

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: «Удосконалення технології поточного ремонту
автотракторних двигунів з розробкою стенду для перевірки головок»

Виконав: студент 3 курсу, групи 32-к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Мурзак Андрій Олексійович
(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. ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО СТАНУ ТА ОЦІНКА ЙОГО ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОЕКТУ	7
1.1. Оцінка технологічного процесу відновлення двигунів.....	7
1.2. Системний аналіз поточної організації ТО та ремонту	9
1.3. Висновки за розділом	11
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕМОНТУ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ	13
2.1. Розробка комплексної технологічної схеми ремонтних процесів МТП ...	13
2.2. Системне проєктування процесу відновлення двигунів в умовах ремонтної дільниці.....	15
2.3. Формування структури технологічного оснащення ремонтного відділення	18
2.4. Висновки за розділом.....	22
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СТЕНДОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ГБЦ.....	23
3.1. Обґрунтування технічного призначення та експлуатаційної ролі стенда.	23
3.2. Аналіз існуючих конструктивних рішень та вибір оптимальної схеми.....	24
3.3. Розробка та деталізація конструктивної схеми стенда	25
3.4. Верифікація міцності та експлуатаційної надійності розробки.....	27
3.5. Технічний опис та параметри конструкції	31
3.6. Оцінка рівня уніфікації та стандартизації	32
3.7. Регламент застосування розробленого стенда у виробництві.....	33
3.8. Висновки за розділом.....	34
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	36
4.1. Організаційні засади охорони праці у виробничих умовах господарства	36
4.2. Техніка безпеки при роботі на дільниці ремонту двигунів	37
РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	39
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	48

ВСТУП

Ефективне забезпечення експлуатаційної надійності сучасного автотракторного парку агропромислових підприємств, а також зниження витрат на технічне обслуговування, ремонт і подальшу експлуатацію мобільної техніки значною мірою залежить від рівня організації роботи спеціалізованих ремонтно-обслуговуючих підрозділів [1].

Разом із цим технічний і організаційний стан більшості діючих ремонтних баз не повністю відповідає сучасним вимогам галузі. Це пояснюється недостатньою якістю виконання ремонтно-відновлювальних операцій, підвищенням їхньої собівартості, високою часткою ручної праці та використанням обладнання, яке морально й технічно застаріло. У зв'язку з цим виникає необхідність модернізації виробничих потужностей і вдосконалення технологічних процесів проведення сервісних та ремонтних робіт.

Підтримання працездатності машинно-тракторного парку в умовах обмежених фінансових ресурсів можливе шляхом упровадження сучасних технологій відновлення та ремонту найбільш відповідальних вузлів і агрегатів мобільних машин. Особливе значення при цьому має двигун внутрішнього згоряння, який є одним із найскладніших та найважливіших елементів конструкції техніки. Його несправність або втрата ресурсу безпосередньо впливають на ефективність функціонування машини та спричиняють тривалі простої техніки у найбільш напружені періоди виконання польових робіт.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є технічне обґрунтування та вдосконалення технології поточного ремонту автотракторних двигунів шляхом розроблення сучасних технологічних процесів і спеціалізованого технологічного оснащення.

Для реалізації поставленої мети у роботі передбачено вирішення таких **завдань**:

1. визначення оптимальної виробничої програми ремонту двигунів.

2. удосконалення технологічного процесу поточного ремонту ДЗГ із детальним опрацюванням основних операцій;

3. визначення технологічного виконання й об'ємно-планувального проєктування ділянки;

4. розроблення конструкції стенда для дефектації деталей газорозподільного механізму та проведення перевірочних розрахунків його елементів на міцність; опрацювання заходів з охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки;

5. виконання техніко-економічного обґрунтування ефективності запропонованих проєктних рішень.

РОЗДІЛ 1

ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО СТАНУ ТА ОЦІНКА ЙОГО ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОЕКТУ

1.1. Оцінка технологічного процесу відновлення двигунів

У зв'язку з основним орієнтиром дипломного дослідження на оптимізацію технологічних алгоритмів відновлення працездатності автотракторних двигунів, було проведено всебічний аналіз чинного виробничого процесу. Загальний маршрут ремонту починається з надходження мобільної техніки після попереднього миття та очищення на ділянку ремонту агрегатів сільськогосподарських машин. Далі техніка розбирається на основні вузли та агрегати, які направляються на спеціалізовані пости для відновлення працездатності, після чого відремонтовані елементи повертаються на складальну ділянку для остаточного збирання [4]. Технологічний сервіс двигунів внутрішнього згоряння базується на результатах діагностики технічного стану, експлуатаційних показниках і даних планових оглядів. Оскільки на ремонт надходять двигуни різних типів і модифікацій, обсяг робіт є достатнім для ефективного використання наявного обладнання, стендів та пристосувань малої механізації.

Основними ознаками необхідності проведення поточного ремонту двигуна є підвищена витрата моторної оливи, зниження тиску в системі змащення, погіршення пускових характеристик і збільшення витрат палива. У процесі поточного ремонту зазвичай виконується заміна поршневих кілець, притирка клапанів, регулювання паливної апаратури та перевірка вузлів системи змащення. Також здійснюється заміна або ремонт окремих агрегатів, таких як пусковий двигун, головка блока циліндрів, водяний насос та інші елементи, у разі їх відмови або виявлених пошкоджень [5, 6].

Грунтовне дослідження реальної практики проведення ремонтних робіт що методологія відновлення окремих механічних компонентів

характеризується низкою специфічних, чітко визначених особливостей. Зокрема, поршневі пальці, у випадку виявлення критичного спрацювання чи ознак руйнування, не підлягають реставрації чи ремонту, а безумовно замінюються на абсолютно нові аналоги, що забезпечує максимальну надійність та безпеку експлуатації. Відновлення шатунних механізмів зводиться переважно до інсталяції нової втулки верхньої головки, що супроводжується подальшою прецизійною механічною обробкою до встановлених допусків. Водночас, у разі виявлення серйозних структурних пошкоджень, таких як мікротріщини або значні деформації, сам шатун вимагає безкомпромісної заміни на новий агрегат. Циліндрові гільзи, життєво важливі для нормальної роботи двигуна, регенеруються безпосередньо на внутрішній слюсарно-механічній майстерні господарства, завдяки процедурам розточування та подальшого високоточного хонінгування, що забезпечує відновлення їхніх робочих характеристик.

Колінчасті вали, ключові елементи кривошипно-шатунного механізму, піддаються відновленню шляхом прецизійного шліфування до ремонтних типорозмірів. Однак, у випадку граничного або надмірного спрацювання, такі вали делегуються для комплексного відновлення до зовнішніх профільних організацій, які володіють спеціалізованим обладнанням, з фінальною доводкою та прецизійним налаштуванням безпосередньо на виробничій ділянці господарства.

Деталі газорозподільного механізму, зокрема коромисла, пружини та розподільні вали, у разі зносу або пошкодження здебільшого замінюються новими через відсутність технологій їх відновлення [7]. При наявності тріщин блок циліндрів ремонтується зварюванням. Ремонт головок блока включає заміну клапанів і втулок, зварювання зовнішніх дефектів та обробку площини прилягання, однак контроль внутрішньої водяної сорочки здійснюється лише візуально через відсутність спеціального обладнання, що знижує точність діагностики. Клапани при пошкодженні замінюються, а їх притирання виконується вручну, оскільки механізоване обладнання відсутнє [8].

Турбокомпресори та розподільні вали не ремонтуються і направляються на спеціалізовані підприємства. Вузли системи змащення та охолодження ремонтуються частково: замінюються ущільнення, підшипники, прокладки, а також відновлюються окремі елементи насосів. Після завершення відновлювальних операцій двигун збирається і транспортується на обкатувальний стенд для проведення випробувань.

Проведений аналіз показав, що чинний технологічний процес має суттєві недоліки порівняно з типовими вимогами. Зокрема, відсутня ефективна багатоступінчаста система очищення деталей, розбирання і складання виконуються без спеціалізованих стендів, значна частина операцій здійснюється вручну, що підвищує трудомісткість робіт. Через відсутність діагностичного та випробувального обладнання частина деталей, які потенційно придатні до відновлення, безпідставно замінюється новими, що призводить до зростання витрат і собівартості ремонту. Виявлені недоліки підтверджують необхідність модернізації технологічного процесу та впровадження спеціалізованого обладнання для дефектації і ремонту, що є ключовим завданням даного проєкту.

1.2. Системний аналіз поточної організації ТО та ремонту

Для виробничого персоналу ремонтної майстерні встановлено шестиденний робочий тиждень з однозмінним режимом роботи та тривалістю зміни 7 годин, однак фактичне використання виробничих потужностей має виражений сезонний характер. Основний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт концентрується у передпосівний та післязбиральний періоди, коли здійснюється інтенсивна підготовка машинно-тракторного парку до експлуатації, тоді як у міжсезонний період рівень завантаження майстерні істотно знижується, що свідчить про нерівномірність виробничого процесу та відсутність стабільного ритму роботи.

У процесі виконання ремонтно-відновлювальних робіт застосовується

індивідуальний (незнеособлений) метод ремонту з елементами тупикової організації робочих місць. Така схема передбачає виконання всього комплексу операцій одним робочим складом на одному стаціонарному посту, починаючи від розбирання агрегату, проведення дефектації, заміни або відновлення деталей і завершуючи складанням та регулюванням вузла. За відсутності потокової організації виробництва це призводить до значної тривалості ремонтного циклу та нерівномірного використання робочого часу персоналу. Комплексна оцінка організаційної підготовки виробництва свідчить про її недостатній рівень відповідності сучасним вимогам технічної організації ремонтних підприємств агропромислового комплексу. Центральна ремонтна майстерня не має достатнього оснащення вантажопідйомними механізмами та засобами внутрішньоцехового транспорту, що ускладнює переміщення важких агрегатів, зокрема двигунів та їхніх складальних одиниць, і підвищує трудомісткість допоміжних операцій. Планування виробничих приміщень не забезпечує раціонального розміщення дільниць, у результаті чого виникають перешкоди у переміщенні деталей, інструменту та ремонтного фонду між робочими постами.

