


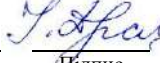
# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему *Проектування діагностичного поста системи Common Rail  
для дизельних двигунів на СТО*

Шифр: КРБАТТАМ 26.22009.000. ПЗ


Галузь знань	<u>27 – Транспорт</u> Шифр і назва галузі знань
Спеціальність	<u>274 – Автомобільний транспорт</u> Шифр і назва спеціальності
Рівень вищої освіти	<u>Перший бакалаврський</u> Рівень вищої освіти
Освітньо-професійна програма	<u>Автомобільний транспорт</u> Назва освітньої програми

Виконав: здобувач 4 курсу, група АТз-22-1  Володимир СТУКАЛО  
Курс, група виконавця Підпис Ім'я, прізвище

Керівник: д-р.техн.н., професор кафедри ТАМ  Ілона ДРАЧ  
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:

зав. кафедри ТАМ, д-р.техн.н., професор

  
Підпис

Олександр ДИХА  
Ім'я, прізвище

10 червня 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства  
Рівень вищої освіти перший бакалаврський  
Галузь знань 27 – Транспорт  
Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт  
Освітньо-професійна програма Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ТАМ

  
(підпис)  
д-р.техн.н., проф. Олександр ДИХА  
Науковий ступінь, ім'я, прізвище  
9 лютого 2026 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Завдання видано здобувачу Стукалу Володимирі Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Проектування діагностичного поста системи Comtop Rail для дизельних двигунів на СТО»

Керівник роботи професор кафедри ТАМ Драч Ілона Володимирівна  
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

2. Затверджено наказом університету від 8 січня 2026 р. № 7

3. Дата видачі завдання здобувачу: 9 лютого 2026 р.

4. Строк подання здобувачем роботи на кафедру: 10 червня 2026 р.

5. Вихідні дані: *джерела інформації щодо теми КРБ; матеріали переддипломної практики: техніко-економічне обґрунтування створення діагностичного поста.*

6. Зміст пояснювальної записки (перелік задач): *обґрунтувати доцільність створення діагностичного поста системи Comtop Rail шляхом аналізу ринку автосервісних послуг та визначити вихідні дані для проектування; виконати технологічний розрахунок потужності поста, включаючи визначення річного обсягу робіт, трудомісткості, чисельності персоналу та площ приміщень; розробити конструкторсько-технологічну частину проекту, що передбачає аналіз методів діагностики, обґрунтування вибору обладнання та розробку планування поста; розробити заходи з охорони праці при роботі з високим тиском палива та виконати економічне обґрунтування ефективності проекту.*

7. Перелік графічного матеріалу: *графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах.*

8. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

9. Календарний план виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

№	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання	Примітка
1	<i>Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи бакалавра з керівником</i>	<i>09.02.2026</i>	<i>виконано</i>
2	<i>Ознайомлення з предметною областю, формулювання мети та задач дослідження, визначення об'єкта та предмета дослідження</i>	<i>15.02.2026</i>	<i>виконано</i>
3	<i>Робота над розділом 1 – Техніко-економічне обґрунтування створення діагностичного поста</i>	<i>30.02.2026</i>	<i>виконано</i>
4	<i>Робота над розділом 2 – Технологічний розрахунок діагностичного поста</i>	<i>15.03.2026</i>	<i>виконано</i>
5	<i>Робота над розділом 3 – Конструкторсько-технологічне проектування</i>	<i>15.04.2026</i>	<i>виконано</i>
6	<i>Робота над розділом 4 – Охорона праці та економічна ефективність проекту</i>	<i>15.05.2026</i>	<i>виконано</i>
7	<i>Оформлення пояснювальної записки згідно вимог</i>	<i>10.06.2026</i>	<i>виконано</i>

Виконавець: здобувач 4 курсу, група АТз-22-1  
Курс, група виконавця

  
Підпис

Володимир СТУКАЛО  
Ім'я, прізвище

Керівник: д-р.техн.н., професор кафедри ТАМ  
Науковий ступінь, посада

  
Підпис

Ілона ДРАЧ  
Ім'я, прізвище

## РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: Проектування діагностичного поста системи Common Rail для дизельних двигунів на СТО

Виконавець кваліфікаційної роботи бакалавра:

здобувач 4 курсу групи АТз-22-1

Стукало Володимир Олександрович

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра:

д-р.техн.н., професор кафедри ТАМ

Драч Ілона Володимирівна

Кваліфікаційна робота бакалавра містить:

Пояснювальна записка				Кількість додатків
Сторінок	Рисунків	Таблиць	Джерел інформації	
81	19	9	18	1

Метою бакалаврської роботи є розробка проекту діагностичного поста системи Common Rail для дизельних двигунів на базі СТО.

Завдання роботи: обґрунтувати доцільність створення діагностичного поста системи Common Rail шляхом аналізу ринку автосервісних послуг та визначити вихідні дані для проектування; виконати технологічний розрахунок потужності поста, включаючи визначення річного обсягу робіт, трудомісткості, чисельності персоналу та площ приміщень; розробити конструкторсько-технологічну частину проекту, що передбачає аналіз методів діагностики, обґрунтування вибору обладнання та розробку планування поста; розробити заходи з охорони праці при роботі з високим тиском палива та виконати економічне обґрунтування ефективності проекту.

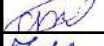



Об'єктом дослідження є технологічний процес діагностики паливної апаратури системи Common Rail на станції технічного обслуговування.

Предметом дослідження є організація та проектування діагностичного поста для обслуговування систем Common Rail.

Ключові слова: системи Common Rail для дизельних двигунів, діагностичний пост, технологічний процес діагностики, організація та проектування.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Техніко-економічне обґрунтування створення діагностичного поста .....	8
1.1 Характеристика стану ринку діагностичних послуг та обґрунтування необхідності створення поста Common Rail .....	8
1.2 Визначення типу, режиму роботи та вихідних даних для проектування поста .....	11
1.3 Нормативна база проектування .....	14
2 Технологічний розрахунок діагностичного поста .....	19
2.1 Розрахунок річного обсягу робіт та трудомісткості діагностичних операцій .....	19
2.2 Розрахунок числа виробничих робітників, постів та автомобіле-місць .....	22
2.3 Визначення складу і площ приміщень .....	27
2.4 Вибір обладнання та інструментів .....	31

					КРБАТТАМ 26.22009.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Проектування діагностичного поста системи Common Rail для дизельних двигунів на СТО			
Розроб.	Стукало							
Перевір.	Драч							
Реценз.								
Н. Контр.	Маковкін							
Затверд.	Диха				Лім.	Арк.	Акрівів	
					4	85	ХНУ група АТз-22-1	

3 Конструкторсько-технологічне проектування .....	46
3.1 Аналіз конструкції системи Common Rail та методів її діагностики ...	46
3.2 Порівняльний аналіз та обґрунтування вибору діагностичного обладнання .....	53
3.3 Розробка планування діагностичного поста з урахуванням технологічних потоків .....	58
3.4 Розробка технологічного процесу діагностики форсунок та ТНВД .....	65
4 Охорона праці та економічна ефективність проекту .....	69
4.1 Охорона праці при роботі на діагностичному посту системи Common Rail .....	69
4.2 Економічна оцінка проекту створення діагностичного поста .....	71
Висновки.....	76
Перелік посилань .....	79
Додаток.....	81

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ВСТУП

Сучасний автомобільний транспорт характеризується масовим поширенням дизельних двигунів із системами безпосереднього впорскування палива типу Common Rail. Дані системи забезпечують високу економічність та екологічність роботи силових агрегатів, проте їх експлуатація супроводжується підвищеними вимогами до якості технічного обслуговування та точності діагностики. Несправності паливної апаратури Common Rail призводять до зниження потужності двигуна, збільшення витрати палива та токсичності відпрацьованих газів, що потребує проведення регулярної кваліфікованої діагностики з використанням спеціалізованого обладнання.

В умовах конкурентного ринку автосервісних послуг станція технічного обслуговування повинна мати можливість виконувати діагностику складних систем впорскування з дотриманням вимог виробників техніки. Наявність спеціалізованого діагностичного поста дозволяє скоротити час обслуговування клієнтів, знизити витрати на залучення сторонніх спеціалістів та підвищити рівень якості ремонту. Проектування такого поста потребує комплексного підходу з урахуванням технологічних, конструктивних, санітарно-гігієнічних та економічних факторів.

Метою бакалаврської роботи є розробка проекту діагностичного поста системи Common Rail для дизельних двигунів на базі СТО.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

— обґрунтувати доцільність створення діагностичного поста системи Common Rail шляхом аналізу ринку автосервісних послуг та визначити вихідні дані для проектування;

— виконати технологічний розрахунок потужності поста, включаючи визначення річного обсягу робіт, трудомісткості, чисельності персоналу та площ приміщень;

					КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— розробити конструкторсько-технологічну частину проекту, що передбачає аналіз методів діагностики, обґрунтування вибору обладнання та розробку планування поста;

— розробити заходи з охорони праці при роботі з високим тиском палива та виконати економічне обґрунтування ефективності проекту.

Об'єктом дослідження є технологічний процес діагностики паливної апаратури системи Common Rail на станції технічного обслуговування.

Предметом дослідження є організація та проектування діагностичного поста для обслуговування систем Common Rail.

У роботі застосовано такі методи дослідження: аналітичний (при вивченні нормативної бази та аналізі обладнання), нормативно-розрахунковий (при визначенні трудомісткості та потужності поста відповідно до НПАОН), проектувальний (при розробці планування та виборі обладнання), порівняльний (при аналізі діагностичних стендів), економічний (при оцінці ефективності проекту).

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблений проект діагностичного поста може бути використаний для організації робіт на існуючій станції технічного обслуговування або при її реконструкції. Результати дослідження містять конкретні технічні та економічні розрахунки, які дозволяють обґрунтувати інвестиції в створення спеціалізованого поста та організувати безпечну роботу з високотисковими системами впорскування палива.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОГО ПОСТА

## 1.1 Характеристика стану ринку діагностичних послуг та обґрунтування необхідності створення поста Common Rail

Сучасний етап розвитку автомобільної галузі характеризується стрімким впровадженням ресурсозберігаючих технологій та посиленням екологічних норм, що безпосередньо впливає на структуру парку транспортних засобів та перелік послуг, які надаються на станціях технічного обслуговування. Протягом останнього десятиліття спостерігається тенденція до збільшення частки дизельних двигунів у складі легкового та комерційного автопарку, зокрема оснащених системами безпосереднього впорскування палива типу Common Rail. Згідно з даними Європейської асоціації виробників автомобілів (ACEA), частка дизельних автомобілів на європейському ринку становить близько 40% від загальної кількості зареєстрованих транспортних засобів, при цьому абсолютна більшість нових дизельних двигунів оснащується системами Common Rail третього та четвертого покоління, що працюють при тиску впорскування понад 200 МПа [1].

Вітчизняний автомобільний парк демонструє аналогічні тенденції, хоча й з певним часовим лагом порівняно з європейськими країнами. За даними асоціації «Укравтопром», кількість зареєстрованих легкових автомобілів з дизельними двигунами в Україні стабільно зростає, складаючи значну частку імпортованих вживаних автомобілів з європейського ринку [2]. Так, у структурі першої реєстрації транспортних засобів дизельні двигуни становлять понад 60% серед ввезених з-за кордону легкових автомобілів [2]. Це зумовлено економічними перевагами дизельного палива, вищим крутним моментом двигунів та їхньою паливною ефективністю, особливо в умовах зростання

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вартості бензину та підвищення вимог до економічності експлуатації транспортних засобів.

Разом із збільшенням кількості дизельних автомобілів загострюється проблема якісного технічного обслуговування їхніх паливних систем. Системи Common Rail, незважаючи на свою надійність, потребують регулярної діагностики та обслуговування з дотриманням строгих технологічних вимог [3]. Високий тиск впорскування (до 250 МПа в сучасних системах), використання пьезоелектричних форсунок та електронне управління процесом згоряння роблять неможливим виконання діагностичних робіт методами традиційного ремонту дизельної апаратури. Несправності форсунок, регуляторів тиску чи ТНВД High Pressure призводять до збільшення витрати палива на 15-30%, зниження потужності двигуна, появи задимності відпрацьованих газів та, у критичних випадках, до виходу з льоду каталітичного нейтралізатора або сажового фільтра, ремонт яких є значно дорожчим за обслуговування паливної апаратури [4].

Аналіз ринку автосервісних послуг в Україні свідчить про наявність структурного дисбалансу між кількістю дизельних автомобілів на обслуговуванні та кількістю спеціалізованих робочих місць для їх діагностики. Більшість універсальних станцій технічного обслуговування не оснащені обладнанням для перевірки параметрів систем Common Rail, що зумовлює необхідність відправлення клієнтів до спеціалізованих дизель-центрів або залучення мобільних бригад зі сторонніх організацій. Такий підхід супроводжується значними часовими втратами (від декількох годин до декількох днів залежно від завантаженості підрядників) та додатковими транспортними витратами, що знижує конкурентоспроможність СТО та призводить до втрати клієнтів [5].

Згідно з результатами маркетингових досліджень галузевих видань, послуги з діагностики паливної апаратури Common Rail належать до категорії високоприбуткових операцій у структурі доходів автосервісу. Вартість однієї

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діагностичної операції (перевірка комплекту форсунок) на ринку України коливається від 800 до 1500 гривень залежно від регіону та складності системи, при цьому собівартість послуги при наявності власного обладнання становить 30-40% від ціни реалізації [6]. Термін окупності сучасного діагностичного стенда для Common Rail при завантаженості поста на рівні 60-70% складає 18-24 місяці, що свідчить про високу інвестиційну привабливість такого проекту.

Технологічна специфіка обслуговування систем Common Rail вимагає створення спеціалізованого робочого місця з дотриманням норм безпеки при роботі з високим тиском. Стандарт ISO 8984-1 визначає методи випробувань форсунок для двигунів з безпосереднім упорскуванням, включаючи виміри кількості палива, герметичності та акустичних характеристик, що потребує наявності прецизійного стендового обладнання, ультразвукового очищення та спеціального інструментарію [7]. Відсутність такого оснащення на більшості вітчизняних СТО призводить до ситуації, коли діагностика зводиться до візуального огляду або заміни форсунок методом «спроб і помилок», що не лише збільшує витрати клієнтів, але й може призвести до пошкодження дороговартісних компонентів двигуна.

