

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри
технічного сервісу та інженерного
менеджменту імені
М. П. Момотенка

_____ Руслан ШАТРОВ

« _____ » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Розробка конструкції стенду обкатки двигуна тракторів ХТЗ»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Гарант освітньої програми

_____ д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

_____ Володимир БУЛГАКОВ
(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н., доцент

_____ Надточій Олександр Васильович

Виконав

_____ Юпатов Євгеній Олександрович

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного менеджменту

імені М. П. Момотенка

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Юпатову Євгенію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Розробка конструкції
стенду обкатки двигуна тракторів ХТЗ»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «15» квітня 2026 р. № 1044
«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20 травня 2026 року

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Матеріали первинного
бухгалтерського обліку, нормативно-методичні матеріали, науково-технічна
література

Перелік питань, які потрібно розробити:

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕТАПУ ОБКАТКИ ТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ
ХТЗ ТА МЕТОДИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ДВИГУНА ДЛЯ ПЕРІОДУ ОБКАТКИ
ТРАКТОРІВ

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК БАЗИ ДВИГУНА НА ЕТАПІ ОБКАТКИ ДЛЯ ТРАКТОРІВ ХТЗ

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Перелік графічних документів: **Електронна презентація на 14 слайдів**

Дата видачі завдання «06» січня 2026 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Надточій Олександр Васильович

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Юпатов Євгеній Олександрович

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота написана на тему «Розробка конструкції стенду обкатки двигуна тракторів ХТЗ» за навчальною програмою 133 «Галузеве машинобудування».

У цій роботі аналізується підвищення ефективності процесу обкатки двигунів тракторів ХТЗ після ремонту, шляхом розробки спеціального випробувального стенду. Важливість даної теми виправдана, оскільки якісна обкатка двигуна після ремонту дозволяє правильно зібрати компоненти, перевірити правильність складання, виявити можливі дефекти та підвищити надійність подальшої експлуатації трактора.

У першому розділі аналізується сучасний стан процедур обкатки двигунів тракторів ХТЗ, розглядаються види та методи обкатки, характеристики двигунів як об'єктів випробувань та методи, доступні для проведення подальших перевірок. Визначено основні вимоги до процедури обкатки двигуна.

У другій частині розробляється реалізація випробувального стенду, який включає конструкцію, опору двигуна, вузол зчеплення, навантажувальний пристрій, систему подачі палива, систему охолодження, систему випуску, а також системи керування та вимірювання.

У третій частині було виконано розрахунок несучої конструкції. Було визначено навантаження на шасі та кріплення двигуна, розраховано крутний момент, а також перевірено міцність та жорсткість вузла, болтових з'єднань та шасі. Результати розрахунку підтвердили працездатність та надійність запропонованої конструкції.

У четвертому розділі розглядається робоче середовище під час експлуатації випробувального стенду. Аналізуються небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пропонуються заходи безпеки та формулюються вимоги до електробезпеки, пожежної безпеки, вентиляції, освітлення та засобів індивідуального захисту.

У п'ятому розділі представлено техніко-економічну оцінку розробки. Це включає визначення орієнтовної вартості виробництва системи, річної економії в результаті її впровадження, терміну окупності та співвідношення витрат і вигод.

Практичне значення проекту полягає в можливості використання запропонованої підтримки в ремонтно-технічних майстернях, центрах технічної допомоги, навчальних центрах та сільськогосподарських підприємствах, що виконують ремонтно-технічні роботи на тракторах ХТЗ.

Ключове слово:Трактор ХТЗ, двигун, введення, опора, огляд після ремонту, навантажувальний пристрій, шасі, зчеплення, технічне обслуговування, ремонт, охорона праці, економіка.

\ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕТАПУ ОБКАТКИ ТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ХТЗ ТА МЕТОДИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ.....	10
1.1. Важливість роботи двигуна після ремонту.....	10
1.2. Характеристики двигунів тракторів ХТЗ як рухомих об'єктів.....	11
1.3. Види та методи обкатки двигуна.....	13
1.4. Аналіз існуючих обкатних установок двигунів.....	14
1.5. Вимоги до блокувальної основи двигунів тракторів ХТЗ.....	16
1.6. Обґрунтування необхідності розробки випробувального стенду для експлуатації двигунів трактора ХТЗ.....	19
Висновки з розділу 1.....	21
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ДВИГУНА ДЛЯ ПЕРІОДУ ОБКАТКИ ТРАКТОРІВ.....	23
2.1. Призначення та загальна характеристика виконавчої частини органу.....	23
2.2. Обґрунтування дизайну стенду.....	24
2.3. Розробка допоміжної структури.....	25
2.4. Розробка бази двигуна.....	27
2.5. Вибір зарядного пристрою.....	28
2.6. Розробка збірки.....	30
2.7. Розвиток системи енергопостачання.....	31
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК БАЗИ ДВИГУНА НА ЕТАПІ ОБКАТКИ ДЛЯ ТРАКТОРІВ ХТЗ.....	40
3.1. Вихідні дані для розрахунку плану експерименту.....	40

3.2. Визначення загального навантаження конструкції.....	41
3.3. Розрахунок навантаження на опори двигуна.....	42
3.4. Розрахунок крутного моменту двигуна.....	44
3.5. Розрахунок схеми з'єднання.....	45
3.6. Розрахунок гвинтових з'єднань основи двигуна.....	47
3.7. Перевірка опору материнської плати.....	48
3.8. Розрахунок конструкції на вигин.....	49
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА НА РОБОЧОМУ МІСЦІ.....	56
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	
ПРОЕКТУ.....	67
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво значною мірою залежить від технічного стану машин і тракторів. Трактори ХТЗ широко використовуються в аграрному секторі та використовуються для виконання високоенергоємних завдань у сільському господарстві, транспорті, вантажній та допоміжній діяльності. Їх експлуатаційна надійність безпосередньо впливає на продуктивність виробничих процесів, життєвий цикл підприємства, витрату палива та загальну ефективність роботи машин.

Одним з найважливіших компонентів трактора є двигун внутрішнього згоряння. Від його технічного стану залежить продуктивність машини, витрата палива, плавність ходу, термін служби її основних вузлів та експлуатаційна надійність трактора. Під час безперервної роботи двигун піддається значним механічним, тепловим та динамічним навантаженням. Це призводить до зносу циліндропоршневого вузла, колінчастого вала, системи подачі палива та компонентів систем змащення та охолодження.

Після ремонту двигуна процес обкатки є надзвичайно важливим. Він включає поступове встановлення відремонтованих або замінених деталей, перевірку правильності встановлення, моніторинг ключових робочих параметрів та виявлення будь-яких дефектів перед встановленням двигуна в трактор. Якщо двигун буде введено в експлуатацію одразу після ремонту, без попередньої обкатки, це може призвести до прискореного зносу, перегріву, низького тиску оливи, збільшення витрати палива, втрати потужності або повторного ремонту.

У ремонтно-технічних майстернях обкатка двигунів іноді виконується на застарілому обладнанні або без належного контролю робочих параметрів. Це ускладнює виявлення прихованих несправностей, знижує якість ремонту, збільшує витрати праці та підвищує ризик повторних поломок. Тому

рекомендується розробити спеціальний план обкатки тракторів ХТЗ, який забезпечує надійне встановлення двигуна, контрольоване створення навантаження, контроль ключових параметрів та безпечне проведення післяремонтних випробувань.

Тема цієї магістерської роботи є важливою та пов'язана з підвищенням якості ремонту двигунів тракторів ХТЗ шляхом використання лабораторного обладнання для контрольованих процедур обкатки після ремонту. Використання такої лабораторії скорочує час на огляд двигуна, зменшує кількість капітально відремонтованих двигунів, підвищує надійність подальшої експлуатації та знижує витрати ремонтного підприємства.

Метою цієї дипломної роботи є підвищення ефективності роботи двигунів тракторів ХТЗ під час обкатки після ремонту, шляхом розробки випробувального стенду, що забезпечує монтаж, навантаження, контроль робочих параметрів та безпечні випробування двигуна після ремонту.

Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

– Аналіз сучасного стану процесу обкатки двигуна трактора ХТЗ та методів його реалізації; – Визначення основних вимог до обкатного стенду; – Розробка конструкції обкатного стенду двигуна трактора ХТЗ; – Обґрунтування конструктивної схеми випробувального стенду та його основних компонентів; – Розрахунок основних конструктивних елементів випробувального стенду; – Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки під час експлуатації випробувального стенду; – Проведення техніко-економічного обґрунтування впровадження розробки.

Тема дослідження – процес обкатки двигуна після ремонту тракторів ХТЗ.

Предметом дослідження є конструктивні параметри моторного відсіку трактора ХТЗ, приводного агрегату, навантажувального пристрою, монтажних елементів та систем керування робочими параметрами.

Під час виконання роботи були використані методи аналізу технічної літератури, порівняння існуючих механізмів, що працюють з двигунами, проектування, статичного розрахунку, техніко-економічної оцінки та аналізу вимог до робочого середовища.

Практичне значення цієї роботи полягає в розробці випробувального стенду, який може бути використаний у ремонтно-технічних майстернях, центрах технічної допомоги, навчальних центрах та сільськогосподарських підприємствах, що здійснюють ремонт та технічне обслуговування тракторів ХТЗ. Запропонований випробувальний стенд покращує якість післяремонтних перевірок двигуна, забезпечує контрольовані процеси обкатки, знижує трудомісткість робіт та підвищує безпеку роботи сервісних техніків.

Тому розробка проекту бази розбирання двигунів тракторів ХТЗ є актуальним технічним проектом, що має практичне значення для підвищення ефективності ремонту та експлуатаційної надійності тракторів.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕТАПУ ОБКАТКИ ТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ХТЗ ТА МЕТОДИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ.

1.1. Важливість роботи двигуна після ремонту

Двигун внутрішнього згоряння є одним з найважливіших компонентів трактора. Його технічний стан визначає надійність, продуктивність, економію палива та загальну продуктивність машини. У тракторах ХТЗ двигун служить основним джерелом енергії та забезпечує рух машини, а також роботу трансмісії, гідравлічної системи, обладнання та інших механізмів.

Двигуни тракторів під час роботи зазнають значних механічних, термічних та динамічних навантажень. Умови експлуатації сільськогосподарської техніки є особливо вимогливими, оскільки вона часто використовується в запиленому середовищі зі змінними навантаженнями, високими температурами, тривалими робочими циклами та обмеженими можливостями швидкого технічного обслуговування. Це призводить до зносу компонентів циліндропоршневого вузла, приводу колінчастого вала, розподілу палива, подачі палива та систем змащення та охолодження.

На рисунку 1.1 наведено огляд трактора ХТЗ з працюючим двигуном після ремонту.



Рисунок 1.1 - Загальний вигляд трактора ХТЗ

Після ремонту двигуна важливим кроком є процес обкатки. Під час обкатки двигун працює контрольовано у визначених режимах роботи для визначення місць тертя поверхонь, перевірки правильного вирівнювання, виявлення потенційних несправностей та оцінки ключових показників продуктивності.

Протягом періоду обкатки деталі, замінені або відремонтовані під час капітального ремонту, поступово зношуються. Це включає поршневі кільця, гільзи циліндрів, підшипники, шків колінчастого вала, клапани, штовхачі, розподільні вали, ведучі шестерні та інші компоненти. Якщо двигун працює на повному навантаженні одразу після капітального ремонту, без попереднього періоду обкатки, це може призвести до сильного зносу, перегріву, низького тиску оливи, збільшення витрати палива, втрати потужності або навіть повної відмови двигуна.

Найважливішими завданнями під час обкатки двигуна є: забезпечення правильного кріплення поверхонь тертя, перевірка герметичності з'єднань, контроль тиску масла, контроль температури охолоджувальної рідини, перевірка роботи системи подачі палива, контроль стабільності обертання колінчастого вала, виявлення будь-яких дивних звуків, вібрацій та витоків робочих рідин, а також підготовка двигуна до подальшої експлуатації.

Тому перевірка роботи двигуна після ремонту трактора ХТЗ є необхідною технічною процедурою. При правильному виконанні ця перевірка продовжує термін служби двигуна, зменшує ймовірність передчасних поломок та забезпечує стабільну роботу трактора за нормальних умов експлуатації.

1.2. Характеристики двигунів тракторів ХТЗ як рухомих об'єктів

Трактори ХТЗ широко використовуються в сільському господарстві, будівництві, транспорті та інших галузях промисловості. Вони характеризуються високою ефективністю, універсальністю, простотою

обслуговування та можливістю використання з різними машинами та причепами.

На трактори ХТЗ може бути встановлено кілька дизельних двигунів зі схожими принципами роботи та конструктивними особливостями. Ці двигуни характеризуються роботою на дизелі, високим ступенем стиснення, високим навантаженням на колінчастий вал, рідинною системою охолодження, змащенням під тиском та подачею палива під високим тиском.

Основними системами дизельного двигуна трактора ХТЗ є паливна система, система змащення, система охолодження, система запуску, система розподілу відпрацьованих газів, механізм колінчастого вала та система випуску. Кожну з цих систем слід перевіряти в період запуску.

На рисунку 1.2 зображено схему основних систем дизельного двигуна трактора КТЗ.



Рисунок 1.2 – Основні системи дизельного двигуна трактора ХТЗ

Під час обкатки після ремонту особлива увага приділяється контролю частоти обертання колінчастого вала, тиску масла в системі змащення, температури охолоджувальної рідини, температури масла, витрати палива, стабільності роботи двигуна, рівня вихлопних газів, а також шуму та вібрації.

Для двигунів тракторів ХТЗ важливо, щоб процес обкатки проводився не лише на холостому ході, а й під навантаженням. Це пояснюється тим, що деякі

несправності можуть виникати лише при збільшенні крутного моменту або зміні температури. Тому процес обкатки повинен забезпечувати контрольоване навантаження та контроль основних робочих параметрів двигуна.

1.3 Види та методи обкатки двигуна

Обкатка двигуна після ремонту може бути виконана кількома способами, залежно від технічних можливостей компанії, типу двигуна, цільового призначення машини та вимог контролю якості.

Основні процедури обкатки - це холодна обкатка, гаряча обкатка без навантаження, гаряча обкатка з навантаженням та перевірочне випробування. Під час холодної обкатки двигун не працює самостійно. Натомість колінчастий вал приводиться в рух від зовнішнього джерела живлення. Під час гарячої обкатки без навантаження двигун працює на холостому ході або з невеликим навантаженням. Гаряча обкатка з навантаженням дозволяє оцінити роботу двигуна в умовах, близьких до робочих. Перевірочне випробування проводиться після завершення основної процедури обкатки, щоб дати остаточну оцінку технічного стану двигуна.

Класифікація типів обкатки двигуна після ремонту показана на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Класифікація типів обкатки двигуна після ремонту

Процедури обкатки слід змінювати поступово. Спочатку двигун працює на найнижчій швидкості та без навантаження. Потім швидкість і навантаження поступово збільшуються. Цей метод дозволяє уникнути різкого підвищення температури та перевантаження компонентів, які ще не повністю обкатані.

Послідовність етапів обкатки двигуна показано на рисунку 1.4.

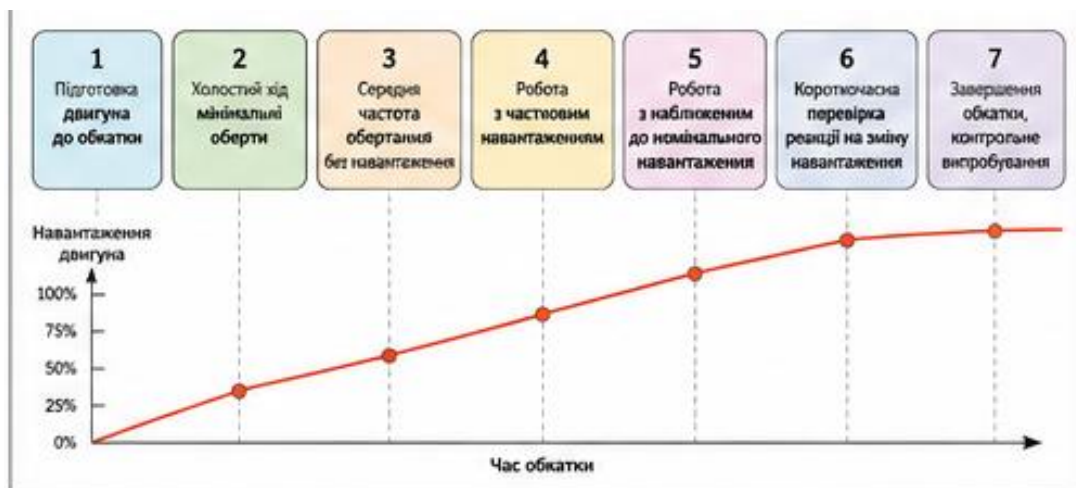


Рисунок 1.4 – Послідовність обкатки двигуна

Типові контрольовані операції під час фази обкатки включають роботу на мінімальній швидкості, роботу на середній швидкості, роботу на номінальній швидкості, роботу з частковим навантаженням, роботу з навантаженням, близьким до номінального, та короткочасні випробування реакції двигуна на зміни навантаження.

