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

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Вдосконалення ефективності діагностики технічного стану дизеля»

Виконав: студент _4 курсу, групи 42-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Романюк Дмитро Федорович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Пушка О.С.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Романюку Дмитру Федоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Вдосконалення ефективності діагностики технічного стану дизеля»
керівник проекту Пушка Олександр Сергійович, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129

2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: класифікація систем живлення дизельних двигунів; основні елементи системи живлення дизеля

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; особливості ремонту деталей паливної системи дизельного двигуна; напрями удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту паливної системи дизеля; будова та принцип роботи пристрою для перевірки клапана EGR; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

– **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	– примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025	
2.	Розділ 1. Конструкції систем живлення дизелів	19.11.2025	
3.	Розділ 2. Технічний розділ	18.12.2025	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026	
5.	Розділ 4. Економічна частина	09.03.2026	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026	

Студент _____ Романюк Д.Ф.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Пушка О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1 КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛІВ 6
1.1 Призначення системи живлення дизельного двигуна 6
1.2 Класифікація систем живлення дизельних двигунів 7
1.3 Основні елементи системи живлення дизеля 9
1.4 Система живлення з насос-форсунками 10
1.5 Діагностичні ознаки несправностей систем живлення дизелів 11
2 ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ 13
2.1 Обґрунтування технічного підходу до діагностування дизельного двигуна 13
2.2 Розробка пристрою для перевірки клапана EGR 14
2.3 Використання ємнісного сенсора для експрес-діагностики електричних сигналів 15
2.4 Методика проведення експериментальних досліджень 16
2.5 Аналіз тесту відносної компресії 17
2.6 Перевірка працездатності клапана EGR 18
2.7 Дослідження сигналів паливних форсунок 19
2.8 Дослідження роботи регулятора тиску палива 20
2.9 Технічна оцінка запропонованого способу діагностування 21
3 ОХОРОНА ПРАЦІ 23
3.1 Загальні вимоги охорони праці під час діагностування дизельного двигуна 23
3.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори 23
3.3 Вимоги безпеки перед початком роботи 24
3.4 Вимоги безпеки під час виконання діагностичних робіт 25
3.5 Пожежна безпека 25
3.6 Вимоги безпеки після закінчення роботи 26
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 27
4.1 Обґрунтування економічної доцільності впровадження діагностичного комплексу 27
4.2 Розрахунок фонду оплати праці 27
4.3 Визначення прямих виробничих витрат 28
4.4 Розрахунок вартості основних виробничих фондів 29
4.5 Амортизаційні відрахування 30
4.6 Визначення витрат на енергоресурси та утримання дільниці 31
4.7 Формування накладних витрат 32
4.8 Розрахунок повної собівартості робіт 32

4.9 Визначення прибутку та рентабельності 34
4.10 Оцінка використання виробничих площ і основних фондів 34
4.11 Розрахунок загальної економічної ефективності та терміну окупності 35
4.12 Основні техніко-економічні показники 36
ВИСНОВКИ 39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 42

1 КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛІВ

1.1 Призначення системи живлення дизельного двигуна

Система живлення дизельного двигуна є однією з основних функціональних систем, від технічного стану якої безпосередньо залежать потужність, паливна економічність, стабільність роботи, димність відпрацьованих газів, легкість пуску та ресурс двигуна. Її головне призначення полягає у зберіганні палива, його очищенні, подачі до паливної апаратури, створенні необхідного тиску впорскування, дозуванні палива відповідно до режиму роботи двигуна та забезпеченні якісного розпилювання у камері згоряння [1; 2].

Для дизельного двигуна характерним є самозаймання палива від температури стисненого повітря, тому якість подачі палива має вирішальне значення. Якщо паливо надходить із запізненням, у недостатній кількості або з поганим розпиленням, процес згоряння порушується. Це призводить до зниження потужності, збільшення витрати палива, перегрівання деталей циліндро-поршневої групи, появи чорного або сизого диму, нерівномірної роботи двигуна та підвищення токсичності відпрацьованих газів [3].

У загальному вигляді система живлення дизеля складається з паливного бака, паливозабірника, фільтрів грубого і тонкого очищення, підкачувального насоса, паливопроводів низького тиску, насоса високого тиску або насос-форсунок, форсунок, зливної магістралі та, у сучасних двигунах, електронного блока керування. У системах типу Common Rail додатково застосовують акумуляторну рампу високого тиску, датчики тиску, регулятори тиску та електромагнітні або п’єзоелектричні форсунки [1; 4].

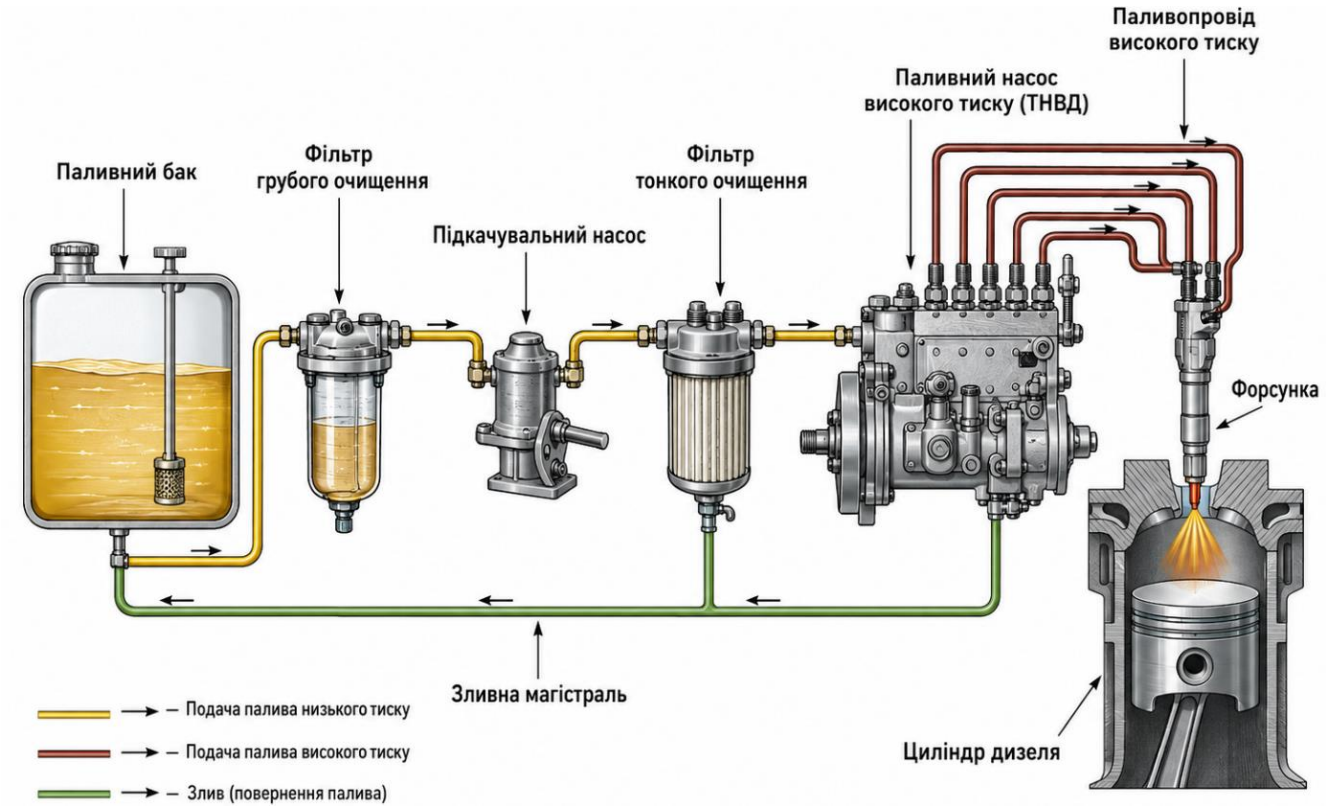


Рисунок 1.1 – Класична система живлення дизеля з рядним ТНВД

Класична система живлення з рядним паливним насосом високого тиску тривалий час застосовувалася на тракторних, вантажних, автобусних та спеціальних дизельних двигунах. У такій системі паливо з бака через фільтри надходить до підкачувального насоса, далі — до паливного насоса високого тиску, який дозує порції палива та подає їх до форсунок через паливопроводи високого тиску. Надлишок палива повертається у бак через зливну магістраль.

1.2 Класифікація систем живлення дизельних двигунів

За конструктивним виконанням системи живлення дизелів можна поділити на механічні, електронно-механічні та електронні акумуляторні системи. Механічні системи мають просту будову, високу ремонтопридатність та достатню надійність, однак їхні можливості щодо точного регулювання моменту і кількості впорскування обмежені. Електронно-механічні системи поєднують механічну паливну апаратуру з електронним керуванням окремими процесами, наприклад корекцією подачі палива залежно від навантаження, температури та частоти обертання колінчастого вала [2; 5].

Найбільш поширеними конструктивними схемами є:

– механічна система з рядним ТНВД;

– система з розподільним насосом високого тиску;

– система з насос-форсунками;

– акумуляторна система Common Rail;

– системи з електронним керуванням подачею палива.

У механічних системах паливний насос високого тиску одночасно створює тиск, дозує паливо та розподіляє його між циліндрами. У системах Common Rail ці функції розділені: насос створює високий тиск у спільній рампі, а електронний блок керування визначає момент, тривалість і кількість впорскування для кожної форсунки окремо [1; 4]. Такий підхід дає змогу виконувати декілька фаз упорскування за один робочий цикл, знижувати шумність двигуна, покращувати повноту згоряння та зменшувати викиди шкідливих речовин. Bosch описує Common Rail як систему, у якій ECU керує моментом і тривалістю відкриття форсунки, а тиск упорскування може досягати дуже високих значень, характерних для сучасних дизелів.