Створення спеціалізованого діагностичного поста Common Rail дозволяє суттєво розширити спектр послуг СТО, підвищити якість обслуговування клієнтів та забезпечити додатковий потік доходів. Наявність власного обладнання для діагностики систем високого тиску дозволяє проводити комплексну діагностику «на місці» без транспортування агрегатів, скоротити час обслуговування з декількох днів до декількох годин та запропонувати клієнтам додаткові послуги з промивання, ремонту або заміни форсунок з гарантією якості. Це особливо актуально в умовах підвищення вимог споживачів до швидкості та прозорості ремонтних операцій.

Екологічний аспект також відіграє важливу роль у обґрунтуванні необхідності створення спеціалізованого поста. Запровадження норм Євро-5 та Євро-6 вимагає точного налаштування параметрів упорскування для

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення відповідності викидів чадного газу, вуглеводнів та твердих частинок регламентованим значенням [6, 8]. Несправна паливна апаратура є однією з основних причин перевищення норм токсичності, тому наявність можливості оперативної діагностики та ремонту сприяє не лише економічним інтересам СТО, але й загальноекологічній безпеці.

Таким чином, аналіз стану ринку автосервісних послуг свідчить про нагальну необхідність створення спеціалізованих діагностичних постів систем Common Rail на базі діючих станцій технічного обслуговування. Зростання кількості дизельних автомобілів, висока прибутковість діагностичних операцій, технічна неможливість якісного обслуговування систем високого тиску без спеціалізованого обладнання та конкурентні переваги, які отримує СТО при наявності власного поста, створюють обґрунтовану базу для інвестування в розглядуваний проект. Впровадження такого поста дозволить підприємству зайняти нішу у сегменті преміального дизельного сервісу, забезпечити стабільний потік клієнтів із специфічними потребами та підвищити загальну рентабельність виробничої діяльності.

## 1.2 Визначення типу, режиму роботи та вихідних даних для проектування поста

На підставі проведеного аналізу ринку автосервісних послуг та специфіки обслуговування сучасних дизельних двигунів прийнято рішення про створення спеціалізованого діагностичного поста системи Common Rail у складі діючої станції технічного обслуговування. За функціональним призначенням пост належить до категорії діагностичних постів дільниці технічного обслуговування та ремонту паливної апаратури, а не універсальних постів моторного чи агрегатного цехів. Таке класифікаційне рішення обґрунтоване необхідністю забезпечення високої точності вимірювань параметрів упорскування палива, що потребує стаціонарного встановлення прецизійного

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стендового обладнання, спеціалізованого інструментарію та дотримання строгих санітарно-гігієнічних норм щодо видалення парів дизельного палива та забезпечення пожежної безпеки. На відміну від універсальних діагностичних постів, призначених для комплексної перевірки технічного стану автомобілів, проєктований пост спеціалізується виключно на діагностиці елементів системи Common Rail – форсунок високого тиску, ТНВД, регуляторів тиску палива та паливних рамп, що дозволяє оптимізувати його планувальні рішення та технологічне оснащення відповідно до вузької спеціалізації [3].

Режим роботи проєктованого поста визначено як однозмінний з тривалістю зміни 8 годин (з 8:00 до 17:00 з перервою на обід). Така організація виробничого процесу є оптимальною для середнього за потужністю СТО з очікуваним річним обсягом діагностичних робіт до 500 комплектів форсунок. При однозмінному режимі фонд часу роботи поста становить 255 днів на рік (365 днів мінус 104 вихідних дні та 6 святкових), що забезпечує достатню продуктивність для задоволення попиту існуючої клієнтської бази без значних витрат на оплату праці в night shift. У перспективі, за умови збільшення потоку клієнтів, режим може бути змінений на двозмінний шляхом введення другої зміни, однак для стадії проєктування та освоєння виробництва прийнятий однозмінний графік. Категорія виконуваних робіт відповідає операціям поточного технічного обслуговування та діагностики згідно з ДСТУ 2857:2015, а саме: перевірка герметичності паливної системи, вимірювання кількості палива, що подається форсунками на різних режимах роботи, перевірка якості розпилення, діагностика електромагнітних клапанів форсунок та високотискових насосів.

Вихідні дані для проєктування сформовано з урахуванням статистичних даних щодо структури автопарку, що обслуговується на СТО «Top-master», та нормативних вимог до організації робіт з діагностики систем Common Rail:

1) Найменування підприємства: станція технічного обслуговування «Top-master» (м. Хмельницький).

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Тип СТО: універсальна станція технічного обслуговування легкових автомобілів з розширеним спектром послуг для дизельних двигунів.

3) Категорія транспортних засобів: легкові автомобілі з дизельними двигунами, оснащеними системами Common Rail (пробігом до 300 тис. км).

4) Кількість автомобілів, що обслуговуються: прийнято умовний розрахунковий парк у кількості 80 автомобілів, що знаходяться на постійному сервісному обслуговуванні СТО.

5) Річний пробіг умовного автомобіля: 18 000 км (середньостатистичне значення для міського та міжміського циклу експлуатації легкових дизелів).

6) Середній вік автомобілів: 5–8 років, що відповідає періоду інтенсивного зношування паливної апаратури та збільшення частоти діагностичних звернень.

7) Перелік основних робіт: діагностика форсунок Common Rail (в тому числі пьезоелектричних), перевірка ТНВД high-pressure (Bosch CP1–CP4, Delphi), діагностика датчиків тиску палива, перевірка герметичності паливних трубок високого тиску.

8) Нормативна база проектування: ДБН В.2.3-5:2014 (планування автомобільних доріг та СТО), НПАОН 14.1-001-98 (типові норми часу на ТО і Р), Правил охорони праці на автомобільному транспорті, ISO 8984-1 (методи випробування форсунок) [9–12].

При визначенні вихідних даних враховано специфіку систем Common Rail, які працюють при тиску впорскування від 135 МПа (системи першого покоління) до 250 МПа (системи пьезо Common Rail третього покоління), що потребує наявності стендів з відповідними характеристиками і, відповідно, обмежує коло обладнання, яке може бути використане на посту. Також враховано вимоги до якості палива, яке використовується для тестування: воно має відповідати стандарту EN 590, а його обсяг для річної роботи поста розраховується з норми 10–15 літрів на комплект форсунок (4 шт.) з урахуванням циркуляції та очищення в замкнутому циклі стенда [6].

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до організації поста визначаються необхідністю забезпечення точності діагностичних операцій та безпеки праці. Пост має бути розташований у приміщенні з природним та штучним освітленням, ізольованому від ділянок механічного ремонту (для уникнення пилу та стружки). Площа поста повинна забезпечувати вільний підхід до обладнання з усіх боків, розміщення технологічного оснащення та зберігання діагностованих агрегатів. Кваліфікаційний склад працівників – слюсар з ремонту автомобілів 4–5 розряду з додатковим навчанням роботі з системами Common Rail та допуском до робіт з високим тиском (навчання за програмами виробників обладнання Bosch, Delphi або аналогічних).

### 1.3 Огляд нормативної бази проектування

Проектування діагностичного поста системи Common Rail для дизельних двигунів на станції технічного обслуговування (СТО) повинно здійснюватися з урахуванням чинної нормативно-правової бази України та міжнародних стандартів. Це забезпечує безпечність експлуатації, відповідність технологічних процесів встановленим вимогам та високу якість діагностичних робіт.

Державні будівельні норми. Основним нормативним документом, який регламентує вимоги до проектування СТО, є ДБН В.2.3-5:2014 [9]. Цей документ визначає:

- вимоги до розміщення станцій технічного обслуговування;
- планувальні рішення виробничих приміщень;
- мінімальні площі та габарити постів;
- вимоги до інженерних мереж (електропостачання, вентиляція, водопостачання);
- організацію руху транспортних засобів на території СТО.

Згідно з ДБН, діагностичні пости повинні забезпечувати безпечний доступ до автомобіля, мати достатню площу для розміщення обладнання та

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідати вимогам пожежної безпеки. Особливу увагу приділяють системам вентиляції, оскільки при роботі дизельних двигунів утворюються шкідливі викиди.

Згідно з ДБН В.2.3-5:2014 для станцій технічного обслуговування встановлюються такі основні параметри:

1) Площа та габарити поста:

- мінімальна площа одного поста: 18–24 м<sup>2</sup> (для легкових авто);
- рекомендована площа діагностичного поста: не менше 30 м<sup>2</sup> (з урахуванням обладнання Common Rail);
- ширина поста: не менше 3,0 м;
- довжина: 6,0–7,0 м;
- висота приміщення: не менше 3,0 м.

2) Проходи та відстані:

- мінімальна відстань між автомобілем і стіною: 0,8–1,0 м;
- між автомобілями (якщо кілька постів): не менше 1,2 м;
- ширина проїздів: не менше 3,5 м.

3) Вентиляція:

- кратність повітрообміну: не менше 3–5 разів/год;
- для постів із запуском двигуна: 6–10 разів/год;
- обов'язкова локальна витяжка вихлопних газів.

4) Освітлення:

- загальне освітлення: не менше 300 лк;
- для точних робіт (діагностика): 500–750 лк.

Норми часу на технічне обслуговування і ремонт. Важливим документом для організації роботи поста є НПАОН 14.1-001-98 [5], який встановлює норми часу на виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

Цей норматив використовується для:

- розрахунку продуктивності поста;
- визначення чисельності персоналу;

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- планування завантаження обладнання;
- оцінки економічної ефективності роботи СТО.

При проектуванні діагностичного поста системи Common Rail ці норми дозволяють визначити середній час діагностики паливної апаратури, включаючи перевірку форсунок, насосів високого тиску та електронних систем керування.

Норми часу на ТО і ремонт. Відповідно до НПАОН 14.1-001-98 встановлюються такі орієнтовні норми:

1) Трудомісткість робіт Common Rail:

- діагностика паливної системи: 0,8–1,5 люд.-год;
- перевірка форсунки на стенді: 0,5–0,7 люд.-год/шт;
- зняття/встановлення форсунки: 0,6–1,2 люд.-год;
- перевірка ТНВД: 1,5–2,5 люд.-год.

2) Організаційні показники:

- коефіцієнт використання робочого часу: 0,85–0,9;
- ефективний фонд часу одного поста: 1800–2000 год/рік;
- змінність роботи: 1–2 зміни по 8 годин.

Ці дані використовуються для розрахунку пропускної здатності поста.

Санітарні норми та правила. Санітарно-гігієнічні вимоги до СТО регламентуються відповідними Санітарними правилами і нормами [10, 11]. Вони визначають:

- допустимі рівні шуму на робочих місцях;
- гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі;
- вимоги до вентиляції та освітлення;
- мікроклімат виробничих приміщень.

Зокрема, при роботі з дизельною паливною апаратурою необхідно забезпечити ефективне видалення парів палива та вихлопних газів. Рівень шуму від роботи діагностичного обладнання не повинен перевищувати встановлені нормативи, що є важливим для забезпечення комфортних умов праці персоналу.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Санітарні норми до СТО передбачають такі кількісні параметри:

1) Мікроклімат:

- температура: 16–20°C (зима), 18–25°C (літо);
- відносна вологість: 40–60%;
- швидкість руху повітря: до 0,3 м/с.

2) Шум:

- допустимий рівень: до 80 дБА (робоча зона);
- короткочасно: до 85 дБА.

3) Забруднення повітря:

- СО (чадний газ): не більше 20 мг/м<sup>3</sup>;
- NO<sub>x</sub>: до 5 мг/м<sup>3</sup>;
- вуглеводні: 100 мг/м<sup>3</sup>;
- пари дизельного палива: 300 мг/м<sup>3</sup>.

4) Вентиляція:

- мінімальний повітрообмін: 60–100 м<sup>3</sup>/год на одного працівника;
- локальні відсмоктувачі на вихлоп: обов'язкові.

Міжнародні стандарти якості діагностики. Для забезпечення високої точності та надійності діагностики систем Common Rail застосовуються міжнародні стандарти, зокрема ISO 8984-1 [7]. Цей стандарт регламентує:

- методи випробування паливних форсунок;
- вимоги до точності вимірювань;
- параметри оцінки якості роботи форсунок;
- умови проведення діагностичних випробувань.

Використання стандартів ISO дозволяє забезпечити відповідність результатів діагностики міжнародним вимогам, що є особливо важливим при обслуговуванні сучасних дизельних двигунів із системою Common Rail.

Згідно з ISO 8984-1 встановлюються такі параметри:

1) Точність вимірювання:

- похибка подачі палива: не більше  $\pm 2-3\%$ ;

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тиск упорскування: до 200–250 МПа (для сучасних систем);
- допустиме відхилення тиску:  $\pm 5\%$ .

3) Параметри тестування форсунок:

- кількість циклів перевірки: 1000–2000 циклів;
- тривалість імпульсу: 0,2–2,0 мс;
- контроль витoku: не більше 1–3 мм<sup>3</sup>/цикл.

4) Вимоги до обладнання:

- калібрування стендів: не рідше 1 разу на 12 місяців;
- стабільність температури тестового палива:  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ;
- чистота палива: клас ISO 4406 – не гірше 18/16/13.

Таким чином, нормативна база проектування діагностичного поста включає державні будівельні норми, нормативи часу виконання робіт, санітарно-гігієнічні вимоги та міжнародні стандарти якості. Їх комплексне застосування дозволяє:

- забезпечити безпечні умови праці;
- оптимізувати технологічні процеси;
- підвищити ефективність роботи поста;
- гарантувати високу якість діагностики систем Common Rail.

Аналіз нормативної бази показує, що для проектування діагностичного поста Common Rail необхідно забезпечити:

- площу поста не менше 30 м<sup>2</sup>;
- вентиляцію з кратністю 6–10 разів/год;
- освітлення 500 лк і більше;
- рівень шуму до 80 дБА;
- точність діагностики форсунок до  $\pm 2\%$ ;
- продуктивність поста 8–12 автомобілів на добу.

Дотримання цих параметрів забезпечує ефективну, безпечну та сучасну роботу діагностичного поста на СТО.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІАГНОСТИЧНОГО ПОСТА

### 2.1 Розрахунок річного обсягу робіт та трудомісткості діагностичних операцій

Основою для визначення виробничої програми діагностичного поста системи Common Rail є розрахунок річного обсягу робіт, який залежить від кількості автомобілів, що обслуговуються, їхнього річного пробігу та нормативної частоти виконання діагностичних операцій. Від точності цього розрахунку залежить правильність визначення потреби в робочих місцях, обладнанні та трудових ресурсах, тому на даному етапі проектування необхідно детально визначити перелік робіт, одиниці їх виміру та нормативні показники трудомісткості відповідно до чинних галузевих нормативів.