Параметри двигуна необхідно контролювати на всіх режимах роботи. Якщо перевищено допустиму температуру, або виявлено падіння тиску масла, незвичайні шуми, сильну вібрацію або витіки, обкатку слід перервати та провести додаткові перевірки.

1.4. Аналіз існуючих обкатних установок двигунів.

Спеціальні випробувальні стенди використовуються під час періоду обкатки двигуна для забезпечення правильного встановлення двигуна, процесу

запуску, створення навантаження, контролю параметрів та безпечного випробування.

Стенди для обкатки двигунів відрізняються конструкцією, типом навантажувального пристрою, ступенем автоматизації, методами вимірювання та цільовим призначенням. За цільовим призначенням їх можна класифікувати як універсальні, спеціальні, мобільні, стаціонарні та лабораторні випробувальні стенди. Залежно від типу навантажувального пристрою випробувальні стенди поділяються на механічні, електричні, гідравлічні, пневматичні та комбіновані системи.

Класифікація етапів обкатки двигуна показана на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Класифікація фаз обкатки двигуна

Механічні тензодатчики мають просту конструкцію, але їхня здатність точно регулювати навантаження обмежена. Електричні тензодатчики дозволяють досить точне регулювання, але можуть бути дорогими та мати складну електричну складову. Гідравлічні тензодатчики є поширеним вибором для стендів для обкатки двигунів, оскільки вони забезпечують безперервне регулювання навантаження, достатню надійність та придатність для двигунів різних класів потужності.

Основні компоненти стенду для обкатки двигуна включають раму, кріплення двигуна, опору двигуна, зчеплення, зарядний пристрій, систему

подачі палива, систему охолодження, систему випуску, панель керування, систему контролю та вимірювання, захисні пристрої та панель керування.

На рисунку 1.6 показано огляд бази двигуна трактора ХТЗ.



Рисунок 1.6 – Огляд бази впускного колектора трактора ХТЗ.

Аналіз існуючих випробувальних стендів показує, що більшість обладнання є дорогим, складним за конструкцією або недостатньо адаптованим до конкретних двигунів тракторів ХТЗ. Тому необхідно розробити випробувальний стенд, спеціально розроблений для періоду обкатки двигунів тракторів ХТЗ, який би включав достатню жорсткість, безпечну конструкцію, інтуїтивно зрозумілу систему керування та можливість контролю важливих параметрів двигуна.

1.5. Вимоги до блокувальної основи двигунів тракторів ХТЗ

Кріплення двигуна для трактора ХТЗ повинні відповідати технічним, функціональним, ергономічним та безпековим вимогам. Його конструкція повинна забезпечувати надійне кріплення двигуна, можливість створення змінних навантажень, контроль робочих параметрів та безпечну експлуатацію бригадою з обслуговування.

Основні технічні вимоги до випробувального стенду: достатня міцність та жорсткість конструкції, надійна опора двигуна, можливість регулювання положення двигуна, наявність навантажувального пристрою, можливість підключення до системи електроживлення, наявність системи охолодження, можливість відведення відпрацьованих газів та контролю частоти обертання колінчастого вала, тиску масла, температури охолоджувальної рідини, температури масла та електричних параметрів.

Функціональна схема стенду для обкатки двигуна трактора ХТЗ показана на рисунку 1.7.

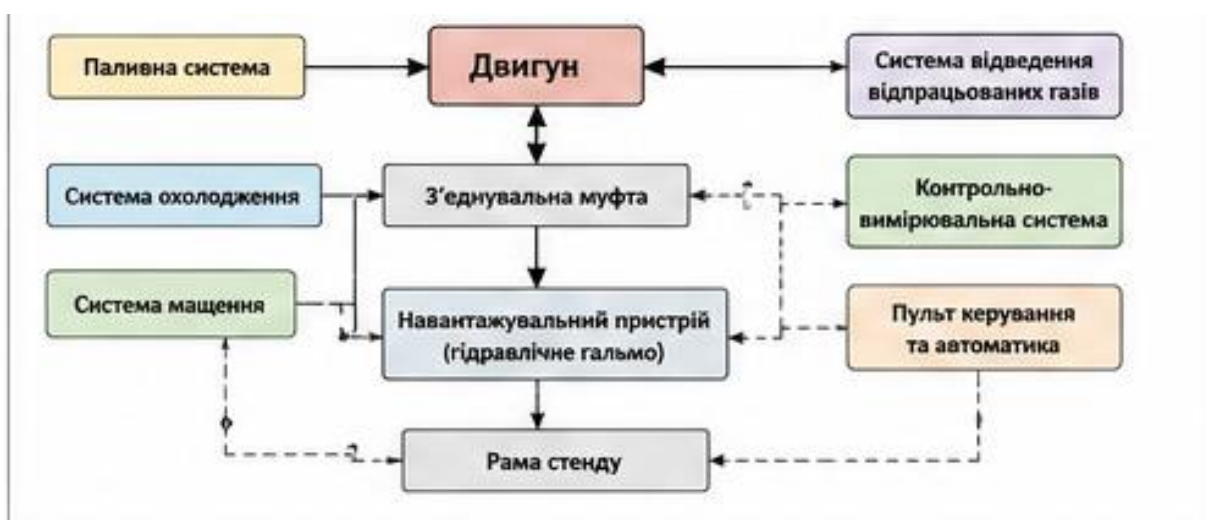


Рисунок 1.7 - Функціональна схема обкатного стенду двигунів трактора ХТЗ.

Опорна конструкція повинна витримувати вагу двигуна, вантажного обладнання, панелі керування, паливного бака, системи охолодження та інших компонентів. Вона повинна бути стійкою до вібрації та деформації. Рекомендується зварна конструкція з металевих профілів, оскільки вона забезпечує достатню міцність і відносно проста у виготовленні.

Структура стенду для обкатки двигуна показана на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Панель входу двигуна

Кріплення двигуна повинно забезпечувати надійне кріплення двигуна та дозволяти регулювання його положення відносно навантажувального пристрою. Це необхідно для правильного співвісного монтажу та з'єднання вала двигуна з навантажувальним пристроєм. Для зменшення вібрацій рекомендується використовувати гумові та металеві гасники вібрацій.

Компонування двигуна в шасі показано на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Опора двигуна на кронштейні

Панель керування повинна бути розташована в легкодоступному для оператора місці. Вона повинна містити вимикачі запуску, зупинки та аварійного режиму, перемикачі режимів роботи, індикаторні лампи та вимірювальні прилади.

Панель керування та система керування й вимірювання для випробувального стенду показані на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Панель керування та система керування й вимірювання на випробувальному стенді

Система безпеки шасі повинна включати кнопку аварійної зупинки, захисні кожухи для рухомих частин, захисні пристрої для підключення та заряджання обладнання, заземлення електрообладнання, захист від випадкового контакту з гарячими поверхнями, надійне кріплення паливних та охолоджувальних ліній, відведення відпрацьованих газів з робочої зони.

Тому база живлення повинна бути не тільки функціональною, але й безпечною, простою у використанні та придатною для використання в майстернях та сервісних центрах.

1.6. Обґрунтування необхідності розробки випробувального стенду для експлуатації двигунів трактора ХТЗ.

Найважливішою частиною технічного процесу ремонту трактора є обкатка двигуна після ремонту. Від якості цього процесу залежить термін служби двигуна, надійність трактора та ефективність його подальшої експлуатації.

У механічних майстернях обкатка двигуна іноді виконується без спеціального випробувального обладнання або за допомогою застарілих

вимірювальних приладів. Цей метод має кілька недоліків: недостатня точність контролю параметрів двигуна, труднощі з регулюванням навантаження, проблеми під час ремонту двигуна, підвищений ризик для команди, відсутність систематичного контролю температури, тиску та обертання, труднощі з виявленням прихованих несправностей після ремонту та збільшення зусиль на перевірку.

Загальна схема переваг використання спеціальної бази показана на рисунку 1.11.



Рисунок 1.11 – Переваги використання виділеної бази вхідних даних

Розробка випробувального стенду для обкатки двигуна трактора ХТЗ дозволить усунути ці недоліки та забезпечити високоякісні післяремонтні випробування. Запропонований випробувальний стенд має бути призначений для використання в ремонтно-технічних закладах, навчальних майстернях та сільськогосподарських підприємствах з використанням тракторів ХТЗ.

Очікуваними перевагами розробленого випробувального стенду є: покращена якість обкатки двигуна, скорочення часу випробувань після ремонту, зниження ризику передчасних відмов, підвищення безпеки, можливість перевірки важливих параметрів двигуна, легке складання та розбирання двигуна, можливість регулювання режимів навантаження та зниження витрат на повторний ремонт.

Тому розробка проекту бази розбирання двигунів тракторів ХТЗ є актуальним технічним проектом, що має практичне значення для підвищення ефективності ремонтно-технічних робіт тракторів.

Висновки з розділу 1

У першому розділі було розглянуто важливість запуску двигуна після ремонту та виявлено, що ця процедура необхідна для забезпечення належного функціонування компонентів, перевірки правильного вирівнювання та виявлення потенційних дефектів.

Було проаналізовано характеристики обкатки двигунів тракторів ХТЗ. Під час випробування було виявлено, що необхідно контролювати частоту обертання колінчастого вала, тиск оливи, температуру охолоджувальної рідини, температуру оливи, витрату палива, рівень шуму, вібрації та стабільність роботи двигуна.

Були досліджені основні методи обкатки двигуна: холодний запуск, прогрів без навантаження, прогрів з навантаженням та контрольована робота. Обкатка з поступовим збільшенням навантаження та постійним контролем робочих параметрів виявилася найефективнішим методом.

Аналіз існуючих обкатних установок двигунів показав, що більшість випробувальних стендів мають або складну конструкцію, дорогі, або недостатньо адаптовані до потреб двигунів тракторів ХТЗ. Тому існує потреба в розробці спеціалізованого випробувального стенду.

Основні вимоги до бази двигуна для тракторів ХТЗ: міцність та жорсткість конструкції, надійна опора двигуна, наявність зарядного пристрою, системи охолодження, системи живлення, панелі керування, контрольно-вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв.

Тому для компаній, що виконують ремонтні та технічні роботи на тракторах, актуальною та практичною є розробка проекту випробувальної бази для двигунів тракторів ХТЗ.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ВИКОНАВЧОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ДВИГУНА ДЛЯ ПЕРІОДУ ОБКАТКИ ТРАКТОРІВ КР.

2.1 Призначення та загальна характеристика виконавчої частини органу

Привідна секція обкатного стенду трактора ХТЗ використовується для складання, блокування, запуску, заряджання та контролю двигуна після ремонту. Вона є серцем обладнання випробувального стенду, оскільки забезпечує взаємодію двигуна із зарядним пристроєм, системою охолодження, паливною системою, системою змащення, системою випуску, а також контрольно-вимірювальними приладами.

Обкатка двигуна після ремонту повинна проводитися в контрольованих умовах, з поступовим збільшенням швидкості обертання колінчастого вала та навантаження. Для забезпечення цього випробувальний стенд повинен гарантувати надійне кріплення двигуна, рівномірне прикладання навантаження, стабільну роботу всіх допоміжних систем та безпеку обслуговуючого персоналу.

Водійська частина випробувального стенду включає: зварну раму, кріплення двигуна, з'єднувальний блок, зарядний пристрій, систему подачі палива, систему охолодження, систему випуску, систему керування та вимірювання, а також захисні елементи.

На рисунку 2.1 зображено загальну структурну схему секції керування стенду обкатки трактора ХТЗ.



Рисунок 2.1 - Загальна структурна схема керуючої частини двигуно-пускової бази трактора ХТЗ.

Найважливішими вимогами до секції двигуна на випробувальному стенді є міцність, жорсткість, вібростійкість, легкість монтажу двигуна, можливість регулювання положення двигуна відносно навантажувального пристрою, експлуатаційна надійність та простота обслуговування.

2.2. Обґрунтування дизайну стенду

Конструкція обкатного стенду трактора ХТЗ враховує необхідність запуску двигуна на прогрітому ходу, на холостому ходу та під навантаженням. Випробувальний стенд складається зі зварної конструкції, на якій змонтовані двигун, система заряджання, паливний бак, радіатор, панель керування та допоміжне обладнання.

Двигун встановлено на спеціальних регульованих опорах. Така конструкція дозволяє регулювати положення двигуна відносно осі навантажувального пристрою. Для зменшення передачі коливань на опорну конструкцію використовуються гумові та металеві амортизатори вібрацій.

Підшипниковий вузол з'єднаний з колінчастим валом двигуна за допомогою гнучкої муфти. Муфта компенсує незначний дисбаланс валу, зменшує вібрації та покращує плавну роботу підшипника.

На рисунку 2.2 зображено функціональну схему взаємодії між основними елементами в секції керування бази.

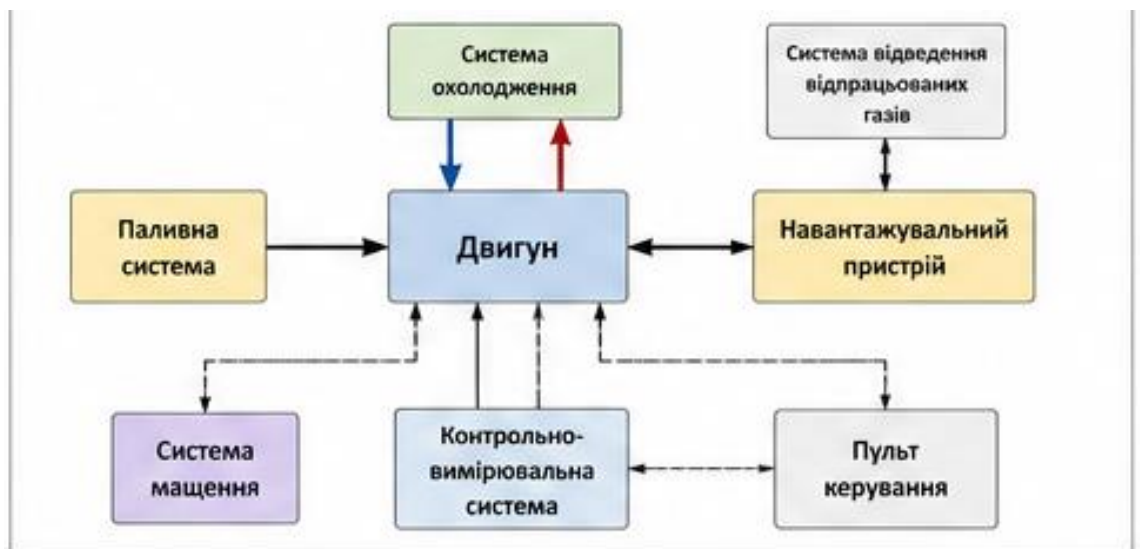


Рисунок 2.2 – Функціональна схема взаємодії між елементами в базовій секції керування.

Під час обкатки паливо подається з бака до двигуна через фільтруючі елементи. Система охолодження забезпечує підтримку допустимого діапазону температур. Відпрацьовані гази виводяться в безпечне місце через вихлопну трубу. Система керування та вимірювання надає водієві інформацію про швидкість обертання двигуна, тиск масла, температуру охолоджувальної рідини, температуру масла та навантаження.