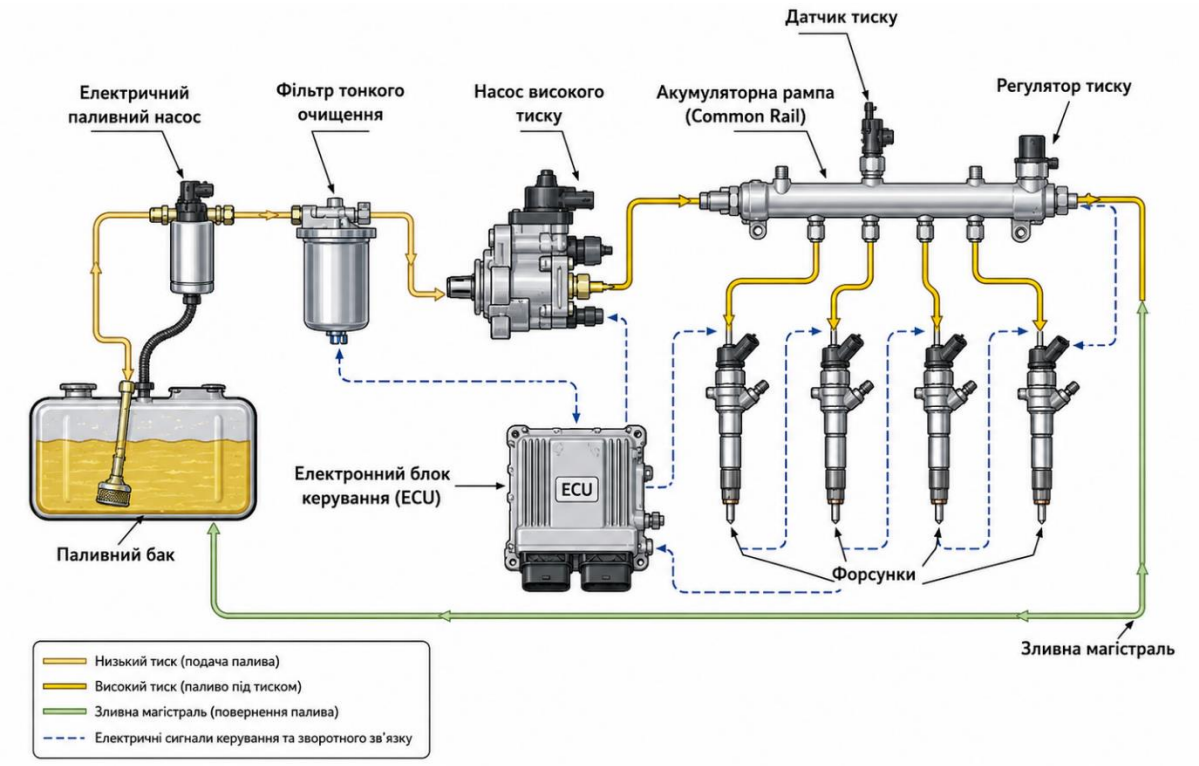


Рисунок 1.2 – Система живлення дизеля типу Common Rail

Система Common Rail є найбільш перспективною для сучасних дизельних двигунів, оскільки вона забезпечує точне електронне керування процесом упорскування. Паливо з бака подається електричним або механічним підкачувальним насосом через фільтр тонкого очищення до насоса високого тиску. Далі паливо надходить до акумуляторної рампи, де

підтримується необхідний тиск. Електронний блок керування отримує інформацію від датчиків і подає сигнали на форсунки, регулятор тиску та інші виконавчі елементи. Завдяки цьому система може змінювати параметри впорскування залежно від режиму роботи двигуна.

1.3 Основні елементи системи живлення дизеля

Паливний бак призначений для зберігання запасу палива та забезпечення його безперервної подачі до двигуна. У баку встановлюють паливозабірник із сітчастим фільтром, а також зливні та вентиляційні елементи. Наявність води, механічних домішок або корозійних частинок у баку є однією з причин пошкодження паливної апаратури, тому під час діагностування необхідно перевіряти чистоту палива та стан паливозабірника.

Паливні фільтри виконують очищення палива від механічних домішок і води. Фільтр грубого очищення затримує великі частинки, а фільтр тонкого очищення забезпечує захист прецизійних пар паливного насоса та форсунок. Особливо високі вимоги до чистоти палива висуваються у системах Common Rail, оскільки за високих тисків навіть дрібні абразивні частинки можуть спричинити зношування розпилювачів і клапанів форсунок [1; 4].

Підкачувальний насос створює тиск у магістралі низького тиску та забезпечує стабільне надходження палива до насоса високого тиску. Його несправність проявляється у складному запуску двигуна, провалах під навантаженням, нестабільній роботі на холостому ходу та появі повітря в паливній системі.

Паливний насос високого тиску є одним з найвідповідальніших вузлів системи. У механічних системах він дозує паливо та подає його до відповідних циліндрів. У системі Common Rail насос високого тиску лише створює необхідний тиск у рампі, тоді як дозування виконується форсунками під керуванням ECU. Порушення роботи насоса високого тиску призводить до недостатнього тиску впорскування, нерівномірної подачі палива, зниження потужності та підвищення витрати палива [2; 5].

Форсунки забезпечують розпилення палива в камері згоряння. Від їхнього стану залежить форма факела розпилу, рівномірність подачі палива, якість сумішоутворення та повнота згоряння. Основними дефектами форсунок

є підтікання, закоксовування розпилювача, зниження тиску відкривання, нерівномірна продуктивність, збільшений зворотний злив та несправність електромагнітної частини.

1.4 Система живлення з насос-форсунками

Система живлення з насос-форсунками відрізняється тим, що в кожному циліндрі встановлено окремий вузол, який поєднує функції насоса високого тиску та форсунки. У такій конструкції створення високого тиску відбувається безпосередньо біля камери згоряння, що зменшує втрати тиску у паливопроводах і забезпечує швидке впорскування палива.

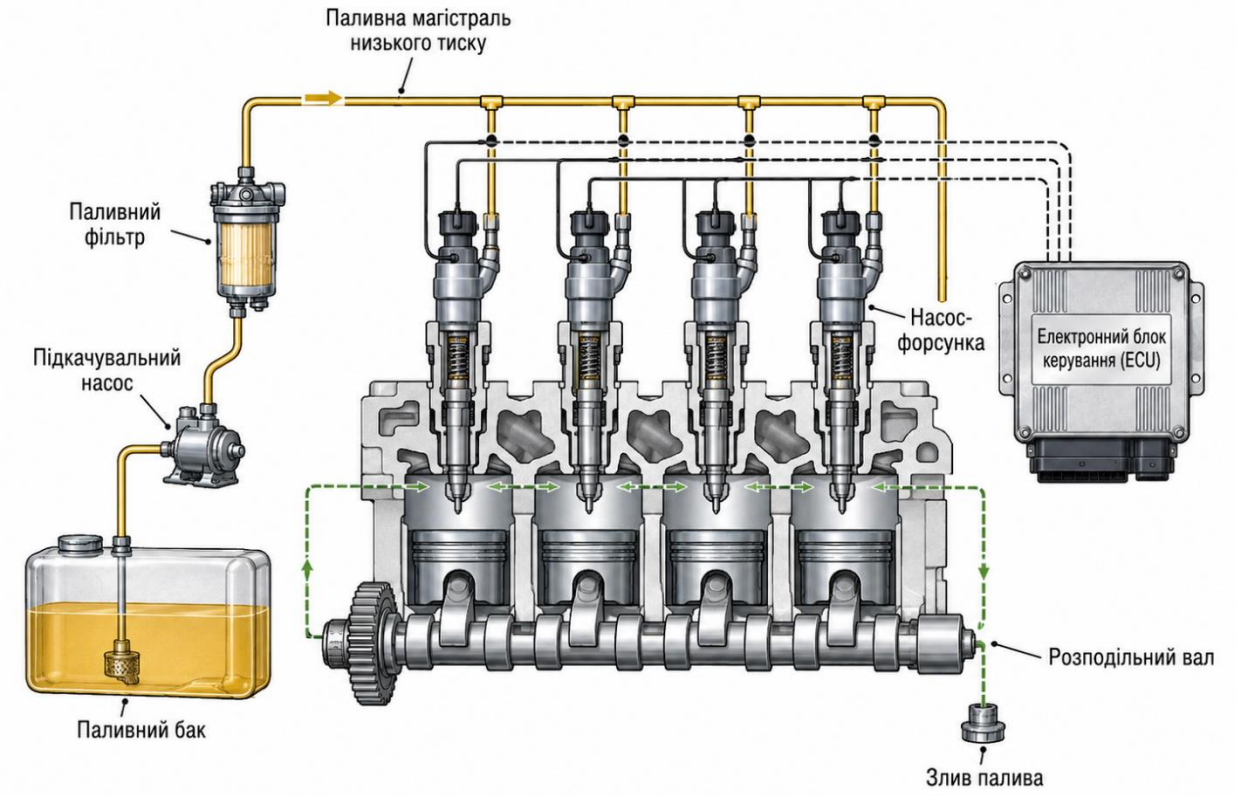


Рисунок 1.3 – Система живлення дизеля з насос-форсунками

Насос-форсунка приводиться в дію від розподільного вала через кулачок, штовхач або коромисло. Подача палива регулюється електронним блоком керування, який визначає момент відкриття керуючого клапана. Перевагою такої системи є високий тиск упорскування та компактність, а недоліком — складність конструкції, підвищені вимоги до точності виготовлення, чутливість до якості палива та вища вартість ремонту.

Під час діагностування системи з насос-форсунками перевіряють тиск у магістралі низького тиску, герметичність ущільнень, стан електричних

роз’ємів, корекції подачі палива, рівномірність роботи циліндрів, наявність помилок ECU, а також механічний стан приводу насос-форсунок.

1.5 Діагностичні ознаки несправностей систем живлення дизелів

Ефективність діагностики технічного стану дизеля значною мірою залежить від правильної послідовності перевірок. Починати доцільно з найпростіших операцій: огляду герметичності магістралей, перевірки рівня та якості палива, стану фільтрів, наявності повітря у системі та тиску підкачки. Лише після цього виконують перевірку паливного насоса високого тиску, форсунок, датчиків і електронної системи керування.

Основними ознаками несправності системи живлення дизеля є:

– ускладнений запуск двигуна;
– нестійка робота на холостому ходу;
– зниження потужності;
– підвищена витрата палива;
– димність відпрацьованих газів;
– поява сторонніх шумів у роботі двигуна;
– перегрівання;
– наявність кодів несправностей в ECU;
– нерівномірна робота циліндрів.

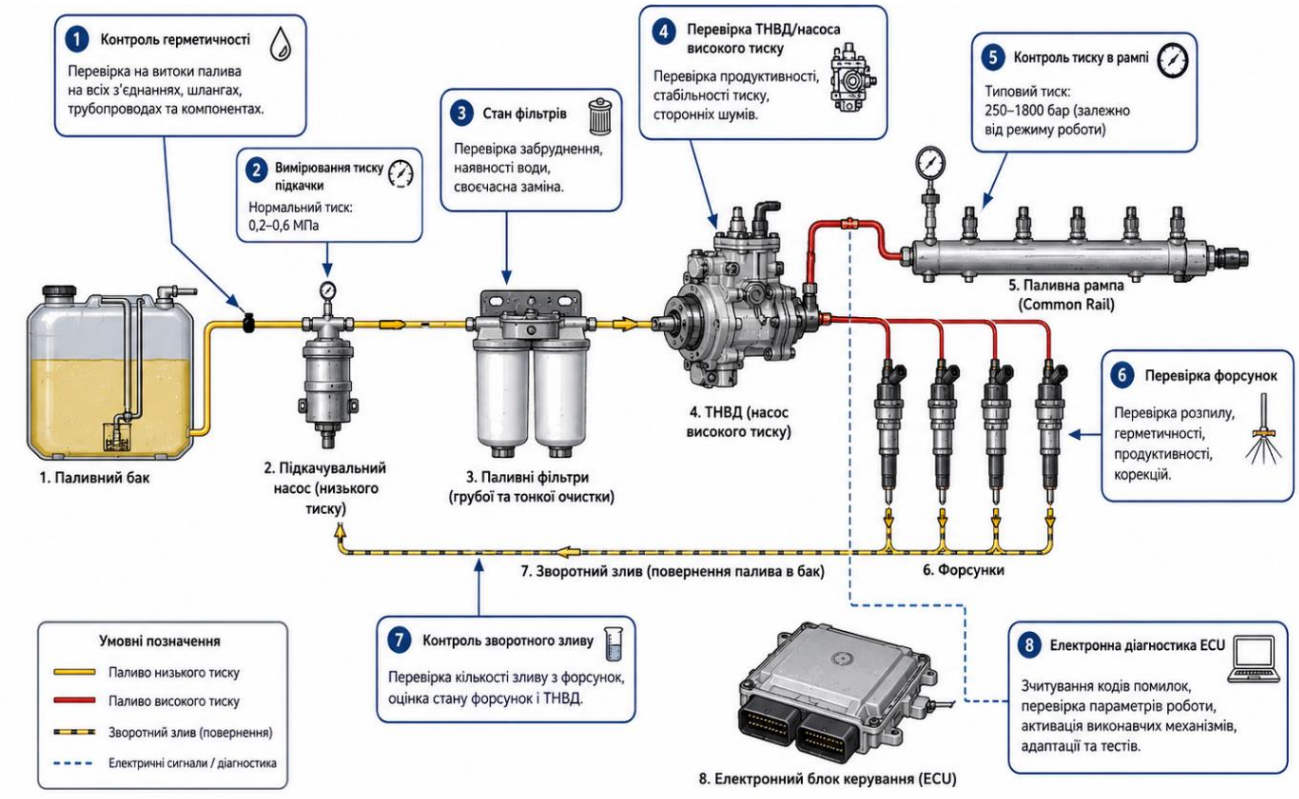


Рисунок 1.4 – Основні елементи та точки діагностування системи живлення дизеля

У процесі діагностування особливу увагу необхідно приділяти тиску в магістралі низького тиску, тиску у паливній рампі, величині зворотного зливу з форсунок, стану фільтрів, герметичності паливопроводів і коректності сигналів датчиків. Для систем Common Rail характерним є комплексний підхід, який поєднує механічні вимірювання та електронну діагностику за допомогою сканера. У практиці ремонту сучасних дизелів важливо не обмежуватися лише зчитуванням помилок, оскільки одна й та сама помилка може бути наслідком різних причин: забитого фільтра, несправного регулятора тиску, підсмоктування повітря, зношення насоса або надмірного зливу через форсунки [1; 5].