Окремою проблемою є недостатня забезпеченість нормативно-технічною та технологічною документацією. Відсутність повного комплексу поопераційних карт, технологічних інструкцій і регламентів ускладнює стандартизацію ремонтних процесів, знижує повторюваність якості виконання робіт та підвищує залежність результату від кваліфікації конкретного виконавця. Це, у свою чергу, негативно впливає на стабільність якості відновлення агрегатів. Застосування тупикової схеми організації ремонту за умов обмеженої площі майстерні призводить до нераціонального використання виробничого простору. Технологічні потоки руху агрегатів, деталей та інструменту часто перетинаються, що створює додаткові затримки у виробничому процесі, ускладнює логістику та підвищує ризик виникнення організаційних простоїв. Відсутність чітко розмежованих потоків «вхід — ремонт — вихід» не дозволяє сформувати ефективну систему

внутрішньоцехового руху ремонтного фонду.

На дільницях, де виконується значний обсяг розбирально-складальних операцій, рівень механізації залишається низьким. Більшість технологічних переходів здійснюється із застосуванням ручного інструменту, що збільшує трудомісткість операцій, знижує продуктивність праці та підвищує ймовірність помилок при складанні спряжених деталей і вузлів. Відсутність спеціалізованих стендів і пристосувань також обмежує можливості виконання точних регулювальних та дефектувальних операцій.

Додатково слід відзначити відсутність системного перспективного та річного планування ремонтно-обслуговуючих робіт. Це унеможлиблює науково обґрунтоване визначення потреби в робочій силі, формування стабільного кадрового складу майстерні та рівномірний розподіл навантаження протягом року. Як наслідок, спостерігається різке коливання завантаження виробничих підрозділів у різні періоди року, що негативно впливає на ефективність використання трудових ресурсів і обладнання.

1.3. Висновки за розділом

Встановлено низку суттєвих організаційних і технологічних проблем. Насамперед, ремонтно-обслуговуючі роботи здійснюються переважно за фактом виникнення відмов і у прив'язці до періодів інтенсивних агротехнічних кампаній, що свідчить про відсутність системного оперативного та перспективного планування. Виявлено значний рівень фізичного та морального зношення наявного основного і допоміжного обладнання, а також його недостатню кількість на ключових виробничих дільницях, зокрема моторній та ремонтно-монтажній, що негативно впливає на якість і своєчасність виконання ремонтних робіт.

Крім того, чинна організація виробничого процесу характеризується нераціональним використанням площ ремонтної майстерні. Зокрема,

спостерігається надмірне виділення площ під мийне відділення при одночасному дефіциті робочого простору на дільниці ремонту двигунів внутрішнього згоряння, що порушує загальну технологічну збалансованість підприємства. Відсутність чітко сформованої системи планово-запобіжного обслуговування машинно-тракторного парку призводить до нерівномірного сезонного навантаження персоналу та виробничих потужностей, що знижує ефективність використання ресурсів протягом року. Також встановлено невідповідність планування виробничих зон і організації робочих місць чинним нормативно-технічним вимогам, що потребує їх перегляду та модернізації.

З метою усунення виявлених недоліків у дипломному проєкті передбачено реалізацію комплексу інженерних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи ремонтної бази. Зокрема, передбачається обґрунтування оптимальної річної програми ремонту двигунів із визначенням загальної трудомісткості робіт, удосконалення технологічного процесу ремонту двигунів на проєктованій дільниці, розрахунок необхідної чисельності та кваліфікаційного складу персоналу моторного відділення, виконання об'ємно-планувального та технологічного проєктування дільниці з оптимізацією внутрішніх потоків. Також передбачено розробку конструкції спеціалізованого стенда для дефектування деталей газорозподільного механізму з виконанням перевірочних розрахунків на міцність, опрацювання заходів з охорони праці та промислової безпеки, а також проведення техніко-економічного обґрунтування запропонованих рішень для підтвердження їх практичної ефективності.

РОЗДІЛ 2

ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕМОНТУ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

2.1. Розробка комплексної технологічної схеми ремонтних процесів МТП

У межах даного дипломного проєкту, спрямованого на вдосконалення поопераційної технології поточного ремонту автотракторних двигунів внутрішнього згоряння в умовах майстерні, виникає необхідність детального аналізу загального технологічного процесу ремонту машинно-тракторного парку з метою визначення доцільності перерозподілу окремих ремонтних операцій між спеціалізованими дільницями підприємства для підвищення ефективності внутрішньої організації виробництва та зменшення навантаження на моторну дільницю. Ремонтні роботи мобільної сільськогосподарської техніки доцільно починати з попереднього комплексного очищення, яке виконується на спеціально виділеному посту за межами основної будівлі майстерні. Процес очищення слід організовувати поетапно: спочатку виконується сухе очищення та зовнішнє миття техніки після її надходження в ремонт, а надалі — остаточне очищення вузлів і деталей після демонтажу агрегатів. Перед проведенням очищувальних операцій для зернозбиральних комбайнів обов'язковим є відкриття всіх технологічних люків, кожухів і захисних елементів, а також короткочасне прокручування робочих органів для видалення залишкових забруднень. Первинне сухе очищення здійснюється як вручну, так і механізованими способами із застосуванням щіток, скребків та подачі стисненого повітря.

Після цього виконується часткове розбирання машини без порушення взаємного притирання справних пар тертя, при якому демонтуються навісні вузли та агрегати, зокрема електрообладнання, стартерні системи та інші допоміжні елементи, що потребують окремого обслуговування. Далі частково

розібрана техніка проходить повторне миття із застосуванням установок високого тиску для видалення залишків мастил та забруднень. Після завершення очищення машина надходить на діагностичну дільницю, де визначається її технічний стан із використанням контрольно-вимірювальних засобів без повного розбирання.

За результатами діагностики техніка передається на ремонтно-монтажну дільницю, оснащену вантажопідйомними механізмами, де виконується розбирання лише тих вузлів, ремонт яких неможливо здійснити безпосередньо на машині. При цьому обов'язково дотримується встановлена технологічна послідовність операцій, що забезпечує мінімізацію трудових витрат. Забороняється розукомплектування пар тертя та прецизійно підігнаних елементів, які можуть бути використані повторно без втрати ресурсу. Демонтовані деталі проходять вторинне очищення та спрямовуються на дільницю дефектації.

Дефектування дрібних деталей виконується на спеціалізованих робочих місцях контролера, тоді як великогабаритні конструкції перевіряються безпосередньо на машині або на окремих постах відновлення. Вхідному контролю підлягають також двигуни та інші складні агрегати, що надходять на ремонт. Для забезпечення якісного виконання ремонтних робіт необхідна організація спеціалізованих дільниць із раціонально обладнаними робочими місцями, зокрема для ремонту двигунів та їх обкатки.

Після завершення відновлювальних робіт усі вузли повертаються на складальну дільницю, де здійснюється остаточне збирання машини з використанням як нових, так і відремонтованих складових. Складання виконується у чіткій відповідності до технологічного процесу із застосуванням вантажопідіймальних засобів та постійним контролем геометричних параметрів і посадок. Завершальним етапом є регулювання та технологічна обкатка машини з перевіркою її працездатності. Обкатка проводиться у два режими обертання двигуна з обов'язковим відведенням відпрацьованих газів за межі приміщення. У разі виявлення несправностей процес негайно зупиняється для

їх усунення. Після обкатки виконується остаточне очищення та за необхідності фарбування машини з дотриманням вимог щодо захисту ущільнень і елементів електрообладнання від попадання лакофарбових матеріалів.

Таким чином, у структурі ремонтного процесу можуть бути ефективно задіяні всі допоміжні підрозділи майстерні, включаючи мийну, механічну, зварювальну та інші дільниці, що дозволяє забезпечити комплексний підхід до відновлення двигунів і машин у цілому.

2.2. Системне проектування процесу відновлення двигунів в умовах ремонтної дільниці

Значна частка сумарної трудомісткості ремонтних робіт при відновленні машинно-тракторного парку припадає на двигун внутрішнього згоряння. При цьому залучення сторонніх ремонтних організацій в межах міжгосподарської кооперації сьогодні часто є економічно не вигідним через високу вартість послуг та нерівномірну якість виконання робіт. Це змушує аграрні підприємства, що самостійно експлуатують складну техніку, виконувати ремонт дизельних двигунів власними силами із впровадженням удосконалених поопераційних технологій та сучасних технічних рішень.

Технологічний процес відновлення повністю комплектного двигуна починається з його первинного очищення від забруднень мастильного та ґрунтового походження. Після цього двигун транспортується на спеціалізовану ремонтну дільницю та закріплюється на універсальному кантувачі ОР-5023 для виконання розбиральних операцій. Зняті вузли та агрегати проходять повторне миття і знежирення у спеціальних ваннах, після чого здійснюється їх повне розбирання на окремі деталі. На проєктованій дільниці організовуються спеціалізовані робочі пости відповідно характеру виконуваних операцій. Деталі газорозподільного механізму надходять на окреме робоче місце, де виконуються їх розбирання, очищення та дефектування. В головках блока

циліндрів за допомогою вимірювальних засобів контролюють площинність привалочної поверхні, а також відновлюють сидла клапанів шляхом обробки спеціальними інструментами. Робочі поверхні клапанів доводять до необхідного стану на шліфувальному обладнанні, після чого здійснюють механізоване притирання клапанів до сидел на стендовому обладнанні ОПР-1841А. Відновлені та перевірені деталі очищають, комплектують у вузли та передають на складальний пост, де виконується остаточне збирання двигуна. Загальна схема технологічного процесу наведена на рисунку 2.1.