Для проектного поста встановлено такий перелік діагностичних операцій, що виконуються при технічному обслуговуванні та ремонті системи Common Rail: діагностика форсунок високого тиску (визначення герметичності, вимірювання кількості палива, що подається, оцінка якості розпилення); діагностика ТНВД (перевірка продуктивності нагнітального сектора, герметичність клапанів, контроль тиску в системі); перевірка регуляторів тиску палива (дозувальних клапанів); діагностика паливних рамп (герметичність, датчики тиску). Основною одиницею виміру обсягу робіт прийнято комплект форсунок (4 шт. для стандартного 4-циліндрового двигуна) та штуку ТНВД, оскільки ці операції мають різну періодичність та трудомісткість.

Методика розрахунку річного обсягу робіт базується на нормативних даних щодо інтенсивності використання автомобілів та частоти виникнення несправностей паливної апаратури системи Common Rail. Річний пробіг умовного парку автомобілів визначається за формулою:

$$L_p = N_a \cdot l_c,$$

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $N_a$  – кількість автомобілів, що обслуговуються (прийнято 80 од.);  $l_c$  – середній річний пробіг одного автомобіля (18 000 км).

Таким чином, річний пробіг парку становить:

$$L_p = 80 \cdot 18000 = 1440000 \text{ км.}$$

Частота діагностичних операцій встановлюється на підставі рекомендацій виробників техніки та галузевих нормативів. Згідно з вимогами до технічного обслуговування систем Common Rail, діагностика форсунок проводиться з періодичністю 0,35 на 1000 км пробігу, що відповідає середньостатистичній потребі в перевірці стану розпилувачів після напрацювання 25–30 тис. км для автомобілів з пробігом понад 100 тис. км. Для ТНВД періодичність діагностики становить 0,15 на 1000 км (один раз на 60–80 тис. км), оскільки ці вузли мають більший ресурс і потребують перевірки переважно при виникненні відповідних симптомів (зниження тиску в рампі, збільшення шуму).

Річний обсяг робіт ( $V_p$ ) за кожним видом діагностичних операцій розраховується за формулою:

$$V_p = L_p \cdot n / 1000 ,$$

де  $n$  – норма частоти діагностики на 1000 км пробігу.

Результати розрахунку річного обсягу робіт зведено в таблицю 2.1.

З таблиці видно, що найбільший обсяг робіт припадає на діагностику форсунок (504 комплекти на рік), що обґрунтовує вибір саме стендового методу діагностики як основного для проектного поста. Загальна кількість діагностичних операцій становить 907 умовних одиниць, що свідчить про стабільне завантаження обладнання протягом року.

Для визначення потреби в трудових ресурсах необхідно розрахувати трудомісткість діагностичних операцій ( $T_p$ ), яка визначається як добуток річного обсягу робіт на норму часу на одиницю роботи:

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_p = \sum(V_{pi} \cdot t_{ni}),$$

де  $V_{pi}$  – річний обсяг робіт  $i$ -го виду;  $t_{ni}$  – норма часу на виконання одиниці  $i$ -го виду робіт, люд.-год.

Таблиця 2.1 – Розрахунок річного обсягу робіт діагностичного поста

Вид робіт	Одиниці виміру	Норма частоти на 1000 км	Річний обсяг робіт
Діагностика комплекту форсунок (4 шт.)	компл.	0,35	504
Діагностика ТНВД	шт.	0,15	216
Перевірка регуляторів тиску	шт.	0,08	115
Діагностика паливних рамп	шт.	0,05	72
Усього	–	–	907

Примітка: загальний обсяг умовних одиниць наведено для оцінки завантаження поста; реальний обсяг робіт визначається сумою операцій.

Норми часу на діагностику систем Common Rail встановлені на підставі НПАОН 14.1-001-98 з урахуванням коефіцієнтів, що враховують складність сучасних систем високого тиску. Для стендової діагностики форсунок Common Rail (зняття, встановлення на стенд, перевірка, установка назад) норма часу становить 1,2 люд.-год. на комплект (4 форсунки). Діагностика ТНВД (перевірка на стенді або моторна діагностика) – 2,5 люд.-год. на штуку. Перевірка регуляторів тиску та рамп виконується в комплексі з основними операціями, тому їхня трудомісткість включена в норми часу на форсунки та ТНВД з коефіцієнтом 0,15.

Таким чином, загальна річна трудомісткість діагностичних робіт на проектуваному посту становить 1201 люд.-год. (заокруглено). Визначена трудомісткість включає час, безпосередньо витрачений на діагностичні операції, але не враховує допоміжні роботи (приймання замовлення, оформлення

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

документації, підготовку інструменту), які становлять близько 15–20% від основного часу.

Таблиця 2.2 – Розрахунок річної трудомісткості діагностичних робіт

Вид робіт	Річний обсяг	Норма часу, люд.-год./од.	Трудомісткість, люд.-год./рік
Діагностика форсунок	504 компл.	1,2	604,8
Діагностика ТНВД	216 шт.	2,5	540,0
Додаткові операції (регулятори, рампи)	187 шт.	0,3	56,1
Усього	–	–	1200,9

Для подальших розрахунків прийнято скориговану трудомісткість з урахуванням коефіцієнта допоміжних робіт  $K_d=1,18$  :

$$T_{\text{скор}}=1201 \cdot 1,18=1417 \text{ люд.-год.}$$

Отримані показники річного обсягу робіт та трудомісткості є вихідними даними для розрахунку чисельності виробничих робітників, кількості постів та визначення режиму роботи діагностичної дільниці. Висока питома вага діагностики форсунок (близько 50% загальної трудомісткості) підтверджує доцільність оснащення поста саме багатофункціональним стендом для перевірки форсунок Common Rail, тоді як діагностика ТНВД може виконуватися на тому ж обладнанні або з використанням додаткових пристосувань.

## 2.2 Розрахунок кількості виробничих робітників, постів та автомобілемісць

На підставі визначеної в підрозділі 2.1 річної трудомісткості діагностичних операцій (1417 люд.-год.) проводиться розрахунок основних

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показників виробничої програми: чисельності персоналу, кількості технологічних постів та потреби в автомобіле-місцях. Ці розрахунки є визначальними для формування штатного розпису, планування виробничих площ та організації технологічних потоків на діагностичній дільниці.

Розрахунок кількості виробничих робітників здійснюється з урахуванням дійсного (ефективного) фонду робочого часу одного працівника та коефіцієнта виконання виробничих норм. Дійсний фонд часу роботи одного робітника ( $\Phi_p$ ) визначається для однозмінного режиму роботи (8 годин на зміну) та п'ятиденного робочого тижня з урахуванням вихідних, святкових днів, чергових відпусток та інших неявок за законодавством України на 2026 рік:

$$\Phi_p = (D_k - D_v - D_c - D_{\text{відп}} - D_{\text{ін}}) \cdot t_{\text{зм}}$$

де  $D_k$  – календарна кількість днів у році (365);  $D_v$  – вихідні дні (104);  $D_c$  – святкові дні (11);  $D_{\text{відп}}$  – чергова відпустка (24);  $D_{\text{ін}}$  – інші неявки (лікарняні, навчання) – прийнято 3 дні;  $t_{\text{зм}}$  – тривалість зміни (8 год).

$$\Phi_p = (365 - 104 - 11 - 24 - 3) \cdot 8 = 223 \cdot 8 = 1784 \text{ год.}$$

Приймаємо дійсний фонд робочого часу одного робітника 1784 години на рік.

Спискова чисельність виробничих робітників ( $R_{\text{сп}}$ ) визначається за формулою:

$$R_{\text{сп}} = \frac{T_{\text{скор}}}{\Phi_p \cdot \eta}$$

де  $T_{\text{скор}}$  – скоригована річна трудомісткість (1417 люд.-год.);  $\eta$  – коефіцієнт виконання виробничих норм (для діагностичних робіт паливної апаратури приймається 1,08).

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{сп}} = \frac{1417}{1784 \cdot 1,08} = \frac{1417}{1926,7} = 0,736 \approx 0,74 \text{ чол.}$$

Отримана спискова чисельність (0,74) свідчить про те, що для виконання річної програми достатньо одного робітника, завантаженого на 74% від дійсного фонду часу. Однак у штатному розписі необхідно передбачити резерв для заміни працівника під час відпусток та тимчасової непрацездатності.

Штатне число робітників ( $R_{\text{шт}}$ ) розраховується з урахуванням коефіцієнта невиходів ( $K_{\text{н}}$ ), який для умов СТО становить 1,10–1,12:

$$R_{\text{шт}} = R_{\text{сп}} \cdot K_{\text{н}} = 0,74 \cdot 1,12 = 0,83 \approx 1 \text{ чол.}$$

Таким чином, для обслуговування проектного поста необхідно прийняти на роботу одного слюсаря-діагноста 4–5 розряду з додатковим навчанням роботі з системами Common Rail та допуском до робіт з високим тиском. За відсутності основного працівника його функції виконуватиме слюсар іншої дільниці з відповідною підготовкою або шляхом залучення позаштатного спеціаліста.

Розрахунок кількості постів діагностики здійснюється за формулою:

$$\Pi = \frac{T_{\text{скор}}}{\Phi_{\text{об}} \cdot C \cdot \eta},$$

де  $\Phi_{\text{об}}$  – дійсний фонд часу роботи поста (год.);  $C$  – кількість змін роботи поста (прийнято 1);  $\eta$  – коефіцієнт виконання норм (1,08).

Дійсний фонд часу роботи поста визначається за режимом роботи СТО (255 робочих днів на рік, однозмінний режим):

$$\Phi_{\text{об}} = 255 \cdot 8 = 2040 \text{ год.,}$$

$$\Pi = \frac{1417}{2040 \cdot 1 \cdot 1,08} = \frac{1417}{2203,2} = 0,643 \approx 0,65$$

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова кількість постів становить 0,65, що за правилами округлення при проектуванні (необхідно забезпечити повну виконавчу одиницю) відповідає одному посту. Прийняття одного поста є економічно обґрунтованим, оскільки його завантаження становитиме 64,3% від дійсного фонду часу, що залишає резерв для виконання термінових замовлень та сезонного збільшення потоку клієнтів. У разі подальшого розширення виробничої програми понад 2200 люд.-год./рік доцільним стане введення другого поста або переходу на двозмінний режим роботи.

Розрахунок автомобілемісць включає визначення місць для очікування діагностики та місць для зберігання знятих агрегатів (форсунок, ТНВД) під час очікування результатів або замовлення запасних частин.

Автомобіле-місця очікування (АМ<sub>о</sub>) розраховуються за формулою:

$$AM_o = P \cdot K_o,$$

де  $K_o$  – коефіцієнт очікування, який для операцій діагностики паливної апаратури (тривалість 1–2 години) приймається 1,5–2,0. Для проектного поста з тривалістю діагностики до 2 годин приймаємо  $K_o = 1,5$ .

$$AM_o = 1 \cdot 1,5 = 1,5.$$

Приймаємо 2 автомобілемісця очікування (округлення до цілого числа в більшу сторону). Ці місця розташовуються на території СТО поза межами поста та призначаються для автомобілів, очікуваних на діагностику або очікуваних після її завершення.

Автомобілемісця зберігання (АМ<sub>з</sub>) визначаються для розміщення знятих агрегатів (комплектів форсунок, ТНВД), що очікують діагностики або відправлені на ремонт. Для діагностичного поста з річною програмою близько 500 комплектів форсунок та 216 ТНВД необхідно передбачити місце для одночасного зберігання 2–3 комплектів агрегатів. У перерахунку на умовні

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автомобілемісця (з урахуванням площі, необхідної для розміщення стелажів з агрегатами еквівалентно одному стоянковому місцю) приймаємо 2 автомобілемісця зберігання.

Загальна потреба в автомобілемісцях для проектного поста становить 4 одиниці (2 для очікування та 2 для зберігання агрегатів), що враховується при плануванні території СТО.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку чисельності персоналу та постів

Показник	Позначення	Розрахункове значення	Прийняте значення	Примітка
Дійсний фонд часу роботи одного робітника, год	$\Phi_p$	1784	1784	223 робочі дні
Списочне число робітників, чол.	$P_{сп}$	0,74	1	Слюсар-діагност
Штатне число робітників, чол.	$P_{шт}$	0,83	1	4–5 розряд
Дійсний фонд часу роботи поста, год	$\Phi_{об}$	2040	2040	255 днів
Кількість постів, од.	$\Pi$	0,65	1	Завантаження 64,3%
Автомобілемісця очікування, од.	$AM_o$	1,5	2	Коефіцієнт очікування 1,5
Автомобілемісця зберігання, од.	$AM_z$	–	2	Для агрегатів
Усього автомобілемісць	–	–	4	–

Отримані результати свідчать про доцільність створення одного діагностичного поста з обслуговуванням одним штатним працівником у однозмінному режимі роботи. Таке рішення забезпечує виконання річної програми діагностичних робіт з резервом продуктивності близько 35%, що

дозволяє маневрувати при сезонних коливаннях попиту та виконувати термінові замовлення без порушення термінів обслуговування постійних клієнтів.

### 2.3 Визначення складу і площ приміщень

Склад приміщень проектного діагностичного поста системи Common Rail визначається його функціональним призначенням, технологічними особливостями робіт з високим тиском палива та вимогами до зберігання діагностованих агрегатів. Згідно з ДБН В.2.3-5:2014, приміщення станцій технічного обслуговування поділяються на виробничі (зони безпосереднього виконання технологічних операцій), допоміжні (складські, інструментальні, мийні) та санітарно-побутові (гардеробні, приміщення для відпочинку, санвузли). Для спеціалізованого поста діагностики паливної апаратури характерна необхідність виділення ізольованого виробничого приміщення з посиленими вимогами до вентиляції та пожежної безпеки, обумовленими роботою з легкозаймистими рідинами під тиском до 250 МПа, а також спеціалізованого складського приміщення для зберігання форсунок та ТНВД, що перебувають у черзі на діагностику або очікують видачі клієнтові після ремонту.