2.3. Розробка допоміжної структури

Опорна конструкція – це конструктивний вузол, який підтримує навантаження від двигуна, системи заряджання, панелі керування, паливного бака, системи охолодження та інших компонентів. Вона повинна забезпечувати

достатню жорсткість та стійкість опорної конструкції під час роботи двигуна в різних режимах експлуатації.

Для будівництва конструкції рекомендується використовувати конструкційну сталь: U-подібні профілі, прямокутні труби або кутники. Елементи конструкції з'єднуються переважно зварюванням. У місцях кріплення двигуна та несучого обладнання передбачені арматурні пластини та елементи.

На рисунку 2.3 зображено структурну схему опорної конструкції.

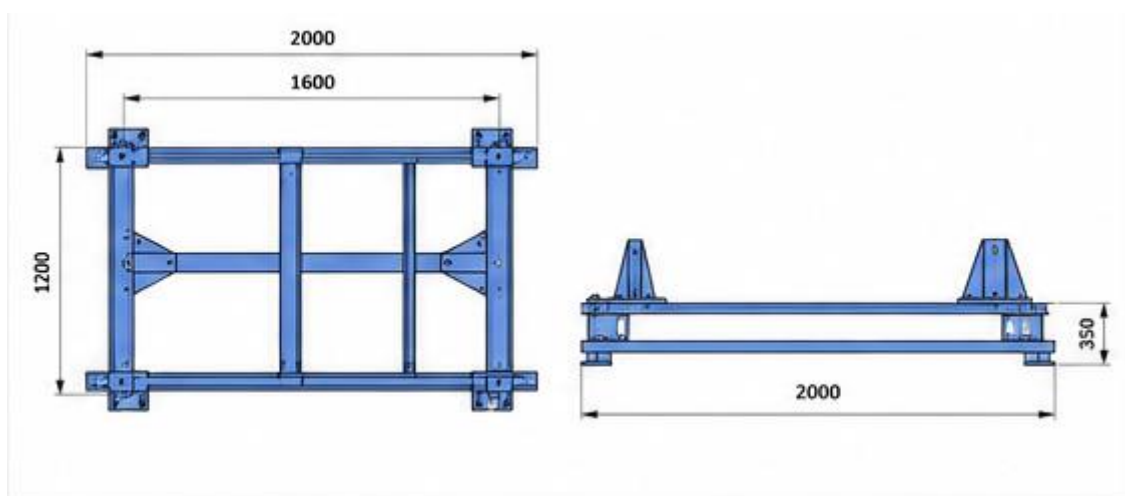


Рисунок 2.3 – Структурна схема впускного колектора двигуна

Конструкція шасі враховує масу двигуна, масу несучого пристрою та динамічні навантаження, що виникають під час роботи двигуна. Загальне навантаження на шасі можна визначити за такою формулою:

$$[G = G_{\text{дв}} + G_{\text{нп}} + G_{\text{дод}}]$$

Де $(G_{\text{}})$ – загальне навантаження на конструкцію в Н; $(G_{\text{дв}})$ – вага двигуна в Н; $(G_{\text{нп}})$ – вага навантажувального пристрою в Н; $(G_{\text{дод}})$ – вага додаткового обладнання в Н.

Для попередніх розрахунків приймаємо наступне: маса двигуна - 850 кг, маса зарядного пристрою - 250 кг, маса допоміжного обладнання - 150 кг. Таким чином, загальна маса обладнання становить:

$$[m = 850 + 250 + 150 = 1250.]$$

Загальна вага:

$$[G = 125081 = 12262,5.]$$

Враховуючи динамічний коефіцієнт ($k_d = 1,3$):

$$[G_{розр} = 12262,53 = 15941,25.]$$

Таким чином, розрахункове навантаження на конструкцію становить приблизно 15,9 кН. Конструкція повинна забезпечувати поглинання цього навантаження без залишкової деформації.

2.4. Розробка бази двигуна

Кріплення двигуна допомагає надійно закріпити двигун до опорної конструкції. Воно дозволяє регулювати положення двигуна як поздовжньо, так і вертикально, щоб точно вирівняти вісь колінчастого вала з віссю вантажопідйомника.

Монтажний вузол складається з опорної плити, важеля, регулювального стрижня, різьбових з'єднань, демпфера вібрацій та підсилювачів. Використання демпферів вібрацій зменшує передачу вібрацій від двигуна до опорної конструкції, підвищуючи безпеку та комфорт оператора.

На рисунку 2.4 зображено схему кріплення двигуна на монтажній основі.

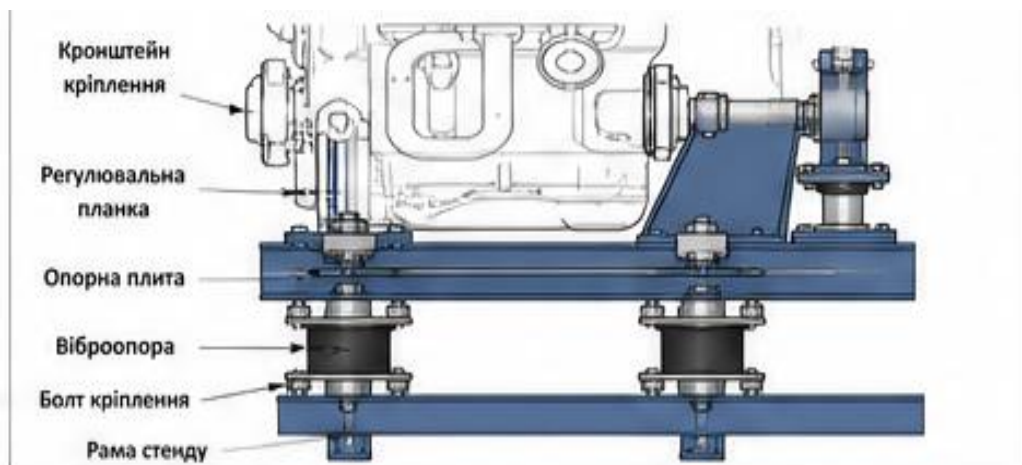


Рисунок 2.4 – Пристрій кріплення двигуна на опорі

Під час розрахунку основного навантаження двигуна необхідно враховувати вагу двигуна та динамічні навантаження, що виникають під час процесу монтажу. Якщо двигун встановлено на чотирьох опорах, навантаження на кожну опору розраховується за такою формулою:

$$[G_1 =,]$$

Де (G_1) – навантаження на підшипник, N ; (G_{dv}) – вага двигуна, N ; (k_d) – коефіцієнт динаміки.

З вагою двигуна 850 кг:

$$[G_{dv} = 850 \cdot 9,81 = 8338,5.] [G_1 == 2709,0.]$$

Отже, кожна опора повинна витримувати навантаження не менше 2,71 кН. З урахуванням запасу міцності рекомендується приймати допустиме навантаження не менше 4–5 кН для кожної опори.

2.5. Вибір зарядного пристрою

Навантажувальний пристрій є однією з найважливіших частин випробувального стенду. Він служить для прикладання контрольованого навантаження до двигуна під час процесу обкатки. Завдяки навантажувальному

пристрою роботу двигуна можна перевіряти не лише на холостому ході, але й у контрольованих умовах.

Для початкового етапу розробки тракторної платформи ХТЗ рекомендується використовувати гідравлічний навантажувальний пристрій або фронтальний навантажувач з генератором. У цій роботі гідравлічний навантажувальний пристрій був обраний як основний варіант, оскільки він пропонує плавне регулювання навантаження, просту конструкцію, надійність та придатність для високопродуктивних двигунів.

На рисунку 2.5 показано схему підключення зарядного пристрою до двигуна.

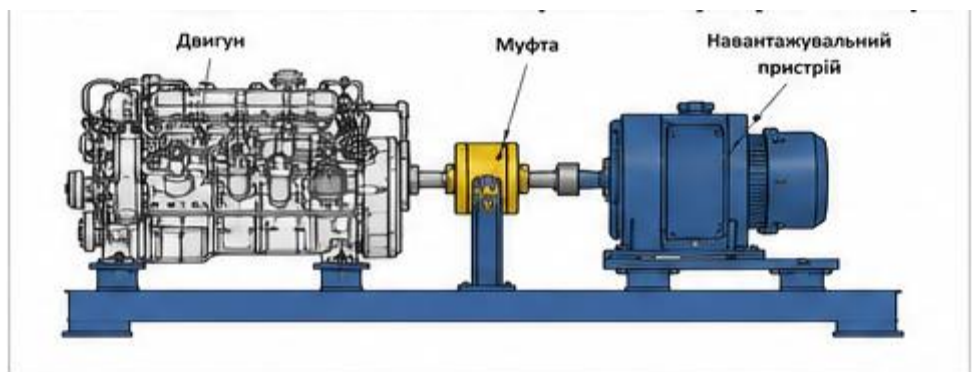


Рисунок 2.5 – Схема підключення зарядного пристрою до двигуна.

Крутний момент двигуна визначається за такою формулою:

$$[M =,]$$

Де (M) – крутний момент у Нм, (P) – потужність двигуна в кВт, а (n) – швидкість обертання колінчастого вала в об/хв.

Для двигуна потужністю 185 кВт при 2200 об/хв:

$$M == 803,1.$$

Отже, навантажувальний пристрій повинен забезпечувати крутний момент не менше 803 Нм. З урахуванням запасу міцності рекомендується приймати розрахунковий крутний момент 1000–1200 Нм.

2.6. Розробка збірки

Зчеплення призначене для передачі крутного моменту від колінчастого вала двигуна до несучого пристрою. Воно повинно забезпечувати надійну передачу крутного моменту, компенсувати незначні перекоси валів та зменшувати вібрацію.

Для додаткової підтримки рекомендується використовувати еластичну муфту, що складається з двох половин муфти та еластичного елемента. Ця муфта характеризується простою конструкцією, надійною роботою та гасінням вібрацій.

На рисунку 2.6 зображено структурну схему пружного з'єднання опори.

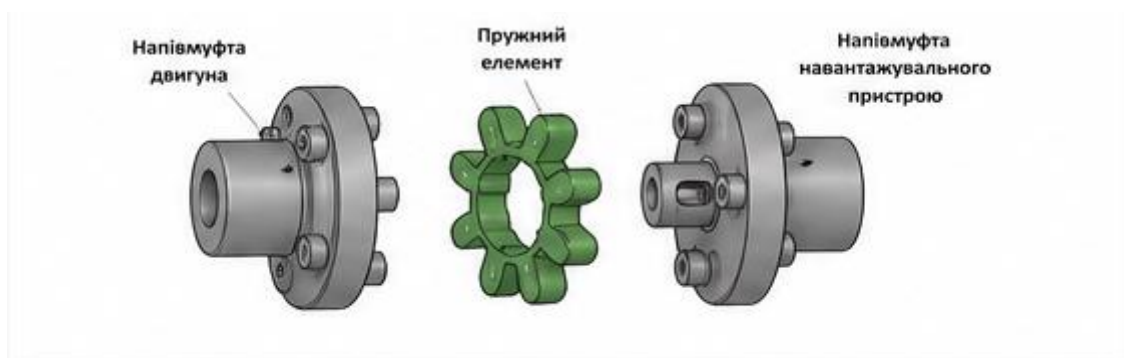


Рисунок 2.6 – Структурна схема пружного з'єднання опори.

Розрахунковий крутний момент для муфти враховує коефіцієнт запасу міцності:

$$[M_{\text{розр}} = Mk,]$$

Де ($M_{\text{розр}}$) – номінальний крутний момент у Н·м; (M) – номінальний крутний момент двигуна в Н·м; (k) – коефіцієнт запасу міцності.

Ми приймаємо ($M = 803,1$) Н·м, ($k = 1,5$

$$[M_{\text{розр}} = 803,15 = 1204,65.]$$

Отже, муфта повинна бути розрахована на передачу крутного моменту не менше 1,2 кН·м.

2.7. Розвиток системи енергопостачання

Паливна система випробувального стенду була розроблена для постачання двигуна дизельним паливом під час періоду обкатки. Вона мала забезпечувати стабільну подачу палива, паливний вузол та регулювання потоку палива.

Основна система подачі палива складається з паливного бака, паливних трубопроводів, фільтра грубого очищення, фільтра тонкого очищення, запірного клапана, витратоміра та зливної труби.

На рисунку 2.7 зображено схему системи подачі палива на базу.

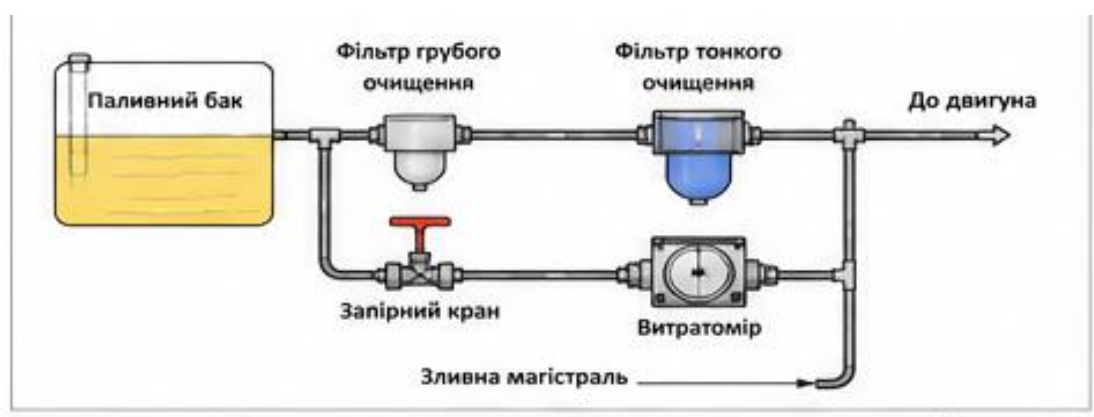


Рисунок 2.7 – Схема системи подачі палива для випробувального стенду на рухомому ході.

Об'єм бака вибирається з урахуванням періоду обкатки двигуна та витрати палива. Орієнтовна витрата палива розраховується за такою формулою:

$$[G_p = g_e P,]$$

Де (G_p) – годинна витрата палива в кг/год; (g_e) – питома витрата палива в кг/(кВт·год); (P) – потужність двигуна в кВт.

Для дизельного двигуна ми припускаємо (кг/(кВт·год), ($P = 185$) кВт: $g_e = 0,23$)

$$[G_p = 0,23 = 42,55.]$$

Якщо час відправлення становить 2 години, необхідна маса палива становитиме:

$$[G_{2\text{год}} = 42,55 = 85,1.]$$

Якщо густина дизельного палива) кг/л, тоді кількість палива: (= 0,84

$$[V == 101,3.]$$

Тому в якості резервного паливного бака рекомендується використовувати паливний бак місткістю від 100 до 120 літрів.

Система охолодження випробувального стенду призначена для підтримки двигуна в ідеальному діапазоні температур протягом періоду обкатки. Оскільки значна частина тепла розсіюється охолоджувальною рідиною під час роботи двигуна, випробувальний стенд повинен бути оснащений радіатором, вентилятором, насосом або підключенням до стандартної системи охолодження двигуна.

Система охолодження включає радіатор, вентилятор, шланги, розширювальний бачок, датчик температури та запірні клапани.

На рисунку 2.8 зображено схему системи охолодження у верстаті.

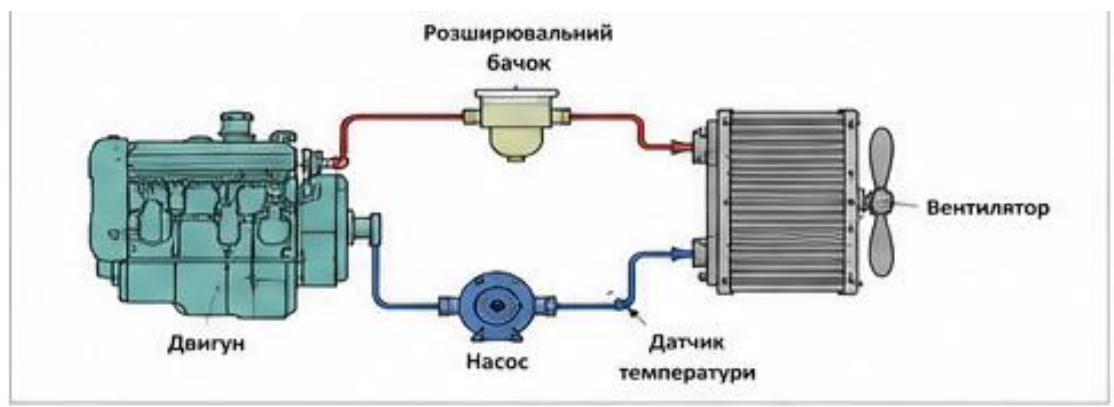


Рисунок 2.8 – Схема системи охолодження на стенді для обкатки двигуна.