Отже, конструкція системи живлення дизеля визначає методику її діагностування. Для механічних систем основними є перевірка подачі палива, тиску відкривання форсунок, кута випередження впорскування та стану ТНВД. Для систем Common Rail важливими є контроль тиску в рампі, перевірка датчиків, аналіз параметрів у реальному часі, тест зворотного зливу форсунок та перевірка електронних сигналів керування.

2 ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Обґрунтування технічного підходу до діагностування дизельного двигуна

Ефективна експлуатація дизельного двигуна значною мірою залежить від своєчасного виявлення несправностей у системах живлення, керування подачею палива, рециркуляції відпрацьованих газів та електронних виконавчих механізмах. У сучасних автомобілях частина несправностей може бути визначена за допомогою бортової системи самодіагностики, однак використання лише OBD-сканера не завжди дає повну інформацію про фактичний технічний стан вузлів. Це пояснюється тим, що електронний блок керування фіксує переважно відхилення електричних параметрів, тоді як механічні дефекти, часткове підклинювання клапанів, порушення форми сигналу або нестабільна робота форсунок можуть не завжди супроводжуватися появою коду помилки.

Тому для поглибленої діагностики доцільно застосовувати комплексний підхід, який поєднує зовнішній огляд двигуна, комп’ютерну діагностику, аналіз осцилограм, використання струмових кліщів, ємнісних сенсорів і спеціальних пристроїв для перевірки виконавчих елементів. Такий підхід дає змогу не тільки встановити наявність несправності, а й оцінити характер її прояву без зайвого демонтажу деталей.

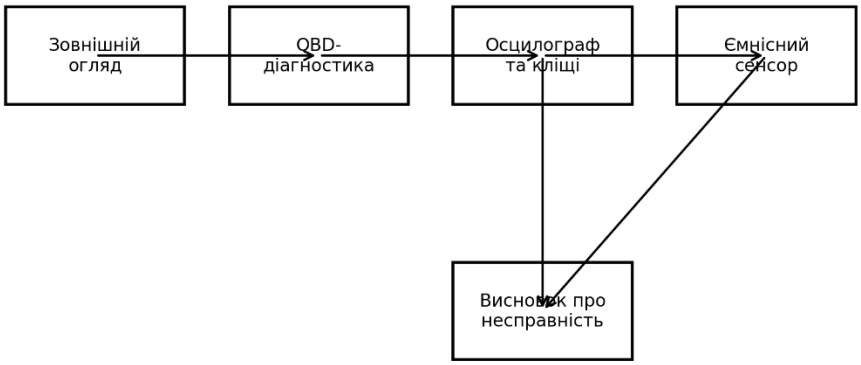


Рисунок 2.1 – Узагальнена послідовність діагностування дизельного двигуна

Запропонована схема діагностування передбачає поступовий перехід від простих методів контролю до більш точних інструментальних перевірок. Спочатку виконується огляд двигуна, перевіряється наявність витоків палива, мастила й охолоджувальної рідини, а також цілісність електричних роз’ємів.

Після цього проводиться комп’ютерне зчитування параметрів і кодів несправностей. Якщо отриманої інформації недостатньо, використовуються осцилографічні методи, які дозволяють аналізувати реальну форму електричних сигналів у динаміці.

2.2 Розробка пристрою для перевірки клапана EGR

Одним із важливих елементів сучасного дизельного двигуна є клапан рециркуляції відпрацьованих газів EGR. Його призначення полягає у частковому поверненні відпрацьованих газів у впускний тракт для зниження температури згоряння та зменшення утворення оксидів азоту. Несправність клапана EGR може спричиняти нестабільну роботу двигуна, зниження потужності, підвищену димність, збільшення витрати палива та появу помилок у системі керування.

У сучасних автомобілях використовуються електронно-керовані клапани EGR, які мають електропривід і датчик положення заслінки. Електродвигун переміщує робочий орган клапана, а датчик положення передає до електронного блока керування сигнал зворотного зв’язку. Зазвичай напруга живлення приводу становить 12 В, а датчик положення працює від опорної напруги 5 В. Вихідний сигнал датчика переважно змінюється в межах приблизно від 0,5 до 4,5 В залежно від ступеня відкриття клапана.

Для перевірки такого вузла запропоновано простий діагностичний пристрій на базі плати Arduino UNO та драйвера двигунів L298. Драйвер забезпечує подачу напруги на електропривід клапана з можливістю зміни полярності, що необхідно для відкривання та закривання клапана в тих конструкціях, де відсутня зворотна пружина. Arduino формує керуючі сигнали, а також зчитує напругу з датчика положення через аналоговий вхід.

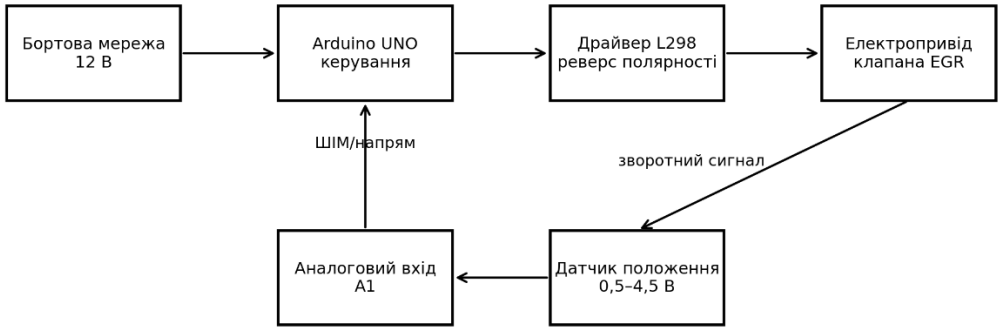


Рисунок 2.2 – Структурна схема приладу для перевірки клапана EGR

Перевагою запропонованого пристрою є його простота, низька вартість і можливість роботи від бортової мережі автомобіля. Пристрій дозволяє змінювати частоту та тривалість відкривання клапана, спостерігати за плавністю переміщення заслінки та контролювати стабільність сигналу датчика положення. Якщо під час відкривання або закривання на осцилограмі з’являються провали, різкі стрибки або переривання сигналу, це може свідчити про зношення датчика, забруднення механізму або підклинювання клапана.

2.3 Використання ємнісного сенсора для експрес-діагностики електричних сигналів

Для швидкої перевірки роботи електромагнітних форсунок, клапанів і регуляторів тиску палива доцільно використовувати ємнісний експрес-сенсор. Такий сенсор не потребує безпосереднього електричного підключення до проводу або роз’єму, оскільки зчитування сигналу відбувається через паразитний ємнісний зв’язок між провідником і чутливою пластиною датчика.

Ємнісний сенсор є параметричним перетворювачем, у якому зміна електричного поля спричиняє зміну сигналу на виході. Його основною перевагою є можливість швидкого доступу до важкодоступних електричних кіл без порушення штатної ізоляції та без ризику пошкодження роз’ємів. Це особливо важливо під час діагностики сучасних дизельних двигунів, де форсунки, регулятори та клапани можуть мати складний доступ.

Конструктивно сенсор може складатися з металевої пластини, ізольованого тримача, компенсаційної ємності, екранованого кабелю та роз’єму для підключення до осцилографа. Чутливість такого пристрою залежить від площі пластини, відстані до джерела сигналу, діелектричних властивостей ізоляції та параметрів компенсаційної ємності. Збільшення площі пластини підвищує рівень вихідного сигналу, а збільшення відстані до провідника, навпаки, зменшує його амплітуду.

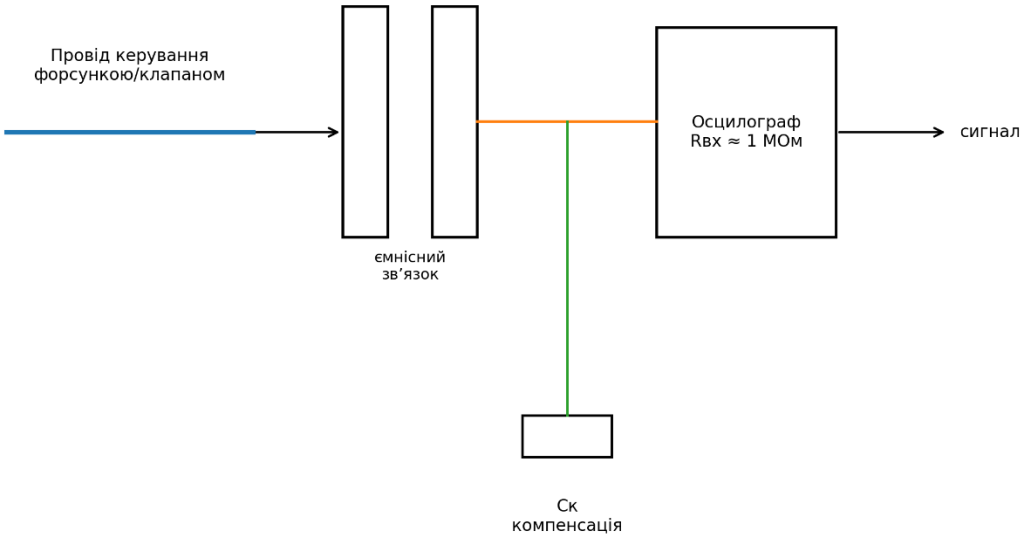


Рисунок 2.3 – Еквівалентна модель ємнісного експрес-сенсора

Особливістю ємнісного методу є те, що він дозволяє оцінити передусім форму сигналу, а не його точне абсолютне значення. Це пов'язано з тим, що паразитний ємнісний зв'язок працює як високочастотний ланцюг і краще передає швидкі зміни напруги. Саме тому сенсор ефективний для аналізу імпульсів керування форсунками, електромагнітними клапанами та іншими виконавчими механізмами.