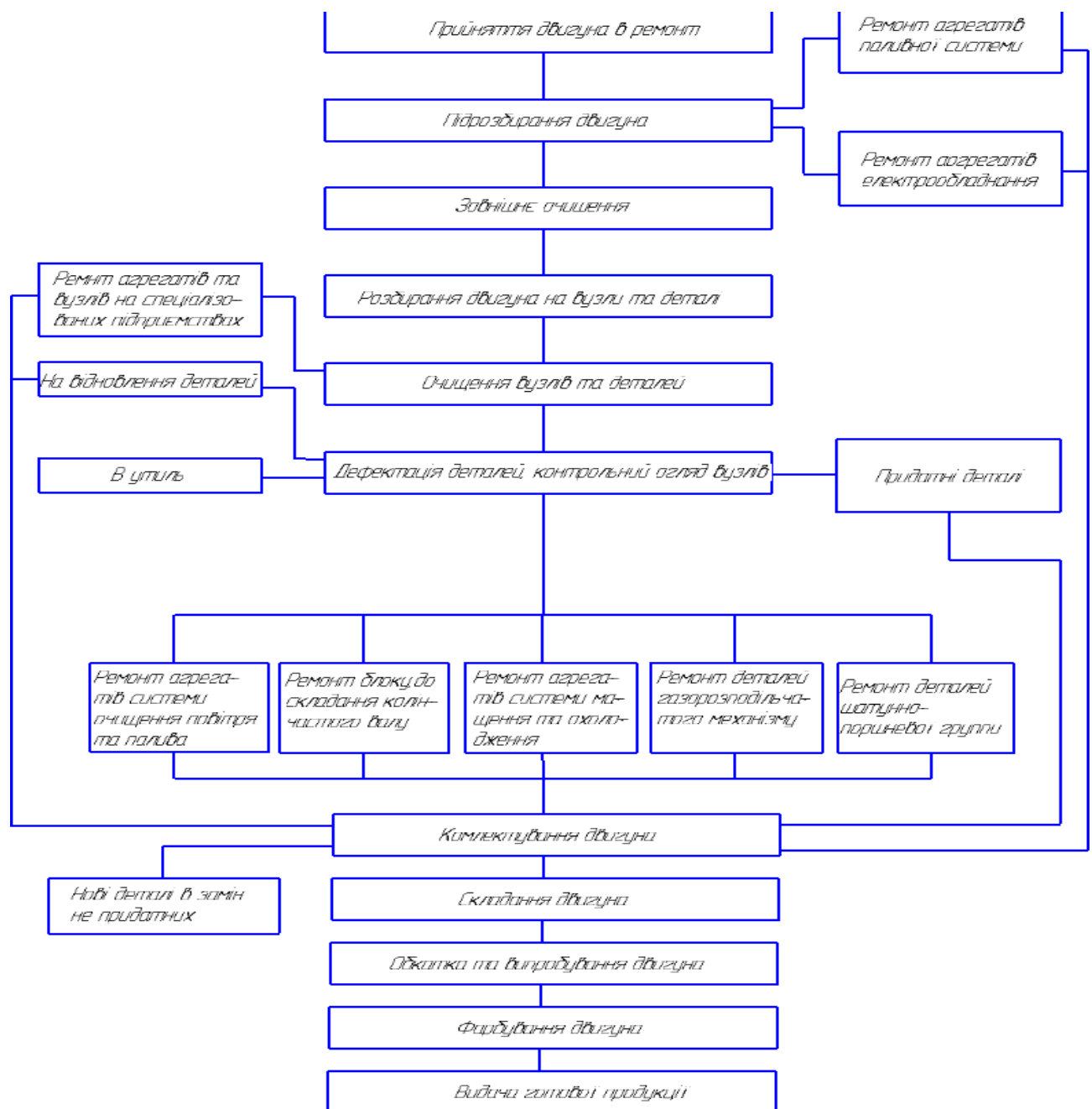


Рис. 2.1. Узагальнена принципова схема технологічного циклу відновлення силового агрегату

Для деталей шатунно-поршневої групи виконують дефектування шатуна на згин і кручення з використанням спеціальних пристроїв, після чого усувають виявлені деформації. Зношену втулку верхньої головки шатуна замінюють новою із подальшою обробкою отвору до номінального розміру під поршневий палець. Поршні, як правило, не відновлюють і замінюють новими відповідно до розмірних груп циліндрів. Колінчастий вал при необхідності демонтується та проходить дефектування із застосуванням вимірювальних та неруйнівних методів контролю. У випадку значного зносу або виходу за ремонтні розміри його направляють на спеціалізоване підприємство для відновлення. Паливна апаратура також за потреби ремонтується або регулюється в умовах спеціалізованих сервісних центрів.

Блок циліндрів при наявності тріщин або інших пошкоджень передається на зварювальну та механічну дільниці для відновлення. Допоміжні корпусні елементи ремонтуються або замінюються залежно від характеру дефектів. Після завершення всіх відновлювальних робіт вузли повертаються на складальну дільницю для фінального збирання двигуна з обов'язковим контролем моментів затягування різьбових з'єднань.

Зібраний двигун транспортують на обкатувальну дільницю, де встановлюють на випробувальний стенд КИ-5540М. Обкатка виконується у два етапи:

1. холодний режим від зовнішнього привода;
2. гарячий режим під навантаженням, тривалість яких залежить від типу двигуна.

У разі виявлення дефектів під час випробувань їх усунення здійснюють безпосередньо на обкатувальній позиції із застосуванням допоміжного розбірного стенда, що дозволяє мінімізувати втручання в основний технологічний процес ремонту.

2.3. Формування структури технологічного оснащення ремонтного відділення

Для ефективного визначення оптимального складу технологічного устаткування вирішальне значення мають дані щодо специфіки виконуваних технологічних операцій та прогнозовані обсяги конкретних виробничих завдань. У ході модернізації чи реорганізації ремонтної ділянки постає нагальна потреба у чіткому формуванні переліку технологічного обладнання, що буде задіяне для виконання найбільш відповідальних, об'ємних та трудомістких видів ремонтних робіт.

Первинне зовнішнє очищення машин традиційно проводиться на спеціально відведених для цього ділянці. Водночас, для ретельного очищення внутрішніх компонентів двигуна передбачено використання мобільних мийних установок типу ОМ-1316-ГОСНИТИ. Необхідна чисельність таких агрегатів розраховується за емпіричною залежністю, наведеною у джерелі [3]:

$$N_{м.в.} = \frac{M \cdot t}{\Phi_{до} \cdot z \cdot \kappa_{\epsilon}}, \quad (2.1)$$

Де $\Phi_{до}$ - реальний річний фонд робочого часу ванни, з урахуванням змінності роботи, в годинах (встановлено $\Phi_{до} = 2010 год.$);

M - загальна маса складальних одиниць та окремих деталей, що підлягають очищенню, в кілограмах (приймаємо $M_{м.в.} = 25000 кг$);

z - кількість об'єктів (деталей або вузлів), що можуть бути одночасно завантажені у ванну для обробки;

κ_{ϵ} - коефіцієнт ефективного використання ванни за часом (приймається в діапазоні $\kappa_{\epsilon} = 0,95..0,96$);

t - тривалість одного циклу миття повного завантаження установки, в годинах (рекомендований час $t < 0,5 год.$).

Підставивши вихідні дані у формулу, отримаємо:

$$N_{M.B.} = \frac{25000 \cdot 0,5}{2010 \cdot 4 \cdot 0,95} = 1,6 \approx 2 \text{ од.}$$

Отже, з урахуванням отриманих розрахунків, рекомендовано передбачити використання двох пересувних мийних установок моделі ОМ-1316-ГОСНИТИ, які будуть розташовані в межах ділянки ремонту двигунів.

В контексті ремонтних робіт з двигунами внутрішнього згоряння, одними з найбільш трудомістких та часозатратних є операції з демонтажу та подальшого монтажу. Зважаючи на це, проводимо розрахунки для визначення необхідної кількості спеціалізованих стендів, призначених для розбирання та складання двигунів. Їх чисельність детермінується за такою формулою [2]:

$$N_{ст} = (N_d \cdot t \cdot c) / (\Phi_{до} \cdot \zeta_t) \quad (2.2)$$

Де c - поправочний коефіцієнт, що враховує ймовірність повторного розбирання двигуна (приймається $c = 1,3$);

N_d - планова річна програма з ремонту двигунів, в одиницях (встановлено $N_d = 50 \text{ од.}$);

t - нормативна тривалість операцій з демонтажу та монтажу двигуна, в людино-годинах (діапазон $t = 2,4 \dots 3,6 \text{ люд.} - \text{год.}$);

ζ_t - коефіцієнт ефективності використання стенда за часом (зазвичай $\zeta_t = 0,8 \dots 0,9$).

$\Phi_{до}$ - дійсний річний фонд робочого часу стенда з урахуванням змінності, в годинах.

Виконаємо розрахунок:

$$N_{ст} = (50 \cdot 3,4 \cdot 1,3) / (1510 \cdot 0,85) = 0,2 \approx 1 \text{ ст.}$$

Таким чином, для забезпечення технологічного процесу достатньо буде одного універсального стенда, який буде застосовуватися для проведення операцій з розбирання та складання двигунів.

Чисельність стендів, призначених для обкатки та випробування двигунів на спеціалізованих ремонтних підприємствах, розраховується за наступним виразом:

$$S_c = n \cdot t_g \cdot c / \Phi_o \cdot \eta_{ob}, \quad (2.3)$$

Де η_{ob} - коефіцієнт завантаження та ефективного використання стенда (зазвичай $\eta_{ob} = 0,90 - 0,99$);

t_g - тривалість тестового циклу двигуна, що включає й час на монтажні роботи, в годинах (діапазон $t_g = 1,7 \dots 2,6 год.$);

c - коефіцієнт, який враховує можливу необхідність повторного випробування та обкатки $c = 1,1$);

n - річна програма ремонту двигунів, в одиницях (задано $n = 50 год.$).

Φ_o - річний дійсний фонд робочого часу обладнання, в годинах (встановлено $\Phi_o = 2010 год.$)

Отже, необхідна кількість стендів для обкатки становитиме:

$$S_c = 50 \cdot 2,6 \cdot 1,1 / 2010 \cdot 0,94 = 0,1 год$$

Виходячи з отриманих розрахунків, для здійснення процедур обкатки та випробування двигунів у ремонтній дільниці з річною програмою в 50 одиниць двигунів, достатньо буде одного стенда, зокрема моделі КИ-5540М.

Підбір конкретних моделей та марок обладнання здійснюється на основі рекомендацій, представлених в альбомах типових технологічних рішень ремонту машин, а вся інформація систематизується у відомості основного обладнання, що представлена у таблиці 2.1. У реєстрі матеріально-технічного оснащення відділення поточного ремонту двигунів наведено основний склад технологічного обладнання, що забезпечує виконання всього комплексу ремонтно-діагностичних та складально-розбиральних операцій. До його складу входять робочі столи різного призначення для демонтажу, діагностики, комплектування та слюсарних робіт, спеціалізовані установки для дефектування, шліфування та доведення деталей, а також контрольно-випробувальне обладнання для перевірки технічного стану двигунів і їх вузлів.