Під час обкатки температура охолоджувальної рідини повинна бути в межах від 80 до 95 °С. Якщо допустима температура перевищена, слід зменшити навантаження на двигун або тимчасово зупинити двигун.

На рисунку 2.9 показано приблизну діаграму зміни температури охолоджувальної рідини під час фази обкатки.

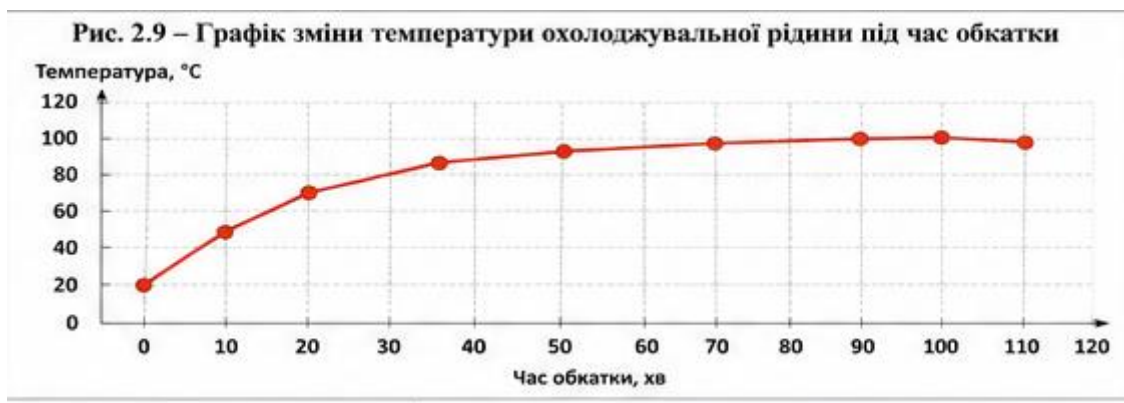


Рисунок 2.9 – Діаграма зміни температури охолоджувальної рідини під час фази обкатки.

Час зміни, хв.	Температура охолоджувальної рідини, °C
0	20
10	45
20	65

30	78
40	84
50	88
60	90 (90)
90 (90)	92 (92)
120 (120)	90 (90)

2.9 Розробка системи контролю та вимірювання

Система керування та вимірювання випробувального стенду призначена для постійного контролю робочих параметрів двигуна. Це дозволяє оператору оцінювати технічний стан двигуна під час фази обкатки та вчасно виявляти будь-які відхилення від нормальної роботи.

Основні контрольовані параметри включають швидкість обертання колінчастого вала, тиск масла, температуру охолоджувальної рідини, температуру масла, напругу автомобіля, струм, витрату палива та рівень навантаження.

На рисунку 2.10 зображено схему системи керування та вимірювання випробувального стенду.



Рисунок 2.10 – Схема системи керування та вимірювання на випробувальному стенді.

Для контролю швидкості використовується тахометр. Манометр або електронний датчик тиску контролює тиск оливи. Температура охолоджувальної рідини та оливи вимірюється датчиками температури. Навантаження контролюється за допомогою індикаторів навантаження.

Приблизна діаграма змін навантаження під час фази стратифікації показана на рисунку 2.11.

Рисунок 2.11 – Діаграма зміни навантаження двигуна під час фази обкатки

Фаза розминки	Час (хвилини)	Частка населення, %
1	0–10	0
2	10–25	25
3	25–45	50
4	45–70	75
5	70–100	90 (90)
6	100–120	60

2.10 Розрахунок основних параметрів режимів перемикавання

Процес обкатки двигуна повинен забезпечувати поступове збільшення навантаження та швидкості. Це запобігає різкому підвищенню температури та зносу компонентів двигуна.

Приблизні терміни обкатки двигунів тракторів ХТЗ наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Орієнтовні методи налаштування тракторів ХТЗ

Крок	Тривалість, у хвилинах.	Швидкість обертання, об/хв	Частка населен ня, %	Контрольовані параметри
------	----------------------------	----------------------------------	----------------------------	----------------------------

1	10	800–1000	0	Тиск оливи, шум, витоки
2	15	1000–1200	25	Температура, тиск оливи
3	20	1200–1500	50	Вібрації, витрата палива
4	25	1500–1800 пр.	75	Температура, стабільність роботи
5	30	1800–2200	90 (90)	Електричний струм, дим, тиск оливи
6	20	1200–1500	60	Контрольний тест

Профіль швидкості обертання колінчастого вала під час фази обкатки показано на рисунку 2.12.

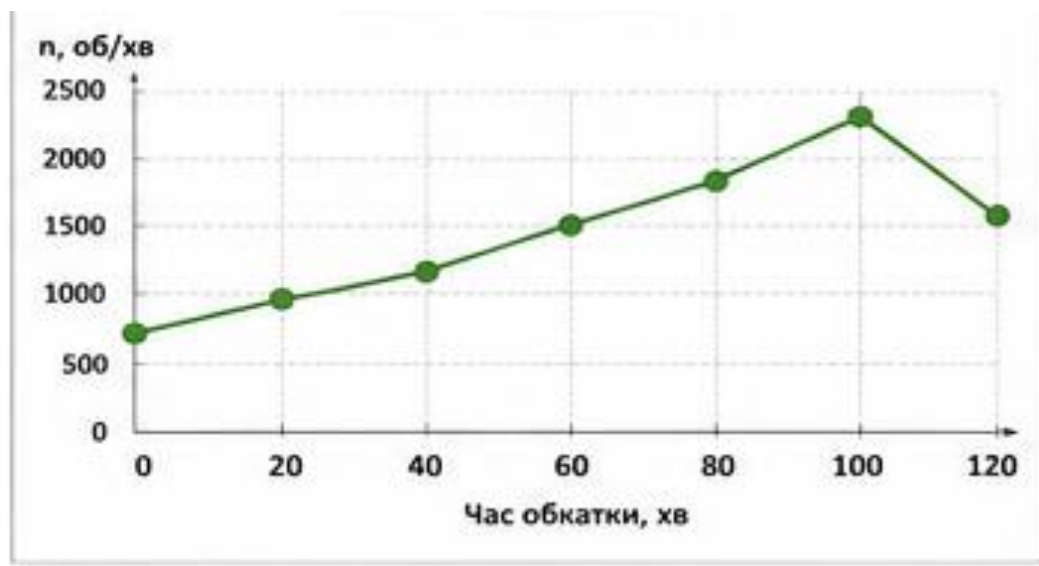


Рисунок 2.12 – Діаграма зміни швидкості обертання колінчастого вала під час періоду обкатки.

Час зміни, хв.	Швидкість обертання, об/хв
----------------	----------------------------

Час зміни, хв.	Швидкість обертання, об/хв
0	800
10	1000
25	1200
45	1500
70	19
100	2200
120	1500

Протягом періоду обкатки тиск оливи повинен бути в допустимих межах. Орієнтовні коливання тиску оливи показано на рисунку 2.13.

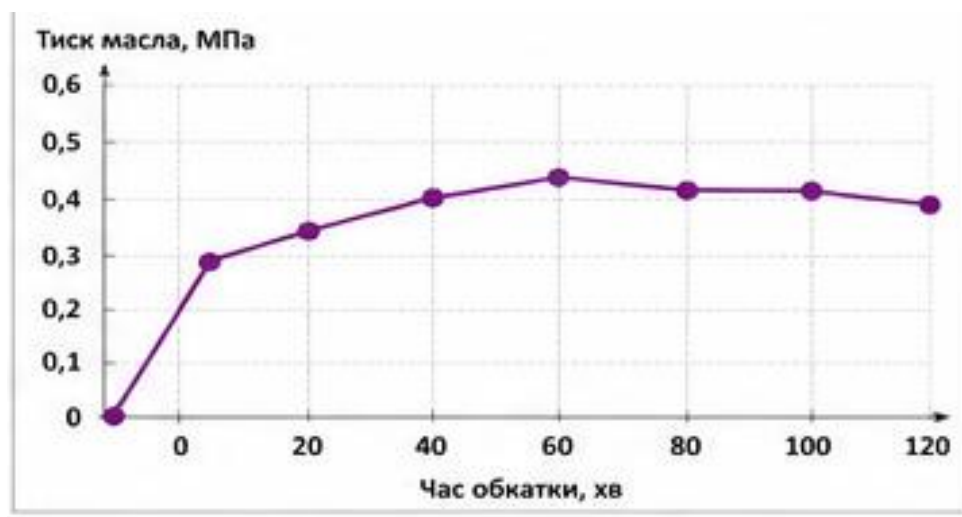


Рисунок 2.13 – Діаграма зміни тиску оливи під час фази обкатки

Час зміни, хв.	Тиск оливи, МПа
0	0
10	0,25
20	0,32
40	0,38
60	0,42
90 (90)	0,40
120 (120)	0,38

2.11 Заходи безпеки під час роботи з базовою секцією керування

Використання двигуна трактора ХТЗ пов'язане з ризиками: обертання вала та шарнірів, висока температура компонентів двигуна, наявність палива, вихлопних газів, електричної напруги та високий рівень шуму.

Для забезпечення безпеки секція керування випробувальним стендом повинна бути обладнана захисними кришками, кнопкою аварійної зупинки, системою витяжки, надійним заземленням електрообладнання та системою керування аварійним режимом роботи.

На рисунку 2.14 зображено схему розташування елементів захисту опор.

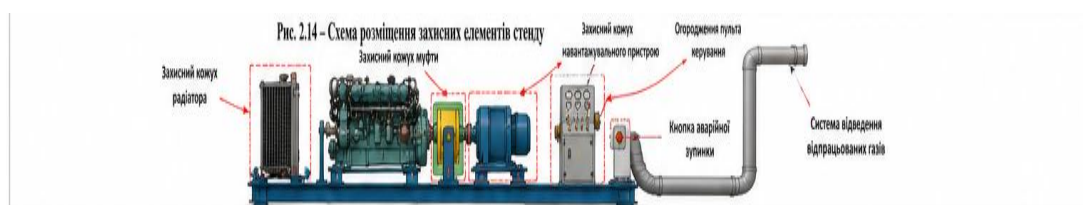


Рисунок 2.14 – Розташування елементів захисту основи

Перед початком стендових випробувань необхідно перевірити надійність кріплення двигуна, стан паливних та охолоджувальних магістралей, наявність оливи та охолоджувальної рідини, працездатність електрообладнання та наявність системи аварійної зупинки.

Висновки з розділу 2

У другій частині розроблено керуючу частину обкатного стенду трактора ХТЗ. Визначено його основні завдання, складові частини та вимоги до конструкції.

Було обґрунтовано конструктивну концепцію випробувального стенду, що складається зі зварної конструкції, кріплень двигуна, зчіпного вузла,

навантажувального пристрою, системи подачі палива, системи охолодження, системи відведення відпрацьованих газів, а також систем керування та вимірювання.

Було виконано попередні розрахунки основних конструктивних параметрів. Розрахункове навантаження на конструкцію було визначено приблизно 15,9 кН, навантаження на опору двигуна – приблизно 2,71 кН, а розрахунковий момент у з'єднанні – приблизно 1,2 кНм.

Виправдано вибрати гідравлічний завантажувальний пристрій, який дозволяє плавне регулювання навантаження та роботу в різних режимах. Орієнтовна місткість паливного бака оцінюється від 100 до 120 літрів.

Для обкатки двигуна розроблені спеціальні методи, які передбачають поступове збільшення обертів двигуна та навантаження. Ці методи контролюють температуру охолоджувальної рідини, тиск оливи, оберти двигуна, витрату палива та рівень навантаження.

Таким чином, запропонована приводна секція випробувального стенду забезпечує можливість безпечної, контрольованої та якісної експлуатації двигунів тракторів ХТЗ після ремонту.

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК БАЗИ ДВИГУНА НА ЕТАПІ ОБКАТКИ ДЛЯ ТРАКТОРІВ ХТЗ.

3.1 Вихідні дані для розрахунку плану експерименту

Обкатний стенд трактора ХТЗ призначений для перевірки міцності, жорсткості та функціональності його основних компонентів. До цих компонентів належать опорна рама, кріплення двигуна, кріпильний пристрій, зчеплення, вантажопідйомний пристрій, болтові з'єднання та захисні елементи.

Випробувальний стенд був розроблений для роботи з дизельними двигунами тракторів ХТЗ на холостому ходу та під навантаженням після ремонту. Під час експлуатації конструкція випробувального стенду піддається статичним навантаженням від маси встановленого обладнання, а також динамічним навантаженням від вібрацій двигуна, нерівномірного обертання колінчастого вала та коливань навантаження.

Для розрахунків ми використовували такі вихідні дані:

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку кластерного дизайну.

Індикатор	Виділити	Значення
Потужність двигуна	(П)	185 кВт
Швидкість обертання колінчастого вала	(Б)	2200 об/хв
Вага двигуна	(m_{dv})	850 кілограмів
Вага зарядного пристрою	(M_{NP})	250 кілограмів
Вага додаткового обладнання	($m_{\text{Додати}}$)	150 кілограмів
Загальна довжина рами	(.)	3000 міліметрів.
Ширина рами	(CI)	1600 міліметрів.
Висота опори	(АБО)	1800 міліметрів.
Динамічний коефіцієнт	(K_D)	1.3

Індикатор	Виділити	Значення
Коефіцієнт безпеки	(К)	1.5
прискорення вільного падіння	(Г)	9,81 м/м²
Матеріал рами	—	Сталь St3 / S235JR

Конструкція шасі повинна забезпечувати стабільну роботу двигуна під час періоду обкатки, запобігати залишковій структурній деформації, гарантувати надійне кріплення двигуна та забезпечувати надійну передачу крутного моменту на систему наддуву.

На рисунку 3.1 наведено схему розрахунку обкатного стенду двигуна трактора ХТЗ.

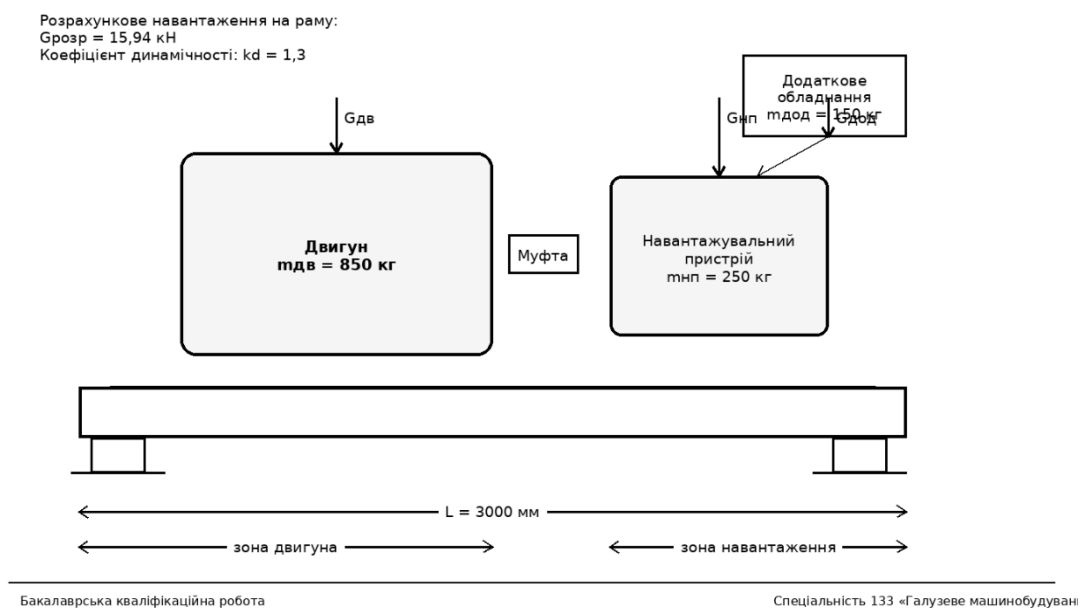


Рисунок 3.1 - Схема розрахунку обкатного стенду двигуна трактора ХТЗ.