Для зменшення спотворення форми сигналу застосовується компенсаційна ємність. Вона разом із ємністю зв'язку формує ємнісний дільник. У спрощеному вигляді коефіцієнт передачі такого дільника можна подати залежністю:

$$K_{\text{п}} = C_{\text{д}} / (C_{\text{д}} + C_{\text{к}}) \quad (2.1)$$

де $C_{\text{д}}$ — ємність між провідником і пластиною сенсора;

$C_{\text{к}}$ — компенсаційна ємність;

$K_{\text{п}}$ — коефіцієнт передачі ємнісного дільника.

Зі збільшенням компенсаційної ємності амплітуда вихідного сигналу зменшується, проте форма імпульсу стає більш наближеною до реальної. Тому під час виготовлення сенсора необхідно підбирати таке значення компенсаційної ємності, яке забезпечує прийнятний рівень сигналу та достатню точність відображення його форми.

2.4 Методика проведення експериментальних досліджень

Експериментальна перевірка запропонованих діагностичних рішень проводиться з використанням цифрового осцилографа, струмових кліщів,

ємнісного сенсора та пристрою для перевірки клапана EGR. Як об’єкт дослідження може бути використаний чотирициліндровий дизельний двигун із електронною системою керування подачею палива.

Методика дослідження включає кілька основних етапів. На першому етапі виконується тест відносної компресії за струмом стартера. На другому етапі перевіряється клапан EGR шляхом подачі керуючого сигналу та аналізу напруги датчика положення. На третьому етапі досліджуються сигнали паливних форсунок за допомогою безконтактного ємнісного сенсора. На завершальному етапі оцінюється робота регулятора тиску палива шляхом порівняння форми сигналу, отриманого ємнісним сенсором і струмовими кліщами.

Такий порядок дослідження дозволяє комплексно оцінити стан механічної частини двигуна, виконавчих механізмів і електронних елементів системи живлення. Важливо, що значна частина перевірок може виконуватися без демонтажу вузлів, що скорочує час діагностики та зменшує трудомісткість робіт.

2.5 Аналіз тесту відносної компресії

Одним із швидких способів попереднього оцінювання стану циліндро-поршневої групи є тест відносної компресії. Його суть полягає у вимірюванні струму, який споживає стартер під час прокручування колінчастого вала двигуна. Коли поршень певного циліндра проходить такт стиснення, опір обертанню зростає, а отже збільшується і струм стартера. Якщо компресія в усіх циліндрах приблизно однакова, піки струму мають близьку амплітуду.

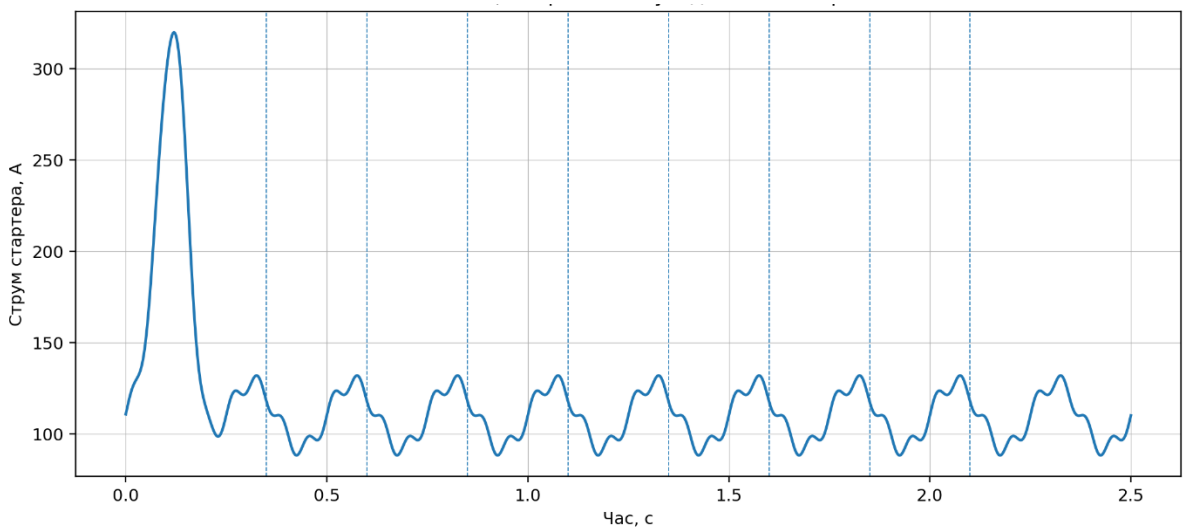


Рисунок 2.4 – Умовна осцилограма тесту відносної компресії

Отримана форма сигналу дозволяє швидко виявити суттєву різницю між циліндрами. Якщо один із піків струму значно нижчий, це може свідчити про зниження компресії в окремому циліндрі через зношення кілець, негерметичність клапанів, пошкодження прокладки головки блока або інші механічні дефекти. Якщо ж коливання струму рівномірні, можна зробити попередній висновок, що причину нестабільної роботи двигуна слід шукати не в циліндро-поршневій групі, а в системі паливоподачі, керування або впуску.

Перевагою цього методу є швидкість виконання. Він не дає абсолютного значення компресії в барах або мегапаскалях, проте дозволяє оперативно порівняти циліндри між собою і прийняти рішення щодо необхідності подальшого поглибленого контролю.

2.6 Перевірка працездатності клапана EGR

Під час перевірки клапана EGR на його електропривід подається періодичний керуючий сигнал, який забезпечує послідовне відкривання і закривання заслінки. Одночасно з цим осцилографом реєструється вихідний сигнал датчика положення. У справному вузлі зміна напруги повинна бути плавною, повторюваною та без різких провалів.

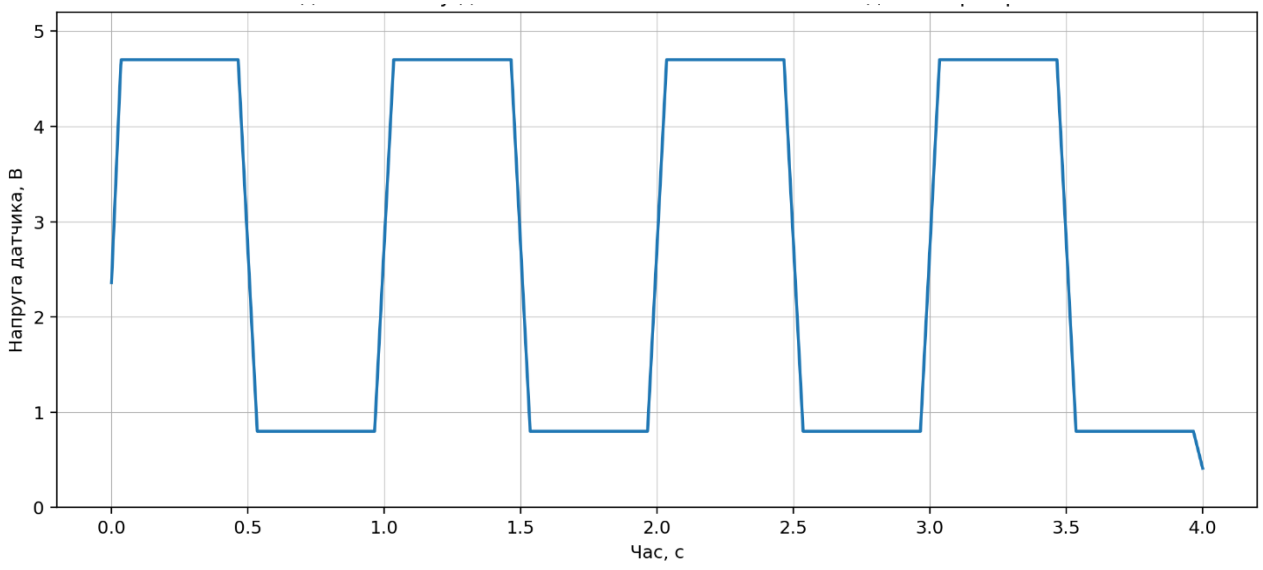


Рисунок 2.5 – Модель сигналу датчика положення клапана EGR під час перевірки

У закритому положенні клапана напруга датчика має перебувати поблизу нижнього робочого рівня, а під час повного відкривання —

наближатися до верхнього значення. Якщо сигнал стабільний і не має розривів, це свідчить про справність датчика положення та відсутність механічного підклинювання. Якщо ж сигнал змінюється нерівномірно, має стрибки або короткочасні провали, це може вказувати на забруднення клапана, зношення приводу, пошкодження доріжки потенціометра або порушення контакту в електричному колі.

Запропонований пристрій може застосовуватися не лише для EGR, а й для перевірки інших електронно-керованих виконавчих механізмів, наприклад електронної дросельної заслінки, якщо принцип її керування подібний.

2.7 Дослідження сигналів паливних форсунок

Паливна форсунка дизельного двигуна працює в імпульсному режимі. Електронний блок керування подає на неї короткі імпульси напруги, які забезпечують попереднє, основне, а в окремих режимах і додаткове впорскування. Для оцінювання роботи форсунки важливо бачити не тільки факт наявності керуючої напруги, а й форму сигналу, тривалість імпульсу та повторюваність процесу.

Ємнісний сенсор дає змогу швидко визначити, чи надходить імпульс керування на форсунку, без прямого підключення до її роз'єму. Це особливо корисно в умовах обмеженого доступу, коли демонтаж елементів потребує значного часу.

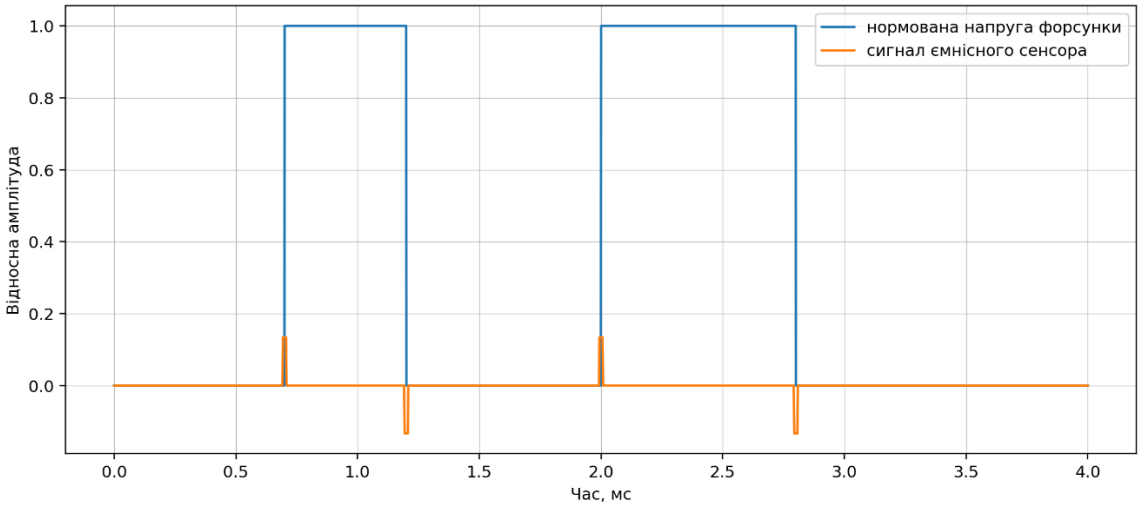


Рисунок 2.6 – Порівняння форми сигналів форсунки та ємнісного сенсора

Порівняння сигналів показує, що ємнісний сенсор не передає точне значення напруги, однак достатньо добре відтворює характер імпульсу. На

осцилограмі можна виявити наявність попереднього та основного впорскування, оцінити їх взаємне розташування і стабільність. Якщо сигнал відсутній, це може свідчити про обрив кола керування, несправність електронного блока, пошкодження проводки або самої форсунки. Якщо форма імпульсу суттєво відрізняється від очікуваної, необхідно провести додаткову перевірку струму форсунки та її електричного опору.