Окрему групу становлять підйомно-транспортні засоби (мостовий кран, тельфер, консольні підйомники), які забезпечують безпечне переміщення важких агрегатів в межах дільниці. Важливу роль відіграють технологічні

Таблиця 2.1

**Реєстр матеріально-технічного оснащення відділу поточного
експлуатаційного ремонту двигунів**

Позиційний індекс	Площа розміщення (м ²)	Опис устаткування	Марка, модель, ідентифікатор	Кількість одиниць
11	1,2	Робочий стіл для часткового демонтажу компонентів	ОРГ-1468-01-03	1
2	4,65	Випробувальна установка для діагностики двигунів	КИ-5540М	1
24	0,56	Пристрій для прецизійного шліфування клапанів	СШК-3	1
3	0,25	Електротехнічна шафа керування	-	1
5	1,275	Універсальний робочий стіл	5101.000	1
20	1,2	Установка для монтажу головки блоку циліндрів	ОРГ-14267-067М	1
13	0,9	Ємність для очищення деталей	-	1
8	-	Мостовий підйомний механізм	L=6000	1
22	0,08	Діагностична платформа для контролю шатунів	ПКШ-2	1
10	1,1	Система зберігання компонентів	-	1
6	1,1	Робоча поверхня для розміщення комплектуючих	ОРГ-1450-02060	1
19	1,2	Слюсарний робочий стіл	ОРГ-1468-01-070А	1
16	1,32	Установка для доведення пари «сідло-клапан»	ОПР-1841А	1
18	-	Консольний підйомник	ПКП-0,5	2
15	2,17	Роликовий конвеєр	-	1
21	0,25	Механічний настільний прес	Власного виготовл.	1
17	0,9	Резервуар для промивки компонентів		1
1	0,892	Регульований електричний опір	-	1
12	1,3	Установка для дефектоскопії головки блоку циліндрів	-	1
9	1,2	Стіл для комплектування вузлів	ОРГ-1468-01	1
14	0,9	Робочий стіл для діагностики несправностей	ОРГ-1468-01	1
7	-	Електричний тельфер	ТЭ-100-511	1
23	1,16	Розточувальний верстат	УРБ-ВП	1
4	1,5	Установка для часткового розбирання двигуна	ОР-5023	2

стенди та пристрої (ОР-5023, ОПР-1841А, КИ-5540М, УРБ-ВП), що визначають рівень механізації процесів розбирання, ремонту та випробування двигунів.

Додатково передбачено допоміжне обладнання для зберігання компонентів, промивання деталей, електротехнічного керування та контролю параметрів. Загалом перелік оснащення характеризує дільницю як комплексний ремонтно-діагностичний підрозділ, здатний виконувати повний цикл відновлення двигунів із достатнім рівнем механізації та технологічної оснащеності.

2.4. Висновки за розділом

Розроблення комплексного технологічного процесу ремонтно-обслуговувальних робіт у майстерні дозволило встановити чіткі технологічні взаємозв'язки між основними виробничими підрозділами та моторним відділенням, що створює передумови для більш ефективної організації ремонтного виробництва та підвищення обсягів відновлення двигунів за рахунок раціонального використання виробничих площ і ресурсів. Формування єдиного технологічного процесу ремонту двигунів, у свою чергу, дало можливість передбачити організацію спеціалізованих робочих зон у межах відділення для виконання відновлювальних операцій деталей газорозподільного та кривошипно-шатунного механізмів, що позитивно впливає як на якість ремонтних робіт, так і на створення більш раціональних і безпечних умов праці персоналу.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СТЕНДОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ГБЦ

3.1. Обґрунтування технічного призначення та експлуатаційної ролі стенда

Розроблений в межах даного дипломного проєкту спеціалізований стенд призначений для високоточного контролю та перевірки головок блоків циліндрів автотракторних двигунів внутрішнього згоряння на герметичність із використанням методу гідравлічного опресування під заданим тиском. Запропонована конструкція забезпечує ефективне виконання операцій дефектування корпусних деталей як у процесі планових контрольних перевірок у ремонтній майстерні, так і під час завершального етапу відновлення, коли необхідно підтвердити якість виконаних ремонтних робіт.

Під час випробування головка блока циліндрів піддається гідравлічному навантаженню робочою рідиною під тиском 0,10 МПа протягом 5 хвилин. При цьому відповідно до технічних вимог експлуатації не допускається поява витоків, зниження тиску в системі або будь-яких ознак проникнення рідини через стінки деталі, зокрема у вигляді вологих плям чи «запотівання» поверхонь. Розроблений стенд характеризується універсальністю та може застосовуватись у різних умовах ремонтного виробництва: на спеціалізованих підприємствах з капітального ремонту двигунів, у ремонтних майстернях автотранспортних підприємств, а також у центральних ремонтних майстернях аграрних господарств. Крім того, він може використовуватись на станціях технічного обслуговування автомобілів для перевірки двигунів різних марок і модифікацій.

Для адаптації під конкретні типи двигунів достатньо здійснювати заміну змінних притискних елементів та ущільнень відповідно до геометричних параметрів і конструктивних особливостей головки блока циліндрів, що

забезпечує гнучкість і практичну придатність обладнання.

3.2. Аналіз існуючих конструктивних рішень та вибір оптимальної схеми

Використання спеціалізованих стендів для дефектування головок блоків циліндрів є важливим чинником підвищення якості ремонту автотракторних двигунів внутрішнього згоряння. Робота такого обладнання базується на сучасних методах гідравлічного або пневматичного опресування, за яких робоче середовище (рідина або стиснене повітря) подається під заданим тиском у внутрішні порожнини контрольованої деталі з метою виявлення можливих дефектів герметичності.

На сьогодні у ремонтному виробництві застосовуються переважно стаціонарні стенди, які, як правило, мають вузьку спеціалізацію та орієнтовані на конкретні моделі двигунів. Зокрема, стенд моделі ОР-13725Н ГОСНИТИ використовується для перевірки головок блоків циліндрів двигунів ЗМЗ-240Б [4]. Герметизація деталі на даному обладнанні здійснюється за допомогою пневматичного притискного механізму, а випробувальне середовище подається під тиском близько 1 МПа. Разом з тим, істотним недоліком даної конструкції є обмежена універсальність та невеликий кут повороту робочого механізму (лише 180°), що ускладнює повноцінний візуальний контроль усіх поверхонь деталі під час діагностики.

Подібні конструктивні обмеження характерні також для стендів КИ-13801 ГОСНИТИ та КИ-1380-01 ГОСНИТИ, які використовуються для перевірки головок циліндрів двигунів типу ДМЗ-240Б та ДМЗ-238НБ [5]. Принцип їх роботи є аналогічним і також базується на подачі робочого середовища під тиском. Основним недоліком зазначених рішень залишається їх вузька спеціалізація, що не дозволяє ефективно використовувати обладнання для різних типів двигунів без значної модернізації або заміни конструктивних

елементів.

У науково-технічних джерелах також розглядаються альтернативні варіанти стендів, у яких перевірка герметичності здійснюється шляхом подачі стисненого повітря у внутрішні канали головки з подальшим її зануренням у рідке середовище для візуального виявлення витоків. Проте подібні системи не набули широкого промислового застосування через недостатню точність визначення місця дефекту, а також складність інтерпретації результатів через утворення великої кількості бульбашок і оптичні викривлення у рідині.

Запропонована у дипломному проєкті конструкція стенда усуває зазначені недоліки аналогів. Передбачається використання універсальної системи швидкозмінних адаптерів та еластичних ущільнювальних елементів, що забезпечує можливість роботи з головками блоків циліндрів різних типорозмірів і конструкцій. Це суттєво розширює функціональні можливості обладнання в умовах ремонтного підприємства.

Крім того, спрощена конструктивна схема забезпечує високу надійність у роботі, зменшення собівартості виготовлення, зручність експлуатації та мінімальні витрати на технічне обслуговування, що робить запропоноване рішення практично доцільним для впровадження у виробничу діяльність.

3.3. Розробка та деталізація конструктивної схеми стенда

Загальний вигляд розробленого стенда для гідравлічного опресування наведено на рис. 3.1. Конструкція складається з несучого каркаса, який встановлюється на опорні елементи у вигляді амортизаторів, що зменшують вібраційні навантаження під час роботи. У складі стенда передбачено поворотні барабани, які закріплені на перехідних планках і можуть обертатися навколо своєї осі. На барабанах встановлені кронштейни, до яких жорстко фіксується закріплювальна плита 4. На цій плиті розміщено силовий пневмоциліндр, шток якого безпосередньо пов'язаний із верхньою притискною плитою, що

забезпечує необхідне зусилля притиску під час герметизації деталі.

Подача стисненого повітря здійснюється від зовнішнього джерела через пневматичну систему станда. Регулювання параметрів повітряного потоку виконується за допомогою пневморозподільника, органи керування якого винесені на загальний пульт. На цьому ж пульті розміщені манометри для постійного контролю тиску в пневматичному та гідравлічному контурах установки.