3.2 Визначення загального навантаження конструкції

Основне навантаження на несучу конструкцію – це вага двигуна, вантажного пристрою та допоміжного обладнання. Загальна маса обладнання визначається за такою формулою:

$$[m = m_{\text{дв}} + m_{\text{нп}} + m_{\text{дод}}]$$

Де ($m_{\{\}}$) – загальна маса обладнання в кг; ($m_{\{\text{дв}\}}$) – маса двигуна в кг; ($m_{\{\text{нп}\}}$) – маса вантажного пристрою в кг; ($m_{\{\text{дод}\}}$) – маса додаткового обладнання в кг.

Ми змінили суми, які отримуємо:

$$[m = 850 + 250 + 150 = 1250.]$$

Загальна вага обладнання:

$$[G = m \cdot g,][G = 1250 \cdot 9,81 = 12262,5.]$$

Оскільки під час роботи двигуна виникають вібрації та динамічні навантаження, динамічний коефіцієнт враховується в розрахунку:

$$[G_{\text{розр}} = G \cdot k_d,][G_{\text{розр}} = 12262,53 = 15941,25.]$$

Отже, розрахункове навантаження на конструкцію становить:

$$[G_{\text{розр}} 94.]$$

Це навантаження має витримуватися опорною конструкцією без пошкоджень або залишкової деформації. Для забезпечення надійності конструкції рекомендується виготовляти її з конструкційної сталі з підсилювальними ребрами в точках кріплення двигуна та вантажоперевізника.

3.3 Розрахунок навантаження на опори двигуна

Двигун встановлено на чотирьох опорах. При рівномірному розподілі навантаження сила на кожній опорі розраховується за такою формулою:

$$[G_1 =,]$$

Де (G_1) – навантаження на підшипник, N; ($G_{\{\text{дв}\}}$) – вага двигуна, N; (k_d) – коефіцієнт динаміки.

Вага двигуна:

$$[G_{\text{дв}} = m_{\text{дв}} \cdot g,][G_{\text{дв}} = 850 \cdot 9,81 = 8338,5.]$$

Далі, навантаження в точці опори:

$$[G_1 == 2709.]$$

Отже, кожна опора повинна витримувати хоча б одне навантаження:

$$[G_1 71.]$$

З урахуванням запасу міцності:

$$[G_{1\text{розр}} = G_1 k,][G_{1\text{розр}} = 27095 = 4063,5.]$$

Отже, розрахункове навантаження в точці опори приблизно становить:

$$[G_{1\text{розр}} 06.]$$

Для забезпечення надійності ми використовуємо гумово-металеві гасники вібрацій з мінімально допустимим навантаженням 5 кН на підшипник.

На рисунку 3.2 зображено діаграму для розрахунку навантаження на підшипники двигуна.

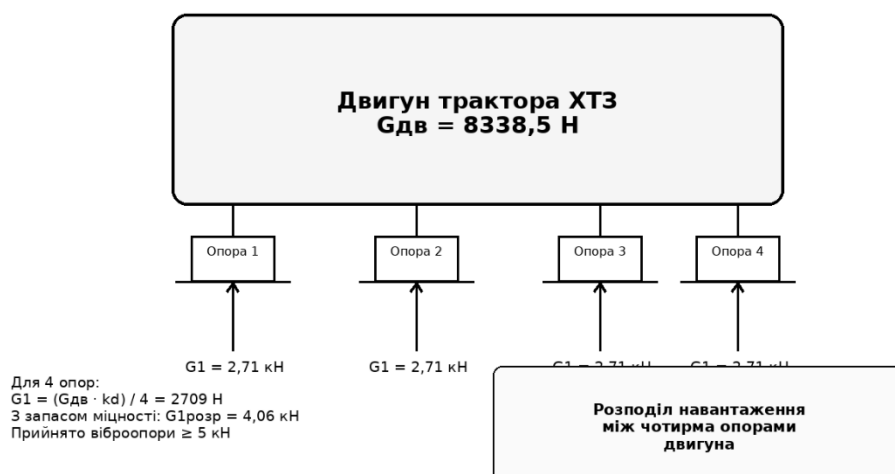


Рисунок 3.2 – Діаграма розрахунку навантаження на опори двигуна

3.4 Розрахунок крутного моменту двигуна

Крутний момент двигуна є найважливішим параметром для вибору конфігурації навантаження та зчеплення. Він визначається за такою формулою:

$$[M =,]$$

Де (M) – крутний момент двигуна в Нм, (P) – потужність двигуна в кВт, а (n) – швидкість обертання колінчастого вала в об/хв.

Для двигуна з вихідною потужністю (P = 185) кВт при швидкості (n = 2200) об/хв:

$$[M =.][M = 803,1.]$$

Отже, номінальний крутний момент двигуна приблизно становить:

$$[M.]$$

Враховуючи фактор безпеки:

$$[M_{\text{розр}} = Mk,][M_{\text{розр}} = 803,15 = 1204,65.]$$

Отже, розрахунковий крутний момент, який муфта повинна передавати, а навантажувальний пристрій повинен поглинати, становить:

$$[M_{\text{розр}} 2.]$$

На рисунку 3.3 показано графік залежності крутного моменту від швидкості обертання колінчастого вала.

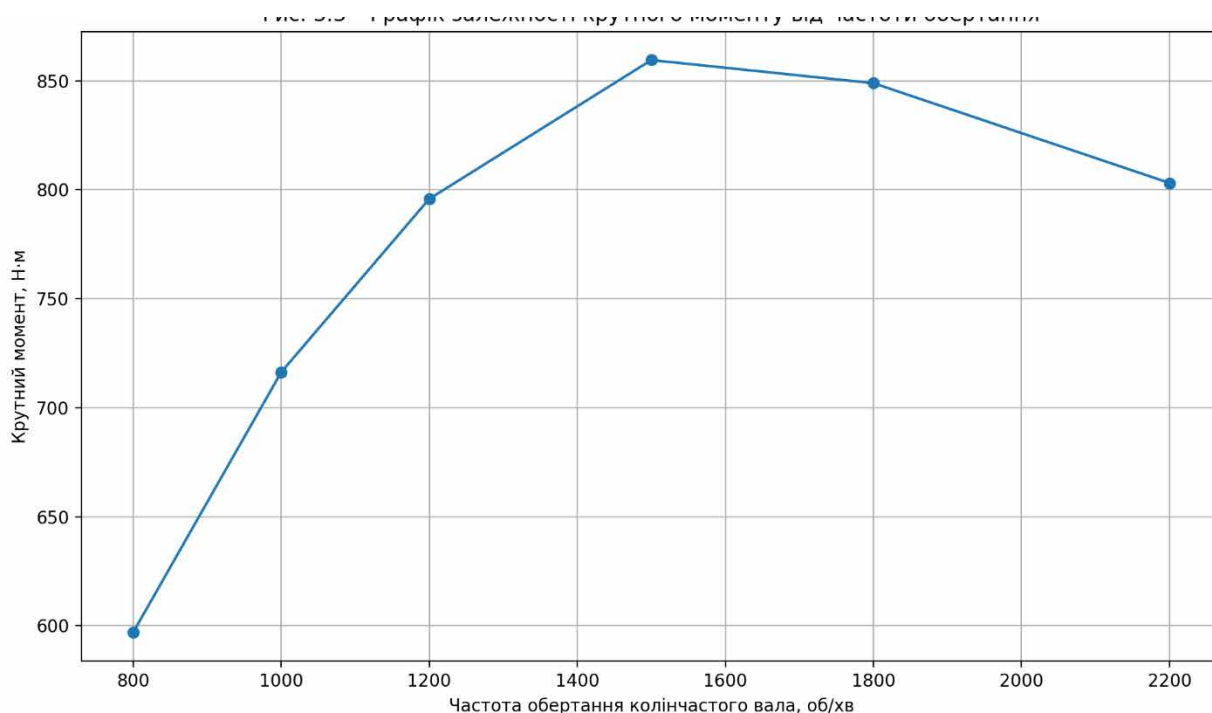


Рисунок 3.3 - Діаграма крутного моменту як функції швидкості обертання колінчастого вала

Таблиця 3.2 – Приблизна залежність між крутним моментом і швидкістю

Швидкість обертання, об/хв	Потужність, кВт	Крутний момент, Нм
800	50	596,9
1000	75	716.3
1200 (1200)	100 (100)	795.8
1500	135 (135)	859,5
19	160	848,9
2200	185	803.1

3.5 Розрахунок схеми з'єднання

Муфта була розроблена для передачі крутного моменту від двигуна до навантажувального пристрою. Для випробувального стенду підшипників рекомендується використовувати гнучку муфту, оскільки вона компенсує невеликі відхилення в центруванні валів, зменшуючи вібрації та удари.

Найважливіша вимога при виборі зчеплення - забезпечення передачі розрахункового крутного моменту.

$$[M_{\text{муфти}} M_{\text{розр}}]$$

Чому:

$$[M_{\text{розр}} = 1204,65,]$$

Ми приймаємо муфту з мінімально допустимим крутним моментом:

$$[M_{\text{муфти}} = 12501500.]$$

Для перевірки функціональності з'єднання ми визначили тангенціальну силу вздовж радіуса його функціональної частини:

$$[F_t =,]$$

Де (F_t) – тангенціальна сила в Н; ($M_{\{r\}}$) – розрахунковий момент у Нм; (r) – радіус прикладання розрахункової сили в м.

Отримуємо ($r = 0,08$) м:

$$[F_t == 15058,1.]$$

Отже, тангенціальна сила, що діє на зчеплення під час передачі крутного моменту, приблизно дорівнює:

$$[F_t 06.]$$

На рисунку 3.4 показано схему для розрахунку вирівнювання.

Умова вибору:
 $M_{\text{муфти}} \geq M_{\text{розр}}$
 Прийнято допустимий момент муфти 1250-1500 Н·м

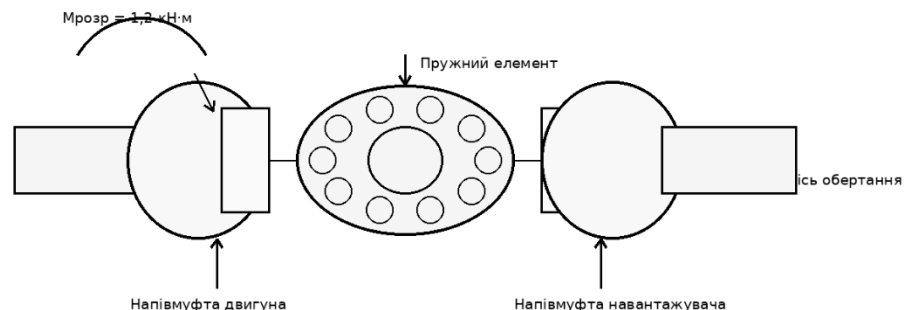


Рисунок 3.4 – Діаграма розрахунку напрямку

3.6 Розрахунок гвинтових з'єднань основи двигуна

Гвинтові з'єднання кріплення двигуна повинні забезпечувати надійне кріплення двигуна до кріплення та витримувати навантаження, що виникають під час роботи двигуна.

Припустимо, що для кріплення кронштейна використовуються чотири гвинти. Навантаження на гвинт визначається за такою формулою:

$$[F_b = ,]$$

Де (F_b) – навантаження на болт Н, (G_{split}) – розрахункове навантаження на опору Н, (z) – кількість болтів.

$$[F_b == 1015,9.]$$

Отже, навантаження на болт становить приблизно 1,02 кН.

Для кріплення ми використовували гвинти М16 з класом міцності 8.8. Розрахункова площа поперечного перерізу гвинта М16 приблизно становить:

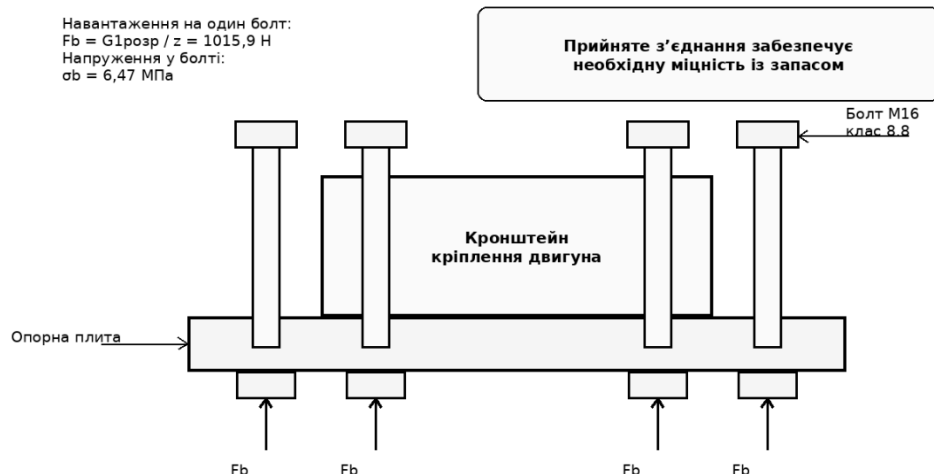
$$[A_b = 157^2.]$$

Розтягувальне напруження в болті:

$$[b = ,][b == 6,47.]$$

Допустиме напруження для болтів класу 8.8 значно перевищує задане значення, тому використовувані болти М16 забезпечують необхідну міцність з великим запасом міцності.

На рисунку 3.5 зображено схему болтового з'єднання вузла кріплення двигуна.



Бакалаврська кваліфікаційна робота

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Рисунок 3.5 – Схема підключення гвинтів кріплення двигуна

3.7 Перевірка опору материнської плати

Опорна плита є частиною основи кріплення двигуна, через яку навантаження двигуна передається на базову конструкцію. Плита повинна бути достатньо товстою та міцною, щоб запобігти деформації під вагою двигуна та динамічними навантаженнями.

Ми розглядаємо таку товщину опорної плити:

$$[t = 16.]$$

Для оцінки міцності ми визначили середнє стискальне напруження під опорою:

$$[c = ,]$$

Де (с) позначає стискаюче напруження в МПа:

$(G)\{1\rho\}$ — розрахункове навантаження в точці опори, Н; (А) — площа опорної поверхні, мм².

Ми враховуємо такі розміри контактної поверхні: (120) мм:

$$[A = 120 = 19200^2][c == 0,212.]$$

Результуюче напруження значно менше, ніж допустиме напруження для конструкційної сталі; тому опорна плита товщиною 16 мм забезпечує необхідну

міцність.

3.8 Розрахунок конструкції на вигин

Для початкової оцінки міцності конструкції поздовжня балка розглядається як вільно оперта балка, що піддається зосередженому навантаженню від двигуна. Максимальний згинальний момент балки при централізованому навантаженні визначається за такою формулою:

$$[M_{max} = ,]$$

Де ($M_{\{max\}}$) – максимальний згинальний момент у Нм; (F) – навантаження на балку в Н; (l) – проліт балки в м.

Ми припускаємо, що поздовжня балка несе половину розрахункового навантаження двигуна:

$$[F = .][F == 5420.]$$

Розглянемо наступний отвір балки:

$$[l = 1,6.]$$

Тоді:

$$[M_{max} == 2168.][M_{max} = 2,168^6.]$$

Напруження згину визначається за такою формулою:

Де (W) - площа поперечного перерізу балки в мм³.

Для П-подібної або профільованої труби використовуємо приблизну площу поперечного перерізу:

$$[W = 70^3.][== 30,97.]$$

Допустиме напруження для сталі St3 можна передбачити наступним чином:

$$[[] = 140160.]$$

Чому:

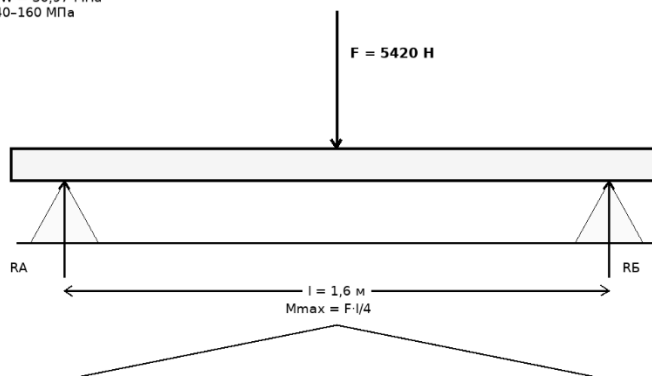
$$[= 30,97 < [],]$$

Міцність поздовжньої балки конструкції гарантована.

