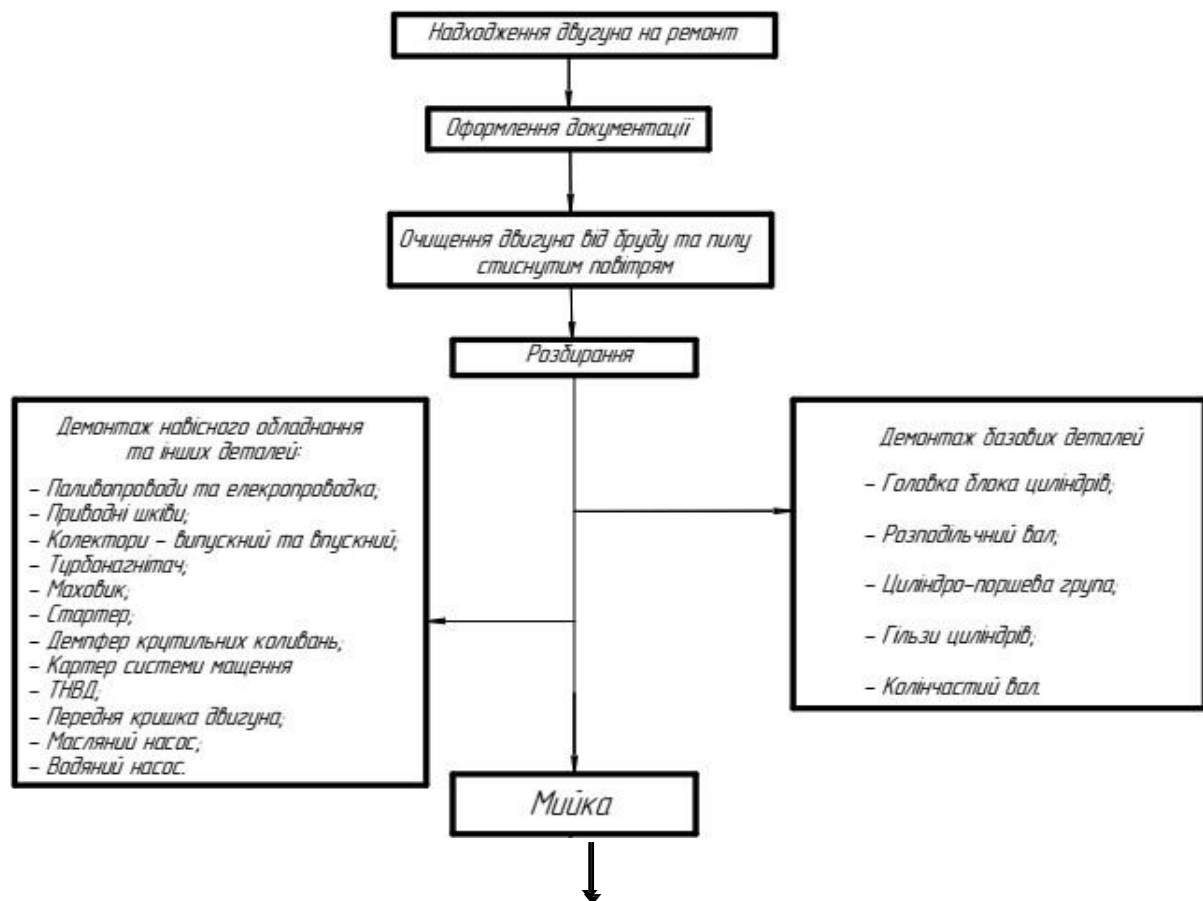
$$X_{\text{рм}} = \frac{4126.72}{2070 \times 1} = 1,9 \text{ р.м.}$$

З урахуванням практичної доцільності розрахункове значення кількості робочих місць приймається з округленням до цілого, у результаті чого обґрунтовано приймається 2 робочих місця.

Організація ділянки передбачає поділ технологічного процесу на два спеціалізовані пости, що дозволяє забезпечити раціональне виконання всіх етапів ремонту, підвищити продуктивність праці та ефективність використання обладнання. Перше робоче місце призначене для виконання розбирально-складальних операцій, дефектації деталей, а також комплектування та підготовки вузлів двигуна до складання. Друге робоче місце використовується для проведення обкатувально-випробувальних робіт, під час яких здійснюється контроль основних технічних параметрів двигуна та перевірка якості виконаного капітального ремонту перед передачею агрегату замовнику.

1.6. Формування технологічної схеми відновлення дизельного двигуна

Ефективність функціонування проектованої ділянки та стабільність показників якості капітального ремонту безпосередньо залежать від раціональної просторово-часової організації виробничих потоків. Оптимальна послідовність проходження об'єктом ремонту всіх стадій реновації відображається у вигляді структурно-технологічної схеми загального ремонтного циклу. Розроблена для умов проектованого підрозділу схема технологічного маршруту капітального ремонту дизельних ДЗГ «Cummins» наведена на рисунку 1.3.



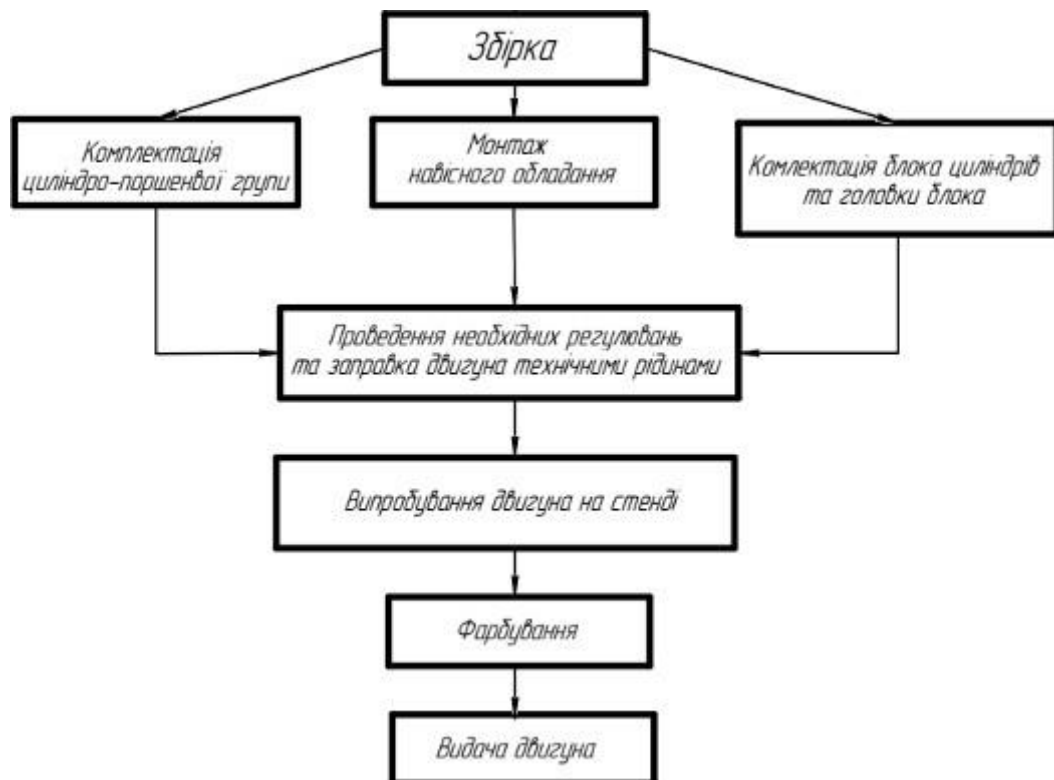


Рис.1.3 Структурно-технологічна схема загального процесу капітального ремонту двигунів внутрішнього згоряння

1.7. Розробка структури та компонування проєктної дільниці

1.7.1. Обґрунтування та підбір основного технологічного обладнання

У процесі детальної розробки проєкту ремонтно-відновлювального комплексу чи виробничої майстерні, критично важливим етапом є точне визначення необхідної чисельності технологічного обладнання. Кількість основного, тобто першочергового, устаткування обчислюється шляхом застосування стандартизованих розрахункових формул та інженерних залежностей, що базуються на виробничих показниках. Водночас, потреба у допоміжному оснащенні, що підтримує основні процеси, встановлюється відповідно до специфіки технологічного циклу та послідовності операцій, які передбачається виконувати на проєктуємому об'єкті.

До категорії ключового технологічного обладнання, без якого

неможливе виконання головних функцій майстерні, традиційно належать спеціалізовані стенди для ефективного проведення розбирання та складання агрегатів, високоточні випробувальні стенди, призначені для всебічної перевірки та діагностики двигунів після їхнього відновлення та монтажу, а також промислові мийні агрегати для якісної підготовки деталей.

Натомість, спектр допоміжного устаткування, що забезпечує підтримку основних виробничих процесів, підвищує ергономіку робочих місць та ефективність праці, включає такі позиції, як функціональні слюсарні верстати, місткі шафи для зручного зберігання різноманітного інструментарію та оснастки, спеціалізовані стелажні системи для упорядкованого розміщення демонтованих компонентів та вузлів, потужні повітряні компресори, гідравлічні преси та інше супутнє обладнання.