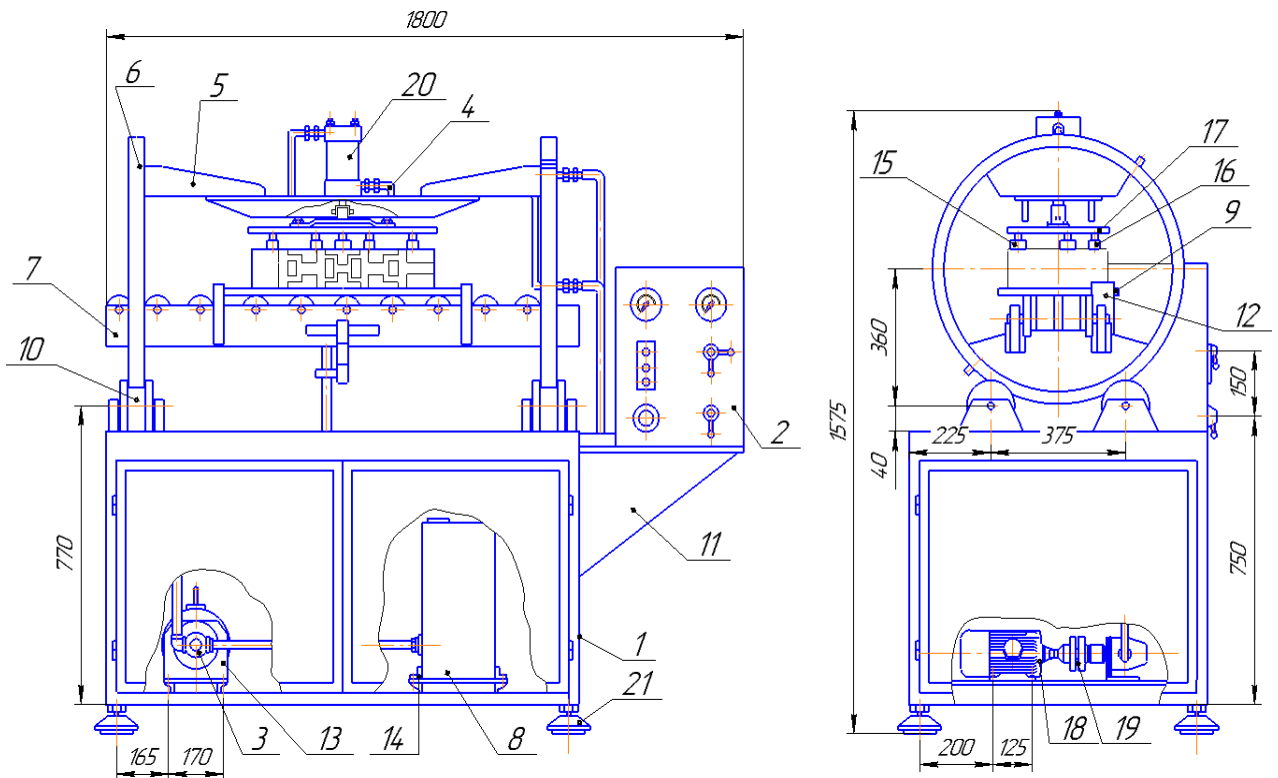


Рис. 3.1. Схематичне представлення загальної будови станда:

1 – несуча рама; 2 – панель управління; 3 – притискна платформа; 4 – фіксувальна плита; 5 – опорний елемент;
6 – циліндричний елемент; 7 – роликовий конвеєр; 8 – резервуар; 9 – базова плита; 10 – перехідна сполучна планка; 11 – напрямний ролик; 12 – обмежувальний елемент; 13 – плита прикріпна; 14 – кутовий з'єднувач; 15, 16 – заглушка; 17 – гідравлічний насос; 18 – електродвигун; 19 – муфта; 20 – пневматичний актуатор; 21 – демпфувальні елементи; 22 – гвинтові з'єднання

Головка блока циліндрів подається оператором на рольганг і переміщується до зони встановлення на нижню плиту. Для запобігання

зміщенню деталі передбачені механічні упори, які забезпечують її стабільну фіксацію в робочому положенні. Після базування головки виконується її притиск і герметизація за допомогою верхньої плити 3, що приводиться в дію пневмоциліндром. Після герметизації всіх технологічних отворів еластичними заглушками і запускається насосна станція, що включає електродвигун, муфту та гідронасос. Робоча рідина з бака під тиском подається у внутрішні канали головки блока. Нормований робочий тиск у системі становить до 0,12 МПа та контролюється запобіжною і вимірювальною апаратурою.

Огляд поверхонь виконується шляхом повороту барабана до 270°, що дозволяє оператору здійснювати повноцінний візуальний контроль усіх зон деталі. Тривалість випробування під робочим тиском становить не менше 5 хвилин, що забезпечує достатню точність визначення герметичності. Після завершення контролю насосна установка вимикається, а гідросистема переводиться в режим зливу для повернення робочої рідини назад в бак. Лише після повного скидання тиску здійснюється розтискання притискної плити 3 та зняття деталі зі станда у зворотній послідовності.

Запропонована конструкція відзначається простотою будови, технологічністю виготовлення та зручністю обслуговування, що дозволяє виготовляти та експлуатувати стенд без значних витрат безпосередньо в умовах ремонтного господарства.

3.4. Верифікація міцності та експлуатаційної надійності розробки

Діагностичний стенд, призначений для ретельної перевірки головок блоку циліндрів двигунів на герметичність, складається з двох ключових систем. Гідравлічний контур забезпечує подачу тестової рідини під контрольованим тиском до внутрішніх порожнин головки блоку, тоді як пневматична система відповідає за точне та надійне притискання технологічних плит до поверхні головки, що є критично важливим для створення

герметичного ущільнення в системі охолодження (водяній сорочці) головки блоку. Рух та позиціонування верхньої притискної плити здійснюється за допомогою пневматичного циліндра. Для обґрунтованого вибору та визначення його оптимальних габаритів, нами були проведені інженерні розрахунки.

Максимальне зусилля притискання, яке має забезпечувати плита за умов робочого тиску повітря в пневматичній системі 0,4 МПа, становить 400 Н. Ця величина є відправною точкою для визначення необхідного діаметра пневматичного циліндра, згідно з методикою, представленою у джерелі [9]:

$$d_u = \sqrt{\frac{R \cdot 4}{\pi \cdot p}}, \quad (3.1)$$

Де R – це осьове зусилля, що діє на шток пневмоциліндра, виміряне в Ньютонах, ($R = 400H$);

P – позначає робочий тиск повітря в пневматичній системі, виражений в Н/ см² ($P = 4H/ \text{см}^2$).

Виконавши підстановку даних у формулу, отримаємо:

$$d_u = \sqrt{\frac{400 \cdot 4}{3,14 \cdot 400}} = 1,12 \text{ см}$$

Далі, здійснюється округлення розрахункових параметрів діаметру пневмоциліндра до найближчого стандартного типорозміру. За результатами аналізу, для даної конструкції приймається пневмоциліндр, внутрішній діаметр якого становить 55 см.

Діаметр штока пневмоциліндра, що є критично важливим елементом, визначається за наступним виразом:

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\phi}}, \quad (3.2)$$

Де D – загальний діаметр пневмоциліндра, в міліметрах;

ϕ - спеціальний коефіцієнт використання площ, що враховує стандартний діаметр штоку, і для нашого випадку приймається, $\phi = 1,25$.

$$d = 55 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{1,25}} = 24 \text{ мм}$$

Отже, доцільно прийняти діаметр штока, що дорівнює 24 мм.

Фіксація притискної плити до штока пневмоциліндра виконується за допомогою спеціального кільцевого елемента (пальця). Для гарантування надійності цього з'єднання, необхідно визначити його оптимальний діаметр, використовуючи формулу [10]:

$$\tau_{cp} = \frac{R}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot t} \leq [\tau_{cp}] \quad (3.3)$$

Де t – кількість площин зрізу, що приймається рівною ($t = 6$);

R – це максимальне осьове зусилля, що діє на шток циліндра, виміряне в Ньютонах;

d – розрахунковий діаметр пальця, в міліметрах;

τ_{cp} - допустиме напруження на зріз.

З цього виразу, діаметр пальця розраховується як:

$$d = \sqrt{\frac{R \cdot t \cdot 4}{\pi \cdot \tau_{cp}}} \quad (3.4)$$
$$d = \sqrt{\frac{400 \cdot 6 \cdot 4}{3,14 \cdot 96}} = 5,6 \text{ мм}$$

З урахуванням розрахункового значення та стандартних типорозмірів, приймається діаметр кільцевого елемента (пальця) 10 мм.

Проект станда передбачає інтеграцію насосної станції, функція якої полягає в подачі випробувального середовища в головку блоку під контрольованим тиском $P = 0,12$ МПа. Для обґрунтованого вибору відповідного електричного двигуна для цієї насосної станції, необхідно виконати серію розрахунків. Зокрема, слід визначити крутний момент та споживану потужність, які будуть потрібні для ефективного приводу насосного агрегату.

Теоретичний крутний момент на валу насоса обчислюється за формулою [9]:

$$M_H = 1,59 \cdot P \cdot V \quad (3.5)$$

Де V_H – об'ємна продуктивність насоса, в см^3 ($V_H = 10 \text{ см}^3$);

P – це робочий тиск гідравлічної рідини в порожнинах головки блока, виражений в МПа, ($P = 0,12 \text{ МПа}$).

$$M_n = 1,59 \cdot 1,2 \cdot 10^2 \cdot 0,01 = 1,9 \text{ Нм}$$

Фактичний крутний момент, що буде прикладений до валу насоса з урахуванням гідромеханічних втрат, визначається як: Фактичний крутний момент, що буде прикладений до валу насоса з урахуванням гідромеханічних втрат, визначається як:

$$M_{н.ф.} = M_n / r_n, \quad (3.6)$$

Де r_n – це гідромеханічний коефіцієнт корисної дії насоса, прийнятий $r_n = 0,93$.

$$M_{н.ф.} = 1,9 / 0,93 = 2,05 \text{ Нм}$$

Вихідна потужність насоса розраховується згідно з джерелом [9]:

$$N_n = (P \cdot Q_n) / 612, \quad (3.7)$$

Де Q_n – це фактична продуктивність насоса, виміряна в л/хв. Спочатку визначимо фактичну подачу насоса за допомогою виразу :

$$Q_n = V_H \cdot \eta_n \cdot \zeta_{об.н.} \quad (3.8)$$

Де V_H – робочий об'єм насоса, см^3 становить 10 см^3 ;

η_n – частота обертання вала насоса, в обертах за хвилину, ($\eta_n = 1000 \text{ хв}^{-1}$);

$\zeta_{об.н.}$ – об'ємний коефіцієнт ефективності насоса, прийнятий $\zeta_{об.н.} = 0,9$.

$$Q_n = 0,01 \cdot 1000 \cdot 0,9 = 9 \text{ л/хв}$$

Таким чином, вихідна потужність насоса становить:

$$N_n = (1,2 \cdot 10^2 \cdot 9) / 612 = 1,8 \text{ кВт}$$

Нарешті, для визначення вхідної (привідної) потужності насоса скористаємося виразом [9]:

$$N_{н.ф.} = N_n / r_n, \quad (3.9)$$

Де r_n – це загальний коефіцієнт корисної дії насоса, що становить 0,8.

$$N_{н.ф.} = 1,8 / 0,8 = 2,3 \text{ кВт}$$

Підсумовуючи, виконані інженерні розрахунки переконливо демонструють функціональну ефективність та надійність розробленої конструкції стенда. Вони також чітко вказують на необхідність інтеграції в систему електричного двигуна моделі ЧА 100-L4-Y3 з номінальною потужністю 2,3 кВт та частотою обертання 1000 об/хв. Загалом, ретельний аналіз та обчислення для ключових, найбільш навантажених вузлів та елементів дозволяють гарантувати безперебійну роботу та високу експлуатаційну надійність всієї конструкції стенда.