На рисунку 3.6 показано схему розрахунку порталної балки під час

згинання.

Розрахунок:
 $M_{\max} = 2168 \text{ Н}\cdot\text{м}$
 $\sigma = M_{\max} / W = 30,97 \text{ МПа}$
 $\sigma < [\sigma] = 140\text{--}160 \text{ МПа}$



Бакалаврська кваліфікаційна робота

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Рисунок 3.6 – Схематичне креслення портальної балки на згинання

3.9 Перевірка жорсткості конструкції

Окрім міцності, конструкція повинна бути достатньо жорсткою, щоб запобігти надмірній деформації під час роботи двигуна. Деформація конструкції під центральним навантаженням визначається за такою формулою:

$[f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}]$ Де (f) – деформація балки в мм; (F) – навантаження в Н; (l) – проліт у мм; (E) – модуль пружності сталі в МПа; (I) – момент інерції поперечного перерізу в мм⁴.

Ми приймаємо:

$[F = 5420,] [l = 1600,] [E = 2 \cdot 10^5,] [I = 5,6 \cdot 10^6 \text{ мм}^4.]$ Тоді:

$[F = .]$

$[F = 0 \{, \} 413.]$

Допустиму деформацію таких металевих конструкцій можна вважати такою:

$[f = 0,413 < [f] = 4,]$ Жорсткість конструкції достатня.

3.10 Розрахунок стійкості опорної конструкції

Стабільність підшипника є необхідною умовою безпечної експлуатації. Під час роботи двигуна можуть виникати вібрації, короточасні горизонтальні сили та реактивні моменти від навантажувального пристрою.

Для забезпечення стійкості центр ваги основи повинен знаходитися в межах її контуру. Ширина конструкції становить 1600 мм, що забезпечує відповідну основу для стабільного розташування двигуна та допоміжного обладнання.

Горизонтальну силу, спричинену вібраціями, можна оцінити як частку вертикального навантаження:

$$[F_h = 0,1G_{\text{розр.}}][F_h = 0,125 = 1594,1.]$$

Для зменшення впливу горизонтальних коливань проект включає наступне:

- Використання підшипників, що гасять вібрацію.
- Достатня ширина рами.
- Кріплення основи на регульованих опорах.
- Встановіть двигун поблизу центру опорного контуру.
- Використання армуючих елементів.

Таким чином, обрана базова конструкція забезпечує достатню стабільність під час фази обкатки двигуна.

3.11 Розрахунок паливного бака

Паливний бак повинен мати достатню місткість для забезпечення роботи двигуна протягом усього періоду обкатки без необхідності дозаправки.

Орієнтовна витрата палива розраховується за такою формулою:

$$[G_p = g_e P,]$$

Де ($G_p g_e$) – витрата палива за годину, кг/год; (g) – питома витрата палива, кг/(кВт·год); (P) – потужність двигуна, кВт

Ми приймаємо:

$$[g_e = 0,23,][P = 185.]$$

Тоді:

$$[G_p = 0,23 = 42,55.]$$

Для 2-годинного тренування:

$$[G_{2\text{год}} = 42,55 = 85,1.]$$

Кількість палива визначається за формулою:

$$[V =,]$$

Де (V) – об'єм палива в літрах; (G) – маса палива в кілограмах; (ρ) – густина дизельного палива в кілограмах на літр.

Ми приймаємо:

$$[= 0,84.][V == 101,3.]$$

Враховуючи резервний об'єм, ми припускаємо паливний бак наступної місткості:

$$[V_{\text{бак}} = 120.]$$

3.12 Розрахунок положень запуску двигуна

Фази розминки повинні включати поступове збільшення швидкості та інтенсивності. Очікується, що цикл розминки триватиме 120 хвилин.

Таблиця 3.3 - Методи обкатки двигунів тракторів ХТЗ

Крок	Тривалість, у хвилинах.	Швидкість обертання, об/хв	Частка населення, %
1	0–10	800–1000	0
2	10–25	1000–1200	25
3	25–45	1200–1500	50
4	45–70	1500–1800.	75
5	70–100	1800–2200	90 (90)

Крок	Тривалість, у хвилинах.	Швидкість обертання, об/хв	Частка населення, %
6	100–120	1200–1500	60

На рисунку 3.7 показано діаграму зміни навантаження та швидкості під час фази обкатки.

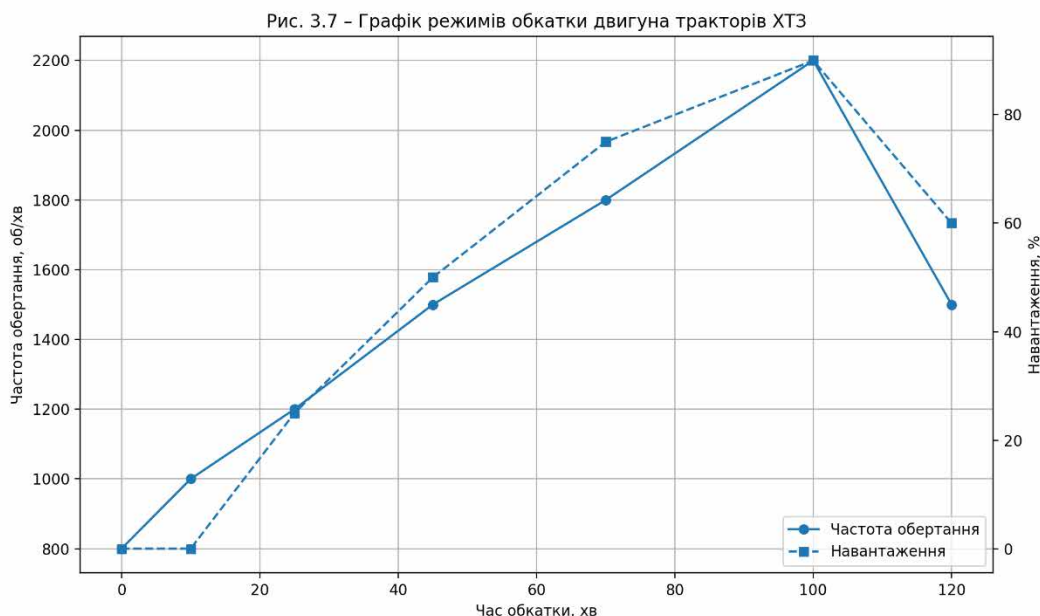


Рисунок 3.7 – Схема розрахунків за трактори ХТЗ

Ця функція дозволяє поступово обкатку компонентів двигуна, запобігаючи перевантаженню на початковій фазі та дозволяючи проводити контрольне випробування в кінці циклу.

3.13 Узагальнення результатів розрахунків

Згідно з результатами розрахунків, запропонована базова конструкція відповідає вимогам міцності, жорсткості та експлуатаційної надійності. Найважливіші параметри розрахунку представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Основні результати розрахунків кластерного дизайну

Індикатор	Значення
Загальна вага обладнання	1250 кілограмів

Індикатор	Значення
Розрахункове навантаження на конструкцію	15,94 кН
Зарядка біля основи двигуна	2,71 кН
Конструкція навантаження на опори з безпечною відстанню	4,06 кН
Номінальний крутний момент двигуна	803 Нм
номінальний крутний момент зчеплення	1,2 км/год
Тангенціальна сила під час складання	15,06 кН
напруження згину в балковій конструкції	30,97 МПа
Допустимі напруження для сталі	140–160 МПа
Деформація балки конструкції	0,413 міліметра.
Допустима деформація	4 міліметри.
Місткість паливного бака	120 літрів
тривалість циклу утримання	120 хвилин

Отримані результати підтверджують правильність вибору основних конструктивних параметрів основи. Використана конструкція демонструє достатню міцність та жорсткість, опори двигуна забезпечують надійне встановлення агрегату, а агрегат здатний передавати необхідний крутний момент.

Висновки з розділу 3

У третьому розділі розглядається проектування обкатного стенду для двигуна трактора ХТЗ.

Було визначено загальне навантаження на опорну конструкцію, яке з урахуванням динамічного коефіцієнта становить 15,94 кН. Було розраховано навантаження на підшипник двигуна, яке з запасом міцності 4,06 кН становить 2,71 кН.

Крутний момент двигуна потужністю 185 кВт при 2200 об/хв був

визначений як 803 Нм, а розрахований крутний момент активації зчеплення становить приблизно 1,2 кНм.

Було перевірено болтові з'єднання кріплення двигуна. Використані болти М16 класу міцності 8.8 забезпечують необхідну міцність з достатнім запасом міцності.

Конструкцію було випробувано на вигин та жорсткість. Напруження згину становить 30,97 МПа, що значно нижче за допустиму межу для конструкційної сталі. Розрахунковий прогин балки становить 0,413 мм, що також нижче за допустиме значення.

Місткість паливного бака була розрахована на рівні 120 літрів з урахуванням часу обкатки двигуна. Також були запропоновані процедури обкатки двигуна, включаючи поступове збільшення обертів двигуна та навантаження.

Ці розрахунки підтверджують ефективність, міцність, жорсткість та безпеку запропонованої конструкції бази двигуна трактора ХТЗ.

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

4.1. Загальні положення щодо захисту працівників під час експлуатації боксу.

Безпека праці під час ремонту, технічного обслуговування та обкатки двигунів тракторів ХТЗ є критично важливим аспектом організації виробництва. Використання обкатного стенду передбачає роботу механічної, електричної, паливостачання, охолодження та вимірювальної систем. Тому вкрай важливо забезпечити безпечні умови праці ремонтної бригади під час експлуатації.

Випробувальний стенд двигунів трактора ХТЗ призначений для встановлення відремонтованого двигуна, його запуску, роботи на холостому ході та під навантаженням, а також контролю важливих параметрів, таких як частота обертання колінчастого вала, температура охолоджувальної рідини, тиск масла, температура оливи, витрата палива та навантаження.

Під час роботи на випробувальному стенді двигун працює в умовах, подібних до нормальної експлуатації. Це включає обертання вала та шарнірів, нагрівання компонентів, утворення вихлопних газів, шум, вібрацію, а також споживання дизельного палива та електроенергії. Тому перед початком роботи оператор повинен пройти інструктаж з техніки безпеки та ознайомитися з конструкцією випробувального стенду, процедурою запуску, правилами зупинки, процедурами аварійної зупинки та вимогами до безпечної експлуатації.

До роботи на випробувальному стенді допускаються лише особи, які пройшли навчання, отримали інструктаж з норм безпеки на робочому місці, володіють необхідними знаннями з експлуатації двигунів внутрішнього згоряння та ознайомлені з правилами пожежної безпеки. Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту, дотримуватися встановленої послідовності робіт та уникати

несанкціонованого втручання на випробувальний стенд під час обкатки двигуна.

Головною метою заходів з охорони праці є запобігання травматизму, уникнення надзвичайних ситуацій, зменшення впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів, забезпечення надійної та безпечної роботи випробувального стенду.

4.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Під час роботи обкатного стенду трактора ХТЗ працівник може піддаватися впливу різних небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Ці ризики пов'язані з конструктивними особливостями випробувального стенду, роботою двигуна, використанням паливно-мастильних матеріалів, а також електрообладнання та зарядних пристроїв.

Найважливішими джерелами ризику під час виробництва є:

- Обертання плечей, суглобів та рухомих частин руки.
- Можливе пошкодження вузла або кріплень.
- Наявність високих температур на поверхнях двигуна, випускного колектора та вихлопних труб.
- Ризик витоку дизельного палива або оливи.
- Підвищена пожежна небезпека через наявність паливно-мастильних матеріалів.
- Вплив електричного струму при пошкодженні ізоляції або при неналежній роботі електрообладнання.
- Підвищений рівень шуму та вібрації.
- Наявність вихлопних газів на робочому місці.
- Існує ризик випадання двигуна, якщо він не буде належним чином закріплений.
- Ризик опіків від контакту з гарячими деталями.

До факторів, що негативно впливають на виробництво, належать забруднення повітря на робочому місці, підвищений шум, вібрація, недостатнє освітлення, підвищена температура повітря поблизу двигуна та контакт шкіри з паливом, мастильними матеріалами або охолоджувальною рідиною.

Робота дизельного двигуна призводить до утворення вихлопних газів, що містять чадний газ, оксиди азоту, вуглеводні, сажу та інші забруднюючі речовини. Тому транспортний засіб повинен мати вихлопну систему та систему подачі та відведення повітря в навколишнє середовище.

Робота двигуна, компресора, вентилятора охолодження та допоміжного обладнання спричиняє підвищення рівня шуму. Щоб зменшити негативний вплив шуму, оператори повинні носити засоби захисту слуху, а робоча зона повинна розташовуватися на безпечній відстані від двигуна.

Вібрації виникають через нерівномірну роботу двигуна, дисбаланс обертових деталей та передачу коливань на базову конструкцію через підшипники. Для зменшення цих коливань база оснащена гумовими та металевими амортизаторами коливань, стійкою конструкцією та надійним кріпленням двигуна.

4.3 Вимоги безпеки до будівництва павільйонів

Конструкція вхідної опори трактора ХТЗ повинна відповідати вимогам безпеки, забезпечувати надійне встановлення двигуна та захищати працівника від небезпек.

Базова конструкція повинна бути достатньо міцною та жорсткою, щоб витримувати вагу двигуна, вантажного обладнання, паливного бака, системи охолодження, панелі керування та інших компонентів. Усі зварні шви повинні бути якісними та без тріщин, зазорів або видимих дефектів. Опори основи повинні забезпечувати надійну фіксацію конструкції на

землі.

Двигун має бути встановлений на спеціальних опорах за допомогою гвинтових з'єднань та гасників вібрацій. Перед запуском двигуна гвинти необхідно належним чином затягнути, а опори перевірити на правильне функціонування, відсутність тріщин, деформацій та надмірного люфту. Не можна запускати двигун, якщо він не закріплений належним чином на опорі.

З'єднання між двигуном та зарядним пристроєм повинно бути оснащено захисною кришкою. Ця кришка повинна запобігати випадковому контакту оператора з обертовими частинами та захищати від падіння деталей у разі пошкодження з'єднання. Кришка повинна бути щільно прилягаючою та не перешкоджати огляду та технічному обслуговуванню.

Зарядний пристрій також повинен бути оснащений захисним пристроєм. Обертові або нагрівальні елементи повинні бути розташовані таким чином, щоб запобігти випадковому контакту під час роботи.

Панель керування повинна бути легкодоступною та розташованою в безпечному місці, щоб оператор міг керувати роботою двигуна та швидко зупиняти базу. Панель керування повинна бути оснащена кнопкою аварійної зупинки, елементами керування пуском та зупинкою, індикаторами, контрольно-вимірювальними приладами, а також перемикачами режимів роботи.

Електрообладнання в кабіні повинно мати захисне заземлення, достатню ізоляцію кабелів та захист від коротких замикань і перевантажень. Панель керування має бути закрита, а доступ до струмоведучих частин обмежений.

Основна паливна система повинна бути герметичною. Паливний бак повинен бути надійно закріплений до базової конструкції або до окремої опори. Паливні магістралі не повинні контактувати з гарячими деталями двигуна. У всіх місцях, де можуть виникати витіки палива, має

бути забезпечений легкий доступ для перевірки та усунення несправностей.

Система охолодження повинна забезпечувати підтримку нормальної температури двигуна. Трубопроводи охолоджувальної рідини повинні бути правильно підключені, а з'єднання належним чином затягнуті. Забороняється відкривати кришку радіатора або розширювальний бачок, якщо двигун перегрівається.

Витяжна система повинна забезпечувати видалення вихлопних газів з робочого місця. Витяжна труба повинна бути ізольованою або розташованою таким чином, щоб запобігти випадковому контакту.