Для забезпечення безперебійного та ефективного функціонування дільниці з ремонту, необхідно точно обчислити потрібну чисельність мийних машин. Для цього використовується наступна розрахункова формула:

$$N_{\text{м}} = \frac{Q_{\text{д}} \times t}{q \times \Phi_{\text{д.о}} \times \eta_{\text{д}} \times \eta_{\text{в}}} \quad (1.8)$$

Де q – максимальна маса компонентів, що можуть бути одночасно завантажені в мийний агрегат за один цикл, у кілограмах ($q = 150$ кг.);

$Q_{\text{д}}$ – загальна сукупна маса всіх деталей (компонентів) та вузлів механізмів, які потребують очищення протягом річного періоду функціонування підприємства, виміряна в кілограмах; загальна сукупна маса всіх деталей (компонентів) та вузлів механізмів, які потребують очищення протягом річного періоду функціонування підприємства, виміряна в кілограмах;

t – часовий інтервал, необхідний для виконання одного повного циклу миття, у годинах; ($t = 0.6$ год.) [8]

$\eta_{\text{з}}$ – корегуючий коефіцієнт, що враховує фактичне, не завжди повне, завантаження мийної машини за масою ($\eta_{\text{з}} = 0,8$); [8]

$\eta_{\text{в}}$ – коефіцієнт ефективності використання обладнання протягом

робочого часу ($\eta_e = 0,9$). [8]

Насамперед, визначимо річну сукупну масу деталей, що потребують очищення:

$$Q_d = \beta_d \times Q_d \times N_d \quad (1.9)$$

Де Q_d загальна маса одного двигуна, кг (для двигуна Cummins series C маса становить $Q_d = 637$ кг;

$\beta_d = 0.8$ – коефіцієнт, що відображає частку маси деталей, які підлягають миттю, відносно загальної маси двигуна [8];

N_d – річна кількість двигунів, які підлягають капітальному ремонту, шт.

Підставляємо значення для розрахунку загальної маси:

$$Q_d = 0,8 \times 637 \times 48 = 24\,460 \text{ кг}$$

Тепер обчислимо необхідну кількість мийних машин:

$$N_m = 24460 \times 0,6 / 150 \times 1860 \times 0,8 \times 0,9 = 0,07 \text{ од.}$$

З огляду на отриманий результат, приймаємо 1 мийну машину для забезпечення технологічного процесу.

Для якісного контролю відремонтованих двигунів необхідно розрахувати потребу у спеціалізованих випробувальних стендах за такою формулою:

$$N_v = (N_d \times t_v + N_{dp} \times T_{pv}) / (\Phi_{d.o} \times \eta_o) \quad (1.10)$$

Де T_{pv} – тривалість одного повторного випробування, у годинах ($T_{pv} = 1$ год.) [8]

t_v – тривалість одного випробування двигуна, у годинах; ($t_v = 3,5$ год.) [8]

$\Phi_{d.o}$ – річний дійсний фонд часу обладнання, год ($\Phi_{d.o} = 2010$ год); [8]

N_{dp} – кількість випадків повторних випробувань двигунів протягом року, одиниць ($N_{dp} = 3$ од.)

η_o – коефіцієнт застосування обладнання за часом, що відображає ефективність його використання ($\eta_o = 0,87$). [8]

Виконуємо розрахунок:

$$N_v = \frac{48 \times 3,5 + 3 \times 1}{2010 \times 0,87} = 0,09 \text{ шт.}$$

Таким чином, для забезпечення потреб дільниці приймаємо 1 стенд для випробування двигунів після проведення капітального ремонту.

Потреба у спеціальних стендах для зручного та ефективного проведення робіт з демонтажу та монтажу вузлів визначається за такою залежністю:

$$N_{p.c.} = \frac{T_{p.c.}}{\Phi_{d.o}} \quad (1.11)$$

Де $T_{p.c.}$ – сукупна трудомісткість виконання розбирально-складальних робіт, виміряна в людино-годинах (приймається $T_{p.c.} = 2\,333.28$ люд-год.)

$\Phi_{d.o}$ – дійсний річний фонд часу функціонування обладнання, у годинах (приймається $\Phi_{d.o} = 2030$ год.) [8]

Підставляємо значення у формулу:

$$N_{p.c.} = \frac{2333.28}{2030} = 1.1 \text{ шт.}$$

З отриманого результату випливає, що приймається 1 розбирально-складальний стенд.

Усі отримані дані щодо основного та допоміжного оснащення, включаючи їхні технічні характеристики, кількість, габаритні розміри та вартість, систематизовано та зведено у спеціальну відомість, яка детально представлена у таблиці 1.2. Свердлильний верстат Hunt S-184 (1 шт.) оцінюється у 7400 гривень. Для випробувального стенда двигунів КС-276-032 (1 шт.) зазначено розміри 3590 x 1010 x 1780 мм, площу 3,62 м² та вартість 150000 гривень. Стенд для розбирання-складання власного виробництва (1 шт.) займає 1,34 м² (розміри 1800 x 1005 x 1530 мм) і має вартість 25 200 гривень. Гідравлічна рокла NIULI DF-25 (1 шт.) коштує 12365 гривень. Прес гідравлічний Torin TY-2001 (1 шт.) з розмірами 1550 x 185 x 150 мм та площею 0,27 м² оцінено у 27662 гривні. Повітряний компресор Intertool - PT0040 (1 шт.) вартістю 34500 гривень має розміри 1520 x 445 x 1015 мм і займає 0,66 м². Сукупна вартість основного обладнання становить 516127 гривень, а загальна займана ним площа дорівнює 8,4 м².

Таблиця 1.2

Перелік та характеристики технологічного обладнання

Кількість одиниць	Назва одиниці обладнання	Виробник, модель	Габаритні розміри, мм	Займана площа, м²		Вартість, грн	
				Сукупна	На одиницю	Сукупна	На одиницю
Ключове виробниче устаткування							
1	Підвісний мостовий кран, 1 т.	–	5000	7500 0	–		75000
1	Промислова мийна установка	MAGIDO L122	1480 x 1700 x 2195	2,51	2,51	18400 0	184000
1	Свердильний верстат	Hunt S-184	–	–	–	7400	7400
1	Стенд для випробування двигунів	KC-276-032	3590 x 1010 x 1780	3,62	3,62	15000 0	150000
1	Монтажно-демонтажний стенд	Власного виробництв а	1800 x 1005 x 1530	1,34	1,34	25200	25200
1	Гідравлічний візок для піддонів	NIULI DF - 25	–	–	–	12365	12365
1	Гідравлічний прес	Torin TY- 2001	1550 x 185 x 150	0,27	0,27	27662	27662
1	Повітряний компресор	Intertool - PT0040	1520 x 445 x 1015	0,66	0,66		34500
Сукупні показники основного обладнання				F _{об} = 8,4		Σ = 516 127	
Додаткове виробниче оснащення							
1	Шафа для інструментів	ШИИ - 15	800 x 500 x 1800	0,4	0,4	9035	9035
2	Динамометричний ключ (діапазон 40-210 Нм)	Toptul	–	–	–	6600	3300
1	Пневматичний фарбувальний апарат	Toptul		–	–	4027	4027
1	Стелаж для тимчасового зберігання демонтованих компонентів	Саморобни й	1800 x 2700 x 400	1,08	1,08	5571	5571
2	Комплект накидних ключів	Dnipro-M	–	–	–	4890	2445
2	Пневматичний гайковерт	Toptul	–	–	–	18180	9090
2	Комплект викруток	Dnipro-M	–	–	–	2000	1000
2	Слюсарний верстат	STW - 326	600 x 1800 x 850	2,16	1,08	27656	13828
1	Комплект динамометричних ключів (діапазон 6-30 Нм)	Toptul	–	–	–	5698	5698
2	Комплект торцевих головок з храповим механізмом	Intertool	–	–	–	7674	3837
1	Комплект трьохзахватних знімачів з інерційним молотком	Toptul	–	–	–	3306	3306
Сукупні показники допоміжного обладнання				F _{об} = 3,64		Σ = 94 637	
Загальні підсумкові показники				F _{об} = 12,04		Σ = 610 764	

1.7.2. Формування оптимального планування виробничого простору

Виробниче приміщення визначається як сукупність площ, які займають не лише ключове технологічне обладнання, але й фіксовані робочі пости, оснащені спеціалізованими стендами для демонтажу, складання та тестування силових агрегатів, а також допоміжне устаткування, таке як шафи для інструментів, робочі столи, системи зберігання та інше необхідне приладдя.

Загальна площа ділянки обчислюється, використовуючи наступну залежність:

$$F_{д\text{іл.}} = F_{об.} \times K_0 \quad (1.12)$$

Де $K_0 = 3,8$ – нормативний коефіцієнт, що враховує необхідні площі для робочих зон та шляхів переміщення персоналу і матеріалів. [8];

$F_{об.} = 12,04 \text{ м}^2$ – сумарна площа, займана всім обладнанням (згідно таблиці 1.2).

Виконуючи розрахунок, отримуємо:

$$F_{д\text{іл.}} = 12,04 \times 3,8 = 45,7 \text{ м}^2$$

Затверджуємо площу ділянки для ремонту двигунів на рівні 46 м^2 .

Наступним кроком є визначення фактичного розрахункового коефіцієнта K_p на основі прийнятої площі ділянки F_d та площі, зайнятої обладнанням $F_{об.}$. Цей коефіцієнт також враховує робочі зони та проходи, і його необхідно зіставити з еталонним (нормативним) коефіцієнтом K_d .

При цьому критично важливо дотримуватися наступної умови [8]:

$$K_p \leq K_0$$

Розрахунковий коефіцієнт, що охоплює робочі зони та проходи, визначаємо за формулою:

$$K_p = F_d / F_{об.} = 46 / 12,04 = 3,8 \quad (1.13)$$

Таким чином, $K_p = 3,8$, що дорівнює $K_d = 3,8$.