Таким чином, ємнісний сенсор доцільно використовувати як експрес-засіб первинної перевірки. Він не замінює повноцінного стендового контролю форсунок, але дозволяє швидко локалізувати напрям подальшого пошуку несправності.

2.8 Дослідження роботи регулятора тиску палива

Регулятор тиску палива є важливим елементом акумуляторної паливної системи дизельного двигуна. Його робота впливає на стабільність тиску в паливній рампі, якість упорскування та рівномірність роботи двигуна. Керування регулятором часто здійснюється широтно-імпульсним сигналом, частота та коефіцієнт заповнення якого змінюються залежно від режиму роботи двигуна.

Під час діагностики регулятора доцільно аналізувати не лише напругу керування, а й струм, оскільки струмова осцилограма відображає електромагнітні процеси в обмотці. За формою струму можна оцінити індуктивний характер навантаження, стабільність відкривання клапана і наявність можливих відхилень у роботі.

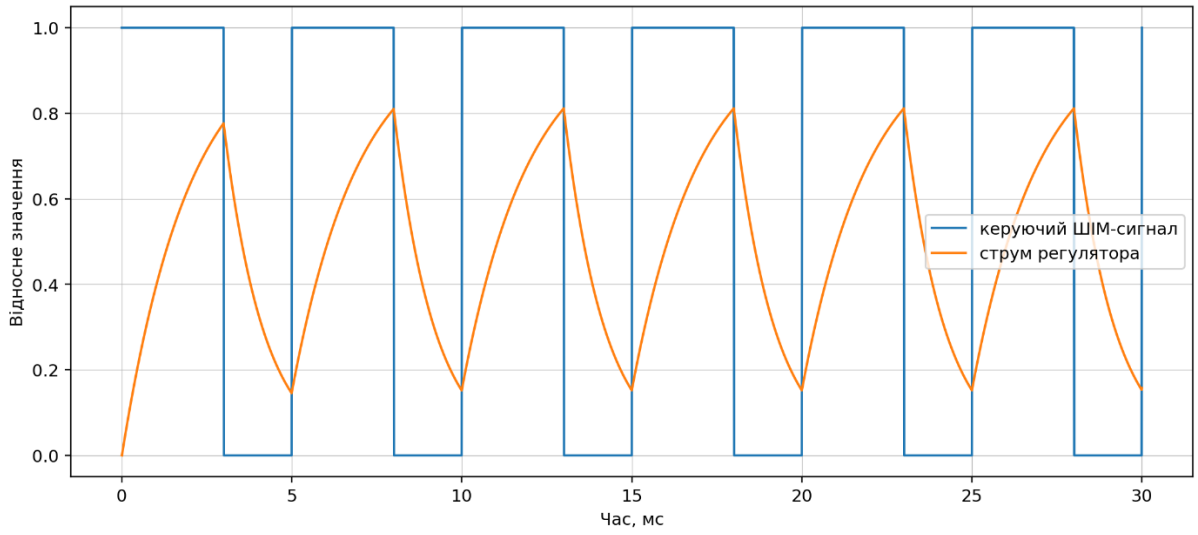


Рисунок 2.7 – Сигнал керування та струм регулятора тиску палива

Якщо керуючий сигнал має стабільну частоту, а струм змінюється плавно і повторювано, можна зробити висновок про нормальну роботу електричного кола регулятора. Пилкоподібна форма струму пояснюється накопиченням і спадом енергії в магнітному полі обмотки. Порушення цієї форми може свідчити про міжвиткове замикання, поганий контакт, нестабільне живлення або механічні проблеми в самому регуляторі.

Порівняння сигналів, отриманих ємнісним сенсором і струмовими кліщами, дозволяє підвищити достовірність діагностики. Ємнісний сенсор показує наявність та форму керуючого імпульсу, а струмові кліщі дають інформацію про фактичне споживання струму виконавчим механізмом.

2.9 Технічна оцінка запропонованого способу діагностування

Застосування осцилографа, струмових кліщів, ємнісного сенсора та окремого пристрою для перевірки клапана EGR дозволяє значно розширити можливості технічної діагностики дизельного двигуна. На відміну від звичайного зчитування кодів помилок, осцилографічний аналіз дає змогу бачити реальні електричні процеси, що відбуваються в системі керування.

Основними перевагами запропонованого підходу є оперативність, відносна простота обладнання, можливість виконання перевірок без демонтажу деталей, зменшення трудомісткості діагностичних робіт і підвищення точності пошуку несправностей. Особливо важливим є те, що безконтактний ємнісний сенсор дозволяє швидко отримати інформацію про наявність імпульсів керування у важкодоступних місцях.

Водночас необхідно враховувати, що ємнісний сенсор не дає точних абсолютних значень напруги. Його доцільно використовувати для оцінювання форми сигналу, наявності імпульсів і порівняння роботи однакових виконавчих механізмів між собою. Для отримання точних електричних параметрів необхідно застосовувати пряме підключення осцилографа, струмові кліщі або спеціалізовані адаптери.

У технічному розділі обґрунтовано комплексний підхід до діагностування дизельного двигуна, який поєднує комп’ютерну діагностику, осцилографічний аналіз, використання струмових кліщів, ємнісного сенсора

та спеціального пристрою для перевірки клапана EGR. Показано, що такий підхід дозволяє виявляти несправності, які не завжди фіксуються стандартною бортовою системою самодіагностики.

Розроблений пристрій для перевірки клапана EGR дає змогу контролювати роботу електроприводу та датчика положення без демонтажу вузла з автомобіля. Ємнісний сенсор може використовуватися як швидкий засіб контролю імпульсів керування форсунками, електромагнітними клапанами та регулятором тиску палива.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги охорони праці під час діагностування дизельного двигуна

Охорона праці під час діагностування технічного стану дизельного двигуна є обов'язковою складовою організації ремонтно-обслуговувального процесу. Роботи з паливною апаратурою дизелів пов'язані з підвищеною небезпекою, оскільки під час їх виконання працівник може контактувати з легкозаймистими рідинами, рухомими частинами двигуна, гарячими поверхнями, електрообладнанням, високим тиском палива та токсичними відпрацьованими газами. В Україні загальні вимоги до безпеки під час технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів регламентуються Правилами охорони праці на автомобільному транспорті, затвердженими наказом МНС України № 964 від 09.07.2012 р.

До виконання діагностичних робіт допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з будовою дизельних двигунів, правилами роботи з паливною апаратурою, діагностичним обладнанням, підйомними пристроями та засобами пожежогасіння. Працівник повинен використовувати справний інструмент, засоби індивідуального захисту та дотримуватися технологічної послідовності робіт [6; 7].

Робоче місце для діагностування дизельного двигуна повинно бути чистим, сухим, добре освітленим і обладнаним вентиляцією. Підлога має бути рівною, неслизькою та очищеною від палива, мастила й сторонніх предметів. Під час роботи двигуна у приміщенні необхідно забезпечувати відведення відпрацьованих газів, оскільки вони містять шкідливі для здоров'я речовини.

3.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час діагностування дизельного двигуна на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

– підвищений тиск палива у системі впорскування;

– небезпека травмування рухомими частинами двигуна;

– висока температура деталей двигуна, турбокомпресора та випускної системи;

– токсична дія відпрацьованих газів;

– можливість займання дизельного палива або мастильних матеріалів;

– ураження електричним струмом під час роботи з електронною системою керування;

– підвищений рівень шуму та вібрації;

– небезпека пошкодження шкіри струменем палива високого тиску.

Особливо небезпечною є робота з паливними системами Common Rail, у яких паливо перебуває під дуже високим тиском. Забороняється перевіряти герметичність паливопроводів високого тиску руками або підносити частини тіла до місця можливого витоку. Тонкий струмінь палива під тиском може проникнути під шкіру та спричинити тяжке травмування. Тому перед демонтажем елементів паливної системи необхідно знизити тиск відповідно до інструкції виробника двигуна [1; 5].

3.3 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком діагностування необхідно оглянути робоче місце, перевірити справність освітлення, вентиляції, діагностичного обладнання, інструментів і засобів пожежогасіння. Автомобіль або агрегат має бути надійно зафіксований від самовільного переміщення. Якщо двигун перевіряють на транспортному засобі, необхідно встановити його на рівному майданчику, увімкнути стоянкове гальмо, підкласти упори під колеса та забезпечити вільний доступ до паливної апаратури.

Перед запуском двигуна потрібно переконатися, що в зоні обертання вентилятора, шківів, ременів, муфт і карданних передач немає інструментів, ганчір’я або сторонніх предметів. Одяг працівника повинен бути застебнутий, без звисаючих частин, які можуть бути захоплені рухомими деталями. Волосся необхідно прибрати під головний убір.

Перед підключенням діагностичного сканера, манометрів або вимірювальних приладів потрібно перевірити цілісність кабелів, шлангів, штуцерів і адаптерів. Манометри повинні відповідати очікуваному діапазону тиску, а з’єднання мають бути герметичними. Забороняється використовувати несправні шланги, саморобні перехідники та інструмент із пошкодженими робочими поверхнями.

3.4 Вимоги безпеки під час виконання діагностичних робіт

Під час роботи двигуна забороняється торкатися руками рухомих і нагрітих деталей, нахилятися близько до вентилятора, шківів, ремінних передач і випускного колектора. Регулювання або вимірювання необхідно виконувати лише з безпечного положення, використовуючи відповідний інструмент.

Під час перевірки паливної системи необхідно уникати потрапляння палива на шкіру, одяг, гарячі поверхні та електричні елементи. У разі проливання палива його слід негайно прибрати за допомогою сорбенту або обтирального матеріалу, а забруднені матеріали помістити у спеціальну металеву ємність із кришкою. Куріння, користування відкритим вогнем та іскроутворювальним інструментом у зоні виконання робіт заборонено.

Під час роботи з електронним блоком керування необхідно уникати коротких замикань, неправильного підключення діагностичних роз’ємів та подачі напруги на контакти, не передбачені схемою. Від’єднання і приєднання роз’ємів бажано виконувати при вимкненому запалюванні, якщо інше не передбачено інструкцією виробника.

У процесі перевірки форсунок на стенді необхідно користуватися захисними окулярами та не спрямовувати факел розпилу в бік людей. Перевірку якості розпилювання слід виконувати лише у закритій або захищеній зоні стенда. Забороняється перевіряти розпилювання форсунки шляхом відкритого розпилу в повітря без захисного екрана.

3.5 Пожежна безпека

Дизельне паливо має нижчу леткість порівняно з бензином, однак воно належить до горючих речовин і за певних умов може займатися. Тому під час діагностування систем живлення дизеля необхідно суворо дотримуватися правил пожежної безпеки. У приміщенні повинні бути справні вогнегасники, ящик із піском або інші засоби гасіння, передбачені нормами.

Не допускається зберігання великої кількості палива безпосередньо біля робочого місця. Ємності з паливом мають бути закритими, промаркованими

та розташованими у спеціально відведеному місці. Обтиральні матеріали, забруднені паливом або мастилом, необхідно збирати окремо та регулярно видаляти з робочої зони.

У разі виникнення займання потрібно негайно припинити роботу, вимкнути двигун, відключити електроживлення, повідомити відповідальну особу та розпочати гасіння пожежі наявними засобами. Для гасіння палива не рекомендується застосовувати суцільний струмінь води, оскільки це може сприяти розтіканню горючої рідини.