3.5. Технічний опис та параметри конструкції

Сукупність інженерних характеристик випробувального стенда формується на підставі ключових показників, серед яких першочергове значення мають габаритні розміри та фізичні параметри конструкції. Ця інформація є абсолютно необхідною для коректного та оптимального вибору локації розміщення даної установки в межах загального технологічного ланцюга виробничого або ремонтного процесу.

Вичерпний перелік основних експлуатаційних параметрів та детальна характеристика розробленої конструкції стенда систематизовані та наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Зведені показники технічних та експлуатаційних характеристик стенда

Позначення характеристики / величини	Відповідна вимірна одиниця
Загальні геометричні параметри пристрою, мм	1800x850x1575
Кутова амплітуда обертання барабана, градусів.	270
Граничне зусилля притискних елементів, Н	400
Об'ємна місткість резервуара, м ³ /л	0,07 (70)
Величина робочого ходу притискної плити, мм	20
Випробувальний тиск під час проведення апробаційних випробувань, МПа	1,0

Більш того, наявність повного комплексу технічної документації та

детальних характеристик надає можливість ефективно здійснити вибір найбільш відповідної конфігурації стенда для його подальшої інтеграції та застосування у специфічних технологічних операціях, пов'язаних з ремонтом та обслуговуванням двигунів внутрішнього згоряння.

Водночас, володіння докладною інформацією щодо усіх визначальних показників істотно спрощує процес підбору аналогічних агрегатів або сумісних компонентів для їх оперативної заміни. Це є критично важливим у випадку виходу окремих вузлів з ладу, оскільки дозволяє значно мінімізувати період простоювання випробувального обладнання та забезпечити безперервність циклу ремонтних робіт над силовими агрегатами.

3.6. Оцінка рівня уніфікації та стандартизації

Суттєве підвищення технічного оснащення виробничих процесів є невід'ємною передумовою для значного зростання продуктивності праці та відчутного скорочення економічних витрат, особливо в галузі ремонтних робіт та сервісного обслуговування.

Грунтовний аналіз функціонування сучасних ремонтних підприємств чітко засвідчує критичну важливість прагнення до максимально широкого використання уніфікованих та стандартизованих компонентів під час розробки та виробництва різноманітних приладів і обладнання. Переважно, такі уніфіковані складові не лише вирізняються високою економічною доцільністю, але й забезпечують можливість багаторазового застосування. Це, своєю чергою, сприяє істотному скороченню загальних витрат та суттєвому розширенню технічного потенціалу виробничих потужностей. Завдяки інтеграції типових деталей та уніфікованих вузлів у конструкцію, наприклад, випробувального стенду, стає можливим не тільки оперативне проведення заміни несправних компонентів або пошкоджених елементів, але й значне покращення загального рівня уніфікації всього пристрою.

З метою об'єктивного кількісного визначення ступеня уніфікації, доцільно застосовувати спеціальний індикатор – коефіцієнт застосування, який розраховується за такою формулою:

$$k_{\text{пр}} = (n - n_0) / n * 100\% \quad (3.10)$$

Де n - це загальна сукупність типорозмірів усіх складових елементів виробу;

n_0 – повна кількість оригінальних, тобто неуніфікованих або унікальних, деталей.

Проведемо демонстративний розрахунок для нашого конкретного випадку. Параметри n і n_0 для приладу, що перебуває в стадії розробки, визначені як: $n = 22$ од., $n_0 = 6$ од.

$$k_{\text{пр}} = (22 - 6) / 22 * 100 = 72\%$$

Таким чином, отримане значення показника уніфікації (72%) суттєво перевищує мінімально встановлений рівень, зазначений у технічному завданні на проектування приладу. Це переконливо свідчить про те, що досягнутий ступінь уніфікації повністю відповідає всім висунутим проєктним вимогам та критеріям якості.

3.7. Регламент застосування розробленого стенда у виробництві

Практичне використання розробленого стаціонарного стенда для перевірки головки блока циліндрів на герметичність дозволяє повністю унеможливити випадкове встановлення на відновлюваний двигун внутрішнього згоряння дефектної головки, що має приховані мікротріщини чи наскрізні кавітаційні руйнування у внутрішній водяній сорочці охолодження. Це, у свою чергу, підвищує загальну якість виконання ремонтних робіт та експлуатаційну надійність відновлених двигунів внутрішнього згоряння.

Організація технологічного процесу передбачає, що головка блока циліндрів після проходження мийно-розбиральної дільниці транспортується на

пост ремонту та дефектації елементів газорозподільного механізму. Після завершення всіх операцій з розбирання та підготовки, корпус головки за допомогою консольного підйомного крана встановлюється на приймальні напрямні рольганга стенда, що забезпечує її плавне переміщення до робочої зони випробування.

Далі деталь позиціонується у зоні гідравлічного опресування та фіксується притискним механізмом стенда. Після завершення перевірки головка знову виводиться на рольганг і транспортується до відповідних ремонтних постів для подальших операцій відновлення або складання вузлів газорозподільної системи. Застосування консольно-поворотного крана, робоча зона якого охоплює декілька суміжних робочих місць, забезпечує оперативне та безпечне переміщення важких деталей між дільницями ремонту, дефектації та складання. Така організація внутрішньоцехової логістики значно зменшує час допоміжних операцій і скорочує простої обладнання.

У комплексі використання рольгангової системи та вантажопідіймального обладнання дозволяє підвищити ритмічність виробничого процесу, зменшити трудомісткість переміщення вузлів та забезпечити більш раціональне завантаження робочих постів ремонтної майстерні.

3.8. Висновки за розділом

Розроблена конструкція спеціалізованого стенда для перевірки головок блока циліндрів на герметичність базується на поєднанні пневматичної системи притискання та автономної насосної установки, що забезпечує надійну фіксацію деталі та стабільні умови проведення гідравлічних випробувань. Використання пневмоциліндра дозволяє швидко та безпечно здійснювати закріплення головки блока, а підтримання робочого тиску рідини на рівні близько $P_p = 0,1$ МПа гарантує високу точність контролю герметичності.

Застосування змінних адаптивних притискних плит і ущільнювальних елементів забезпечує універсальність стенда та можливість його використання для різних типів головок блоків циліндрів без значної переналадки обладнання. Збільшення робочого кута огляду до 270° суттєво покращує умови візуального контролю, підвищуючи достовірність виявлення можливих дефектів. Інтеграція роликів секцій рольганга в конструкцію стенда сприяє покращенню ергономічних характеристик робочого місця, знижує фізичне навантаження на персонал та скорочує допоміжний час, пов'язаний із встановленням і зняттям важких деталей. Це позитивно впливає на загальну продуктивність ремонтного процесу.

Виконані розрахунки підтвердили працездатність і надійність конструкції стенда. Встановлено доцільність використання трифазного асинхронного електродвигуна типу ЧА 100-L4-У3 потужністю 2,3 кВт із частотою обертання 1000 хв^{-1} , а також пневматичного циліндра з внутрішнім діаметром 55 мм, що забезпечує необхідні експлуатаційні параметри.

Загалом запропонована конструкція характеризується достатнім рівнем уніфікації та технологічності, а коефіцієнт пристосованості на рівні 72 % свідчить про її відповідність вимогам ремонтпридатності та промислової експлуатації.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Організаційні засади охорони праці у виробничих умовах

Розвиток та модернізація ремонтно-технічної бази сучасних аграрних підприємств потребує впровадження прогресивних технологічних процесів і використання сучасного сертифікованого обладнання, що дозволяє забезпечити належний рівень охорони праці, виробничої санітарії та техніки безпеки на робочих місцях. У зв'язку з цим зростає роль адміністрації підприємства та її відповідальність за реалізацію профілактичних організаційно-технічних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму, зниження ризиків нещасних випадків і покращення умов праці, а також забезпечення суворого дотримання вимог безпеки під час виконання ремонтно-відновлювальних робіт у майстерні.

Повну відповідальність за стан охорони праці, пожежної безпеки та виробничої санітарії несе керівник господарства, на якого покладено виконання функцій інженера з охорони праці відповідно до чинного законодавства та виданого внутрішнього наказу. Керівник забезпечує контроль за дотриманням вимог безпеки відповідно до Закону України «Про охорону праці» [11], організовує функціонування системи управління охороною праці, формує та підтримує матеріально-технічне забезпечення відповідних заходів, а також здійснює планування і фінансування робіт, спрямованих на профілактику професійних захворювань і покращення загальних умов праці.

У господарстві згідно з установленим порядком проводяться всі види інструктажів з охорони праці: вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий. Результати їх проведення обов'язково фіксуються у відповідних журналах обліку під підпис працівників. Між адміністрацією та працівниками укладено колективний договір, який регламентує питання покращення умов праці, санітарно-побутового забезпечення та соціального захисту персоналу.

Оскільки чисельність працівників у господарстві є невеликою, профспілкова організація не створена, а функції громадського контролю за станом охорони праці виконують уповноважені представники трудових колективів. Також керівництво підприємства здійснює постійний контроль за забезпеченням працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту, а також за своєчасною їх заміною відповідно до нормативних вимог.

4.2. Техніка безпеки при роботі на ділянці ремонту двигунів

На території спеціалізованого технічного центру, а саме у межах функціонування моторного відділу, безперервно здійснюється планове регламентне обслуговування та оперативний ремонт дизельних силових установок внутрішнього згоряння, що забезпечує надійну та безперебійну роботу сільськогосподарської техніки. Виконання таких робіт відзначається значною трудомісткістю та широким спектром технологічних операцій, що вимагає від персоналу суворого дотримання правил охорони праці, виробничої санітарії та техніки безпеки з метою недопущення травматизму та професійних захворювань.