Вимога дотримана. Однак, слід зауважити, що ця обчислена площа є лише базовою, призначеною суто для розміщення основного технологічного обладнання. Вона не включає в себе життєво важливий простір для

тимчасового зберігання вже відремонтованих двигунів, розміщення спеціалізованих контейнерів та ємностей ,наприклад, баків для технічних рідин, відсіків для відпрацьованої ветоші та інших витратних матеріалів, облаштування санітарно-гігієнічних пунктів ,таких як рукомийник, організації місць для стелажів та піддонів з некондиційними або брудними деталями, що очікують обробки, а також необхідних ділянок для вільного та безпечного переміщення персоналу, обладнання та матеріалів у межах виробничої зони.

Окрім того, при подальшому плануванні необхідно передбачити можливість масштабування та розширення ділянки з огляду на прогнозоване збільшення обсягів ремонту двигунів у майбутньому. Це гарантує гнучкість та ефективність виробництва на довгострокову перспективу.

Для цілей подальшого проектування, лінійні розміри земельної ділянки прийнято визначати як 20000 на 10000 одиниць , що відповідає габаритним параметрам 20 метрів на 10 метрів. Дійсна площа зазначеної території при цьому становить 200 квадратних метрів.

1.7.3. Формування архітектурно-технологічної структури ремонтної ділянки

Загальна корисна площа проєктованого виробничого підрозділу становить 200 м² при габаритних розмірах будівлі 20 × 10 м. Конструктивна основа споруди виконана у вигляді залізобетонного каркаса з несучими колонами квадратного перерізу 400 × 400 мм. Підлога в приміщенні влаштована з високоміцного промислового бетону з полімерним зносостійким та маслобензостійким топінгом. Таке покриття забезпечує легкість санітарного обслуговування, а також витримує значні статичні та динамічні навантаження, що виникають під час переміщення важких агрегатів і обладнання.

Природне освітлення реалізовано через три трикамерні металопластикові віконні блоки шириною 2420 мм кожен. Доступ транспорту всередину майстерні забезпечується одними металевими двостулковими

воротами розміром 2400 × 4000 мм, що дозволяє вільне переміщення великогабаритних вузлів, обладнання та палетованих вантажів.

Розміщення технологічного обладнання виконано з урахуванням вимог безпеки, нормативних проходів та зон технічного обслуговування. У основному виробничому залі (робоче місце №1) встановлено автоматизовану мийну установку, гідравлічний прес, два слюсарні верстаки, секційні стелажі для тимчасового зберігання деталей, інструментальну шафу та повітряний компресор, який забезпечує стабільну подачу стисненого повітря для пневматичного інструменту. Переміщення вантажів і ремонтних комплектів усередині цеху здійснюється за допомогою гідравлічного візка (рокли). Перед вхідною зоною організовано майданчик для приймання зношених агрегатів та видачі відремонтованих вузлів.

У випробувальному відсіку (робоче місце №2) розміщено обкатний стенд та технологічну зону для антикорозійного фарбування деталей і агрегатів. З урахуванням підвищеного рівня шкідливих викидів цей бокс обладнано автономною примусовою вентиляційною системою ежекційного типу, яка забезпечує ефективне видалення вихлопних газів безпосередньо від двигуна та їх відведення за межі будівлі.

1.8. Висновки за розділом

На основі виконаних розрахунків розроблено раціональне архітектурно-планувальне та технологічне рішення виробничого підрозділу площею 200 м². Визначено оптимальну схему розміщення обладнання, сформовано склад технологічного оснащення, що включає 9 основних одиниць стендів і верстатів, а також передбачено системи штучного освітлення та примусової вентиляції.

Запропоноване рішення забезпечує підвищення ефективності виробничих процесів і створює умови для відновлення двигунів «Cummins» до рівня не менше ніж 80% ресурсу нових агрегатів.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗБІРНО-СКЛАДАЛЬНОГО СТЕНДУ ДВИГУНІВ

2.1. Порівняльний аналіз конструкцій стендів і визначення їх експлуатаційної доцільності

Ефективність виконання розбирально-складальних операцій під час капітального ремонту двигунів значною мірою визначається рівнем технічного оснащення ремонтної дільниці. Використання сучасних стендів дозволяє підвищити безпеку праці, зменшити трудомісткість операцій та покращити якість виконання ремонтних робіт. На сучасному ринку ремонтного обладнання представлено значну кількість конструкцій стендів, призначених для фіксації, кантування та обслуговування двигунів внутрішнього згоряння різних типів. Для вибору найбільш раціонального рішення в умовах ТОВ «Крупа ІК» проведено порівняльний аналіз найбільш поширених конструкцій стендового обладнання.

Стенд ZX-06-01 (консольного мобільного типу) використовується для підвішування, розбирання та складання ДЗГ і невеликих трансмісійних агрегатів. Конструктивно він виконаний як одностійкова консоль, встановлена на Т-подібну колісну раму. Така схема забезпечує три точки опори та дає можливість легко переміщувати обладнання по території майстерні. Кріплення ремонтного агрегату здійснюється на фланцевій частині за допомогою універсального чотиризатискного кронштейна. Обертання закріпленого вузла на 360° виконується вручну завдяки вбудованій черв'ячній передачі та рукоятці керування. Основні технічні параметри: маса стенда становить 19 кг, максимальна вантажопідйомність — 455 кг, габаритні розміри — 875 × 195 × 190 мм.

До основних переваг даної конструкції належать компактність, невелика власна маса, мобільність та відносно низька вартість. Водночас стенд має і

суттєві недоліки, серед яких недостатня просторова стійкість під час роботи з важкими двигунами, обмежена жорсткість конструкції та невисока універсальність при обслуговуванні сучасних дизельних агрегатів.



Рис. 2.1. Конфігурація випробувального стенда ZX-06-0

Більш потужним рішенням є стенд моделі R15 двоопорного пересувного типу, який призначений для обслуговування важких дизельних двигунів вантажної автомобільної та сільськогосподарської техніки. Конструкція стенда являє собою просторову двоопорну раму, оснащену колесами підвищеної міцності. Система кріплення дозволяє регулювати положення опор відповідно до довжини блока циліндрів двигуна. Поворот агрегату здійснюється за допомогою двох синхронізованих електродвигунів потужністю по 0,5 кВт кожен, що забезпечує плавне та безпечне обертання двигуна на кут до 360°. Вантажопідйомність стенда становить 2000 кг., власна маса — близько 300 кг, а габаритні розміри конструкції складають 2355x1034x1433 мм. Живлення обладнання здійснюється від трифазної мережі напругою 380 В.

Основними перевагами конструкції є висока жорсткість, надійність фіксації великогабаритних двигунів та значна вантажопідйомність. Наявність електропривода дозволяє зменшити фізичне навантаження на працівника та підвищити точність позиціонування агрегату під час складання. Разом із тим конструкція характеризується значною металомісткістю, великими габаритами

та високою вартістю. Через значну масу станда ускладнюється його переміщення в межах ремонтної ділянки, а потреба в електроживленні підвищує експлуатаційні витрати.



Рис 2.2. Спеціалізований стенд для операцій з демонтажу та подальшого монтажу силових агрегатів модифікації R15

Для виконання професійного капітального ремонту важких двигунів і трансмісійних агрегатів широко застосовується стенд Р776Е стаціонарного типу з електричним приводом. Конструкція станда складається з двох жорстких опор, закріплених на масивній станині, що забезпечує високу стійкість під час виконання ремонтних операцій. Поворот двигуна здійснюється через черв'ячний редуктор, який приводиться в дію електродвигуном потужністю 0,75 кВт. Стенд розрахований на навантаження до 2000 кг при власній масі конструкції 445 кг. Габаритні розміри обладнання становлять 2467 x 1060 x 1425 мм, а живлення здійснюється від мережі напругою 380 В.

До переваг станда належать висока надійність, плавність роботи механізму повороту, значна просторова жорсткість та підвищений рівень безпеки при виконанні складальних операцій. Двоопорна схема дозволяє

витримувати значні динамічні навантаження, які виникають під час демонтажу та монтажу елементів кривошипно-шатунного механізму.



**Рис.2.3. Технологічний комплекс, призначений для виконання
демонтажно-монтажних операцій**

Разом із тим стенд має і певні недоліки. Значна маса та великі габаритні розміри ускладнюють його встановлення в умовах обмеженої площі ремонтної дільниці. Крім того, стаціонарне виконання конструкції обмежує можливість оперативного переміщення обладнання між робочими зонами, а висока вартість збільшує капітальні витрати підприємства.

На даний час у ремонтному підрозділі використовується спрощений консольний стенд із ручним механізмом повороту, конструктивно подібний до моделі ZX-06-01. Незважаючи на простоту конструкції та компактність, дане обладнання вже не відповідає сучасним вимогам щодо безпеки та ефективності виконання ремонтних робіт. У процесі експлуатації було встановлено, що при роботі з важкими шестициліндровими двигунами Cummins серії C виникає недостатня просторова стійкість конструкції, що створює ризик перекидання стенда та травмування працівників. Існуюча система кріплення також не забезпечує надійної фіксації сучасних двигунів через особливості розташування монтажних отворів. Відсутність

механізованого поворотного механізму призводить до значного фізичного навантаження на персонал та збільшення трудомісткості складальних операцій.

З урахуванням виявлених недоліків у дипломному проєкті передбачено розробку модернізованого розбирально-складального стенда. За базовий аналог для подальшого вдосконалення обрано стенд Р776Е, який характеризується високою жорсткістю, надійністю та безпечністю експлуатації. Основними напрямками модернізації є оптимізація габаритних розмірів конструкції відповідно до умов ремонтної ділянки, розробка універсального адаптивного кронштейна для швидкого закріплення двигунів різних типорозмірів та удосконалення механізму повороту агрегату.