3.6 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після завершення діагностування необхідно вимкнути двигун, зняти тиск у паливній системі, від’єднати діагностичні прилади, прибрати інструмент і перевірити відсутність витоків палива. Робоче місце слід очистити від забруднень, а використані обтиральні матеріали прибрати у спеціальну тару.

Якщо під час діагностики були виявлені несправності, які можуть створити небезпеку під час подальшої експлуатації двигуна, транспортний засіб не можна допускати до роботи до повного усунення дефектів. Результати перевірки доцільно зафіксувати у діагностичній карті або журналі технічного обслуговування.

Дотримання вимог охорони праці під час діагностування дизельного двигуна забезпечує безпеку працівників, зменшує ризик аварійних ситуацій, підвищує якість виконання ремонтно-діагностичних операцій і сприяє збереженню технічного ресурсу паливної апаратури.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування економічної доцільності впровадження діагностичного комплексу

Економічна ефективність проєктного рішення характеризує доцільність використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів під час організації робіт з діагностування та технічного обслуговування дизельних двигунів. У межах цієї роботи економічна оцінка виконується для сервісної дільниці, яка спеціалізується на діагностиці систем живлення дизельних двигунів із безпосереднім впорскуванням палива.

Запропоновані технічні рішення, а саме використання осцилографічного контролю, струмових кліщів, ємнісного сенсора та пристрою для перевірки клапана EGR, дають змогу скоротити час пошуку несправностей, зменшити кількість необґрунтованих демонтажних операцій і підвищити точність встановлення причин відмови. Отже, економічний ефект формується за рахунок раціональнішого використання робочого часу, збільшення кількості виконаних обслуговувань і зниження непрямих витрат на повторну діагностику.

Розрахунок виконуємо для дільниці поточного ремонту та технічного обслуговування, на якій працюють два сервісні працівники. Річна трудомісткість робіт становить 4900 люд.-год. За умови, що середня тривалість повної діагностики одного автомобіля становить приблизно 4–6 люд.-год., річна кількість обслуговувань приймається на рівні: $N = 690$ авто/рік.

4.2 Розрахунок фонду оплати праці

Основна заробітна плата працівників визначається з урахуванням річної трудомісткості робіт, середньогодинної тарифної ставки та коефіцієнта доплат за роботу в умовах, що відрізняються від нормальних.

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$З_{осн} = Т_{рм} \cdot С_{год} \cdot К_{д} \quad (4.1)$$

де $Т_{рм}$ — річна трудомісткість робіт, люд.-год.;

$С_{год}$ — середньогодинна тарифна ставка, грн/год.;

$К_д$ — коефіцієнт доплат.

Вихідні дані:

$Т_{рм} = 4900$ люд.-год.;

$С_{год} = 55$ грн/год.;

$К_д = 1{,}04$.

Тоді:

$$З_{осн} = 4900 \cdot 55 \cdot 1{,}04 = 280280 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата приймається в розмірі 12 % від основної:

$$З_{дод} = 0{,}12 \cdot З_{осн} \quad (4.2)$$

$$З_{дод} = 0{,}12 \cdot 280280 = 33634 \text{ грн}$$

Нарахування на оплату праці становлять 36,5 % від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$З_{нар} = 0{,}365 \cdot (З_{осн} + З_{дод}) \quad (4.3)$$

$$З_{нар} = 0{,}365 \cdot (280280 + 33634) = 114568 \text{ грн}$$

Загальний фонд оплати праці становить:

$$З_{заг} = Зосн + Здод + Знар$$

$$З_{заг} = 280280 + 33634 + 114568 = 428482 \text{ грн}$$

Отже, сукупні витрати на оплату праці з урахуванням нарахувань становлять 428482 грн на рік.

4.3 Визначення прямих виробничих витрат

До прямих витрат дільниці належать витрати на запасні частини, витратні матеріали та оплату праці працівників. Для однієї процедури діагностики та ремонту приймаємо витрати на запасні частини в розмірі 200 грн. За річної кількості обслуговувань 690 автомобілів загальна вартість запасних частин становитиме:

$$С_{зч} = N \cdot Ц_{зч} \quad (4.4)$$

$$С_{зч} = 690 \cdot 200 = 138000 \text{ грн}$$

Вартість витратних матеріалів для однієї процедури також приймається на рівні 200 грн. Тоді річні витрати на матеріали становлять:

$$С_м = N \cdot Ц_м \quad (4.5)$$

$$С_м = 690 \cdot 200 = 138000 \text{ грн}$$

Сума матеріальних прямих витрат:

$$С_{пр.м} = С_{зч} + С_{м} \quad (4.6)$$

$$С_{пр.м} = 138000 + 138000 = 276000 \text{ грн}$$

З урахуванням оплати праці загальний обсяг основних прямих витрат становить:

$$С_{пр} = С_{пр.м} + З_{заг} \quad (4.7)$$

$$С_{пр} = 276000 + 428482 = 704482 \text{ грн}$$

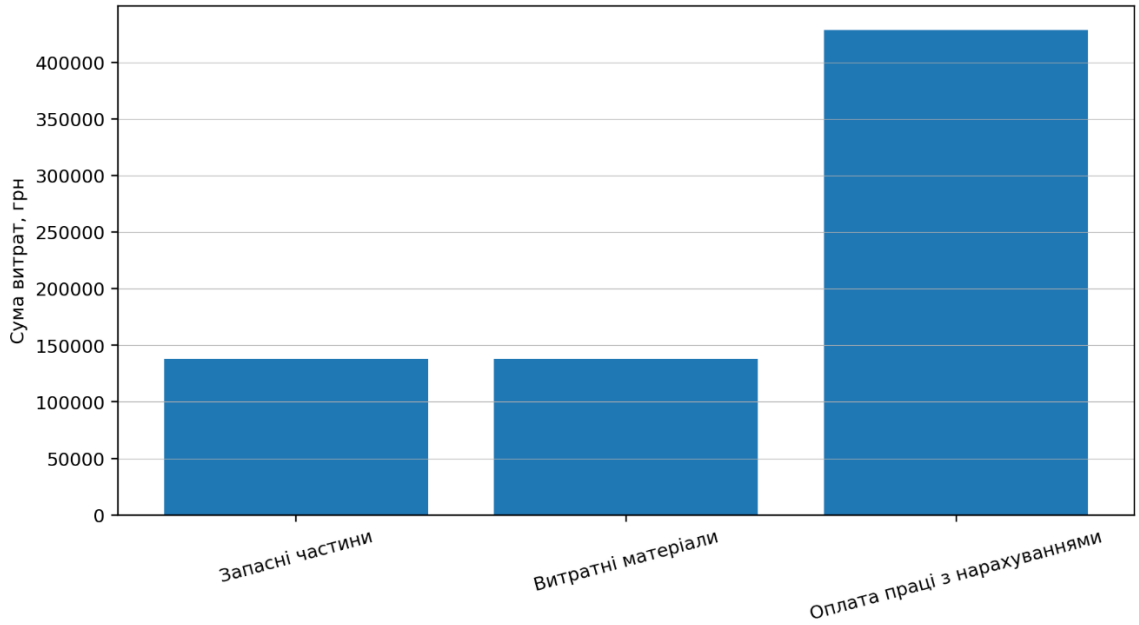


Рисунок 4.1 – Структура основних прямих витрат дільниці

З графіка видно, що найбільшу частку у структурі прямих витрат займає фонд оплати праці з нарахуваннями. Це пояснюється тим, що діагностичні роботи мають значну трудову складову, а якість їх виконання безпосередньо залежить від кваліфікації сервісних працівників.

4.4 Розрахунок вартості основних виробничих фондів

Для організації дільниці необхідно врахувати вартість виробничого приміщення, обладнання та інших основних фондів. Об’єм будівлі визначається за формулою:

$$V_б = F \cdot h \quad (4.8)$$

де F — площа приміщення, м²;

h — висота приміщення, м.

Приймаємо:

$F = 90$ м²;

$h = 4{,}2$ м.

Тоді:

$$V_б = 90 \cdot 4{,}2 = 378 \text{ м}^3$$

Вартість будівлі визначається з урахуванням питомої вартості 1 м³:

$$В_б = V_б \cdot Ц_б \quad (4.9)$$

$$В_б = 378 \cdot 1200 = 453600 \text{ грн}$$

Вартість обладнання приймається на рівні 70 % від вартості будівлі:

$$В_{обл} = 0{,}7 \cdot В_б \quad (4.10)$$

$$В_{обл} = 0{,}7 \cdot 453600 = 317520 \text{ грн}$$

Сумарна вартість основних виробничих фондів з урахуванням коефіцієнтів інших фондів та індексації визначається так:

$$Ф_{осн} = (В_б + В_{обл}) \cdot К_{інш} \cdot К_{інд} \quad (4.11)$$

де $К_{інш} = 1{,}21$ — коефіцієнт, що враховує інші основні фонди;

$К_{інд} = 1{,}12$ — коефіцієнт індексації.

$$Ф_{осн} = (453600 + 317520) \cdot 1{,}21 \cdot 1{,}12 = 1045021 \text{ грн}$$

Отже, розрахункова вартість основних виробничих фондів становить 1045021 грн.

4.5 Амортизаційні відрахування

Амортизаційні відрахування відображають поступове перенесення вартості основних фондів на собівартість виконаних робіт. Їх визначають залежно від балансової вартості об’єктів та встановленої річної норми амортизації.

Таблиця 4.1 – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Група основних фондів	Балансова вартість, грн	Норма амортизації, %	Річна сума амортизації, грн
Будівлі та споруди	453600	6	27216
Транспортні засоби	0	25	0
Обладнання та інші основні фонди	1045021	15	156753,15
Разом	1498621	—	183969,15

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань становить 183969,15 грн. Ця сума враховується під час формування загальновиробничих витрат і впливає на повну собівартість виконаних робіт.

4.6 Визначення витрат на енергоресурси та утримання дільниці

Витрати на електроенергію складаються із силових витрат на роботу технологічного обладнання та витрат на освітлення виробничого приміщення.

Річне споживання електроенергії для технологічних потреб визначається за формулою:

$$\text{Р}_{\text{сил}} = N_{\text{обл}} \cdot \Ф_{\text{р}} \cdot \text{К}_{\text{з}} \cdot \text{К}_{\text{втр}} \quad (4.12)$$

де $N_{\text{обл}}$ — встановлена потужність обладнання, кВт;

$\Ф_{\text{р}}$ — річний фонд робочого часу, год.;

$\text{К}_{\text{з}}$ — коефіцієнт завантаження;

$\text{К}_{\text{втр}}$ — коефіцієнт втрат у мережі.

Приймаємо:

$N_{\text{обл}} = 4$ кВт;

$\Ф_{\text{р}} = 2080$ год.;

$\text{К}_{\text{з}} = 0{,}9$;

$\text{К}_{\text{втр}} = 1{,}05$.

Тоді:

$$\text{Р}_{\text{сил}} = 4 \cdot 2080 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}05 = 7862{,}4 \text{ кВт·год}$$

Витрати електроенергії на освітлення визначаються за формулою:

$$\text{Р}_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \cdot \Ф_{\text{осв}} \cdot \text{К}_{\text{від}} \quad (4.13)$$

де $N_{\text{осв}}$ — потужність освітлення, кВт;

$\Ф_{\text{осв}}$ — річний час роботи освітлення, год.;

$\text{К}_{\text{від}}$ — коефіцієнт використання освітлення.