4.4. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи оператор повинен оглянути основу, перевірити технічний стан основних компонентів та переконатися в бездоганній справності захисних пристроїв.

Перед запуском двигуна слід врахувати наступне:

- Перевірте, чи двигун надійно закріплений на монтажних кронштейнах.
- Перевірте, чи затягнуті гвинтові з'єднання.
- Переконайтеся, що прилад оснащений захисним кожухом.
- Перевірте, чи зарядний пристрій працює належним чином.
- Переконайтеся, що в опорній конструкції немає сторонніх предметів.
- Перевірте рівень моторної оливи.
- Перевірте рівень охолоджувальної рідини.
- Перевірте, чи є паливо в баку.
- Переконайтеся, що паливна система вимкнена.

- Перевірте вихлопну систему, щоб переконатися, що вона працює належним чином.
- Перевірте, чи вентиляція приміщення працює належним чином.
- Переконайтеся, що електрообладнання та заземлення працюють належним чином.
- Перевірте, чи працює аварійний вимикач.
- Переконайтеся, що контрольно-вимірювальні прилади працюють належним чином.

Під час підготовки шасі до роботи не допускається використання несправного обладнання, пошкоджених паливних магістралей, несправних електричних кабелів, відсутніх кришок або нещільно закріплених роз'ємів.

Двигун можна запускати лише після завершення всіх підготовчих робіт. Стороннім особам заборонено перебувати на робочому місці. Працівник повинен знаходитися поблизу панелі керування та контролювати показання приладів з моменту запуску двигуна.

4.5 Вимоги безпеки для стабільної роботи

Під час роботи на випробувальному стенді оператор повинен постійно контролювати показання контрольно-вимірювальних приладів, перевіряти стабільність роботи двигуна, відсутність дивних звуків, сильних вібрацій, а також витоків палива, масла або охолоджувальної рідини.

На початковому етапі встановлення слід контролювати такі аспекти:

- Тиск оливи:
- Температура охолоджувальної рідини:
- Температура олії:

- Швидкість обертання колінчастого вала:
- Навантаження двигуна:
- Чи герметична паливна система:
- Як працює система охолодження.
- Видалення вихлопних газів:
- Рівень шуму та вібрації.

Під час роботи стенду заборонено виконувати такі дії:

- Торкніться обертових частин основи.
- Зніміть захисні кришки під час роботи двигуна.
- Затягніть гвинти та гайки на монтажній основі.
- Регулювання зчеплення на обертових валах.
- Відкрийте розподільну коробку живого сигналу.
- Виконуйте ремонт паливної системи при працюючому двигуні.
- Залиште робочу зону без нагляду.
- Не стійте без потреби близько до пристрою під час сполучення та заряджання.
- Використовуйте багаття біля бази.
- Легкозаймисті матеріали не слід зберігати поблизу двигуна.
- Робота в погано провітрюваних умовах.

Якщо виявлено незвичайні шуми, раптове підвищення температури, падіння тиску оливи, посилення вібрації, запах палива, дим або витік рідини, слід негайно зменшити навантаження, вимкнути двигун та з'ясувати причину несправності.

Під час роботи двигуна під навантаженням режим обкатки слід змінювати поступово, щоб уникнути різких змін навантаження. Перехід між режимами має бути плавним, а температуру та тиск оливи слід

контролювати.

4.6. Вимоги безпеки після завершення робіт

Після запуску двигуна навантаження слід поступово зменшувати та дати двигуну попрацювати на холостому ході кілька хвилин для стабілізації температури. Потім двигун слід зупинити за допомогою стандартних елементів керування.

Після вимкнення двигуна слід:

- Вимкніть живлення бази.
- Вимкніть подачу палива.
- Зачекайте, поки всі обертові частини повністю зупиняться.
- Дайте двигуну охолонути.
- Перевірте наявність витоків оливи, палива та охолоджувальної рідини.
- Перевірте кріплення двигуна.
- Перевірте стан муфти та захисного кожуха.
- Забезпечувати порядок на робочому місці;
- Видаліть інструменти та сторонні предмети.
- Зафіксуйте результати бездіяльності.

Забороняється розбирати двигун, коли його деталі гарячі, одразу після вимкнення. Перед розбиранням переконайтеся, що двигун холодний, а електрична система, блок живлення та зарядний пристрій повністю вимкнені.

4.7. Електробезпека в режимі очікування

Стенд для обкатки трактора ХТЗ складається з електричних компонентів: панелі керування, електричного щита, датчиків, індикаторних ламп, допоміжних двигунів, вентиляторів, а також контрольно-вимірювальних

приладів. Тому під час використання стенду необхідно дотримуватися норм електробезпеки.

Усі металеві частини електрообладнання повинні бути заземлені, якщо ізоляція пошкоджена або якщо вона несправна. Електричні кабелі повинні бути прокладені таким чином, щоб вони не контактували з гарячими поверхнями або рухомими частинами та не піддавалися механічним пошкодженням.

Панель керування повинна мати дверцята, що замикаються, та попереджувальний знак про ризик ураження електричним струмом. Ремонт електрообладнання дозволяється проводити лише після повного відключення живлення.

Під час роботи забороняється торкатися незахищених кабелів, використовувати пошкоджені кабелі, замінювати запобіжники на запобіжники з неправильною силою струму, відкривати панель керування під час роботи та виконувати електромонтажні роботи без відповідної підготовки.

Для підвищення безпеки електрична частина основи повинна бути оснащена автоматичним вимикачем, захистом від короткого замикання, захистом від перевантаження та аварійною зупинкою.

4.8. Вогнезахист

Використання дизельного палива, моторної оливи та інших витратних матеріалів під час роботи становить пожежну небезпеку. Крім того, двигун має гарячі поверхні та електричні компоненти, які можуть спричинити іскри у разі несправності.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно:

- Запобігання витокам палива та оливи;
- Регулярно перевіряйте систему подачі палива на наявність витоків.

- Легкозаймисті матеріали не слід зберігати поблизу основи.
- На робочому місці не слід використовувати відкритий вогонь.
- негайно видаліть будь-яке розлите паливо або оливу.
- Це запобігає перегріву двигуна.
- Контроль стану електрообладнання.
- Забезпечити доступ до основного протипожежного спорядження.

Зона, де працює пожежна камера, повинна мати безперешкодний доступ до вогнегасників, піскоуловлювачів, протипожежного обладнання та аварійних виходів. Працівники повинні бути ознайомлені з процедурами пожежної безпеки.

У разі пожежі, пов'язаної з паливом або маслом, забороняється гасити її водою. Використовуйте порошкові або вуглекислотні вогнегасники, пісок або спеціальні вогнегасні засоби.

4.9. Вентиляція та видалення відпрацьованих газів

Робота дизельного двигуна призводить до утворення вихлопних газів, які становлять загрозу здоров'ю працівників. Тому випробувальний стенд повинен бути оснащений системою відведення вихлопних газів в атмосферу або спеціальною системою відведення вихлопних газів.

Вихлопна труба повинна бути герметично приєднана до вихлопної системи двигуна. З'єднання не повинні допускати потрапляння вихлопних газів у робочу зону. У місцях нагрівання труби необхідно встановити теплову ізоляцію або захисні пристрої.

Приміщення повинно мати достатню вентиляцію для впуску та випуску повітря. Перед запуском двигуна переконайтеся, що система вентиляції працює. Забороняється використовувати двигун у закритому приміщенні без вентиляції або вихлопної системи.

4.10. Засоби індивідуального захисту

Працівник, який запускає двигун на випробувальному стенді, повинен використовувати засоби індивідуального захисту. Це включає:

- Всього;
- Захисне взуття;
- Захисні рукавички.
- Мідь;
- Захист для вух;
- За потреби використовуйте засоби захисту органів дихання.
- Шолом або захист голови в майстерні.

Комбінезон має бути в ідеальному стані, з гудзиками та без нещільно прикріплених деталей, які можуть потрапити в обертові механізми. Використання рукавичок обов'язкове під час підготовки та обробки. Однак контакт з обертовими деталями, навіть у рукавичках, заборонено.

Обов'язково носіння захисних окулярів запобігає потраплянню в очі оливи, палива або охолоджувальної рідини. Захист слуху слід використовувати, якщо рівень шуму високий під час роботи двигуна.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1. Загальні положення

Техніко-економічне обґрунтування розробки є важливим етапом процесу затвердження, оскільки воно дозволяє визначити доцільність виготовлення та використання рухомого випробувального стенду для двигунів тракторів ХТЗ у ремонтно-експлуатаційних підприємствах.

Розроблений випробувальний стенд використовується для обкатки двигунів тракторів ХТЗ після ремонту. Він дозволяє перевіряти працездатність, контролювати ключові робочі параметри та виявляти потенційні несправності до встановлення двигуна в трактор. Використання цього випробувального стенду покращує якість ремонту, скорочує час перевірки, знижує вартість повторних ремонтів та підвищує надійність подальшої експлуатації машини.

Економічна вигідність впровадження кіоску визначається зниженням трудомісткості, скороченням простоїв обладнання, зменшенням вартості повторних ремонтів, підвищенням продуктивності ремонтної ділянки та зниженням експлуатаційних витрат.

5.2. Визначення вартості виробництва допоміжного засобу

Загальна вартість виготовлення стенду включає матеріали, комплектуючі, оплату праці, електроенергію, амортизацію обладнання, накладні витрати та інші будівельні витрати.

Загальну вартість будівництва павільйону можна розрахувати за такою формулою:

$[C_{\text{заг}} = C_{\text{м}} + C_{\text{к}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{е}} + C_{\text{а}} + C_{\text{н}}]$ Де ($C_{\text{заг}}$) — загальна вартість базового будівництва, грн; ($C_{\text{м}}$) — вартість матеріалів, грн; ($C_{\text{к}}$) — вартість комплектуючих, грн; ($C_{\text{зп}}$) — вартість робочої сили, грн; ($C_{\text{е}}$) — вартість електроенергії, грн; ($C_{\text{а}}$) — амортизаційні витрати, грн; ($C_{\text{н}}$) —

непрямі витрати, грн.

Для будівництва основи потрібні такі основні матеріали та компоненти: сталевий профіль для конструкції, сталевий лист для нижніх плит та обшивки, болтові з'єднання, віброгасильні опори, монтажний блок, паливний бак, труби, фільтри, охолоджувач або теплообмінник, вентилятор, обладнання, електричний щит та щит керування.

Орієнтовна вартість матеріалів та компонентів наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Орієнтовна вартість матеріалів та комплектуючих для будівництва основи.

Згідно з витратами	Орієнтовна вартість, грн.
Металева ламінація для конструкції	18000
Сталевий лист, опора, опорні плити	9000
Гвинтові клеми та роз'єми	3500
Вібростійкі кріплення	6000
Монтаж	12000
Кінь офіцера.	45000
Паливний бак і паливні магістралі	8000
Система охолодження	18000
Панель керування	15000
Контрольно-вимірювальні прилади	22 000
Захисні чохли та сумки	7000
Електрообладнання та кабелі	12000
Інші товари	6500
Разом	182000

Отже, орієнтовні витрати на матеріали та обладнання становлять:

$$[C_{\text{МК}} = 182000.]$$

5.3 Розрахунок витрат на оплату праці

Витрати на оплату праці визначаються виходячи з трудомісткості виробництва кіоску та погодинної оплати праці працівників.

Базова зарплата розраховується за такою формулою:

$$[C_{\text{зп}} = TS_{\text{г}}']$$

Де ($C_{\text{зп}}$) — вартість робочої сили, грн.; (T) — трудомісткість виробництва кіосків, робочі години; ($S_{\text{г}}$) — погодинна заробітна плата робітника, грн./год.

Ми припускаємо, що забезпечення безпеки місць є складним:

$$T = 120.$$

Погодинна ставка:

$$[S_{\text{г}} = 150.]$$

Тоді:

$$[C_{\text{зп}} = 120 = 18000.]$$

Буде здійснено додаткову виплату, еквівалентну 20% від основної зарплати.

$$[C_{\text{дод}} = 0,2C_{\text{зп}},][C_{\text{дод}} = 0,2 = 3600.]$$

Загальна вартість робочої сили дорівнює:

$$[C_{\text{праці}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{дод}},][C_{\text{праці}} = 18000 + 3600 = 21600.]$$

5.4. Розрахунок відрахувань із заробітної плати

Внески на заробітну плату розраховуються як відсоток від валової заробітної плати. Ми використовуємо єдину ставку внесків на соціальне страхування:

$[K_{\text{есв}} = 22]$ Сума податку розраховується за такою формулою:

$[C_{\text{есв}} = C_{\text{праці}},]$ Де ($C_{\text{есв}}$) – рівень витрат на оплату праці в гривнях, ($C_{\text{праці}}$) – загальні витрати на оплату праці в гривнях, а ($K_{\text{есв}}$) – коефіцієнт збору у %.

$$[C_{\text{есв}} = 21600 = 4752.]$$
 Отже, вартість заробітної плати структурована

таким чином:

$$[C_{\text{есв}} = 4752.]$$

5.5 Розрахунок витрат на електроенергію

Виробництво опор використовує електроенергію для живлення зварювального обладнання, електроінструментів, робочого освітлення та допоміжного обладнання.

Вартість електроенергії розраховується за такою формулою:

$[C_e = P_e t C_{\text{кВт}}]$ Де (C_{e}) — вартість електроенергії, грн; (P_{e}) — середнє споживання енергії установкою, кВт; (t) — час роботи установки, год; $(C_{\text{кВт}})$ — вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.

Ми приймаємо:

$$P_e=5, t=80, [C_{\text{кВт}} = 8.]$$

Тоді:

$$[C_{\text{e}} = 5 = 3200.]$$

Отже, вартість електроенергії розраховується таким чином:

$$[C_{\text{e}} = 3200.]$$

5.6 Розрахунок непрямих витрат

Непрямі витрати включають витрати на організацію виробництва, технічне обслуговування, утримання приміщень, обслуговування обладнання, допоміжні матеріали та інші непрямі витрати.

Загальну вартість можна розрахувати за такою формулою:

$$[C_{\text{n}} = C_{\text{проект}},]$$

Де (C_{n}) — непрямі витрати, грн; (C_{labor}) — витрати на оплату праці, грн; (K_{n}) — частка непрямих витрат, %.

Ми приймаємо:

$$[K_{\text{n}} = 60 \%.]$$

Тоді:

$$[C_{\{N\}} = 21600 = 12960.]$$

Отже, загальна вартість становить:

5.7. Загальна вартість кластерного виробництва

Загальна вартість будівництва бази складається з основних витрат:

$$[C_{\{Total\}} = C_{\{\mu k\}} + C_{\{Work\}} + C_{\{\epsilon\}} + C_{\{v\}},]$$

Де ($C_{\{mk\}}$) — витрати на матеріали та одиницю продукції, грн;

($C_{\{labor\}}$) — витрати на оплату праці, грн; ($C_{\{esv\}}$) — витрати на заробітну плату, грн; ($C_{\{e\}}$) — витрати на електроенергію, грн; ($C_{\{n\}}$) — непрямі витрати, грн.

Змініть значення:

$$[C_{\text{заг}} = 182000 + 21600 + 4752 + 3200 + 12960.][C_{\text{заг}} = 224512.]$$

Включаючи 10% резерв:

$$[C_{\text{рез}} = 0,1C_{\text{заг}},][C_{\text{рез}} = 0,1 = 22451,2.]$$

Загальна вартість виготовлення опори становить:

$$[C_{\text{повн}} = C_{\text{заг}} + C_{\text{рез}},][C_{\text{повн}} = 224512 + 22451,2 = 246963,2.]$$

Ми приймаємо:

$$[C_{\text{повн}}.]$$

5.8. Розрахунок економії, отриманої за рахунок зниження трудомісткості

Використання випробувального стенду зменшує складність використання двигунів після ремонту, оскільки двигун легко встановити, контрольно-вимірні прилади легкодоступні, навантаження можна швидко регулювати, а несправності можна виявляти негайно.

Економія часу для двигуна розраховується за такою формулою:

$$[T = T_{\text{до}} - T_{\text{після}},]$$

Де (T) — час, зекономлений на двигуні, години; ($T_{\{до\}}$) — час пуску до встановлення статора, години; ($T_{\{після\}}$) — час пуску після встановлення статора, години.