Реалізація запропонованих технічних рішень дозволить підвищити продуктивність праці, покращити умови роботи персоналу, зменшити фізичне навантаження на працівників та забезпечити безпечне виконання розбирально-складальних операцій при капітальному ремонті двигунів.

2.2. Технічний опис запропонованого конструктивного рішення

Конструкція розробленого стенда спрямована на забезпечення максимальної універсальності, просторової жорсткості та повної безпеки праці під час виконання капітального ремонту середньо- та великогабаритних двигунів Cummins. На рисунках 2.4 і 2.5 наведено загальне компонування та просторове розташування елементів стенда у двох основних ортогональних проєкціях — вигляді спереду та зверху. До складу модернізованого розбирально-складального обладнання входять такі основні конструктивні елементи та вузли: універсальний одноступінчастий привідний черв'ячний редуктор (1), адаптивні кріпильні кронштейни (2), призначені для надійної фіксації блока циліндрів ДЗГ, повноповоротні металеві транспортні колеса (3), просторова поворотна рама, виготовлена з квадратного замкненого профілю (4), несуче поворотне кільце (обід) (5), що забезпечує передачу крутного моменту

на раму, опорно-привідний ролик (6) поворотного кільця, а також система симетрично розташованих регулювальних отворів (8) на поперечній планці станини.

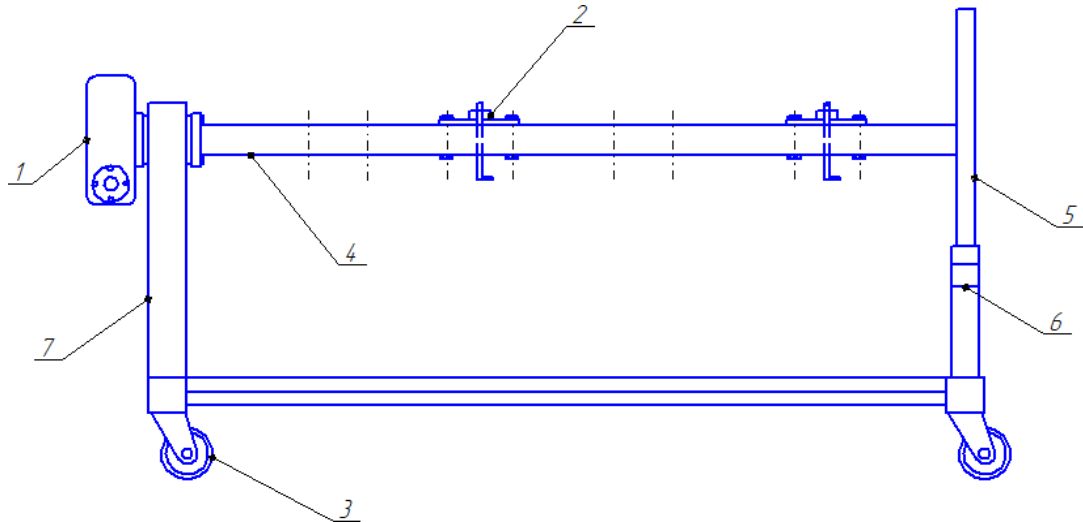


Рис.2.4. Фронтальна проекція розробленого технологічного пристосування для проведення демонтажно-монтажних операцій

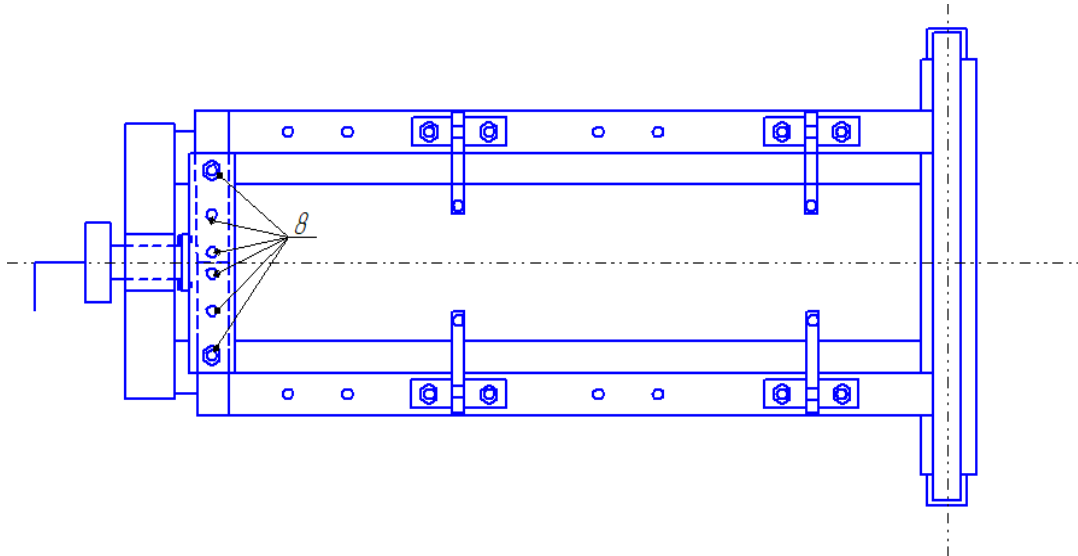


Рис.2.5. Горизонтальна проекція спроектованої технологічної установки для виконання демонтажно-монтажних операцій

Просторове орієнтування та фіксація поворотної рами стенда під необхідним для слюсаря кутом забезпечується за рахунок використання промислового одноступінчастого черв'ячного редуктора універсальної серії Ч-80 (рис. 2.6), вибір якого зумовлений його здатністю витримувати значні знакозмінні та пікові навантаження без ризику пошкодження зубчастих елементів. Конструктивні особливості редуктора Ч-80 гарантують тривалу та

надійну роботу як у режимі періодичних зупинок, так і при безперервній експлуатації протягом до 24 годин, при цьому важливою перевагою є висока плавність роботи та низький рівень шуму в зачепленні. З точки зору безпеки праці ключовою характеристикою обраної черв'ячної передачі є ефект самогальмування (незворотності), який унеможливорює мимовільне обертання масивного двигуна під дією власної ваги у разі відпускання приводного органу, що забезпечує додаткову травмобезпеку для оператора.

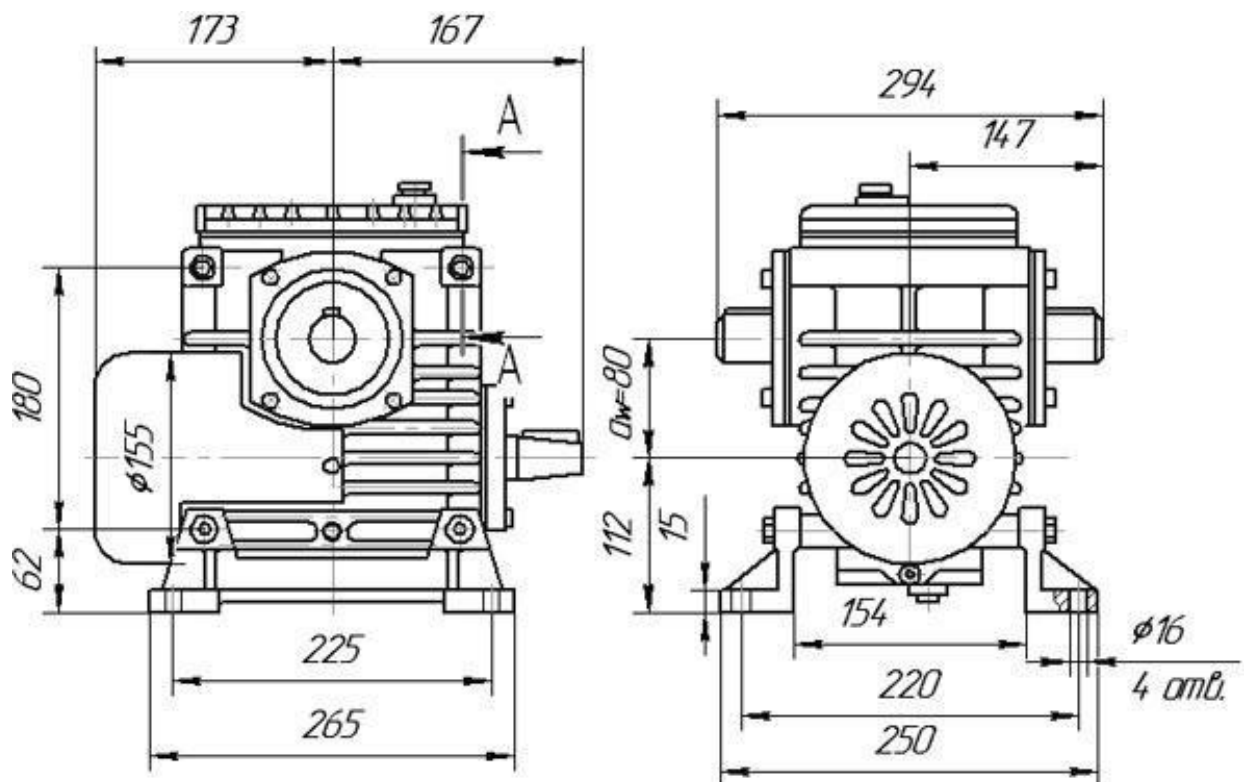


Рис. 2.6. Механізм черв'ячної передачі загальнопромислового призначення, модифікація Ч80

Головною конструктивною перевагою та відмінністю розробленого стенда порівняно з існуючими низькофункціональними аналогами є можливість безступінчастого або дискретного регулювання ширини робочого простору рами відповідно до лінійних габаритів конкретного блока циліндрів ДЗГ. Процес просторового налаштування геометричних параметрів рами реалізується за рахунок системи сумісно розташованих координаційних отворів, виконаних у поперечній та центральній напрямних планках. Для переналагодження стенда під іншу модель двигуна оператор суміщує

відповідний отвір рухомої поперечної планки з базовим отвором центральної балки, після чого з'єднання жорстко фіксується високоміцним болтовим пакетом, аналогічна операція симетрично виконується з протилежного боку конструкції. Під час радіального переміщення рухомих елементів рами для регулювання ширини їхні крайні ділянки з боку несучого поворотного кільця плавно ковзають по спеціальній поперечній напрямній рейці, інтегрованій у внутрішній контур поворотного кільця (рис. 2.7), а точне позиціонування елементів у заданих положеннях забезпечується за допомогою гвинтових фіксаторів.