За умови встановленої потужності освітлення 0,35 кВт, фонду роботи 800 год і коефіцієнта використання 0,85:

$$\text{Р}_{\text{осв}} = 0{,}35 \cdot 800 \cdot 0{,}85 = 238 \text{ кВт·год}$$

Загальні витрати на електроенергію:

$$\text{С}_{\text{ел}} = (\text{Р}_{\text{сил}} + \text{Р}_{\text{осв}}) \cdot \text{Ц}_{\text{е}} \quad (4.14)$$

де $Ц_е = 4{,}50$ грн/кВт·год.

$$С_{ел} = (7862{,}4 + 238) \cdot 4{,}50 = 36451{,}8 \text{ грн}$$

Крім електроенергії, враховуються витрати на воду, стиснене повітря, побутові потреби, опалення, заходи з охорони праці та раціоналізації. Усі ці витрати є необхідними для забезпечення нормальних умов функціонування дільниці та безпечної роботи персоналу.

4.7 Формування накладних витрат

Накладні витрати включають загальновиробничі, загальногосподарські та позавиробничі витрати. До загальновиробничих належать витрати на утримання та ремонт будівлі й обладнання, амортизацію, електроенергію, опалення, охорону праці, побутові потреби, допоміжні матеріали та інші витрати.

Витрати на утримання й ремонт основних фондів приймаються в розмірі 13 % від їх балансової вартості:

$$С_{рем} = 0{,}13 \cdot Ф_{осн} \quad (4.15)$$

$$С_{рем} = 0{,}13 \cdot 1045021 = 135852 \text{ грн}$$

Витрати на додаткові матеріали приймаються в розмірі 11 % від вартості основних матеріалів:

$$С_{дм} = 0{,}11 \cdot С_{м} \quad (4.16)$$

$$С_{дм} = 0{,}11 \cdot 138000 = 15180 \text{ грн}$$

Загальногосподарські витрати приймаються як частка від загальної заробітної плати, а позавиробничі витрати — як частка витрат, пов’язаних із реалізацією та організаційним забезпеченням робіт.

Узагальнена сума накладних витрат за проєктним варіантом становить: $С_{нв} = 502326{,}01$ грн.

Накладні витрати мають суттєвий вплив на повну собівартість робіт, тому під час організації дільниці важливо контролювати витрати на енергію, утримання приміщення, амортизацію обладнання та допоміжні матеріали.

4.8 Розрахунок повної собівартості робіт

Повна собівартість робіт визначається як сума виробничих витрат і накладних витрат:

$$С_{пов} = С_{вир} + С_{нв} \quad (4.17)$$

За розрахунковими даними повна собівартість усіх робіт за рік становить:

$$С_{пов} = 847475{,}01 \text{ грн}$$

Фактична собівартість однієї діагностично-ремонтної операції визначається діленням повної собівартості на річну кількість обслуговувань:

$$S_{ф} = С_{пов} / N \quad (4.18)$$

$$S_{ф} = 847475{,}01 / 690 = 1228{,}22 \text{ грн}$$

Відпускна ціна однієї послуги визначається за загальною вартістю реалізованих робіт:

$$S_{відп} = С_{вп} / N \quad (4.19)$$

$$S_{відп} = 1145687{,}2 / 690 = 1710{,}13 \text{ грн}$$

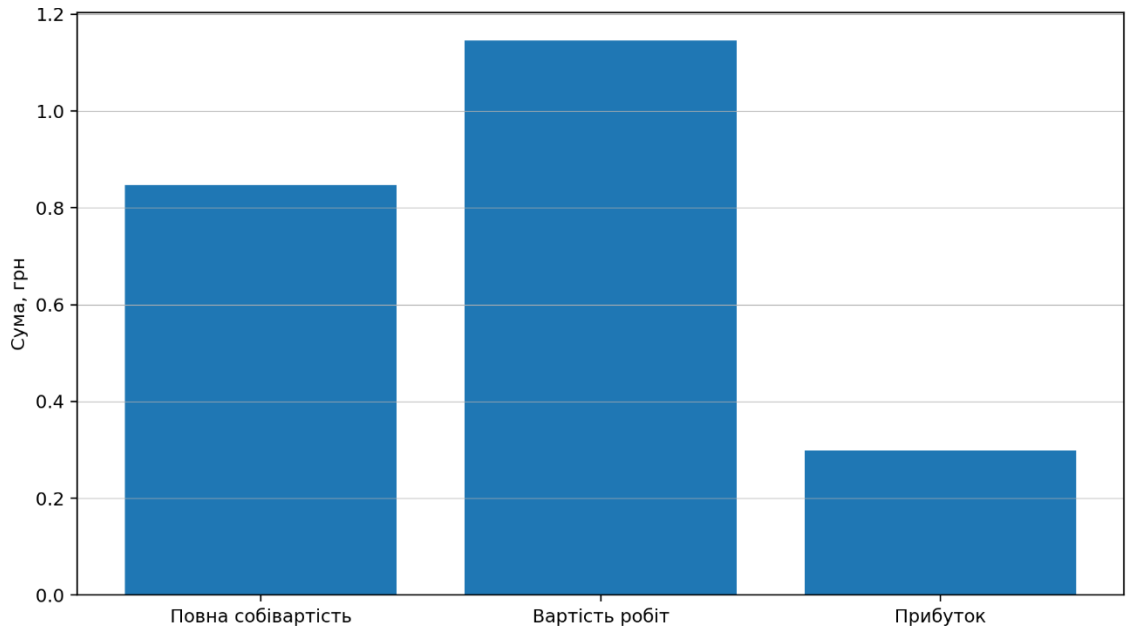


Рисунок 4.2 – Порівняння собівартості, виручки та прибутку

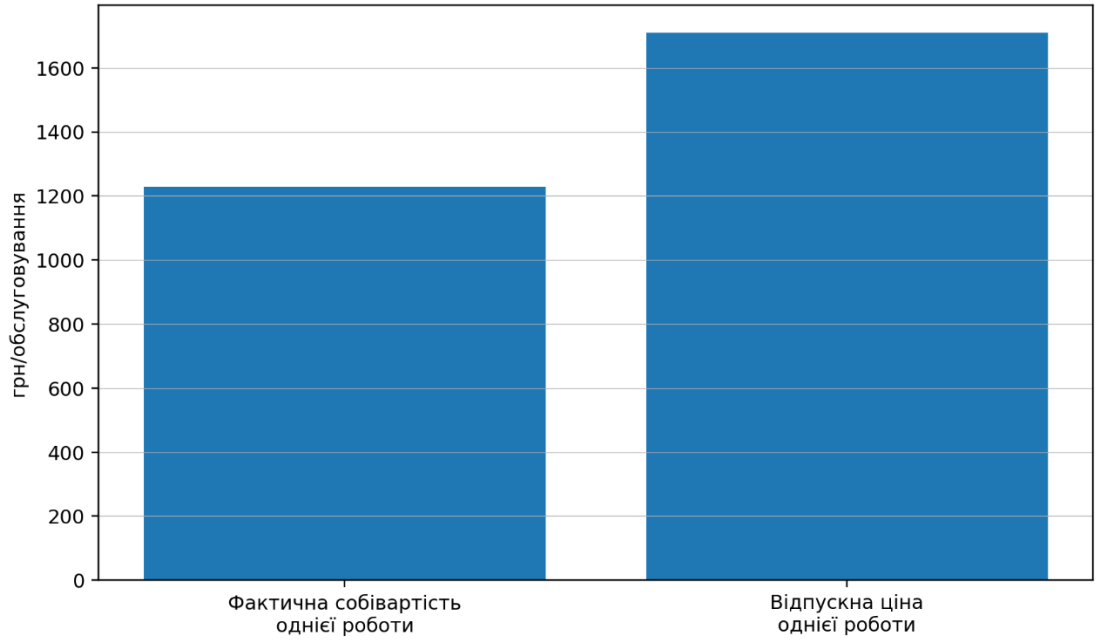


Рисунок 4.3 – Порівняння собівартості та відпускної ціни одиниці робіт

Різниця між відпускною ціною та фактичною собівартістю однієї роботи створює економічну базу для отримання прибутку. Це свідчить про те, що за прийнятих умов дільниця може працювати рентабельно.

4.9 Визначення прибутку та рентабельності

Річний прибуток визначається як різниця між вартістю виконаних робіт і їх повною собівартістю:

$$П_р = С_{вп} - С_{пов} \quad (4.20)$$

де $С_{вп}$ — вартість виконаних робіт за рік;

$С_{пов}$ — повна собівартість робіт.

$$П_р = 1145687{,}2 - 847475{,}01 = 298212{,}19 \text{ грн}$$

Рівень рентабельності визначається як відношення прибутку до повної собівартості:

$$Р = П_р / С_{пов} \cdot 100\ \% \quad (4.21)$$

$$Р = 298212{,}19 / 847475{,}01 \cdot 100 = 35{,}19\ \%.$$

Отриманий рівень рентабельності свідчить про достатню економічну привабливість запропонованого проєктного рішення. Значення 35,19 % показує, що впровадження комплексу діагностичного обладнання та організація спеціалізованої дільниці є фінансово виправданими.

4.10 Оцінка використання виробничих площ і основних фондів

Коефіцієнт використання виробничої площі визначає обсяг вартості виконаних робіт, що припадає на 1 м² площі дільниці:

$$К_{пл} = С_{вп} / F \quad (4.22)$$

$$К_{пл} = 1185688{,}2 / 90 = 13174{,}51 \text{ грн/м}^2$$

Цей показник характеризує ефективність використання приміщення. Чим вищим є значення коефіцієнта, тим раціональніше використовується виробнича площа.

Коефіцієнт фондовіддачі визначається як відношення вартості виконаних робіт до загальної вартості основних фондів:

$$К_{ф} = С_{вп} / К_{заг} \quad (4.23)$$

$$К_{ф} = 1185688{,}2 / 912600 = 1{,}3 \text{ грн/грн}$$

Це означає, що кожна гривня, вкладена в основні фонди, забезпечує 1,3 грн вартості виконаних робіт.

4.11 Розрахунок загальної економічної ефективності та терміну окупності

Коефіцієнт загальної економічної ефективності визначається за формулою:

$$Е_{заг} = (С_{вп} - С_{пов}) / К_{заг} \quad (4.24)$$

За розрахунковими даними: $Е_{заг} = 0{,}351$.

Нормативна умова економічної доцільності має вигляд: $Е_{заг} \geq 0{,}15$.

Оскільки: $0{,}351 \geq 0{,}15$, можна зробити висновок, що проєкт відповідає вимогам економічної ефективності.