Перед початком розбирання двигун у зборі обов'язково проходить ретельне очищення від забруднень, мастил та ґрунтових відкладень відповідно до встановленого технологічного процесу. Усі мийно-очисні операції повинні виконуватись працівниками виключно у спеціальному захисному одязі із застосуванням індивідуальних засобів захисту, що запобігають контакту шкіри з хімічними розчинами та впливу вологи. Під час слюсарно-складальних робіт важливо забезпечити наявність на кожному робочому місці спеціальної тари для тимчасового зберігання демонтованих деталей і вузлів. Інструмент має бути раціонально розміщений в межах зручної робочої зони відповідно до вимог ергономіки. Демонтаж і монтаж деталей із посадками під натяг, зокрема

клапанних пружин, втулок та підшипників, необхідно виконувати лише із застосуванням спеціальних знімачів, пресів та справного технологічного оснащення.

Частина операцій на дільниці виконується з використанням шліфувального верстата СШК-3, призначеного для обробки клапанів газорозподільного механізму. Перед початком роботи оператор зобов'язаний перевірити технічний стан шліфувального круга, наявність маркування та відповідність допустимій швидкості обертання. Забороняється використання круга з тріщинами, сколами або іншими дефектами, а також механічний ударний контроль його стану. Під час роботи необхідно контролювати рівномірність зношування круга по всій робочій поверхні. Для захисту очей від абразивного пилю та іскор працівник повинен використовувати захисні окуляри закритого типу.

При переміщенні важких вузлів і агрегатів в межах майстерні застосовується вантажопідіймальне обладнання, яке відноситься до підвищено небезпечного, тому воно має перебувати у справному стані та регулярно проходити перевірки. Стропи, канати та гачки підлягають обов'язковому технічному контролю і вилучаються з експлуатації у разі виявлення тріщин, деформацій, значного зносу або перевищення допустимої кількості обривів дротів.

Остаточні випробування та обкатка відремонтованих двигунів проводяться у спеціально обладнаних приміщеннях із вентиляційними системами примусового відведення вихлопних газів. Під час роботи на випробувальному стенді працівник повинен використовувати засоби індивідуального захисту, зокрема шумозахисні навушники та спеціальний одяг. Усі обертові та рухомі частини обладнання мають бути обов'язково закриті захисними кожухами для забезпечення безпеки персоналу

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Вихідною точкою для здійснення всебічних економічних розрахунків послужила наявна матеріально-технічна база. В межах даного дослідження було реалізовано детальний проєкт перепланування та модернізації дільниці з технічного обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння. Це нововведення відкрило шлях до суттєвого нарощування виробничих потужностей, дозволивши довести річну кількість ремонтів до п'ятдесяти агрегатів. Відповідно, штат основного виробничого персоналу було розширено до двох кваліфікованих слюсарів-мотористів. Для забезпечення функціонування оновленої дільниці було здійснено інвестиції у придбання ключового виробничого обладнання, загальна вартість якого склала 90000 гривень.

З метою всебічного аналізу економічної ефективності запропонованих інновацій та оцінки їхньої фінансової доцільності, було здійснено розрахунок низки ключових економічних індикаторів, зокрема:

Визначення сукупної вартості виконаних ремонтів (B_P). Цей показник є основою для подальшого аналізу рентабельності. Він розраховується як добуток планового річного обсягу ремонтних робіт на фіксовану вартість одного ремонтного циклу:

$$B_P = \eta \cdot B_{OP}, \quad (5.1)$$

Де $\eta^B, \eta^П$ - обсяг ремонтних операцій для базового та проектного варіантів відповідно ($\eta^B = 28$ двигунів, $\eta^П = 50$ двигунів);

B_{OP} — уніфікована вартість повного циклу ремонту одного двигуна, що становить 15000 грн.

На основі цих даних отримуємо:

Базовий варіант:

$$B_P^B = 28 \text{ двигунів} \cdot 15\,000 \text{ грн/двигун} = 420\,000,0 \text{ грн.}$$

Проектний варіант:

$$B_{P\Pi} = 50 \text{ двигунів} \cdot 15000 \text{ грн/двигун} = 750000,0 \text{ грн.}$$

Загальні експлуатаційні витрати, які охоплюють усі прямі та непрямі операційні видатки, необхідні для функціонування ділянки, визначаються за формулою:

$$E_B = Z_{\Pi} + A + B_{EЛ} + B_{P.OБ} + B_{З.Ч} + I_B \quad (5.2)$$

Де A — амортизаційні відрахування на основні засоби (обладнання), грн;

Z_{Π} — сумарні витрати на заробітну плату персоналу з усіма нарахуваннями, грн;

$B_{P.OБ}$ — видатки на технічне обслуговування та ремонт виробничого обладнання, грн;

I_B — інші ймовірнісні операційні видатки, які становлять 5% від суми всіх вищезазначених витрат;

$B_{EЛ}$ — вартість спожитої електричної енергії, грн;

$B_{З.Ч}$ — витрати на придбання запасних частин та комплектуючих, грн.

Визначення фонду оплати праці персоналу (Z_{Π}). Ця категорія витрат включає основну заробітну плату та відрахування на соціальні заходи:

$$Z_{\Pi} = Z_{CP} \cdot K_P \cdot 12 + Z_{\Pi.H}, \quad (5.3)$$

Де K_P — кількість задіяних робітників (у базовому варіанті — 1 особа, у проектному — 2 особи);

Z_{CP} — середньомісячна заробітна плата одного працівника, яка в обох варіантах становить 9000 грн;

$Z_{\Pi.H}$ — нарахування на фонд заробітної плати, що дорівнюють 22% від річного фонду оплати праці ($Z_{\Pi.H} = 0,22 \cdot (Z_{CP} \cdot K_P \cdot 12)$).

Розрахунки демонструють:

Базовий варіант (без нарахувань):

$$9000 \text{ грн/міс.} \cdot 1 \text{ чол.} \cdot 12 \text{ міс.} = 108000,0 \text{ грн.}$$

Проектний варіант (без нарахувань):

$$9000 \text{ грн/міс.} \cdot 2 \text{ чол.} \cdot 12 \text{ міс.} = 216000,0 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату становитимуть:

Базовий варіант:

$$0,22 \cdot 108\,000 = 23760,0 \text{ грн.}$$

Проектний варіант:

$$0,22 \cdot 216\,000 = 47520,0 \text{ грн.}$$

Таким чином, сукупні витрати на заробітну плату з нарахуваннями складуть:

Базовий варіант:

$$З_{\Pi}^B = 108000,0 + 23760,0 = 131760,0 \text{ грн.}$$

Проектний варіант:

$$З_{\Pi}^{\Pi} = 216000,0 + 47520,0 = 263520,0 \text{ грн.}$$

Сума амортизації розраховується як відсоток від балансової вартості обладнання:

$$A_{\text{обл}} = (C_{\text{Б.ОБ.}} \cdot H_A) / 100 \quad (5.4)$$

Де H_A — встановлена норма амортизації, що становить 21,93%;

$C_{\text{Б.ОБ.}}$ — балансова вартість виробничого обладнання (для базового варіанта — 80000 грн, для проектного — 90000 грн).

Відповідно, амортизаційні витрати будуть:

Базовий варіант:

$$(80000 \cdot 21,93) / 100 = 17544,0 \text{ грн.}$$

Проектний варіант:

$$(90\,000 \cdot 21,93) / 100 = 19737,0 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію обчислюються з урахуванням потужності обладнання, освітлення та часу їх роботи:

$$B_E = (N_{\text{обл.}} \cdot t_{\text{обл.}} + N_{\text{осв.}} \cdot t_{\text{осв.}}) \cdot T_v, \quad (5.5)$$

Де $t_{\text{осв.}}$ — річний час роботи освітлення, 2010 год.;

$N_{\text{обл.}}$ — потужність основного технологічного обладнання (для базового — 14,0 кВт, для проектного — 18,0 кВт);

T_v — тарифна вартість 1 кВт·год електроенергії, 1,96 грн/кВт·год;

$t_{\text{обл.}}$ — річний час роботи обладнання, 1500 год.;

$N_{\text{осв.}}$ — потужність системи освітлення (для базового — 1,9 кВт, для проєктного — 2,1 кВт).

Розраховані витрати на електроенергію становлять:

$$B_E^B = (14,0 \cdot 1500 + 1,9 \cdot 2010) \cdot 1,96 = 48654,2 \text{ грн}$$

$$B_E^P = (18 \cdot 1500 + 2,1 \cdot 2010) \cdot 1,96 = 61193,2 \text{ грн}$$

Витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання. Ці видатки оцінюються як частка амортизаційних відрахувань:

$$B_{P.OB} = (A \cdot 30) / 100 \quad (5.6)$$

Де A — амортизаційні відрахування.