Виробниче приміщення поста діагностики є основним у складі проектової ділянки та повинно забезпечувати розміщення стендового обладнання, технологічного оснащення та безпечне виконання робіт одним робітником з дотриманням нормованих відстаней для проїздів і проходів. Площа поста розраховується з урахуванням габаритів обладнання, габаритів обслуговуваних агрегатів та санітарно-технічних вимог. Габаритні розміри основного обладнання становлять: стенд для діагностики форсунок Common Rail – 0,8×0,6 м, стіл монтажний – 1,2×0,6 м, ультразвукова ванна для попереднього очищення – 0,5×0,4 м, ємності для дизельного палива (чистого та відпрацьованого) – 0,4×0,4 м кожна. Зона безпосереднього обслуговування

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навколо стенда повинна забезпечувати підхід з усіх боків для підключення паливних магістралей та електричних кабелів, що потребує додаткової площі 0,5 м по периметру обладнання. Згідно з ДБН В.2.3-5:2014, ширина проходів між обладнанням у приміщеннях діагностичних постів повинна становити не менше 1,0 м для забезпечення безперешкодного руху обслуговуючого персоналу та транспортування агрегатів. Враховуючи необхідність розміщення стелажів для інструменту та форсунок уздовж однієї зі стін, а також проїзд для підвезення агрегатів на візку (ширина не менше 1,2 м), оптимальними габаритами виробничого приміщення є 6,0×3,0 м, що становить 18 м<sup>2</sup>. Це значення перевищує мінімальну норму площі поста діагностики паливних систем, яка становить 15 м<sup>2</sup> згідно з рекомендаціями для СТО середньої потужності, і забезпечує комфортні умови праці при тривалій роботі з прецизійним обладнанням.

Допоміжні приміщення діагностичного поста включають кімнату зберігання агрегатів та інструментальну кімнату. Кімната зберігання агрегатів призначена для розміщення знятих з автомобілів форсунок, ТНВД та паливних рамп у період очікування діагностики або після неї, якщо клієнт відмовляється від негайного ремонту. Згідно з технологічними вимогами, агрегати системи Common Rail є високовартісними вузлами (вартість комплекту форсунок може становити 15–30 тис. грн, ТНВД – до 50 тис. грн), що потребує їхнього зберігання в закритому приміщенні з обмеженим доступом. Площа складського приміщення розраховується виходячи з норми площі для зберігання паливної апаратури з урахуванням максимальної кількості агрегатів, що одночасно знаходяться на зберіганні. При річній програмі діагностики 504 комплекти форсунок та середній термін зберігання агрегатів 1–2 дні, максимальна кількість одночасно зберігаємих комплектів становить 3–4 одиниці. Норма площі для зберігання агрегатів на стелажах із зручним доступом становить 0,5–0,6 м<sup>2</sup> на один комплект форсунок або ТНВД, що з урахуванням проходів між стелажми (не менше 0,8 м) та площі для оформлення документації дає загальну площу 6

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

м<sup>2</sup> (габарити 2,0×3,0 м). Інструментальна кімната для зберігання спеціального інструменту (моментних ключів, знімачів форсунок, засобів вимірювання) та приладдя може бути суміщена з кімнатою зберігання агрегатів або виділена окремо площею 3 м<sup>2</sup>, однак згідно з планувальним рішенням прийнято інтегрувати інструментальні шафи безпосередньо у виробниче приміщення поста для скорочення часу операцій, тому окрема інструментальна кімната не передбачається, а її функції виконує відповідно обладнана зона в пості площею близько 2 м<sup>2</sup>.

Санітарно-побутові приміщення для обслуговуючого персоналу діагностичного поста проектується згідно з ДБН В.2.5-67:2013 та СанПіН для підприємств автомобільного транспорту. Оскільки пост обслуговується одним робітником чоловічої статі, площі побутових приміщень визначаються мінімальними нормами, передбаченими для невеликих виробничих дільниць. Гардеробна кімната розраховується з норми 0,6 м<sup>2</sup> на одного працюючого, але не менше 4 м<sup>2</sup> загальної площі для розміщення шафи-локера та місця для переодягання. Умивальник може бути розташований у виробничому приміщенні поста (як передбачено планувальним рішенням) або в санітарному блоці загального користування СТО. Згідно з вимогами охорони праці при роботі з дизельним паливом, робітник повинен мати можливість негайно помити руки після контакту з паливом, тому в приміщенні поста передбачається умивальник площею 0,4 м<sup>2</sup>, що входить до складу загальної площі поста. Санітарні вузли (туалети) для персоналу СТО проектується як загальностанційні з розрахунку 1 туалет на 15–20 чоловік, тому для одного працівника діагностичного поста виділення окремого санвузла не потрібне, а користування загальнобригадними приміщеннями є достатнім.

Висота приміщень діагностичного поста визначається вимогами до організації повітрообміну та розміщення вентиляційного обладнання. Згідно з ДБН В.2.5-67:2013, висота виробничих приміщень СТО повинна становити не менше 3,6 м для забезпечення припливно-витяжної вентиляції та видалення

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

парів дизельного палива, які є важчими за повітря і накопичуються в нижній зоні приміщення. Для проєктованого поста прийнято висоту 3,6 м, що забезпечує необхідний повітрообмін та можливість монтажу витяжної вентиляції на висоті 0,3–0,4 м від підлоги.

Об'єм приміщення поста становить  $18 \times 3,6 = 64,8 \text{ м}^3$ , що при нормі кратності повітрообміну для зон з виділенням парів легкозаймистих рідин 10–12 разів на годину потребує витяжної вентиляції продуктивністю 650–780 м<sup>3</sup>/год.

Зведені дані про склад і площі приміщень діагностичного поста наведено в таблиці 2.4.

Таким чином, загальна площа приміщень діагностичного поста системи Common Rail становить 28 м<sup>2</sup>, з яких 18 м<sup>2</sup> відведено під безпосередньо пост діагностики з усіма технологічними зонами, 6 м<sup>2</sup> – під склад агрегатів та 4 м<sup>2</sup> – частка загальнобригадних побутових приміщень (гардероб, санітарні вузли, кімната відпочинку), які використовуються працівником поста спільно з іншими працівниками СТО.

Таблиця 2.4 – Склад і площі приміщень діагностичного поста

Найменування приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	Висота, м	Примітка
Пост діагностики (виробниче приміщення)	18,0	3,6	Включає зону обладнання, проходи, умивальник
Кімната зберігання агрегатів (допоміжне)	6,0	3,0	Склад форсунок та ТНВД на стелажах
Усього виробничих та допоміжних приміщень	24,0	–	–
Частка загальнобригадних побутових приміщень (гардероб, санвузол)	4,0	–	Розрахункова частка на 1 працюючого
Загальна площа за проєктом	28,0	–	Округлено

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначені площі відповідають нормативним вимогам ДБН В.2.3-5:2014 та забезпечують безпечне виконання діагностичних робіт, зберігання обладнання та агрегатів, а також санітарно-побутове обслуговування одного робітника діагностичного поста.

## 2.4 Вибір обладнання та інструментів

### 2.4.1 Основне обладнання: стенд для діагностики форсунок Common Rail

Діагностика паливних форсунок системи Common Rail є найбільш трудомісткою та відповідальною операцією на проєктованому посту, оскільки від точності її виконання залежить роботоздатність усього двигуна. На відміну від традиційних дизельних систем, форсунки Common Rail працюють при тисках 135–250 МПа та мають електромагнітні або пьезоелектричні клапани з допусками випуску в діапазоні мікрметрів, що виключає можливість їх перевірки без застосування спеціалізованого стендового обладнання. Стендова діагностика дозволяє виміряти кількість палива, що подається форсункою на різних режимах (холостий хід, часткові навантаження, повне навантаження), перевірити герметичність сідла клапана, оцінити якість розпилення та працездатність електромагнітного приводу, що є неможливо виконати методом знятих проб на двигуні або візуальним контролем.

Для оснащення проєктованого поста розглянуто три варіанти діагностичних стендів, що відрізняються за ціною, функціональністю та рівнем автоматизації: преміальний стенд Bosch EPS 205 (Німеччина), стенд середнього цінового сегмента Launch CNC-602A (Китай) та вітчизняний стенд Sprint6K (Україна).

Bosch EPS 205 (рис. 2.1) є професійним стендом оригінального виробника систем Common Rail, що забезпечує максимальну точність вимірювань та повну сумісність з усіма типами форсунок, які випускаються концерном Bosch, Delphi, Denso та Siemens (Continental). Технічні

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристики стенда включають: діапазон виміру тиску 0–2200 бар з точністю  $\pm 0,5\%$ , можливість тестування до 6 форсунок одночасно, автоматичне регулювання тиску подачі палива, вбудовану систему очищення палива з мікрофільтрацією (5 мкм), а також комп'ютеризовану систему обробки результатів з базою даних більше 2000 типів форсунок. Стенд оснащений сенсорним екраном та можливістю друку протоколів випробувань, що підвищує презентабельність послуги для клієнта. Вартість обладнання становить 25–30 тис. євро, маса – 180 кг, споживана потужність – 1,5 кВт. Недоліками є висока вартість витратних матеріалів та необхідність сертифікованого сервісного обслуговування, яке в Україні доступне лише в обмеженій кількості регіонів.

Launch CNC-602A (рис. 2.2) є універсальним стендом китайського виробника Launch Tech, який здобув широке розповсюдження на європейських та українських СТО завдяки оптимальному співвідношенню ціни та якості.



Рис. 2.1 – Стенд для перевірки всіх типів дизельних форсунок EPS 205, Bosch, Німеччина [13]

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Стенд забезпечує вимірювання тиску в діапазоні 0–1800 бар з точністю  $\pm 1\%$ , підтримує тестування форсунок Bosch, Delphi, Denso, Siemens та їхніх аналогів, включаючи пьезофорсунки. Основні функції: автоматичне тестування за програмованими циклами, вимірювання зворотної подачі палива (leak-off), перевірка герметичності, ультразвукове очищення форсунок у вбудованій ванні. Вартість стенда становить 8–12 тис. євро, маса – 120 кг, споживана потужність – 1,0 кВт. Перевагами є русифіковане програмне забезпечення, можливість оновлення баз даних через інтернет, доступність запчастин та відносно просте технічне обслуговування. Недоліком є дещо нижча точність вимірювань порівняно з преміальними аналогами та обмежена підтримка найновіших типів форсунок без додаткових адаптерів.



Рис. 2.2 – Установка для діагностики та чищення форсунок  
LAUNCH CNC-602A, Китай [14]

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Вітчизняний стенд Sprint6K (ТОВ «НВП Спринт», Україна, м. Харків) є спеціалізованим обладнанням для перевірки форсунок традиційної конструкції та адаптованим для роботи з елементами систем Common Rail початкового рівня (рис. 2.3).



Рис. 2.3 – Стенд для діагностики і чистки форсунок Sprint6K, Україна [15]

Конструктивно стенд є компактною установкою з механічним приводом насоса високого тиску (ручним або електричним – залежно від модифікації), електронним вимірюванням параметрів подачі палива та вбудованою ультразвуковою ванною ємністю 6 літрів. Технічні характеристики: діапазон тиску 0–1800 бар, точність вимірювання  $\pm 1,5\%$ , одночасне тестування 1 форсунки (послідовне тестування комплекту 4 форсунок), база даних на понад 800 типів форсунок з можливістю ручного введення параметрів. Вартість обладнання становить 4–6 тис. євро, маса – 85 кг, споживана потужність – 0,8 кВт. Перевагами є вітчизняне виробництво (що відповідає вимогам імпортозаміщення та підтримки національного виробника), оперативне сервісне обслуговування в будь-якому регіоні України, доступність запасних частин,

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

простота конструкції та невибагливість в експлуатації. До недоліків відносяться нижча продуктивність праці (тривалість циклу діагностики однієї форсунки 8–10 хвилин проти 3–4 хвилин у Launch), обмежені функції автоматизації (відсутність повністю автоматичних програм тестування пьезофорсунок), необхідність періодичного калібрування механічних датчиків тиску.

Таблиця 2.5 – Порівняльний аналіз діагностичних стендів

Параметр	Bosch EPS 205	Launch CNC-602A	Sprint6K
Виробник, країна	Bosch, Німеччина	Launch Tech, Китай	ТОВ «НВП Спринт», Україна
Діапазон тиску, бар	0–2200	0–1800	0–1800
Точність вимірювання, %	±0,5	±1,0	±1,5
Кількість форсунок за цикл	До 6	До 4	1 (попередньо)
Автоматизація процесу	Повна	Автоматична з програмами	Напівавтоматична
Підтримка пьезофорсунок	Так	Так	Обмежено (базові типи)
Наявність УЗ-ванни	Ні (окремо)	Так (вбудована)	Так (вбудована 6 л)
Вартість обладнання, євро	25 000–30 000	8 000–12 000	4 000–6 000
Річна вартість обслуговування, євро	800–1000	200–300	150–200
Термін окупності при завантаженні 60%	36–42 міс.	18–24 міс.	14–18 міс.
Вимоги до кваліфікації персоналу	Середні	Середні	Вищі (ручне керування)
Сервісна підтримка в Україні	Обмежена	Добре розвинена	Повна (виробник)

Проведений аналіз свідчить, що стенд Launch CNC-602A є оптимальним вибором для проектного поста на базі СТО середнього рівня, незважаючи на привабливість вітчизняного Sprint6K з точки зору ціни та патріотичного виробництва. Обґрунтування вибору базується на таких виробничо-економічних факторах: по-перше, річна програма поста становить понад 500 комплектів форсунок, що потребує високої продуктивності праці – стенд Launch забезпечує тестування 4 форсунок одночасно за 3–4 хвилини, тоді як Sprint6K вимагає послідовного тестування кожної форсунки протягом 8–10 хвилин, що збільшує трудомісткість операції в 2,5–3 рази та призведе до перевантаження єдиного штатного працівника при виконанні річної програми. По-друге, точність вимірювання  $\pm 1\%$  стенда Launch відповідає вимогам виробників автомобілів до діагностики систем Common Rail (допуск на подачу палива  $\pm 2\text{--}3\%$ ), тоді як точність  $\pm 1,5\%$  Sprint6K знаходиться на межі допустимого і може призвести до помилкових діагнозів при граничному зносі форсунок. По-третє, наявність автоматичних програм тестування знижує залежність результатів від кваліфікації та фізичного стану оператора, що критично при роботі одного штатного працівника без резерву кваліфікованих кадрів.