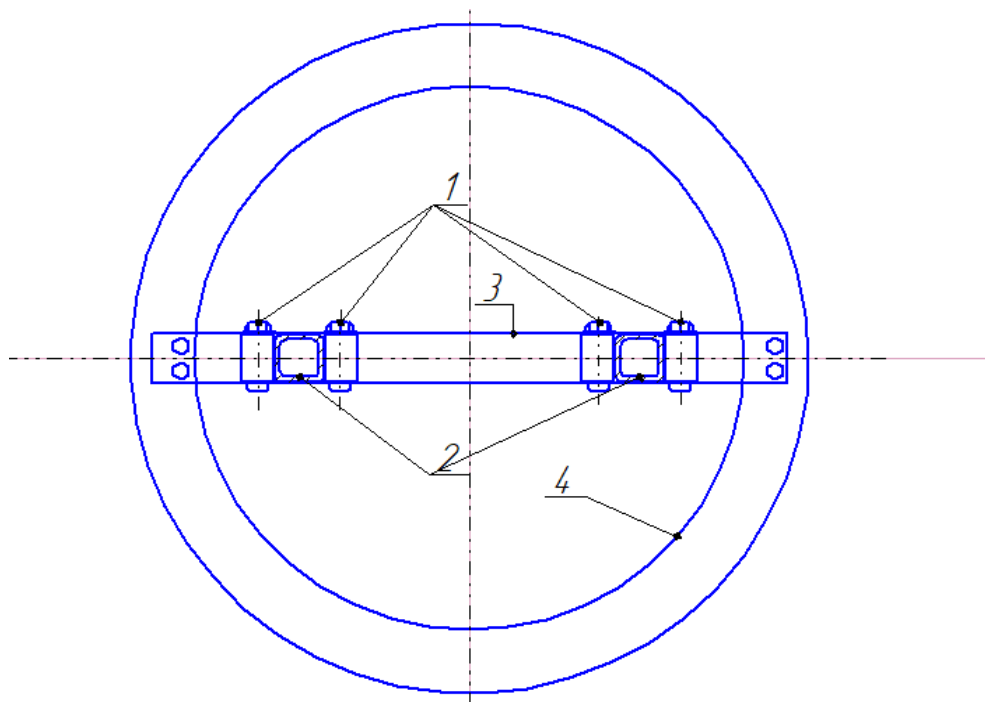


Рис. 2.7. Вузол сполучення поворотного кільця з рейкою та фіксаторами:
*1 – фіксуючі пристрої для профільних компонентів каркасу; 2 – несучий каркас;
3 – напрямна, що забезпечує лінійне переміщення компонентів каркасу; 4 –
обертовий модуль*

Мобільність обладнання в межах виробничої площі ділянки забезпечується встановленням чотирьох посилених суцільнометалевих транспортних коліс, при цьому два з них обладнані стопорними гальмівними педалями, що запобігають самовільному переміщенню стенда під час прикладання значних зусиль до гайкового інструменту. Для розширення діапазону регулювань у вертикальній площині розроблено оригінальну

конструкцію кріпильного кронштейна (рис. 2.8), який виконано за телескопічною схемою, що дає змогу оперативно змінювати висоту підвішування об'єкта ремонту відносно осі обертання з метою суміщення центра мас ДЗГ з віссю привода, а вибране положення надійно фіксується за допомогою потужного торцевого стопорного гвинта.

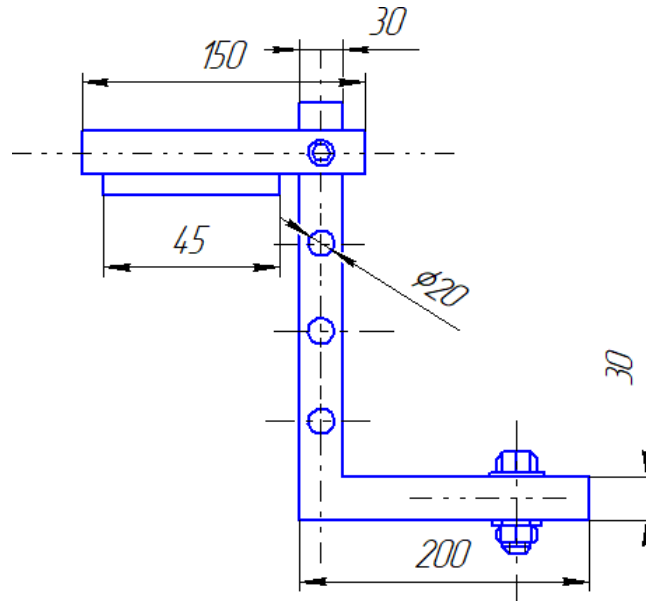


Рис. 2.8. Пристрій для стаціонарного закріплення силового агрегату на випробувальному стенді

2.3. Перевірочні розрахунки міцності та працездатності стенду

З метою конструювання випробувальної установки, призначеної для виконання монтажно-демонтажних робіт, необхідно провести інженерні розрахунки для визначення оптимальних параметрів профільного елемента квадратного перерізу. Це забезпечить необхідну несучу здатність опорної рами, на яку буде монтуватися силовий агрегат.

Підбір параметрів необхідного профілю буде здійснюватися на підставі розрахованого моменту опору W . Вхідні дані для проведення розрахунків є наступними: маса силового агрегату становить 637 кг (що еквівалентно силі 6370 Н); довжина поздовжнього профільного елемента складає 1,7 м (1700 мм). Аналіз міцності поздовжнього елемента стенду, який моделюється як балка, що зафіксована з обох кінців нерухомими опорами та зазнає зосередженого

навантаження F у центральній частині (див. рис. 2.9.).

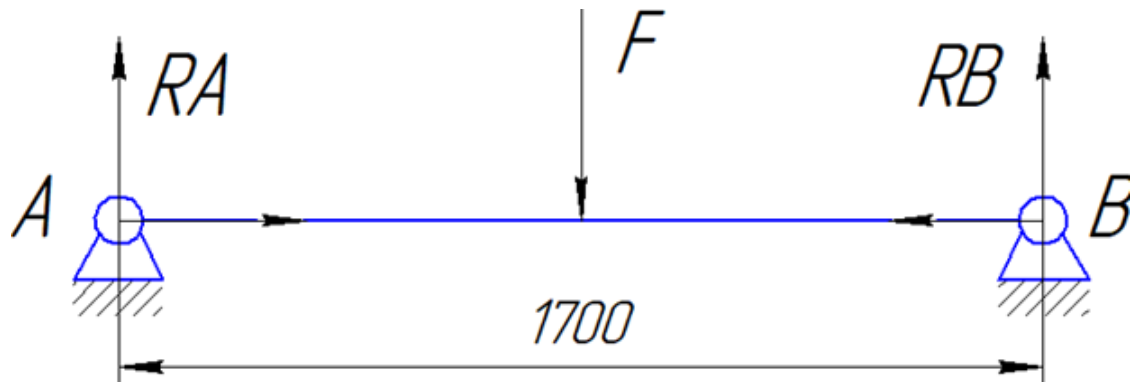


Рис.2.9. Розрахункова модель поздовжнього елемента конструкції стенду

Зовнішнє навантаження, що діє на планку, визначається за наступною залежністю:

$$F = Q / 2 \quad (2.1)$$

Де Q – це вага двигуна, виражена в Ньютонах ($Q = 6370$ Н).

Отже,

$$F = \frac{6370}{2} = 3185 \text{ Н.}$$

Процедура визначення опорних реакцій ґрунтується на наступному співвідношенні:

$$R_A = R_B = F/2 \quad (2.2)$$

Значення опорних реакцій були обчислені як:

$$R_A = R_B = 3185/2 = 1592,5 \text{ Н.}$$

Наступним етапом є обчислення величини згинального моменту, що формується в елементі під впливом зовнішнього навантаження. Для цього використовується формула:

$$M_{зг} = R_A = R_B \times \left(\frac{L}{2} \right) \quad (2.3)$$

Де L – представляє собою довжину поздовжнього елемента і становить 1700 мм.

$$M_{зг} = 1592,5 \times \left(\frac{1700}{2} \right) = 1,3 \times 10^6 \text{ Нм}$$

Розрахунок величини моменту опору:

$$W = \frac{M_{зг}}{[\sigma]_{зг}}$$

Де $[\sigma]_{зг}$ - позначає допустимий згинальний стрес для використовуваної сталі. З огляду на типові матеріали для квадратних профільних профілів, які часто виготовляються з конструкційної сталі загального призначення Ст3, припускається, що поздовжній елемент стенду виконаний саме з цього матеріалу. Для сталі Ст3 допустимий згинальний стрес $[\sigma]_{зг}$ приймається рівним 240 МПа [6]. Відповідно, момент опору становить:

$$W = \frac{1,3 \times 10^6}{240} = 5416,6 \text{ мм}^3 \text{ (5,41 см}^3\text{)}.$$

Виходячи з розрахункового значення моменту опору $W = 5,41 \text{ см}^3$, для початкової секції (або першої частини конструкції) обрано профіль квадратного поперечного перерізу із зовнішнім габаритом $A = 50 \text{ мм}$, товщиною стінки $S = 6 \text{ мм}$, площею поперечного перерізу $5,48 \text{ мм}^2$ та погонною масою $m = 7,80 \text{ кг/м}$. (див. рис. 2.10).