Ми приймаємо:

$$[T_{\text{до}} = 8,] [T_{\text{після}} = 5.]$$

Тоді:

$$T = 8 - 5 = 3.$$

Річна економія під час експлуатації розраховується за такою формулою:

$$[T_{\text{ек}} = T N_{\text{дв}},] \text{ Де } (T_{\text{ек}}) - \text{річна економія робочих годин; } (N_{\text{дв}}) -$$

кількість двигунів, що працюють на рік.

Ми приймаємо:

$$[N_{\text{дв}} = 60.] \text{ Тоді:}$$

$$[T_{\text{ек}} = 3 = 180.] \text{ Економічна економія, що виникає внаслідок зниження}$$

трудомісткості, розраховується за такою формулою:

$$[E_{\text{т}} = T_{\text{ек}} S_{\text{г}},] \text{ Де } (E_{\text{т}}) - \text{економія витрат на оплату праці, грн; } (T_{\text{ек}})$$

— річна економія робочих годин, год; $(S_{\text{г}})$ — погодинна оплата праці, грн/год.

$$[E_{\text{т}} = 180 = 27000.]$$

Таким чином, економія, що виникає в результаті зниження трудомісткості, є:

$$[E_{\text{т}} = 27000.]$$

5.9. Розрахунок економії за рахунок зменшення повторних ремонтів

Монтажний кронштейн дозволяє виявити пошкодження двигуна до встановлення компонентів на трактор, зменшуючи кількість повторних ремонтів та витрати на розбирання, повторну діагностику та усунення несправностей.

Річна економія, досягнута завдяки зменшенню періодичних ремонтів, розраховується за такою формулою:

$$[E_{\text{р}} = N_{\text{уник}} C_{\text{рем}},] \text{ Де } (E_{\text{р}}) - \text{річна економія в гривнях завдяки}$$

зменшенню повторних ремонтів; (N) — кількість уникнутих повторних ремонтів на рік; (C) — середня вартість повторних ремонтів у гривнях.

Ми приймаємо:

$$[N_{\text{уник}} = 6,][C_{\text{рем}} = 12000.] \text{Тоді:}$$

$[E_p = 6 = 72000.]$ Економія, досягнута завдяки зменшенню періодичних ремонтів, полягає в наступному:

$$[E_p = 72000.]$$

5.10. Розрахунок економії завдяки скороченню простою обладнання

Зменшуючи час простою та покращуючи якість ремонту, можна скоротити час перебування трактора в майстерні. Це особливо важливо для сільськогосподарських підприємств, оскільки своєчасне відновлення роботи техніки має значний економічний вплив.

Економія, досягнута завдяки скороченню часу простою, розраховується за такою формулою:

$[E_{\text{п}} = D_{\text{ек}} C_{\text{пр}},]$ Де $(E_{\text{п}})$ — економія за рахунок скорочення простоїв, грн; $(D_{\text{ек}})$ — кількість зекономлених днів простою на рік; $(C_{\text{пр}})$ — вартість одного дня простою трактора, грн/день.

Ми приймаємо:

$$[D_{\text{ек}} = 20,][C_{\text{пр}} = 2500.] \text{Тоді:}$$

$[E_{\text{п}} = 20 = 50000.]$ Отже, економія, досягнута завдяки скороченню простоїв, становить:

$$[E_{\text{п}} = 50000.]$$

5.11. Загальна річна економія в результаті впровадження стандарту.

Загальна річна економія визначається як сума економії, досягнута завдяки скороченню робочої сили, зменшенню періодичних ремонтів та зменшенню часу простою обладнання.

$$[E_{\text{річ}} = E_{\text{т}} + E_{\text{р}} + E_{\text{п}},]$$

$(E_{\text{т}})$ — загальна річна економія, грн./рік; $(E_{\text{т}})$ — економія від зниження трудомісткості, грн./рік; $(E_{\text{р}})$ — економія від зменшення

періодичних ремонтів, грн./рік; ($E_{\{n\}}$) — економія від скорочення простоїв, грн./рік.

Змініть значення:

$$[E_{\text{річ}} = 27000 + 72000 + 50000.][E_{\text{річ}} = 149000.]$$

Отже, загальна річна економія в результаті впровадження стандарту становитиме:

$$[E_{\text{річ}} = 149000.]$$

5.12 Розрахунок терміну окупності існуючої інвестиції

Термін окупності показує, скільки часу потрібно, щоб виробничі витрати кіоску компенсувалися досягнутою економією.

Термін окупності інвестицій визначається за такою формулою:

$$[T_{\text{ок}} =,]$$

Де (T – термін окупності в роках; (C) – загальна вартість будівництва кіоску в гривнях; (E) – загальна річна економія в гривнях/рік.

Змініть значення:

$$[T_{\text{ок}} =.][T_{\text{ок}} = 1,66.]$$

Таким чином, термін окупності інвестицій у кіоск становить приблизно:

$$[T_{\text{ок}} 7.]$$

Такий термін окупності є прийнятним для ремонтних та обслуговуючих компаній, оскільки він має економічний ефект, зменшуючи витрати на ремонт та час простою після завершення будівництва системи.

5.13 Розрахунок коефіцієнта економічної ефективності

Коефіцієнт витрат і вигод визначається як відношення річної економії до загальної вартості будівництва павільйону:

$$[K_{\text{еф}} =,]$$

Де (K) – коефіцієнт економічної ефективності; (E) – загальна річна економія в гривнях/рік; (C) – загальна собівартість виробництва кластера в гривнях.

Змініть значення:

$[K_{\text{еф}} = .]$ $[K_{\text{еф}} = 0,60.]$ Отже, співвідношення витрат і вигод становить:

$[K_{\text{еф}} = 0,60.]$ Це означає, що кіоск досягає економічного ефекту

приблизно 60% від своїх виробничих витрат протягом одного року експлуатації.

5.14. Порівняння витрат до та після реконструкції павільйону.

Для оцінки ефективності впровадження кіоску рекомендується порівняти основні витрати до та після його використання.

Таблиця 5.2 – Порівняння витрат до та після впровадження кіоску.

Індикатор	До введення в дію договору	Після застосування статусу	Шостий
Інтенсивність роботи під час обкатки двигуна, у годинах.	8	5	3
Кількість періодичних ремонтів на рік	10	4	6
Поточні витрати на ремонт, грн/рік	120 000	48000 (48000)	72000
Збитки від виходу	100000	50000	50000

обладнання з ладу, грн/рік			
Загальна річна економія, грн.	—	—	149000

Порівняння показує, що після впровадження бази зменшується трудомісткість робіт, кількість повторних ремонтів та збитків через відмови обладнання.

5.15. Висновки з розділу 5

Техніко-економічний відділ оцінив доцільність виготовлення та використання обкаточного бази для двигуна трактора ХТЗ.

Було визначено орієнтовні витрати на матеріали та одиницю продукції на виготовлення опори, які склали загалом 182 000 гривень. Було розраховано витрати на оплату праці, заробітну плату, електроенергію та накладні витрати.

Загальна вартість будівництва павільйону, включаючи резерв на непередбачені витрати, становить приблизно:

$[C_{\text{повн}}]$ Щорічна економія, досягнута завдяки впровадженню цієї системи, включає зменшення трудозатрат, меншу кількість періодичних ремонтів та скорочення часу простою обладнання. Загальна річна економія становить:

$[E = 149000.]$

Термін окупності інвестицій у фіксовані активи:

$[T_{\text{ок}} 7.]$ Співвідношення витрат і вигод становить:

$[K_{\text{еф}} = 0,60.]$ Тому економічно доцільно впроваджувати обкатку для двигунів тракторів ХТЗ, оскільки це знижує витрати на ремонт, скорочує час простою, покращує якість обкатки після ремонту та забезпечує стабільну роботу двигуна під час подальшого використання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У цій дипломній роботі проаналізовано розробку проекту обкатної бази для двигунів тракторів ХТЗ. Актуальність теми полягає в необхідності покращення якості обкатки двигунів після ремонтів, скорочення часу огляду, зменшення кількості наступних ремонтів та підвищення експлуатаційної надійності тракторів.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан процедур обкатки тракторів ХТЗ та методи, що використовуються для їх проведення. Було виявлено, що обкатка є критично важливим технічним процесом після ремонту двигуна, оскільки вона забезпечує належне функціонування компонентів, перевіряє правильність розвал-сходження, виявляє потенційні несправності та контролює ключові робочі параметри. Були досліджені основні методи обкатки: холодна обкатка, гаряча обкатка без навантаження, гаряча обкатка під навантаженням та контрольні випробування. Було виявлено, що найефективнішим методом є обкатка з поступовим збільшенням швидкості та навантаження.

У другій частині розроблено технічні аспекти роботи випробувального стенду з двигуном трактора ХТЗ. Детально описано конструкцію випробувального стенду, включаючи опорну конструкцію, кріплення двигуна, складання, систему заряджання, систему подачі палива, систему охолодження, систему випуску, систему керування та вимірювання, а також захисні елементи. Конструкція включає монтаж, безпеку, запуск, заряджання та контроль параметрів двигуна під час обкатки.

У цій роботі підтверджується використання гідравлічного пристрою керування навантаженням, який дозволяє безперервно контролювати навантаження та працювати двигун у реальних умовах. Конструкція включає використання гнучкої муфти, яка компенсує незначні перекоси валів, зменшуючи удари та вібрацію.

У третьому розділі описано конструкцію підшипника. Загальне навантаження на конструкцію становить 15,94 кН. Навантаження на кожен підшипник двигуна розраховано як 2,71 кН з урахуванням запасу міцності 4,06 кН. Для забезпечення надійності використовуються гасники вібрацій з допустимим навантаженням не менше 5 кН на підшипник.

Крутний момент двигуна потужністю 185 кВт при 2200 об/хв було визначено як 803 Нм. З урахуванням коефіцієнта запасу міцності це призводить до розрахункового крутного моменту приблизно 1,2 кНм для вибору зчеплення. Проведені випробування показали, що зчеплення з допустимим крутним моментом 1250–1500 Нм забезпечує надійну передачу крутного моменту від двигуна до навантажувального пристрою.

Було перевірено міцність та жорсткість компонентів. Напруження згину конструктивної балки становить 30,97 МПа, що значно нижче за допустиму межу для конструкційної сталі. Розрахункова деформація балки становить 0,413 мм і не перевищує допустимого значення. Отже, обрана конструкція демонструє достатню міцність та жорсткість для безпечної експлуатації фундаменту.

У четвертому розділі розглядається робоче середовище під час роботи на випробувальному стенді. Визначено найважливіші, небезпечні та шкідливі виробничі фактори: обертання валів та шарнірів, високі температури поверхні двигуна, наявність паливно-мастильних матеріалів, електрична напруга, шум, вібрація та вихлопні гази. Запропоновано заходи безпеки, зокрема встановлення захисних огорож, аварійних вимикачів, систем вентиляції, відведення вихлопних газів, заземлення електрообладнання та використання засобів індивідуального захисту.

Також було проведено приблизний розрахунок робочого освітлення. Було виявлено, що для приміщення площею 36 м² необхідно дев'ять ламп зі світловим потоком 3200 лм. Це забезпечує достатнє освітлення для безпечних умов роботи, контролю за обладнанням та технічного обслуговування випробувального стенду.

У п'ятій частині було проведено техніко-економічне обґрунтування проекту. Орієнтовна вартість матеріалів та вузлів для будівництва павільйону визначена на рівні 182 000 гривень. Загальна вартість будівництва павільйону, включаючи витрати на оплату праці, витрати на електроенергію, накладні витрати та резерв на непередбачені події, становить приблизно 247 000 гривень.

Розраховано економічний ефект від впровадження кіоску. Річна економія становить 149 000 гривень і досягається за рахунок зниження витрат на оплату праці на початковому етапі, меншої кількості періодичних ремонтів та меншого часу простою обладнання. Термін окупності інвестицій у кіоск становить приблизно 1,7 року, а коефіцієнт витрат і вигод – 0,60.

Таким чином, магістерська робота досягла своєї мети: було розроблено випробувальний стенд для обкатки двигуна трактора ХТЗ, який гарантує якісні, безпечні та контрольовані випробування після ремонту. Запропонований випробувальний стенд дозволяє підвищити ефективність ремонтних робіт, скоротити час обкатки, зменшити витрати на подальший ремонт та підвищити експлуатаційну надійність трактора.

Результати цієї роботи можуть бути використані в ремонтно-технічних підприємствах, навчальних майстернях, центрах технічної допомоги та сільськогосподарських підприємствах, що виконують ремонтні та технічні роботи з тракторів ХТЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Трактор ХТЗ. Керівництво з експлуатації та технічного обслуговування. — Харків: ХТЗ, 2018. — 156 стор.
2. Дизельні двигуни для тракторів. Технічне обслуговування та ремонт: Посібник / за редакцією В. М. Полякової. — Київ: Аграрна освіта, 2019. — 284 стор.
3. Технічне обслуговування машин в агропромисловому комплексі: Посібник / О. В. Надикто, В. І. Мельник, А. М. Погорілі. — Київ: Центр академічної літератури, 2020. — 360 с.
4. Ремонт машин та обладнання агропромислового комплексу: Посібник / І.І. Роговський, Р.В. Шатров, Л.Л. Тітова. - Київ: НУБіП України, 2021. - 312 с.
5. Головчук А.Ф., Орлов В.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. – Київ : Урожай, 2017. – 328 с.
6. Барановський В.І., Войтюк Д.Г. Системи подачі палива для дизельних двигунів. – Київ: Аграрна освіта, 2018. – 356 с.
7. Бендера І. М., Гриньків А. В. Технічна експлуатація автомобільно тракторного парку. – Кам'янець-Подільський: ФОП Ціцин Я.І., 2019. – 412 с.
8. Гаврилюк В.М., Мельник В.П. Діагностика та обслуговування паливної апаратури дизельних двигунів. - Львів: Новий Світ-2000, 2020. - 284 стор.
9. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпека машин. Загальні принципи проектування. Оцінка ризиків та зниження ризиків. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 76 с.

10. ДСТУ ISO 14229-1:2021. Дорожні транспортні засоби. Діагностичні протоколи. Уніфіковані діагностичні служби (УДС). – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. – 215 стор.
11. ДСТУ ISO 15031-5:2019. Дорожні транспортні засоби. Зв'язок між транспортним засобом та зовнішнім діагностичним обладнанням. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 92 стор.
12. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-XII (зі змінами та доповненнями).
13. Кодекс законів про працю України. Чинна редакція.
14. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті: НПАОП 0.00-1.62-12. Чинна редакція 2025 р. Київ.
15. ДСТУ ISO 12100:2019. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання. Оцінювання ризику та зменшення ризику.
16. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги.
17. ДСТУ ISO 13849-1:2018. Безпечність машин. Частина систем керування, пов'язані з безпечністю. 66
18. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: навчальний посібник. Луцьк : Луцький НТУ, 2017. 140 с.
19. Солових Є.К., Козаченко Д.М., Ковальов М.В. Надійність автомобілів : навчальний посібник. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. 309 с.
20. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. Харків : Точка, 2016. 232 с.
21. Шапко С.В. Виробничі системи на автомобільному транспорті: навчальний посібник. Кременчук, 2017. 146 с.

22. Коноваленко О.Д., Черниш А.А. Ідентифікація транспортних засобів: навчальний посібник. Харків : Мадрид, 2020. 259 с.
23. Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.В. Охорона праці на автомобільному транспорті: навчальний посібник. Суми: Університетська книга. Актуальне перевидання використовується у закладах вищої освіти.
24. Engine Service Manual. John Deere PowerTech™ 4.5L and 6.8L Diesel Engines. John Deere, 2021.
25. John Deere Service Advisor. Technical Service Documentation. John Deere, 2024.
26. Cummins QSB6.7 and QSL9 Engine Shop Manual. Cummins Inc., 2022. 69
27. Cummins INSITE User Guide and Diagnostic Procedures. Cummins Inc., 2024.
28. FPT Industrial NEF Series Workshop Manual. FPT Industrial, 2023.
29. AGCO Power Engine Repair and Maintenance Manual. AGCO Corporation, 2022.
30. Bosch Diesel Systems. Common Rail System Manual. Bosch Mobility Solutions, 2023.