Стенд Sprint6K рекомендується для впровадження у разі обмеженості стартового капіталу (економія 4–6 тис. євро) або при низькій річній програмі робіт (до 200 комплектів форсунок), коли висока продуктивність не є критичною. Стенд Sprint6K належить до бюджетного класу обладнання для СТО. Він призначений для діагностики та очищення електромагнітних форсунок, однак не забезпечує повноцінного тестування систем Common Rail, що обмежує його застосування у сучасних дизельних сервісах. Стенд Bosch EPS 205 доцільний лише для преміальних дизель-центрів з обслуговуванням вантажівок європейських брендів за умови наявності контрактів з автопарками, що потребують сертифікованої діагностики за протоколами оригінального виробника.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, для оснащення діагностичного поста системи Common Rail прийнято стенд Launch CNC-602A, який забезпечує оптимальне співвідношення точності, продуктивності та вартості для умов СТО середнього рівня з розрахунковим річним обсягом робіт 1200 люд.-год.

2.4.2 Допоміжне обладнання: ультразвукова ванна для промивання, стенд для перевірки герметичності, компресор

Для забезпечення повного технологічного циклу діагностики системи Common Rail основний діагностичний стенд має бути доповнений спеціалізованим допоміжним обладнанням, що виконує функції попереднього очищення агрегатів, контролю герметичності та створення необхідного тиску повітря для технологічних операцій.

Ультразвукова ванна є обов'язковим елементом підготовчого етапу діагностики, оскільки наявність нагару, лаку та твердих частинок на корпусі форсунок може спотворити результати вимірювань теплових зазорів та призвести до пошкодження прецизійних вузлів стенда. Незважаючи на наявність вбудованої ультразвукової ванни у складі стенда Launch CNC-602A, для інтенсивної роботи з великим потоком агрегатів доцільно мати окрему промивальну установку, що дозволяє паралелізувати операції: поки одна партія форсунок проходить діагностику, інша перебуває в процесі очищення. Для проектного поста прийнято ультразвукову ванну Codyson CD-4875 (Китай) (рис. 2.4) ємністю 7,5 літра з частотою ультразвукових коливань 40 кГц та потужністю ультразвуку 180 Вт.

Технічні параметри: внутрішні розміри ванни 300×155×150 мм, нагрівальний елемент потужністю 300 Вт (підтримка температури розчину 40–60°C), цифровий таймер на 30 хвилин. Ванна дозволяє одночасно очищати 4 форсунки або один ТНВД невеликих габаритів. Вартість обладнання становить 250–300 євро. Як альтернативу розглянуто вітчизняну ультразвукову ванну УЗВ-6 (ТОВ «Техноас», м. Київ) з аналогічними характеристиками та вартістю

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

280–320 євро, яка має перевагу у вигляді локалізованого сервісу та адаптації під вітчизняні миючі розчини.



Рис. 2.4 – Ультразвукова ванна Codyson CD-4875 (Китай)

Стенд для перевірки герметичності призначений для контролю цілісності паливних магістралей високого тиску, фітингів з'єднань форсунок з рампою та клапанів редуційного типу, що не підлягають розбиранню без спеціального інструменту. Висока вартість заміни трубок Common Rail (від 800 до 2500 грн за штуку залежно від марки авто) робить економічно доцільним проведення попередньої перевірки їх герметичності перед встановленням на двигун після демонтажу з іншого автомобіля або після ремонту. Стенд являє собою гідравлічну установку з ручним насосом високого тиску, манометром точністю 1,0 класу та системою кріплення перевіряємих елементів. Прийнято стенд SMC-100 (Китай) (рис. 2.5) з діапазоном створюваного тиску 0–2000 бар, оснащений наборами адаптерів для магістралей Bosch, Delphi та Denso. Вартість становить 400–500 євро. Конструктивно стенд може бути інтегрований у робочий стіл

					КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

монтажника або виконаний як окреме пересувне пристосування на коліщатах для використання при необхідності в інших зонах СТО.

Компресор забезпечує створення стисненого повітря тиском 6–8 бар для живлення пневмоінструменту (гайковерти, продувки паливних каналів), а також для створення тиску повітря в системах перевірки герметичності деяких типів регуляторів тиску палива, що мають пневматичне керування. Для діагностичного поста з одним робочим місцем достатньо компресора з продуктивністю 200–250 л/хв при робочому тиску 8 бар. Прийнято компресор Fias AB 300-24 (Італія) (рис. 2.6) об'ємом ресивера 24 літри з продуктивністю 270 л/хв та потужністю двигуна 2,2 кВт. Технічні характеристики: максимальний тиск 10 бар, рівень шуму 65 дБ, осушувач повітря (обов'язково для уникнення попадання вологи в паливну систему при продувці), автоматичне регулювання тиску. Вартість становить 350–400 євро. Компресор розташовується в окремій зоні поста або за його межами (у випадку використання шумоізоляційного кожуха) з підведенням повітряних магістралей до робочих зон через змійовик зі зручним з'єднувачем швидкого з'єднання.



Рис. 2.5 – Стенд SMC-100 (Китай)

					КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.5 – Компресор Fias AB 300-24 (Італія)

Загальна вартість допоміжного обладнання становить 1000–1200 євро, що складає близько 12% від вартості основного стенда та забезпечує повну технологічну готовність поста до виконання всього спектра діагностичних операцій з системами Common Rail.

#### 2.4.3 Спеціальний інструмент та засоби вимірювання

Діагностика та ремонт систем Common Rail потребує застосування спеціалізованого інструментарію, який забезпечує демонтаж/монтаж форсунок без пошкодження їхніх прецизійних поверхонь та дозволяє проводити електричні вимірювання електромагнітних клапанів. Відсутність такого інструменту призводить до ризику зриву різьби у головці блоку циліндрів, деформації корпусів форсунок та неможливості точної діагностики електричної частини системи.

Спеціальний інструмент для монтажу форсунок включає знімачі, моментні ключі та пристосування для фіксації. Для демонтажу форсунок, що пригоріли внаслідок тривалої експлуатації (типова проблема для двигунів з пробігом понад 150 тис. км), необхідний універсальний знімач форсунок

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Common Rail типу KL-0186-14 (KLANN, Німеччина) або аналог, який охоплює корпус форсунки та дозволяє створювати зусилля витягування до 1500 Н без пошкодження клапанної кришки. Вартість такого знімача становить 200–250 євро.

Особливу увагу при монтажі форсунок слід приділяти дотриманню моменту затягування кріпильних гайок та болтів. Перетяжка призводить до деформації корпусу форсунки та порушення геометрії сідла клапана, що спричиняє виток палива під тиском 2000 бар, тоді як недотяжка загрожує проривом газів у паливну систему. Для систем Common Rail типовими є моменти затягування: гайки кріплення форсунок до рампи – 25–30 Н·м, болти кріплення рампи – 25 Н·м, кріплення ТНВД – 45–50 Н·м. Для забезпечення цих значень прийнято набір динамометричних ключів з діапазонами 10–50 Н·м та 40–200 Н·м (TORX, Тайвань або SATA, Китай) вартістю 150–200 євро за комплект. Ключі мають бути оснащені механізмом калібрування та позначками відповідності стандарту ISO 6789.

Додатково необхідні слайд-молотки (знімачі зі зворотним молотком) для демонтажу паливних трубок високого тиску, набір шестигранних ключів TORX (Т30-Т55) для кріплень сучасних ТНВД, пінцети з довгими губками для маніпуляцій з прокладками форсунок та мікроскоп або бороскоп для візуального контролю стання сідел форсунок у головці блоку (дефектоскопія тріщин).

Засоби вимірювання включають електровимірювальні прилади та діагностичне обладнання. Електромагнітні клапани форсунок Common Rail мають опір обмотки 0,5–1,0 Ом (залежно від виробника: Bosch 0,9–1,1 Ом, Delphi 0,5–0,7 Ом, Denso 0,6–0,8 Ом). Вимірювання опору є обов'язковою попередньою операцією перед встановленням форсунки на стенд, оскільки обрив або коротке замикання обмотки робить подальшу діагностику безглуздою. Для цих цілей прийнято цифровий мультиметр UNI-T UT61E

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(Китай) з точністю виміру опору  $\pm 0,1\%$  та діапазоном до 220 МОм, вартістю 80–100 євро.

Для моторної діагностики (читання кодів помилок, активація форсунок у режимі реального часу, перевірка датчиків тиску в паливній рампі) необхідний автомобільний діагностичний сканер. Для СТО середнього рівня, що обслуговує різноманітні марки автомобілів з дизельними двигунами, прийнято багатofункціональний сканер Launch X431 Pro або аналогічний (Autel MaxiCOM MK808), що підтримує протоколи OBD-II, CAN, K-Line та спеціальні функції діагностики систем Common Rail (коди помилок P0200–P0204 – несправність циліндрових форсунок, P0087 – низький тиск у рампі, P0093 – виток палива в системі). Вартість сканера становить 400–600 євро. Наявність сканера дозволяє проводити попередню (моторну) діагностику перед зняттям форсунок, що скорочує час пошуку несправності та підвищує точність визначення кола ремонтних робіт.

Загальна вартість спеціального інструменту та засобів вимірювання становить 850–1150 євро, що разом з допоміжним обладнанням формує повний технологічний комплекс діагностичного поста системи Common Rail.

#### 2.4.4 Обґрунтування вибору основного обладнання за критеріями ціни, точності та продуктивності

Для об'єктивного вибору оптимального стенда проведено зведене порівняння за трьома ключовими критеріями, що визначають ефективність інвестицій та виробничу придатність обладнання для умов проєктованого поста з річною програмою діагностики 504 комплекти форсунок (2016 штук) та одним штатним працівником (річний фонд часу 1784 год).

Аналіз за критерієм «Ціна–точність».

Точність вимірювання є критичним параметром, оскільки визначає здатність стенда виявляти межові несправності форсунок. Згідно з технічними

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимогами виробників (Bosch, Delphi, Denso), допустиме відхилення подачі палива робочою форсункою становить  $\pm 2,5\%$  від номіналу.

Таблиця 2.6 – Порівняльна оцінка стендів за ключовими критеріями

Критерій	Bosch EPS 205	Launch CNC-602A	Sprint6K
Вартість обладнання, євро	25 000–30 000	8 000–12 000	4 000–6 000
Точність вимірювання подачі палива	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	$\pm 1,5\%$
Продуктивність, форсунок/годину	80–100*	40–50*	20–24**
Відповідність допускам виробників*	Так (запас 60%)	Так (запас 30%)	На межі (0%)
Термін окупності при завантаженні 60%	36–42 міс.	18–24 міс.	14–18 міс.

\* Реальна продуктивність з урахуванням завантаження/вивантаження та підготовки; розраховано як кількість форсунок, що проходять повний цикл діагностики за годину роботи.

\*\* Для Sprint6K: 1 форсунка за 8–10 хв (цикл + завантаження), комплект з 4 форсунок – 32–40 хв.

\*\*\* Допуски виробників на подачу палива форсунками Common Rail становлять  $\pm 2\text{--}3\%$  від номінального значення.

Bosch EPS 205 ( $\pm 0,5\%$ ) має шестикратний запас точності відносно допуску, що є надмірним для умов поточного ремонту та діагностики, але критично необхідним лише для виробництва або калібрування нових форсунок. Висока ціна (в 3 рази більша за Launch) не виправдана для СТО середнього рівня, оскільки призведе до збільшення терміну окупності до 3,5 років при розрахунковому завантаженні.

Launch CNC-602A ( $\pm 1,0\%$ ) забезпечує 2,5-кратний запас точності, що повністю покриває вимоги діагностики з можливістю виявлення деградації форсунок на ранній стадії ( $\pm 1,5-2,0\%$ ). Це оптимальне співвідношення для технічного обслуговування.

Sprint6K ( $\pm 1,5\%$ ) знаходиться на межі допустимого відхилення. При вимірюванні форсунок з фактичним відхиленням  $+2,0\%$ , сумарна похибка виміру ( $\pm 1,5\%$ ) може дати результат від  $+0,5\%$  до  $+3,5\%$ , що створює ризик помилкового бракування справної форсунок або прийняття зношеної (при відхиленні  $+2,4\%$  вимір може показати  $+0,9\%$ , що в межах норми).

Аналіз за критерієм продуктивності праці.

Річна програма поста передбачає діагностику 2016 форсунок (504 комплекти). Розрахунок необхідного часу роботи стенда:

Bosch:  $2016 / 100 = 20,2$  години (2,5 робочих днів) – надмірна продуктивність, що не використовуватиметься через обмеженість річної програми та не виправдовує капітальні витрати.

Launch:  $2016 / 50 = 40,3$  години (5 днів) – комфортний режим роботи з можливістю виконання термінових замовлень та сезонного збільшення потоку на 30–40% без перевантаження персоналу.

Sprint6K:  $2016 / 24 = 84,0$  годин (10,5 днів) – максимальне завантаження обладнання. Враховуючи, що загальна трудомісткість поста становить 1417 год/рік, а діагностика форсунок – лише частина робіт (42% від загальної трудомісткості), використання Sprint6K призведе до дефіциту часу при виконанні діагностики ТНВД та інших операцій, або вимагатиме роботи у понаднормовий час.

Висновок та вибір.

Зважаючи на критерії ціни (вартість інвестицій), точності (відповідність виробничим стандартам) та продуктивності (виконання річної програми одним робітником), оптимальним є вибір стенда Launch CNC-602A.

Обґрунтування:

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Економічне: термін окупності 18–24 місяці відповідає нормативам для обладнання СТО (2–3 роки), на відміну від Bosch (3–3,5 роки), що перевищує допустимий період.

2) Технологічне: точність  $\pm 1\%$  достатня для діагностики без ризику помилок, на відміну від Sprint6K ( $\pm 1,5\%$ ), де похибка наближається до допусків виробників.

3) Організаційне: продуктивність 40–50 форсунок/год дозволяє виконати річну програму за 40 годин (5 днів), що становить лише 2,2% від річного фонду часу робітника (1784 год), забезпечуючи ресурс для інших операцій та розвитку послуг.

Таким чином, стенд Launch CNC-602A забезпечує оптимальне співвідношення «ціна–якість–продуктивність» для умов проектного діагностичного поста системи Common Rail на СТО середнього рівня.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

### 3.1 Аналіз конструкції системи Common Rail

Існують різні паливні системи, але Common Rail дозволяє заощаджувати пальне, збільшує потужність двигуна і відповідає останнім екологічним вимогам. Поки що Common Rail – найсучасніша система подавання пального, яка застосовується на дизельних двигунах. Кожен другий дизельний автомобіль обладнаний цією паливною системою [16].