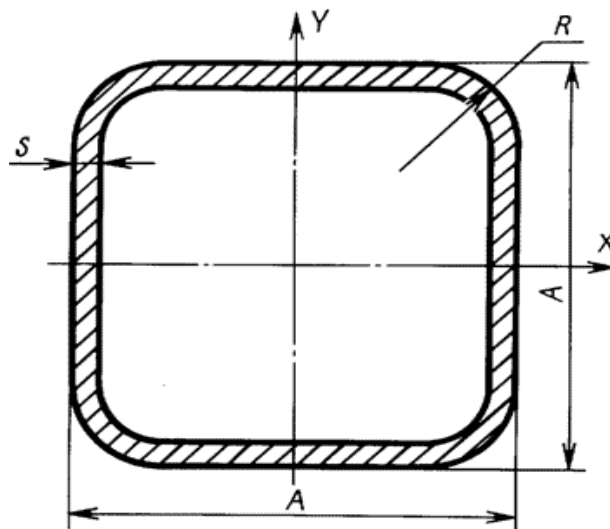


Рис. 2.10. Схематичне зображення поперечного перерізу з квадратною геометрією

Наступним етапом є підбір розмірів профілю для центральної частини поздовжньої планки, що інтегрується у поперечну профільну трубу та фіксується болтовим з'єднанням. Даний елемент функціонує як консольна балка, піддана дії сили $F = 3185 \text{ Н}$, яка жорстко защемлена з одного боку та вільна з іншого. З огляду на можливість зміни ширини стенда, розрахунки виконано для умови максимального вильоту. (див. рис. 3.11).

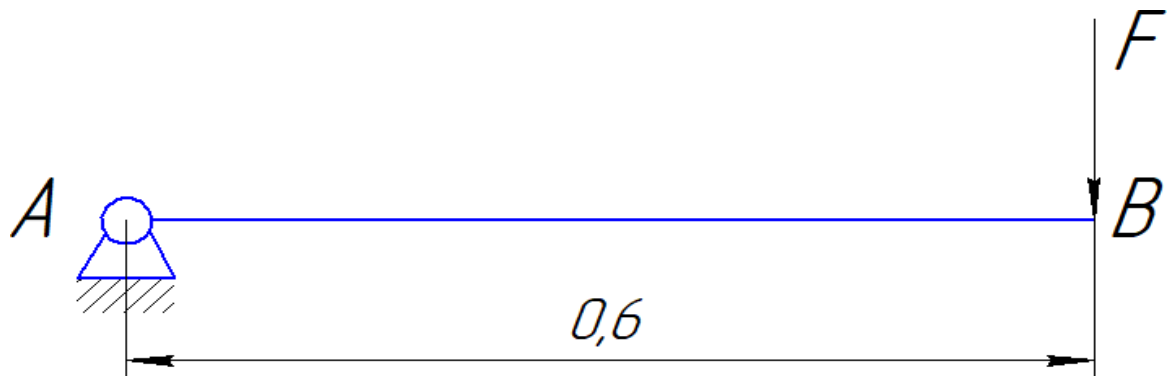


Рис.2.11. Аналітична схема поперечного конструктивного елемента

Згинальний момент визначається за формулою (3.5):

$$M_{зг} = L \times F = 600 \text{ мм} \times 3185 \text{ Н} = 1.9 \times 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}, \quad (2.5)$$

Де $L = 600$ мм довжина поперечного елемента стенда.

Для визначення необхідного моменту опору використано співвідношення (3.6):

$$W = M_{зг} / [\sigma]_{зг}. \quad (2.6)$$

Припускається, що поздовжня планка стенда виготовлена зі сталі Ст3, яка є типовим матеріалом для профільних труб квадратного перерізу. Гранично допустиме напруження згину для сталі Ст3 ($[\sigma]_{зг}$) становить 240 МПа [6].

Отже, момент опору складає:

$$W = (1.9 \times 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}) / 240 \text{ МПа} = 7962 \text{ мм}^3 = 7.9 \text{ см}^3.$$

Відповідно до обчисленого моменту опору, обрано профіль квадратного поперечного перерізу із зовнішнім габаритом $A = 50$ мм, товщиною стінки $S = 3$ мм та погонною масою $m = 4,87$ кг/м.

Зазначено, що другий елемент рами стенда, призначений для встановлення двигуна, буде виконаний з профілю, аналогічного першій розрахованій секції. Ширина рами стенда регулюється та фіксується за допомогою болтового з'єднання, що вимагає підбору болта, здатного забезпечити надійну фіксацію без небажаних зсувів.

Насамперед, визначено зусилля затягування болта (F_0) за формулою (2.7):

$$F_0 = (F_r \times K) / (f \times z \times i), \quad (2.7)$$

Де $z = 1$ – кількість болтів;

$K = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності при зсуві деталей [7];

$i = 2$ – кількість контактних площин деталей;

$f = 0,19$ – коефіцієнт тертя між сталевими поверхнями [7];

$F_r = 6370$ Н – зовнішнє навантаження.

Таким чином,

$$F_0 = (6370 \text{ Н} \times 1,5) / (0,19 \times 1 \times 2) = 25144 \text{ Н}.$$

З огляду на те, що при затягуванні болт піддається одночасному розтягуванню та скручуванню, еквівалентне розрахункове зусилля розтягування (F_p) визначається як:

$$F_p = 1,3 \times F_0 = 1,3 \times 25144 \text{ Н} = 32687,2 \text{ Н}. \quad (2.8)$$

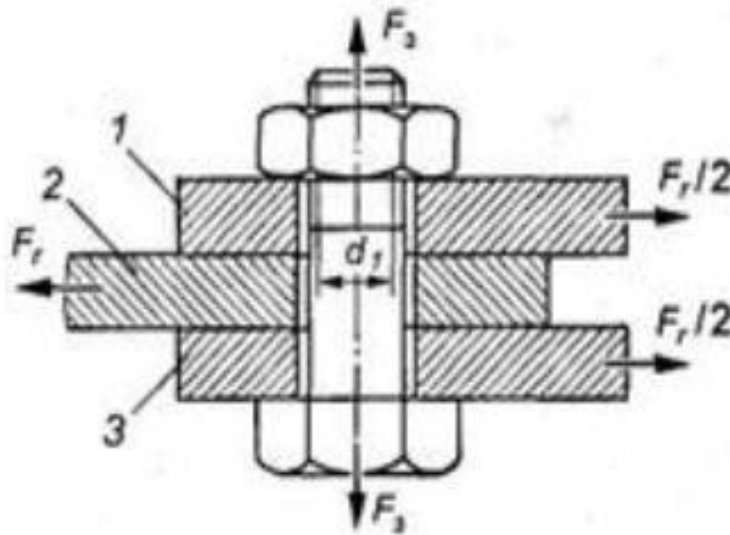


Рис.2.12. Болтове з'єднання двох конструктивних пластин з наявністю проміжку

Розрахунок необхідного діаметра болта (d) виконується за співвідношенням (3.7):

$$d \geq \sqrt{(4 \times F_p / (\pi \times [\sigma_p]))}, \quad (3.9)$$

Де $[\sigma_p]$ – допустиме напруження матеріалу болта на розтяг, яке визначається за формулою (3.8):

$$[\sigma_p] = \sigma_T / [S_T], \quad (2.10)$$

Де $[S_T] = 2,1$ – коефіцієнт запасу міцності за межею текучості [7];

σ_T – межа текучості матеріалу, МПа. Припускається, що болт

виготовлено зі сталі Ст3 з межею текучості $\sigma_T = 235$ МПа [7].

Тоді допустиме напруження складає:

$$[\sigma_p] = 235 \text{ МПа} / 2,1 \approx 112 \text{ МПа}.$$

Підставивши значення, отримуємо мінімальний розрахунковий діаметр:

$$d_p \geq \sqrt{(4 \times 32687,2 \text{ Н} / (3,14 \times 112 \text{ МПа}))} \approx 19,28 \text{ мм}.$$

На підставі обчисленого діаметра, обрано болт М22 з крупним кроком різьби.

Далі здійснюється підбір габаритів транспортувальних коліс для стенда. Максимальне навантаження, що припадає на одне колесо ($F_{\max}$), розраховується за формулою (3.9):

$$F_{\max} = 0,25 \times (Q + G_T), \quad (2.11)$$

Де $G_T = 4450$ Н – вага стенда.

$Q = 6370$ Н – вага двигуна;

$$F_{\max} = 0,25 \times (6370 \text{ Н} + 4450 \text{ Н}) = 2705 \text{ Н}.$$

Відповідно до розрахункового максимального навантаження, обрано колеса із зовнішнім діаметром 200 мм.

Перевірка контактних напружень для обраного колеса виконується за співвідношенням (2.12):

$$G_{\text{кл}} = 0,167 \times K_\tau \times \sqrt{(F_{\max} \times E / R)} \leq [\sigma_{\text{кл}}], \quad (2.12)$$

Де $R = 100$ мм – радіус обраного колеса;

$K_\tau = 0,28$ [8];

$[\sigma_{\text{кл}}] = 550$ МПа – гранично допустиме контактне напруження [8].