Термін окупності капіталовкладень визначається за формулою:

$$Т_{ок} = К_{заг} / П_{р} \quad (4.25)$$

Розрахунковий термін окупності становить:

$$Т_{ок} = 3{,}22 \text{ року}$$

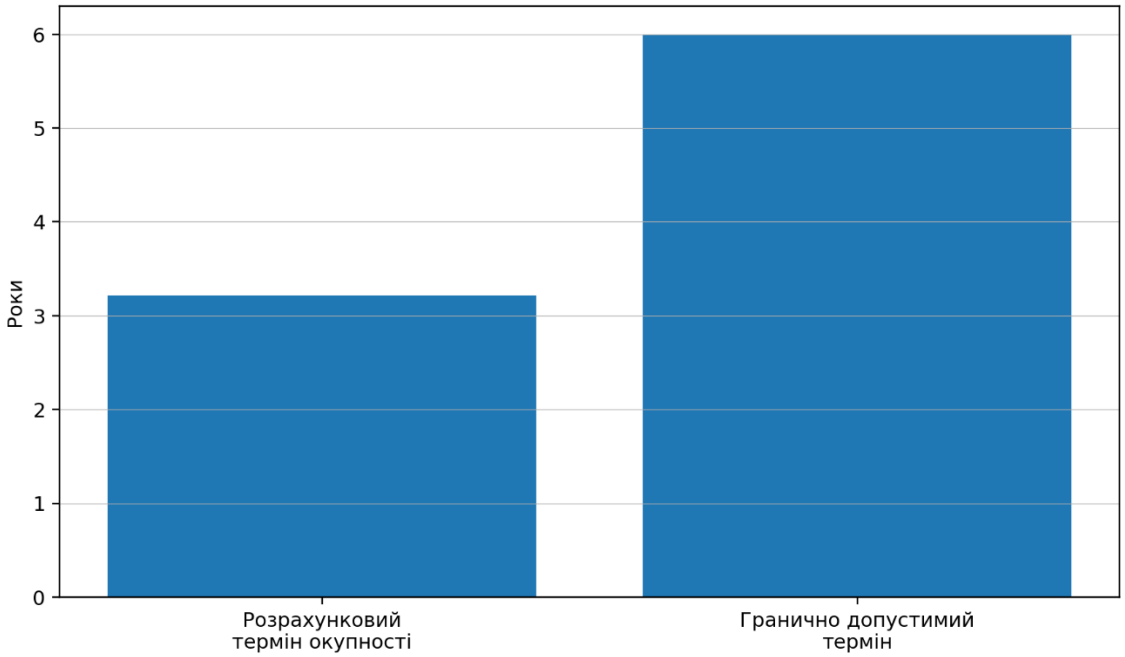


Рисунок 4.4 – Оцінка терміну окупності проєктних вкладень

Одержане значення є меншим за допустимий орієнтовний термін окупності 6–7 років, тому впровадження запропонованих технічних рішень можна вважати економічно доцільним.

4.12 Основні техніко-економічні показники

Таблиця 4.2 – Підсумкові техніко-економічні показники проєкту

№	Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Загальні капітальні вкладення	$К_{заг}$	грн	1480480
2	Річна трудомісткість робіт	$Т_{рм}$	люд.-год	4900
3	Вартість виконаних робіт	$С_{вп}$	грн	1145687,2
4	Кількість обслуговувань	N	шт./рік	690
5	Повна собівартість робіт	$С_{пов}$	грн	847475,01
6	Фактична собівартість одиниці робіт	$S_ф$	грн	1228,22

7	Відпускна ціна одиниці робіт	$S_{\text{відп}}$	грн	1710,13
8	Середньорічна оплата праці працівника	$С_{\text{сер}}$	грн	114568
9	Річний прибуток	$П_{\text{р}}$	грн	298212,19
10	Рівень рентабельності	Р	%	35,19
11	Продуктивність праці працівників	ПП	грн	587845,6
12	Коефіцієнт використання площі	$К_{\text{пл}}$	грн/м²	13174,51
13	Коефіцієнт фондовіддачі	$К_{\text{ф}}$	грн/грн	1,3
14	Термін окупності	$Т_{\text{ок}}$	роки	3,22

У техніко-економічному розділі виконано оцінку доцільності впровадження комплексу засобів для діагностування систем живлення дизельних двигунів. Розрахунки показали, що за річної трудомісткості 4900 люд.-год. дільниця може виконувати близько 690 обслуговувань автомобілів на рік.

Повна собівартість річного обсягу робіт становить 847475,01 грн, а вартість реалізованих послуг — 1145687,2 грн. Річний прибуток становить 298212,19 грн, рівень рентабельності — 35,19 %, а термін окупності капітальних вкладень — 3,22 року.

Отримані показники підтверджують економічну доцільність організації спеціалізованої дільниці діагностування дизельних двигунів. Запропоновані технічні рішення дозволяють підвищити продуктивність праці, зменшити час пошуку несправностей, скоротити витрати на необґрунтований демонтаж вузлів і забезпечити стабільний економічний результат для сервісного підприємства.

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті на тему «Вдосконалення ефективності діагностики технічного стану дизеля» розглянуто конструктивні особливості систем живлення дизельних двигунів, проаналізовано сучасні підходи до діагностування паливної апаратури та обґрунтовано доцільність використання додаткових засобів контролю для підвищення точності виявлення несправностей. У роботі основну увагу приділено системам живлення дизелів, зокрема електронно-керованим системам типу Common Rail, паливним форсункам, регуляторам тиску, клапану EGR та електричним сигналам керування цими елементами. Зміст роботи охоплює конструкції систем живлення, технічний розділ, охорону праці та економічне обґрунтування запропонованих рішень.

У першому розділі встановлено, що технічний стан системи живлення безпосередньо впливає на потужність, паливну економічність, рівномірність роботи, димність відпрацьованих газів, пускові властивості та ресурс дизельного двигуна. Порушення процесу подачі або розпилювання палива призводить до зниження ефективності згоряння, збільшення витрати палива, нестійкої роботи двигуна та підвищення токсичності відпрацьованих газів. Розглянуто особливості механічних, електронно-механічних та акумуляторних систем живлення, а також показано, що системи Common Rail забезпечують найширші можливості для точного електронного керування процесом упорскування.

У технічному розділі обґрунтовано необхідність комплексного підходу до діагностування дизельного двигуна. Доведено, що використання лише бортової системи самодіагностики або стандартного OBD-сканера не завжди дає змогу повністю визначити фактичний стан паливної апаратури. Тому для підвищення достовірності діагностики запропоновано застосовувати осцилограф, струмові кліщі, ємнісний сенсор і спеціальний пристрій для перевірки клапана EGR. Такий підхід дозволяє не тільки зчитувати коди несправностей, а й аналізувати реальні форми електричних сигналів у процесі роботи виконавчих механізмів.

У роботі розроблено та описано пристрій для перевірки клапана рециркуляції відпрацьованих газів EGR. Його використання дає можливість контролювати роботу електроприводу клапана, зміну положення заслінки та стабільність сигналу датчика положення без демонтажу вузла з автомобіля. Це скорочує час перевірки, зменшує трудомісткість діагностичних операцій і дозволяє точніше встановити наявність підклинювання, порушення електричного контакту або несправності датчика.

Окрему увагу приділено використанню ємнісного експрес-сенсора. Встановлено, що він є простим і доступним засобом для швидкого контролю імпульсів керування форсунками, електромагнітними клапанами та регулятором тиску палива. Хоча такий сенсор не забезпечує точного вимірювання абсолютних значень напруги, він дозволяє оцінити форму сигналу, наявність імпульсів і стабільність роботи електричного кола без прямого підключення до роз’ємів. Це особливо важливо під час діагностики важкодоступних елементів сучасних дизельних двигунів.

Під час експериментального аналізу розглянуто тест відносної компресії, перевірку клапана EGR, дослідження сигналу паливної форсунки та роботу регулятора тиску палива. Тест відносної компресії за струмом стартера дає змогу оперативно оцінити рівномірність роботи циліндрів і визначити, чи пов’язана несправність із циліндро-поршневою групою. Аналіз сигналів форсунок і регулятора тиску підтверджує, що осцилографічні методи дозволяють швидко виявляти порушення в електронній частині системи живлення та звужувати область пошуку несправності.

У розділі охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, які виникають під час діагностування дизельних двигунів. До них належать високий тиск палива, рухомі частини двигуна, нагріті поверхні, токсичні відпрацьовані гази, небезпека займання паливно-мастильних матеріалів та ризик ураження електричним струмом. Запропоновано заходи безпеки перед початком роботи, під час виконання діагностичних операцій і після їх завершення. Дотримання цих вимог забезпечує безпечні умови праці, зменшує ризик травмування персоналу та підвищує якість виконання ремонтно-діагностичних робіт.

В економічній частині виконано обґрунтування доцільності впровадження запропонованого комплексу діагностичних засобів на сервісній дільниці. Розрахунки показали, що за річної трудомісткості 4900 люд.-год. дільниця може виконувати близько 690 обслуговувань автомобілів на рік. Повна собівартість річного обсягу робіт становить 847475,01 грн, вартість реалізованих послуг — 1145687,2 грн, а річний прибуток — 298212,19 грн. Рівень рентабельності становить 35,19 %, а термін окупності капітальних вкладень — 3,22 року, що підтверджує економічну ефективність запропонованого рішення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гудзенко М. М. Дизельні двигуни: будова, технічне обслуговування і ремонт : навч. посіб. Київ : Либідь, 2019. 312 с.

2. Кравченко О. П., Савченко В. І. Паливна апаратура дизельних двигунів: діагностування та ремонт. Харків : ХНАДУ, 2020. 268 с.

3. Бойко А. І. Технічна експлуатація автомобілів і тракторів : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 384 с.

4. Ружило З. В., Мороз О. М. Технічне обслуговування і діагностування машин агропромислового комплексу. Київ : НУБіП України, 2021. 246 с.

5. Кірсанов С. Г. Діагностика автомобільних двигунів : навч. посіб. Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2019. 198 с.

6. Мельник В. І., Погорілий В. М. Експлуатація машин і обладнання агропромислового виробництва. Київ : Аграрна освіта, 2017. 420 с.

7. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 28 с.

8. ДСТУ ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 86 с.

9. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті : наказ МНС України від 09.07.2012 № 964 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1299-12

10. (дата звернення: 12.05.2026).

11. НПАОП 0.00-1.62-12. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. Київ : Міністерство надзвичайних ситуацій України, 2012.

12. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ : МОЗ України, 1999.

13. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 141 с.

14. Bosch Mobility. Modular common-rail system for commercial vehicles and off-highway applications. URL: https://www.bosch-mobility.com/

15. (дата звернення: 12.05.2026).

16. Bosch Automotive Aftermarket. Bosch Fuel Injection System Catalogue. URL: https://www.boschaftermarket.com/

17. (дата звернення: 12.05.2026).

18. Bosch Mobility. Common-rail system with piezo injectors. URL: https://www.bosch-mobility.com/

19. (дата звернення: 12.05.2026).

20. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. New York : McGraw-Hill Education, 2018. 1056 p.

21. Stone R. Introduction to Internal Combustion Engines. 4th ed. London : Palgrave Macmillan, 2012. 516 p.

22. Reif K. Diesel Engine Management: Systems and Components. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2014. 370 p.

23. Merker G. P., Schwarz C., Stiesch G., Otto F. Simulating Combustion: Simulation of Combustion and Pollutant Formation for Engine-Development. Berlin : Springer, 2006. 402 p.

24. Robert Bosch GmbH. Automotive Handbook. 10th ed. Karlsruhe : Bosch, 2018. 1778 p.

25. Arduino. UNO R3 Documentation. URL: https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3

26. (дата звернення: 12.05.2026).

27. STMicroelectronics. L298 Dual Full-Bridge Driver: Datasheet. URL: https://www.st.com/

28. (дата звернення: 12.05.2026).

29. Horowitz P., Hill W. The Art of Electronics. 3rd ed. Cambridge : Cambridge University Press, 2015. 1224 p.

30. Аврунін Г. А., Кириченко І. Г., Самородов В. Б. Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин. Харків : ХНАДУ, 2016. 438 с.

31. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційних робіт для здобувачів спеціальності 208 «Агроінженерія». Умань : Уманський НУС, 2024. 45 с.