У дослівному перекладі словосполучення Common Rail означає «загальна магістраль» (рис. 3.1) [16]. І дійсно, у конструкції системи є загальний акумулятор високого тиску – паливна рампа, де тиск підтримується постійно і його можна налаштовувати в залежності від режимів роботи двигуна. Це і є основна відмінність Common Rail від традиційних систем впорскування. Завдяки конструктивним особливостям цієї системи витрати дизеля зменшуються на 15%, а потужність двигуна збільшується до 40% [16]. За рахунок цього Common Rail виграє у інших систем.



Рис. 3.1 – Паливна рампа, форсунки системи Common Rail [16]

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розберемося, як влаштована і працює система і чому вона дозволяє економити пальне.

Система Common Rail складається з контурів високого і низького тиску, системи датчиків (рис. 3.2) [16].

Контур високого тиску містить:

- ПНВТ з контрольним клапаном;
- паливну рампу з датчиком (датчик контролює тиск у рампі);
- форсунки;
- з'єднувальний трубопровід.

Контур низького тиску – це той самий ПНВТ, фільтр, паливний бак.

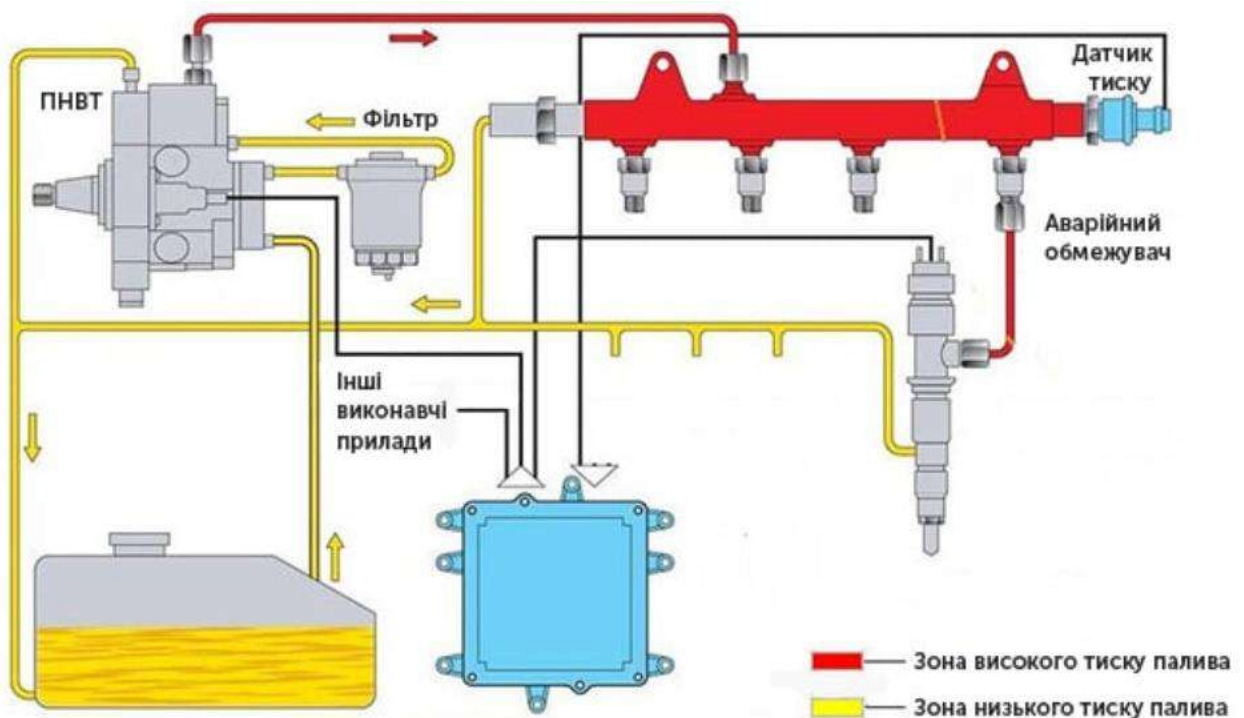


Рис. 3.2 – Схема системи Common Rail [16]

В системі впорскування Common Rail рампа відіграє дуже важливу роль: вона накопичує пальне і підтримує його постійний тиск, розподіляє дизель по форсункам, пом'якшує пульсацію від перепадів тиску у ПНВТ.

Завдяки тому, що процеси створення тиску і впорскування розділені, досягається головна перевага Common Rail – можливість змінювати тиск у широкому діапазоні і керувати впорскуванням у кожному циліндрі.

Система керування дизелем (EDC) керує роботою паливної системи Common Rail. До неї входять датчики [16]:

- положення педалі газу;
- обертів двигуна;
- датчик Холла;
- витратомір повітря;
- температури охолоджувальної рідини;
- лямбда-зонд;
- тиску повітря і тиску пального та інші.

Виконавчі механізми – форсунки (рис. 3.3), регулятор тиску і клапан дозування пального [16].



Рис. 3.3 – Форсунки Common Rail [16]

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

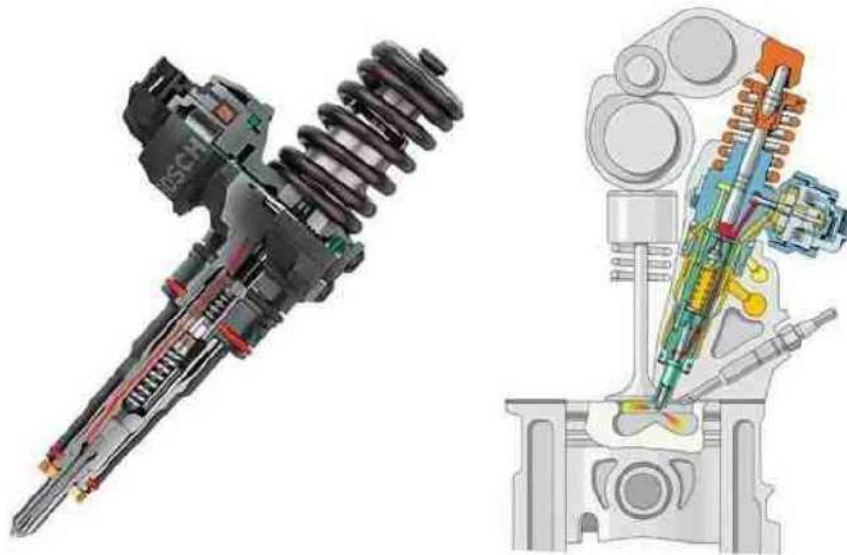


Рис. 3.4 – Будова системи впорскування  
Common Rail Bosch, Delphi, Denso, Siemens [17]

У системах впорскування Common Rail застосовуються форсунки керовані не тиском палива, а електричним імпульсом з напругою 80 В. Висока напруга дозволяє збільшити швидкість спрацювання електромагнітного клапана (час відкриття близько 0,3 мілісекунди), що підвищує точність параметрів впорскування (рис. 3.4). Конструкція форсунки Common Rail показана на рис. 3.5. Електричний сигнал не піднімає голку, а відкриває кульковий клапан, що викликає зміну тиску усередині форсунки. Далі сила тисне на керуючий поршень форсунки, яка діє на пружину розпилювача, що викликає відкриття розпилювача і впорскування палива. Коли відсутній електричний сигнал, голка розпилювача утримується в закритому положенні за допомогою пружини. У форсунках Common Rail, рух голки забезпечується тиском палива [18].

Рис. 3.5 – це схема дії форсунки в системі Common Rail: (А) форсунка в закритому стані (тиск палива в керуючій камері над керуючим поршнем вищий ніж тиск у камері розпилювача): 1 - котушка електромагніта; 2 - сердечник електромагніта; 3 - кульковий клапан, 4 - керуюча камера; 5 - голка розпилювача; 6 - розпилюючі отвори; (В) форсунка у відкритому стані

(відкриття керуючого клапана після спрацювання електромагніту приводить до того, що тиск палива в камері тиску розпилювача перевищує тиск в керуючій камері); (С) фаза закриття форсунки (розрив електричного сигналу призводить до того, що зростає тиск у камері над керуючим поршнем).

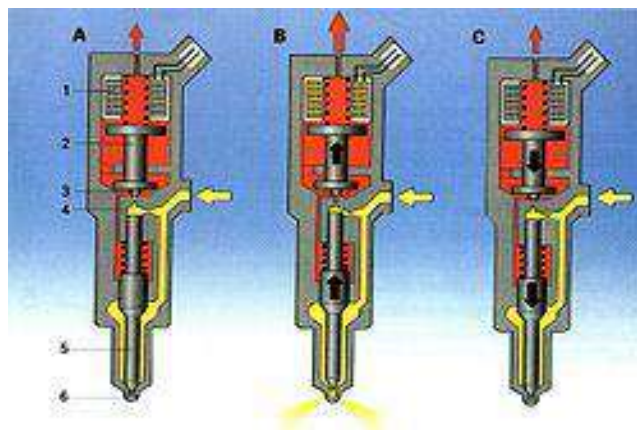


Рис. 3.5 – Схема дії форсунки в системі Common Rail [18]

Нове покоління форсунок Common Rail відрізняється застосуванням мініатюрних електромагнітних клапанів, розташованих у безпосередній близькості від голки розпилювача, зменшуючи її габарити. Для розділення процесу впорскування на кілька фаз, враховуючи його інерційність, замість електроклапану у форсунці Common Rail використовується п'єзoeлектричний елемент. П'єзoeлектричний ефект ґрунтується на дуже швидкій, зміні розмірів кристала кварцу під дією прикладеного електричного заряду. У п'єзoeлектричних форсунках Common Rail п'єзoeлемент складається з більш ніж ста шарів кристалів і подовжується на 0,04 мм, що достатньо для реалізації багатофазного впорскування палива. Щоб розкид дози був невеликим (бл. 0,5 мм<sup>3</sup>/впорскування) і щоб витікання палива з усіх розпилюючих отворів було однаковим, голка розпилювача виконується з додатковою направленістю - нижче камери тисків [18].

На рис. 3.6 зображена форсунка Common Rail другого покоління з п'єзoeлектричним елементом: 1 - відвід перебива палива; 2 - підведення палива

під високим тиском; 3 - п'єзоелектричний елемент; 4 - керуючий поршень, 5 - керуючий клапан; 6 - гайка розпилювача [18].

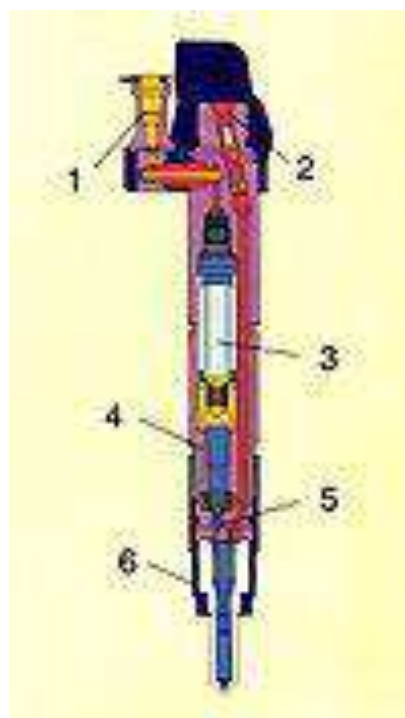


Рис. 3.6 – Схема дії форсунки другого покоління з п'єзоелектричним елементом в системі Common Rail [18]

Принцип роботи системи Common Rail. Орієнтуючись на сигнали датчиків, блок управління дизелем визначає необхідну кількість пального і передає команду на ПНВТ. Насос накачує дизель у рампу під тиском, а регулятор тиску підтримує його на постійному рівні.

Коли необхідна кількість пального у рампі, ЕБУ віддає команду відкрити форсунки. EDC контролює тиск у магістралі і тривалість впорскування у залежності від режиму роботи двигуна.

Через те, що пальне у рампі знаходиться під постійним і високим тиском, впорскування протягом одного циклу роботи двигуна багаторазове і складається з трьох етапів (рис. 3.7) [16]:

— попередній – підвищує температуру і тиск у камері згоряння. Таким чином, основна порція пального запалюється швидше, ефективніше, а токсичність газів, що відпрацювали, знижується. На холостому ходу відбувається два попередніх впорскування, при підвищеному навантаженні – одне. Якщо двигун навантажений по повній, попереднього впорскування не буде;

— основний – забезпечує роботу мотора;

— додатковий – забезпечує відповідність газів, що відпрацювали, екологічним вимогам. При додатковому впорскуванні їх температура підвищується, і сажа у сажовому фільтрі згорає.

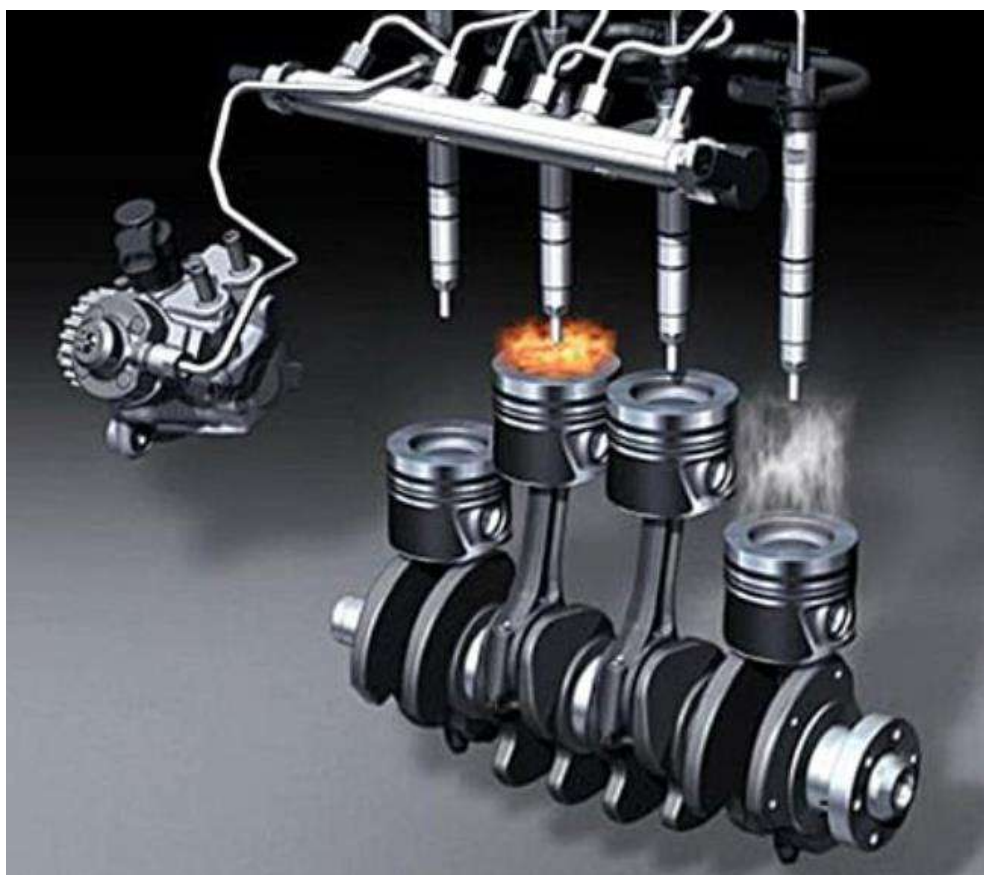


Рис. 3.7 – Впорскування пального Common Rail [16]

Переваги і недоліки Common Rail. Ця система впорскування вважається найпрогресивнішою серед систем, що існують для дизельних двигунів.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система Common Rail [16]:

- забезпечує високий і постійний тиск пального;
- дозволяє регулювати тиск у діапазоні 200-1800 бар;
- керує початком моменту впорскування.