Відповідні значення:

Базовий варіант:

$$B_{P.OB}^B = (17\,544,0 \cdot 30) / 100 = 5592,2 \text{ грн.}$$

Проєктний варіант:

$$B_{P.OB}^P = (19\,737,0 \cdot 30) / 100 = 5921,1 \text{ грн.}$$

Видатки на запасні частини та матеріали приймаються як 50% від суми заробітної плати з нарахуваннями:

$$B_{3.ч.} = 0,5 \cdot 3_{\Pi} \quad (5.7)$$

Розрахунки:

Базовий варіант:

$$B_{3.ч.} = 0,5 \cdot 131\,760,0 = 65\,880,0 \text{ грн.}$$

Проєктний варіант:**

$$B_{3.ч.} = 0,5 \cdot 263\,520,0 = 131\,760,0 \text{ грн.}$$

Інші операційні витрати. Ця категорія включає видатки на спецодяг, інструменти, заходи з охорони праці, протипожежні заходи тощо, і становить 5% від суми прямих експлуатаційних витрат:

$$I_B = 0,05 \cdot (3_{\Pi} + A + B_{EL} + B_{P.OB} + B_{3.ч.}) \quad (5.8)$$

Розраховані значення:

$$I_B^B = 0,05 \cdot (131\,760,0 + 18\,640,5 + 48\,654,2 + 5\,592,2 + 65\,880,0) = 13\,526,4 \text{ грн}$$

$$I_B^B = 0,05 \cdot (263520,0 + 19737,0 + 61193,2 + 5921,1 + 131760,0) = 24106,6 \text{ грн}$$

Підсумовуючи всі складові, отримуємо загальні експлуатаційні витрати (згідно з виразом 5.2):

Базовий варіант

$$E_B^B = 131760,0 + 18640,5 + 48654,2 + 5592,2 + 65880,0 + 13526,4 = 284153,3 \text{ грн}$$

Проектний варіант

$$E_B^P = 263520,0 + 19737,0 + 61193,2 + 5921,1 + 131760,0 + 24106,6 = 506237,9 \text{ грн}$$

Повна собівартість ремонтних послуг враховує експлуатаційні витрати та накладні видатки, які складають додатково 2%:

$$C_P = E_B \cdot 1,02 \quad (5.9)$$

Відповідно:

Базовий варіант:

$$C_P^B = 284053,3 \cdot 1,02 = 289734,4 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

$$C_P^P = 506237,9 \cdot 1,02 = 516362,7 \text{ грн}$$

Загальний прибуток є одним з основних індикаторів фінансової успішності підприємства. Він розраховується як різниця між усією отриманою виручкою від реалізації продукції та повною собівартістю виробленої продукції або наданих послуг. Ця залежність виражається формулою:

$$\Pi_{ЗАГ} = B_P - C_P, \quad (5.10)$$

Проаналізувавши два сценарії – базовий та проектний – отримано такі результати:

$$\Pi_{ЗАГ}^B = 420000,0 - 289734,4 = 130265,6 \text{ грн}$$

$$\Pi_{ЗАГ}^P = 750000,0 - 516362,7 = 233637,3 \text{ грн}$$

Додатковий прибуток відображає прирощення фінансового результату, отримане саме завдяки реалізації інвестиційного проекту. Він визначається як різниця між загальним прибутком, отриманим у проектному варіанті (ППЗАГ), та загальним прибутком базового сценарію (ПБЗАГ). Формула для розрахунку:

$$Д_{\Pi} = \Pi_{ЗАГ}^P - \Pi_{ЗАГ}^B \quad (5.11)$$

$$Д_{\Pi} = 233637,3 - 130265,6 = 103371,7 \text{ грн}$$

Термін окупності є важливим показником інвестиційної привабливості, що вказує на період часу, протягом якого початкові інвестиції повністю компенсуються за рахунок отриманого додаткового прибутку. Він розраховується як відношення обсягу капітальних вкладень до додаткового прибутку. Формула має вигляд:

$$T_o = C_{\text{Б.ОБ.}} / Д_{\Pi} \quad (5.12)$$

Враховуючи обсяг капіталовкладень у 80000 грн для проєктного варіанту та обчислений додатковий прибуток, термін окупності становить:

$$T_o = 80000 \text{ грн} / 103371,7 \text{ грн} \approx 0,8 \text{ року}$$

Усі отримані показники та їх порівняння між базовим та проєктним варіантами детально представлені в таблиці 5.1. Ця таблиця візуалізує економічну ефективність запропонованих змін. Аналіз даних, представлених у таблиці демонструє економічну доцільність імплементації інноваційних заходів з модернізації технологічного процесу ремонту двигунів внутрішнього згоряння.

Зокрема, проєктний варіант передбачає скорочення обсягу капітальних інвестицій до 80000 грн порівняно з базовим рівнем у 90000 грн. При цьому відбувається суттєве нарощування річної виробничої програми на 44%, досягаючи 50 одиниць відремонтованих виробів проти 28 у базовому сценарії. Збільшення кількості основного виробничого персоналу на 1 особу (до 2 осіб) є пропорційним до зростання обсягів роботи. Хоча загальні експлуатаційні витрати зростають до 506237,9 грн (приріст на 43,9%), це зростання корелює зі значним збільшенням обсягів наданих послуг. Структура витрат демонструє зростання по всіх статтях, зокрема, заробітна плата з нарахуваннями та витрати на запасні частини збільшуються на 50%, що безпосередньо пов'язано з розширенням масштабу діяльності. Повна собівартість робіт також зростає до 516362,7 грн.

Таблиця 5.1

Індикатори економічної результативності діяльності

Індикатори	Сценарії		Динаміка змін	
	Пропонований	Традиційний	Δ Відносн., %	Δ Абсолют., ±
Приріст прибутку, гривень	103371,7	-	-	-
Прейскурантна вартість за одиницю, гривень	15000,0	15000,0	-	-
Сукупні операційні витрати, гривень	506237,9	284053,3	43,9	+222184,6
Операційні витрати на ремонт, гривень:				
- витрати на оплату праці з відрахуваннями	263520,0	131760,0	50,0	+1096,5
- витрати на енергоносії	61193,2	48654,2	20,5	+12539,0
- амортизаційні відрахування на устаткування	19737,0	18640,5	5,5	+5482,5
- вартість комплектуючих та запасних частин	131760,0	65880,0	50,0	+65880,0
- технічне обслуговування та ремонт устаткування	5921,1	5592,2	5,5	+328,9
- супутні витрати	24106,6	13526,4	43,9	+10580,2
Чисельність основного виробничого персоналу, осіб	2	1	50,0	+1
Сукупний річний прибуток, гривень	233637,3	130265,6	44,2	+103371,7
Повна виробнича собівартість послуг, гривень	516362,7	289734,4	43,9	+226628,3
Обсяг інвестиційного капіталу, гривень	80000	90000	-	-
Річний обсяг ремонтних робіт, одиниць	50	28	44,0	+22
Період окупності капітальних інвестицій, років	0,8	-	-	-

Це становить додатковий прибуток у розмірі 103371,7 грн порівняно з базовим сценарієм приріст на 44,2%. Феноменально короткий термін окупності капітальних вкладень, який становить 0,8 року, є переконливим свідченням фінансової привабливості та високої ефективності запропонованих рішень.

Загалом, ці дані підтверджують, що імплементація модернізаційних заходів з удосконалення технології ремонту двигунів внутрішнього згоряння не лише суттєво підвищує виробничі показники (річну програму на 44%), але й забезпечує значне фінансове покращення, проявляючись у річному прибутку в 233637,3 грн та надзвичайно швидкій окупності капітальних інвестицій за 0,8 року, що беззаперечно свідчить про високу економічну ефективність та обґрунтованість проектних пропозицій

ВИСНОВКИ

Розроблення загального технологічного процесу виконання ремонтно-обслуговувальних робіт дозволило встановити раціональний технологічний взаємозв'язок між основними виробничими дільницями майстерні та моторним відділенням. Це забезпечує ефективніше використання виробничих площ і створює передумови для збільшення обсягів ремонту двигунів без додаткового розширення ремонтної бази. Проектування поопераційного технологічного процесу ремонту двигунів дало можливість сформувати спеціалізовані робочі зони для відновлення деталей газорозподільного механізму та шатунно-поршневої групи. Така організація виробництва сприятиме підвищенню якості ремонтних робіт, скороченню непродуктивних витрат часу та покращенню умов праці персоналу.

У процесі проектування визначено оптимальний кількісний і якісний склад основного та допоміжного технологічного обладнання, що дозволило обґрунтувати необхідну площу моторного відділення. В межах дипломного проекту розроблено оригінальну конструкцію стенда для перевірки головок блоків циліндрів на герметичність. Запропонована конструкція передбачає використання пневматичної системи притискання та автономної насосної станції, що забезпечує створення стабільного випробувального тиску рідини на рівні близько ($P_p = 0,1$) МПа. Це дозволяє значно підвищити якість дефектувальних операцій і надійність контролю технічного стану головок блоків циліндрів.

Використання комплекту змінних адаптивних притискних плит забезпечує універсальність стенда та можливість його застосування для різних типів двигунів. Збільшення кута огляду деталі покращує умови проведення візуального контролю та підвищує точність виявлення дефектів. Додаткове оснащення конструкції роликowymi секціями рольганга дозволяє зменшити фізичне навантаження на працівників під час монтажу й демонтажу головок блоків циліндрів. Виконані перевірочні розрахунки підтвердили працездатність та міцність основних елементів конструкції. Для забезпечення стабільної

роботи станда рекомендовано використання трифазного асинхронного електродвигуна марки ЧА 100-L4-У3 потужністю 2,3 кВт із частотою обертання 1000 хв^{-1} , а також пневматичного циліндра з внутрішнім діаметром поршня 55 мм. Проведена уніфікаційна оцінка конструкції показала високий рівень пристосованості обладнання до умов експлуатації, коефіцієнт якої становить 72 %, що відповідає чинним вимогам щодо ремонтпридатності та технологічності обладнання.

Економічна оцінка проєкту підтвердила ефективність запропонованих організаційно-технічних рішень. У результаті впровадження удосконаленої технології ремонту двигунів річна виробнича програма збільшується на 44 %, а очікуваний річний прибуток становить 233637,3 грн. Розрахований термін окупності капіталовкладень складає лише 0,8 року, що свідчить про високу економічну доцільність та практичну ефективність реалізації запропонованого проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання [підручник] / В. І. Дирда., П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко, Є. В. Калганков та ін. 5 осіб // – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.
2. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / Упор. В. Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. – 348 с.
3. Хітров І. О., Гавриш В. С. Ремонт машин і обладнання: Навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2012. – 184 с.
4. Дирда В. І. Технологія ремонту машин [підручник] / А. С. Кобець, В. І. Дирда., С. П. Сокол, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. 4 особи // – Дніпро: Журфонд, 2017. – 160 с.
5. Ремонт машин. Підручник / За ред. О. І. Сідашенка, А. Я. Поліського–Х. : Міськдрук, 2010. – 744 с.
6. Практикум з ремонту машин. / За ред. О. І. Сідашенка, О. В. Тіхонов. – Х. : ХНТУСГ, 2007. – 415с.
7. Кулінченко, В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід : підручник / В. Р. Кулінченко. – Київ: ІНК ОС, Центр навчальної літератури, 2006. - 616 с.
8. Філатов Г. В. Опір матеріалів в задачах і прикладах : Розрахунок статично визначуваних стержневих систем Кн. 1 : Навч. посіб. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. – 360 с.
9. Закон України «Про охорону праці». – Відомості Верховної Ради України, – 1992, № 49. – 668 с. – К.: Каравела, 2009 – 368 с.