Таким чином, обчислене контактне напруження становить:

$$G_{\text{кл}} = 0,167 \times 0,28 \times \sqrt{(2705 \text{ Н} \times 2,1 \times 10^5 \text{ МПа} / 100 \text{ мм})} \approx 111,4 \text{ МПа}.$$

Оскільки $G_{\text{кл}} = 111,4$ МПа менше за допустиме значення $[\sigma_{\text{кл}}] = 550$ МПа, умова контактної міцності дотримується.

2.4. Основні технічні параметри та показники роботи розробки

Визначальні інженерні характеристики, що всебічно розкривають функціональні можливості та потенціал створеної системи, детально викладені у супровідній таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Деталізовані технічні специфікації та функціональні особливості розробленого експериментального стенду

<i>Технічна характеристика стенду</i>	
<i>Найменування параметра</i>	<i>Величина</i>
<i>Тип стенду</i>	<i>Пересувний</i>
<i>Тип з'єднання конструкції</i>	<i>Болтове</i>
<i>Редуктор</i>	<i>480</i>
<i>Матеріал робочої рами</i>	<i>сталь Ст3</i>
<i>Привід</i>	<i>Ручний</i>
<i>Маса, кг</i>	<i>230</i>
<i>Довжина, мм</i>	<i>1800</i>
<i>Ширина рами, мм</i>	<i>698; 750; 1005</i>
<i>Висота, мм</i>	<i>1530</i>
<i>Діаметр обертового обода, мм</i>	<i>950</i>

2.5. Порядок проведення процесу розбирання та складання бази розробленого стенду

На початковому етапі підготовки до виконання робіт надзвичайно важливо забезпечити належне змащення приводного механізму. Для цього трансмісійний редуктор необхідно заправити відповідним змащувальним матеріалом, марка та технічні характеристики якого чітко визначені в експлуатаційній документації, що додається до агрегату. Перед безпосереднім розміщенням силового агрегату на робочій платформі стенда, слід провести

попередні налаштування. Зокрема, необхідно відрегулювати оптимальні параметри ширини опорної рами та висоти встановлення, використовуючи для цього передбачені кріпильні кронштейни. Після завершення цих маніпуляцій, вкрай важливо ретельно перевірити міцність та надійність усіх різьбових з'єднань рами, що гарантує її стабільність. Лише після підтвердження безпеки цих елементів можна приступати до монтажу двигуна, застосовуючи відповідний підіймальний механізм, такий як кран-балка.

Протягом всього циклу проведення демонтажно-монтажних операцій, а також під час ремонтних чи сервісних робіт, критично важливо забезпечити повну нерухомість та стабільність стенду. Для цього усі його мобільні опори (транспортні колеса) мають бути надійно заблоковані. Будь-яке неконтрольоване переміщення або зміщення конструкції стенда під час виконання зазначених робіт є категорично неприпустимим, оскільки це може скомпрометувати безпеку та точність операцій.

2.6. Висновки за розділом

У межах даного розділу було здійснено всебічний аналіз існуючих аналогічних інженерних рішень та детально висвітлено концепцію і конструкцію розробленого стенда. Особливу увагу було приділено проведенню ретельних інженерних розрахунків, які обґрунтовують та підтверджують функціональність, стійкість та надійність запропонованої конструкції. На етапі цих ключових розрахунків було обрано оптимальний тип профілю для виготовлення несучої рами, визначено розміри кріпильних болтів, здатних забезпечити міцну та стабільну фіксацію обраної ширини рами. Крім того, було здійснено підбір відповідного типу редуктора та розроблено детальний регламент організації демонтажно-монтажних операцій, що максимально оптимізуються завдяки ефективному використанню розробленого стенда.

РОЗДІЛЗ

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

3.1. Оцінка стану системи охорони праці

Функціонування системи управління охороною праці (СУОП) спрямоване на реалізацію конституційного права працівників на безпечні та здорові умови праці у процесі виробничої діяльності. Діяльність служби охорони праці на підприємстві охоплює розроблення, впровадження та контроль виконання комплексу організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, правових і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на зниження впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, а також на запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням серед персоналу.

Для забезпечення відповідності виробничих процесів чинним нормативно-правовим вимогам у штатному розписі передбачено окрему посаду інженера з охорони праці, яку займає кваліфікований фахівець із відповідною інженерно-технічною освітою, що пройшов необхідне навчання та перевірку знань у встановленому порядку. До основних обов'язків інженера з охорони праці належать загальне організаційне та оперативне управління системою охорони праці на підприємстві, координація заходів із забезпечення безпечних умов праці у виробничих підрозділах, проведення вступних інструктажів, а також періодичний контроль і аудит робочих місць щодо відповідності вимогам безпеки.

Важливим елементом профілактичної роботи в рамках СУОП є безперервне навчання та контроль рівня знань працівників. З цією метою регламентовано проведення таких видів інструктажів з охорони праці: Вступний інструктаж проводиться для всіх новоприйнятих працівників незалежно від їхнього стажу, посади чи характеру роботи під час оформлення на підприємство, і здійснюється інженером з охорони праці або уповноваженою особою згідно з наказом по підприємству. Первинний інструктаж виконується

безпосередньо на робочому місці перед початком виконання посадових обов'язків працівником і проводиться керівником відповідного підрозділу.

Повторний інструктаж здійснюється для оновлення та закріплення знань з безпечних методів праці, а для працівників дільниці капітального ремонту двигунів, які працюють в умовах підвищеної небезпеки, його періодичність становить не рідше одного разу на три місяці. Позаплановий інструктаж проводиться у разі зміни технологічних процесів, модернізації або заміни обладнання, порушень вимог охорони праці, що могли призвести до небезпечних ситуацій, а також у випадку введення нових або змінених нормативно-правових актів з охорони праці чи оновлення внутрішніх інструкцій підприємства.

3.2. Організація безпечних умов праці при капітальному ремонті двигунів

Реалізація технологічного маршруту реновації дизельних двигунів великої потужності супроводжується наявністю комплексу потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, серед яких значні маси агрегатів, використання хімічно агресивних мийних розчинів, робота з пневмосистемами високого тиску, токсичні відпрацьовані гази, а також виділення легкозаймистих парів лакофарбових матеріалів. До виконання розбирально-складальних, дефектувальних та обкатувальних робіт допускаються працівники, які пройшли вступний і первинний інструктаж на робочому місці, а також стажування і перевірку знань з питань інженерної безпеки.

Персонал дільниці обов'язково забезпечується засобами індивідуального захисту та сертифікованим спецодягом відповідно до діючих галузевих норм, при цьому комплект ЗІЗ слюсаря-ремонтника включає робочий комбінезон або костюм, захисне взуття з металевим підноском для запобігання травмуванню при падінні важких деталей, головний убір і захисні рукавиці. Під

час перебування у виробничій зоні працівники зобов'язані дотримуватися встановлених вимог безпеки, зокрема не перебувати в зоні дії незахищених рухомих елементів обладнання, носити застебнутий спецодяг без вільних частин та перед початком роботи знімати прикраси, що можуть бути захоплені механізмами. Переміщення та підйом деталей масою 23 кг і більше виконується виключно із застосуванням засобів малої механізації, зокрема кран-балки із сертифікованими стропами.

Слюсарний інструмент повинен бути справним, а використання пошкодженого інструменту заборонено; перед роботою з гідравлічним і пневматичним обладнанням необхідно ознайомитися з інструкцією з експлуатації. Провертання колінчастого вала дозволяється лише штатними пристроями, без використання елементів вентилятора чи інших не призначених для цього деталей. Під час обдування та очищення стисненим повітрям працівник повинен використовувати захисні окуляри та респіратор для запобігання ураженню органів зору і дихання.

Перед встановленням двигуна на стенд транспортні колеса фіксуються стопорними пристроями, а переміщення стенда під час роботи не допускається; регулювання рами здійснюється з подальшим жорстким затисканням болтовими з'єднаннями, а після підвішування агрегату обов'язково перевіряється його стійкість і відсутність люфтів. Під час механічної обробки обов'язковим є використання захисних окулярів і рукавиць, а рівень освітлення робочих місць повинен становити не менше 300 лк. При роботі з мийним обладнанням персонал використовує засоби захисту від хімічних речовин, контролює допустиме навантаження і технічний стан установки, а також дотримується температурного режиму та правил безпечного відкривання камери після циклу очищення.

Обкатка двигуна на стенді виконується лише за умови надійного кріплення агрегату, герметичності всіх систем і справної роботи витяжної вентиляції, при цьому поява витоків палива або оливи є неприпустимою. Відпрацьовані технічні рідини збираються у герметичні марковані ємності та

підлягають подальшій утилізації, а їх злив у каналізацію або на ґрунт заборонений.

Фарбувальні роботи виконуються у спеціально обладнаній зоні з припливно-витяжною вентиляцією із застосуванням засобів захисту органів дихання та зору. У разі виникнення аварійної ситуації працівник зобов'язаний негайно зупинити обладнання, повідомити керівництво та вжити заходів щодо усунення небезпеки, а при травмуванні надати першу домедичну допомогу і викликати екстрені служби

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТНОЇ РЕМОНТНОЇ ДІЛЬНИЦІ

Цей розділ присвячений проведенню детальних розрахунків з метою визначення ключових техніко-економічних показників для спроектованої ділянки, призначеної для капітального ремонту двигунів. Об'єкт аналізу характеризується загальною площею у 200 квадратних метрів. Прогнозована загальна трудомісткість робіт на цій ділянці становить 4126,72 людино-годин, що дозволить забезпечити ремонт 48 двигунів.