Ці особливості дозволили збільшити об'єм пального, який вприскується до циліндрів за один цикл, і, відповідно, збільшити потужність дизельних двигунів.

Багаторазове впорскування підвищує ефективність дози пального, що надходить до циліндру, чим знижує його загальні витрати. А також гарантує, що показники токсичності газів, що відпрацювали, не перевищують допустимі.

При цьому система більш вибаглива до якості пального. Конструктивно вона складніша, для ремонту і обслуговування; потрібні майстри з відповідною кваліфікацією, а отже, ремонт і налаштування системи є витратним. Однак більшість крупних автовиробників обрали саме Common Rail для своїх дизельних автомобілів у різних цінових сегментах [16].

### 3.2 Аналіз методів діагностики системи Common Rail

Система паливоподачі Common Rail є складною електрогідравлічною системою, що працює під високим тиском (до 200–250 МПа). Це зумовлює необхідність застосування різних методів діагностики, кожен з яких має свої переваги та обмеження.

#### 1. Комп'ютерна діагностика (OBD-сканери)

Суть методу. Зчитування кодів помилок (DTC) та аналіз параметрів у реальному часі (тиск у рейці, тривалість упорскування, корекції форсунок).

Переваги:

- швидкість (5–15 хв);
- безрозбірний метод;
- можливість діагностики електронної частини;

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— низька вартість.

Недоліки:

— не виявляє механічні дефекти (знос форсунок, ТНВД);

— залежить від якості програмного забезпечення;

— можливі «хибні» висновки без додаткових перевірок.

Оцінка: метод ефективний лише як первинна діагностика, але не дає повної картини стану системи.



Рис. 3.8 – Низький рівень сигналу в ланцюзі датчика тиску в паливній рампі

## 2. Перевірка зворотного зливу форсунок (Leak-off test).



Рис. 3.9 – Пристрій для діагностики паливних форсунок з розмитим фокусом

					КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суть методу. Вимірювання кількості палива, що повертається через форсунки у зворотну магістраль.

Переваги:

- простота та доступність;
- не потребує дорогого обладнання;
- дозволяє швидко виявити зношені форсунки.

Недоліки:

- низька точність;
- не визначає якість розпилу;
- не дає інформації про електронну частину;
- залежить від умов проведення.

Оцінка: метод є експрес-оцінкою, але не придатний для точної діагностики та калібрування.

### 3. Стендова діагностика форсунок.



Рис. 3.10 – Тестер для форсунок CR для Common Rail , п'єзо

					КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Суть методу. Перевірка форсунок на спеціалізованому стенді при різних режимах роботи.

Переваги:

- висока точність (до  $\pm 2\%$ );
- можливість перевірки всіх параметрів (подача, герметичність, розпил);
- можливість калібрування.

Недоліки:

- висока вартість обладнання;
- потребує демонтажу форсунок;
- значні витрати часу (1–2 год).

Оцінка: це найбільш точний метод, який є обов'язковим для професійної діагностики Common Rail.

#### 4. Перевірка тиску в паливній рампі



Рис. 3.11 – Проблеми тиску палива в системах Common Rail

Суть методу. Контроль тиску в рейці за допомогою датчиків або манометрів.

Переваги:

					КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- дозволяє оцінити роботу ТНВД;
- швидкий метод;
- може виконуватись без демонтажу.

Недоліки:

- не визначає причину несправності;
- потребує додаткових методів;
- можливі похибки датчиків.

Оцінка: метод є допоміжним і не може використовуватись окремо.

### 5. Осцилографічна діагностика.



Рис. 3.12 – Паливний інжектор. Автоскоп

Суть методу. Аналіз електричних сигналів форсунок і датчиків.

Переваги:

- висока інформативність;
- дозволяє виявити електричні несправності;
- не потребує демонтажу.

Недоліки:

- складність інтерпретації;
- потребує високої кваліфікації;

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

— дороге обладнання.

Оцінка: метод ефективний для глибокої діагностики, але складний у практичному застосуванні.

Жоден із методів не забезпечує повної діагностики системи Common Rail окремо. Для проєктованого поста доцільно передбачити комплексний підхід, що включає:

— комп'ютерну діагностику як первинний метод визначення несправності;

— перевірку зворотного зливу та вимірювання тиску (вбудовані функції стенда) для оперативної оцінки стану;

— стендову діагностику як основний метод точної перевірки параметрів форсунок.

Осцилографічний аналіз електронних сигналів керування форсунками рекомендується як додатковий метод для діагностики особливо складних несправностей електричної частини системи при наявності відповідної кваліфікації персоналу

### 3.3 Розробка планування діагностичного поста з урахуванням технологічних потоків

Планування виробничого приміщення діагностичного поста системи Common Rail є визначальним фактором ефективності технологічного процесу, безпеки праці та якості виконуваних операцій. При розробці планувального рішення враховано специфіку робіт з високим тиском палива (до 1800 бар), необхідність дотримання протипожежних норм, санітарно-гігієнічних вимог щодо видалення парів дизельного палива та ергономічних принципів організації робочого місця одного діагноста.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

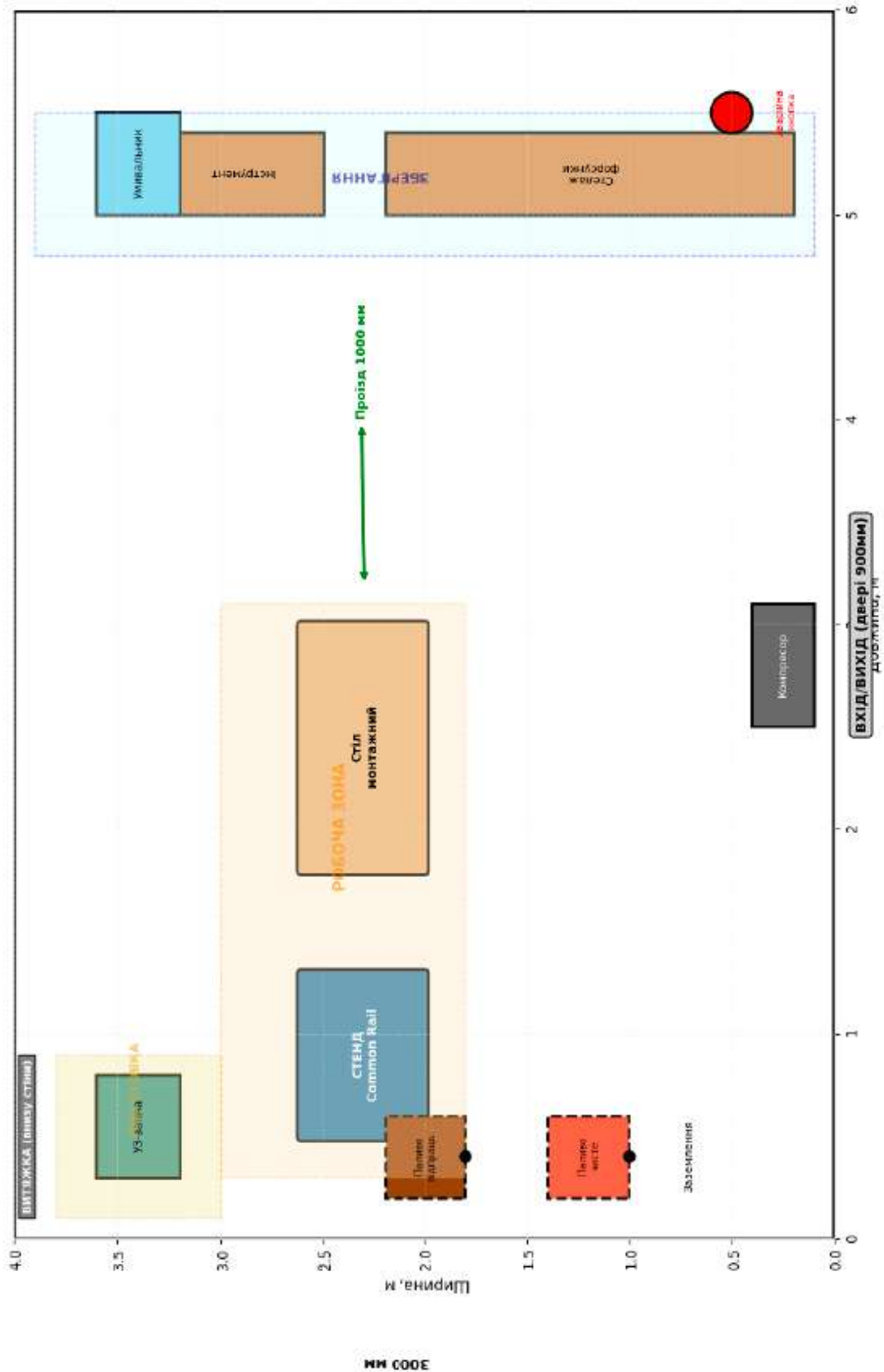
Зонування приміщення поста здійснено відповідно до технологічної послідовності операцій та вимог безпечного розміщення обладнання (рис. 3.13). Загальна площа приміщення становить 18 м<sup>2</sup> (габарити 6,0×3,0 м) з чітким функціональним поділом на три зони: підготовчу (зона попереднього очищення агрегатів), робочу (зона безпосередньої діагностики) та зону зберігання (комплектації та очікування).

Підготовча зона розташована в лівій частині приміщення (при розташуванні входу з правого боку короткої стіни) площею близько 3 м<sup>2</sup>. У цій зоні розміщено ультразвукову ванну Codyson CD-4820 (0,5×0,4 м) та ємності для дизельного палива: металевий бак чистого палива об'ємом 60 л (0,4×0,4 м) та герметичний бак для збору відпрацьованого палива аналогічних габаритів. Відстань від ємностей з паливом до нагрівальних елементів (якщо такі передбачені в приміщенні) становить не менше 3 м відповідно до вимог пожежної безпеки. У підготовчій зоні виконується первинне очищення знятих з автомобіля форсунок від зовнішнього бруду, масла та нагару перед їх встановленням на діагностичний стенд. Тривалість операцій у цій зоні становить 10–15 хвилин на комплект форсунок.

Робоча зона є центральною частиною поста площею 10 м<sup>2</sup>, де розташовано основне діагностичне обладнання. Стенд Launch CNC-602A (габарити 0,8×0,6 м) встановлено паралельно до довгої стіни приміщення на відстані 0,5 м від неї, що забезпечує доступ до комунікацій з тилу та можливість обслуговування апаратури. Перед стендом передбачено зону безпеки розміром 1,0×1,5 м для вільного маневру оператора та розміщення візка з агрегатами. Справа від стенда (у напрямку технологічного потоку) розташовано монтажний стіл (1,2×0,6 м), призначений для попередньої зборки/розборки форсунок, перевірки їхнього зовнішнього стану та тимчасового розміщення інструменту. Відстань між передньою частиною стенда та краєм столу становить 1,0 м, що відповідає мінімальним санітарно-будівельним нормам для проходів у виробничих приміщеннях СТО.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ПЛАН ДІАГНОСТИЧНОГО ПОСТА COMMON RAIL  
(СТО "top-master")  
Масштаб 1:100**



- Стіна діагностики
- Стіл монтажний
- Емність з паливом
- Стелаж
- Вентиляція/Комунікації
- Апарати вимірювання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ

Технічні вимоги до плану (ДБН В.2.3-5:2014)

Габарити поста:

- Площа: 18 м<sup>2</sup> (оптимально 3,0 × 6,0 м або 4,0 × 4,5 м)
- Висота: не менше 3,6 м (для вентиляції)
- Пройзд перед постом: не менше 1,2 м (для підвезення агрегатів на візку)

Зонування:

1. Робоча зона (40% площі) – стенд, стіл для розбирання
2. Зона підготовки (20%) – ультразвукова ванна, очищення
3. Зона зберігання (25%) – стелажі для форсунок, ГНВД, інструменту
4. Санітарна зона (15%) – умивальник, сушарка для рушників

Таблиця 3.1 – Специфікація обладнання для креслення (з конкретними моделями)

Позиція	Найменування	Модель для прикладу	Габарити (Д×Ш×В), мм	Примітка
1	Стенд діагностики	Launch CNC-602A	800×600×1200	Або Bosch EPS 205 (1000×800×1400)
2	Стіл монтажний	Верстак слесарний	1200×600×850	Металевий, з тиском
3	УЗ-ванна	Codyson CD-4820	500×300×300	Для промивання форсунок
4	Стелаж металевий	СТ-012	1000×400×2000	4 полиці, навантаження 200 кг/полицю
5	Компресор	Fiac 24.VS	600×300×700	24 л, 8 атм, шумність 65 дБ
6	Ємність для палива	Металева з краном	400×400×600	Об'єм 60 л, з заземленням
7	Витяжна вентиляція	Вентилятор ВКО	800×200×200	Продуктивність 1000 м <sup>3</sup> /год

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ

Арк.

61

Відстані за нормами:

- Від стенда до стіни (заду): 0,1 м (для доступу до комунікацій);
- Прохід між столом і стележем: 1,0 м (мінімум 0,9 м);
- Від ємностей з паливом до нагрівальних приладів: не менше 3 м (використовуйте електрообігрівачі замість батарей центрального опалення або закрийте кожухами).