У таблиці 4.1 представлено вичерпний перелік основного технологічного обладнання та спеціалізованої оснастки, необхідних для ефективного виконання ремонтних робіт на ділянці.

Таблиця 4.1

Реєстр основного технологічного устаткування та допоміжної оснастки

К-сть од.	Назва позиції обладнання	Габаритні параметри, мм	Модель / Марка	Вартість, грн		Номінальна потужність, кВт	
				Σ	1	Σ	1
Устаткування							
1	Гідравлічний візок (рокла)	—	Niuli Df-25	12365	12365	—	—
1	Вібровипробувальний стенд	3590x1010x1780	KC-276-032	150000	150000	55	55
1	Настільний свердлильний верстат	—	Hunt S-184	7400	7400	1,8	1,8
1	Мостовий кран 1т	5000—		75000	75000	3	3
1	Пневматичний компресор	1520x445x1015	Intertool - PT0040	34500	34500	7,5	7,5
1	Промивна установка	1480x1700x2195	MAGIDO L122	184000	184000	13,5	13,5
1	Гідравлічний прес:	1550x185x150	Torin Ty - 2001	27662	27662	—	—
1	Монтажно-демонтажний стенд	1800x1005x1530	Власного виг-ння	25200	25200	—	—
Загальна споживана потужність та сукупна вартість обладнання				Σ = 516 127		P = 80,8 кВт	
Допоміжна оснастка							
1	Комплект накидних ключів		Toptul	5698	5698		

2	Комплект торцевих головок з тріскачкою	—	Intertool - PT0040	7674	3837		
1	Комплект викруток		Toptul	3306	3306		
1	Шафа для інструментів	800x500x1800	ШИ-15	9035	9035		
2	Набір викруток		Dnipro - M	2000	2000		
1	Пневматичний фарборозпилювач	—	Toptul	4027	4027		
2	Слюсарний верстак	600x1800x850	STW - 326	27656	13828		
1	Стелаж для зберігання демонтованих компонентів	1800x2700x400	Власного виготовлення	5571	5571		
2	Комплект знімачів		Dnipro - M	4890	2445		
2	Пневматичний гайковерт	—	Toptul	18180	9090		
2	Динамометричний ключ (40-210 Нм)		Toptul	6600	3300		
Сумарно				Σ = 94 637			
Сумарно				Σ = 610 764		P = 80,8 кВт	

Виходячи з детального аналізу даних, що були представлені у таблиці 5.1, встановлено, що сукупний обсяг капітальних інвестицій, які призначені для придбання всього необхідного технологічного обладнання та повного комплекту спеціалізованої оснастки, становить значну суму – 610764 гривні. Крім того, було точно визначено загальну електричну потужність основного устаткування, яка досягає показника $P = 80,8$ кВт.

Особливо слід підкреслити, що, на додаток до зазначених витрат, передбачається асигнування додаткових фінансових ресурсів у розмірі 650 000 гривень. Ці кошти призначені для комплексного та всебічного облаштування виробничої ділянки. Даний бюджет охоплює широкий спектр робіт, включаючи закупівлю та професійний монтаж сучасної системи вентиляції, встановлення надійної кран-балки, виготовлення та інсталяцію високоякісних воріт і вікон, а також виконання всіх інших критично важливих інфраструктурних робіт з урахуванням актуальних ринкових цін на матеріали.

Таким чином, підсумовуючи вищезазначене, загальна сума необхідних капітальних вкладень, які є обов'язковими для успішної реалізації даного проєкту цієї ділянки, оцінюється у 1260764 гривні.

У таблиці 5.2 наочно представлено ключові індикатори та показники, що

повною мірою відображають техніко-економічну ефективність, життєздатність та загальну перспективність проєкту.

Таблиця 4.2

Ключові показники техніко-економічної оцінки проєкту

Умовне позначення	Перелік показників	Величина показника
СП	Податкові зобов'язання, грн	1914116,49
ПС	Валовий прибуток, грн	795249,09
–	Чисельність працівників, задіяних у реалізації проєкту.,чол	2
ЕВ	Витрати на експлуатацію,грн	6755524,33
ПС	Повна собівартість продукції/послуг, грн	6890634,32
R	Коефіцієнт рентабельності, %	12
ВЕЛ	Вартість спожитої електроенергії,грн	220285,46
ВПР	Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт, грн	42142,72
К	Обсяг капітальних інвестицій,грн	1260674
А	Амортизація основних засобів,грн	14 475,72
η	Річна продуктивність (кількість ремонтів)	48
ФОП	Витрати на оплату праці персоналу,грн	732000
ІВ	Інші операційні витрати, грн	321691,63
Т о	Період окупності капітальних інвестицій	1,6

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті на основі комплексного системного підходу виконано інженерно-технологічне обґрунтування, розрахунок та просторово-архітектурне проєктування модернізованої ділянки з капітального ремонту дизельних двигунів внутрішнього згоряння фірми «Cummins».

Результати проведених досліджень та розрахунків дозволяють сформулювати такі підсумкові висновки. Узагальнено та систематизовано виробничо-технічні відомості про структуру підприємства, виконано детальний аналіз наявної матеріально-технічної бази, досліджено організацію та технологічні маршрути проведення капітального ремонту ДЗГ мобільної техніки, виявлено вузькі місця у логістиці та технічному оснащенні, що дозволило визначити ключові завдання проєктування.

Виконано комплекс технологічних розрахунків параметрів проєктованого підрозділу, встановлено, що сумарна річна трудомісткість робіт становить 4126,72 люд-год, з яких 684,45 люд-год припадає на допоміжні процеси, визначено кількість основних робітників у кількості 2 осіб, сформовано раціональну схему ремонтно-відновлювального процесу, здійснено підбір основного та допоміжного верстатного обладнання, а також обґрунтовано оптимальну площу ділянки 200 м² (20 × 10 м) на основі розрахунку зайнятої обладнанням площі. Проведено порівняльний аналіз існуючих конструкцій розбирально-складальних стендів, за результатами якого запропоновано модернізацію двоопорного стенда з механізованим приводом кантування, адаптовану під габарити та номенклатуру ДЗГ, що ремонтуються на підприємстві, при цьому перевірочні розрахунки елементів привода та кріплень підтвердили його працездатність і надійність.

Ідентифіковано небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що супроводжують процес ремонту двигунів, та сформовано комплекс організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і екологічних вимог, дотримання яких забезпечує мінімізацію виробничих ризиків і безпечне

функціонування ділянки.

Виконано техніко-економічну оцінку проєкту, згідно з якою обсяг капітальних вкладень становить 1260674 грн, річні експлуатаційні витрати — 6755524,33 грн, а отримані показники підтверджують економічну доцільність реалізації проєкту, зокрема термін окупності становить 1,6 року при рівні рентабельності 12%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві. К.: Форт, 2001 – 384 с.
2. Пістун І.П., Хом'як В.В., Хом'як І.В. Охорона праці в сільському господарстві.: Навчальний посібник. – Суми: 2007 – 456 с.
3. Податковий кодекс України (Із змінами, внесеними згідно із Законом 2856 – VI (2856 – 17) від 23.12.2010): [Текст]: - К.: - 2010. – 628 с.
4. Ремонт машин. Дипломне проектування.: Посібник для вищих навчальних закладів/ [Кобець, В.І. Дирда В.І., Сокол П.С. та інші]. – Дніпропетровськ, Журфонд, 2016, - 284 с.
5. Черній О. А. Деякі проблеми технічної надійності сільськогосподарських тракторів JOHN DEERE. // Innovationsandprospectsofworldscience. Proceeding of The 7th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science” (March 2-4, 2022). Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2022. Pp. 13-20. URL: <https://sci-conf.com.ua/vii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-innovations-and-prospects-of-world-science-2-4-marta-2022-goda-vankuver-kanada-arhiv/>.
6. Анілович В. Я., Гринченко О. С., Лебедєв А. І. Надійність машин в задачах та прикладах. – Харків : Око, 2001. – 320 с.
7. Бабусенко С. І. Проектування ремонтно-обслуговуючих підприємств. – Київ : Урожай, 1991. – 192 с.
8. Болотін В. І. Технічна експлуатація та ремонт машин. – Київ : Вища школа, 2000. – 350 с.
9. Бойко М. Ф. Трактори та автомобілі. Конструкція і експлуатація. – Київ : Вища освіта, 2007. – 336 с.
10. Бондаренко А. І. Ремонт машин та обладнання. – Київ : Аграрна освіта, 2003. – 512 с.
11. Бурлака В. В. Основи технічної діагностики автомобілів і тракторів. – Київ : Урожай, 2008. – 286 с.

12. Гаврилюк В. М. Технологія ремонту машин та обладнання. – Київ : Каравела, 2014. – 344 с.
13. Гринченко О. С., Тарасенко В. В. Технологічне обладнання ремонтних підприємств. – Харків : ХНТУСГ, 2011. – 280 с.
14. Гуревич М. С. Паливна апаратура дизелів. – Київ : Техніка, 1987. – 224 с.
15. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – Київ : Держстандарт України, 1995. – 92 с.
16. Case IH. Service Manual. Magnum Series Tractors. – Racine, Wisconsin : Case IH, 2020. – 1250 p
17. Case IH. Axial-Flow Combines Service Manual. – Racine, Wisconsin : Case IH, 2021. – 980 p.
18. [Case IH Official Website](#) – технічні характеристики тракторів, комбайнів та двигунів.