Альтернативне планування (якщо площа менша)

Якщо СТО «Top-master» обмежена в площі, використовуйте **компактне планування 3×4 м (12 м<sup>2</sup>)**:

- Стенд і стіл ставляться вздовж однієї стіни (L-подібно);
- Стелажі нависні (на стіну) замість підлогових;
- Компресор вноситься в окреме приміщення (знижує шум).

**Мінімальні розміри за ДБН:**

- Площа поста діагностики: не менше **12 м<sup>2</sup>** при одному робочому;
- Висота: не менше **3,0 м**;
- Природне освітлення: співвідношення сторін вікна 1:2 (якщо плануєте вікно).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ

Арк.

62

Зона зберігання та комплектації займає праву частину приміщення (при виході) площею 5 м<sup>2</sup>. Тут встановлено металевий стелаж для зберігання форсунок та ТНВД (1,0×0,4 м, висота 2,0 м) та стелаж для інструменту та приладдя (0,8×0,4 м). У цій зоні здійснюється короткочасне зберігання агрегатів, що надійшли від клієнтів (очікування діагностики) та віддіагностованих форсунок, що очікують видачі або подальшого ремонту. Компресор Fias AB 300-24 розміщено в кутку зони зберігання біля дверей для зручності підключення до електромережі та зменшення рівня шуму в робочій зоні (відстань від стенда становить 2,5 м).

Технологічні потоки на пості організовано за принципом прямолінійного руху без перетинів зворотних потоків. Схема руху агрегатів (форсунок, ТНВД) має наступну послідовність:

- 1) Приймання агрегатів від клієнта та первинне оформлення документації здійснюється в зоні зберігання (праворуч від входу);
- 2) Агрегати переміщуються в підготовчу зону для очищення;
- 3) Після очищення форсунок передаються в робочу зону на діагностичний стенд;
- 4) Віддіагностовані агрегати повертаються в зону зберігання для оформлення результатів та видачі клієнту.

Такий маршрут (праворуч → ліворуч → центр → праворуч) забезпечує логічну послідовність операцій та мінімізує переміщення оператора. Довжина технологічного маршруту при максимальному переміщенні (приймання → очищення → діагностика → зберігання) становить 8–10 м, що є прийнятним для одноразової операції тривалістю 30–40 хвилин.

Потік оператора спроектовано з урахуванням ергономічних вимог. Робоче місце організовано таким чином, що основні елементи управління стендом (сенсорний екран, крани подачі палива) знаходяться в зоні легкої досяжності (відстань 0,6–0,8 м від оператора), а часто вживаний інструмент (моментні ключі, мультиметр) розташований на монтажному столі праворуч від

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочого місця (для правші) або на спеціальній полиці над стендом. Ультразвукова ванна розташована ліворуч від стенда, що дозволяє оператору послідовно виконувати операції без зайвих поворотів тулуба.

Вимоги до комунікацій визначають особливості планування поста:

1) Електропостачання: передбачено три розетки потужністю 16 А кожна (для стенда 1,0 кВт, компресора 2,2 кВт та ультразвукової ванни 0,5 кВт) з пристроями захисного відключення (УЗО) 30 мА, розташовані на висоті 0,4 м від підлоги на стіні біля робочої зони;

2) Вентиляція: припливно-витяжна система з механічним спонуканням (витяжний вентилятор продуктивністю 800 м<sup>3</sup>/год) розташована в нижній частині стіни (висота 0,3 м від підлоги) над ємностями з паливом, приплив – у верхній частині протилежної стіни (висота 2,5 м);

3) Паливопроводи: гнучкі шланги для з'єднання стенда з ємностями чистого та відпрацьованого палива прокладено вздовж підлоги в спеціальних коробах для захисту від механічних пошкоджень;

4) Освітлення: загальне освітлення виробничого приміщення (300 лк) забезпечується світильниками розсіювання, розташованими на висоті 2,8 м, доповнене локальним освітленням робочої зони стенда світильником 100 Вт.

Протипожежні вимоги враховано шляхом розташування ємностей з паливом у віддаленому від нагрівальних приладів кутку приміщення, обладнання їх заземленням та наявності перекидного клапана для аварійного перекриття подачі палива. Площа поста забезпечує вільний доступ до вогнегасників (ВП-5 порошковий та ВВК-3,5 вуглекислотний), розташованих біля входу.

Ергономічні рішення передбачають висоту робочої поверхні стенда 850 мм (відповідає зросту оператора 170–180 см), можливість сидячої роботи на табуреті з регулюванням висоти при тривалих операціях, а також килимок ізоляційний біля робочого місця для зменшення втоми ніг. Зона огляду монітора

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стенда розташована під кутом  $15^\circ$  до горизонталі на відстані 0,5–0,7 м від очей оператора, що відповідає вимогам ергономіки роботи з дисплеями.

Таким чином, розроблене планувальне рішення діагностичного поста забезпечує оптимальну організацію технологічних потоків, безпечні умови праці з високотисковими системами та ефективне використання площі  $18 \text{ м}^2$  для виконання повного комплексу діагностичних операцій системи Common Rail одним робітником.

### 3.4 Розроблення технологічного процесу діагностування форсунок та ТНВД

Технологічний процес діагностики паливної апаратури системи Common Rail є регламентованою послідовністю операцій, спрямованих на визначення технічного стану форсунок високого тиску та паливних насосів (ТНВД) з метою прийняття рішення про їхню придатність до подальшої експлуатації, ремонт або заміну. Процес розроблено відповідно до вимог ISO 8984-1, технічних рекомендацій виробників систем Common Rail (Bosch, Delphi, Denso) та галузевих нормативів НПАОН 14.1-001-98 з урахуванням специфіки обладнання Launch CNC-602A.

#### 3.4.1 Структура технологічного процесу діагностики форсунок

Технологічний процес діагностики комплекту форсунок (4 шт.) включає такі основні операції:

Операція 1. Приймання та первинний огляд (зона зберігання) Зміст: перевірка комплектності задачі (форсунки, кріпильні елементи, прокладки), візуальний огляд на наявність механічних пошкоджень (деформація корпусів, злами штуцерів), перевірка опору обмоток електромагнітних клапанів мультиметром (норма 0,5–1,1 Ом). Обладнання: мультиметр UNI-T UT61E, освітлення 500 лк. Час виконання: 8 хв.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 2. Зовнішнє очищення (підготовча зона) Зміст: розміщення форсунок в кошику ультразвукової ванни, очищення в розчині дизельного палива з додаванням миючого засобу при температурі  $50\pm 5^{\circ}\text{C}$  протягом 10–15 хвилин, продмухування стисненим повітрям (тиск 4–5 бар), візуальний контроль чистоти поверхонь. Обладнання: ультразвукова ванна Codyson CD-4820, компресор Fiac, щітки м'які. Час виконання: 15 хв (паралельно для 4 форсунок).

Операція 3. Встановлення на діагностичний стенд (робоча зона) Зміст: підбір адаптерів відповідно до типу форсунок (Bosch, Delphi, Denso), механічне кріплення форсунки в тримачі стенда, підключення паливних магістралей високого тиску (затяжка зусиллям 25 Н·м), підключення електричного роз'єму клапана. Обладнання: стенд Launch CNC-602A, набір адаптерів, динамометричний ключ 10–50 Н·м. Час виконання: 3 хв на форсунку (12 хв на комплект).

Операція 4. Діагностування (робоча зона) Зміст: автоматичне тестування за програмою «Full Test», що включає:

- перевірку герметичності (leak test) при тиску 200 бар (витік не більше  $15\text{ мм}^3/\text{цикл}$ );
- вимірювання кількості палива на режимі холостого ходу (пробіг 200 циклів, допуск  $\pm 2\%$ );
- вимірювання на номінальному режимі (пробіг 200 циклів);
- вимірювання на режимі максимальної подачі (пробіг 200 циклів);
- перевірку електромагнітного клапана (час відгуку, струм утримання). Обладнання: стенд Launch CNC-602A. Час виконання: 4 хв на форсунку (16 хв на комплект, паралельне тестування 4 форсунок).

Операція 5. Аналіз результатів та маркування (робоча зона) Зміст: порівняння отриманих значень подачі з номінальними (з бази даних стенда), визначення відхилень (%), прийняття рішення: придатна (відхилення  $\pm 2\%$ ), потребує регулювання (відхилення 2–5%), непридатна (відхилення  $> 5\%$  або

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витік), нанесення міток (фарбовий маркер), заповнення протоколу діагностики. Обладнання: комп'ютер станда, принтер (за наявності), маркери. Час виконання: 5 хв.

Операція 6. Демонтаж зі станда та комплектація (робоча зона) Зміст: зняття форсунок зі станда, встановлення захисних ковпачків на штуцери, комплектація в пластикові контейнери з етикетками (номер клієнта, дата, результати). Час виконання: 5 хв.

Загальна трудомісткість діагностики комплекту форсунок (4 шт.) становить 61 хвилина (1,02 люд.-година), що відповідає нормам часу, закладеним у розрахунок річної програми (підрозділ 2.1).

### 3.4.2 Технологічний процес діагностики ТНВД

Діагностика ТНВД системи Common Rail (типи Bosch CP1–CP4, Delphi) виконується з меншою періодичністю, але потребує більш тривалої підготовки:

Операція 1. Зовнішній огляд та очищення Перевірка наявності витоків палива через сальники, стану приводу (шків, вал), очищення зовнішніх поверхонь.

Операція 2. Діагностика на стенді ТНВД встановлюється на спеціальний адаптер станда Launch CNC-602A (за наявності відповідної комплектації) або перевіряється моторним методом за допомогою сканера Launch X431 Pro (контроль тиску в рампі на різних режимах роботи двигуна). Стендовий метод передбачає вимірювання продуктивності нагнітального сектора при 400, 800 та 1200 об/хв, перевірку регулятора тиску (зміна тиску відповідно до керуючого сигналу). Час виконання: 40–50 хв.

### 3.4.3 Контроль якості та допуски

Якість діагностики контролюється за такими показниками:

— відхилення подачі форсунок від номіналу:  $\pm 2\%$  (придатна), 2–5% (потребує уваги),  $> 5\%$  (заміна);

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- витік палива через сідло клапана: не більше 20 мм<sup>3</sup>/30 сек (при тиску 100 бар);
- електричний опір обмотки: 0,5–1,1 Ом (залежно від виробника);
- тиск відкривання форсунки: відповідно до специфікації (зазвичай 250–350 бар для електромагнітних, 200–250 бар для пьезоелектричних).

#### 3.4.4 Технологічна карта

Технологічна карта оформляється на кожен комплект форсунок і включає: найменування клієнта, державний номер автомобіля, пробіг, тип двигуна, кодові позначення форсунок, результати вимірювань подачі (мг/цикл) на трьох режимах, висновок про придатність, підпис діагноста. Термін зберігання технологічних карт – 1 рік.

Розроблений технологічний процес забезпечує одержання достовірних результатів діагностики з часом обороту одного комплекту форсунок близько 1 години, що дозволяє виконувати річну програму в 504 комплекти протягом 510 робочих годин (32% від річного фонду часу робітника), залишаючи резерв для діагностики ТНВД та інших операцій.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						68
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

### 4.1 Охорона праці при роботі на діагностичному посту системи Common Rail

Організація безпечних умов праці на діагностичному посту системи Common Rail є важливою складовою ефективної роботи станції технічного обслуговування. Це обумовлено наявністю небезпечних і шкідливих виробничих факторів, пов'язаних із високим тиском палива, електрообладнанням та шкідливими викидами дизельних двигунів.

Вимоги до охорони праці регламентуються чинними нормативними документами, зокрема Наказ МНС України № 964 від 09.07.2012, а також санітарними нормами та правилами.

#### **Основні небезпечні та шкідливі чинники.**

При роботі на діагностичному посту Common Rail на працівника можуть впливати:

- високий тиск палива (до 200–250 МПа), що може спричинити травмування при розгерметизації системи;
- токсичні речовини (пари дизельного палива, вихлопні гази);
- підвищений рівень шуму (до 80–85 дБА);
- рухомі частини обладнання та автомобіля;
- електричний струм (обладнання працює від мережі 220/380 В);
- пожежонебезпечність паливно-мастильних матеріалів.

#### **Вимоги безпеки перед початком роботи.**

Перед початком роботи працівник зобов'язаний:

- пройти інструктаж з охорони праці;
- перевірити справність обладнання та заземлення;
- переконатися у відсутності витоків палива;
- перевірити роботу вентиляції;

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- одягнути засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):
  - спецодяг;
  - захисні окуляри;
  - рукавички.

#### **Вимоги безпеки під час роботи.**

Під час виконання діагностичних робіт необхідно:

- не допускати роботи системи при розгерметизованих з'єднаннях;
- не торкатися елементів паливної системи під час роботи двигуна;
- проводити перевірку форсунок лише на спеціалізованих стендах;
- уникати потрапляння палива на шкіру та в очі;
- забезпечити постійне функціонування вентиляції;
- не перевищувати допустимі режими роботи обладнання;
- дотримуватися правил електробезпеки.

Особливо небезпечним є контакт із струменем палива під високим тиском, який може проникати під шкіру та викликати важкі травми.

#### **Вимоги безпеки після закінчення роботи.**

Після завершення роботи необхідно:

- вимкнути обладнання від електромережі;
- прибрати робоче місце;
- утилізувати залишки палива відповідно до норм;
- перевірити відсутність витоків;
- повідомити про виявлені несправності.

#### **Пожежна безпека**

Діагностичний пост відноситься до пожежонебезпечних об'єктів. У зв'язку з цим необхідно:

- забезпечити наявність вогнегасників (ВП-5, ВВК-5);
- заборонити використання відкритого вогню;
- зберігати паливо у спеціальних ємностях;
- забезпечити справність електропроводки;

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дотримуватись правил пожежної безпеки.

### **Вимоги до мікроклімату та вентиляції.**

Відповідно до санітарних норм, на посту повинні забезпечуватись:

- температура: 16–25°C;
- вологість: 40–60%;
- кратність повітрообміну: не менше 6–10 разів/год;
- концентрація CO: не більше 20 мг/м<sup>3</sup>.

Обов'язковим є використання місцевих відсмоктувачів вихлопних газів.

Дотримання вимог охорони праці при роботі на діагностичному посту системи Common Rail забезпечує безпечні умови праці, знижує ризик травматизму та підвищує ефективність виробничого процесу. Особливу увагу необхідно приділяти роботі з високим тиском палива, електробезпеці та організації вентиляції.

#### 4.2 Економічна оцінка проекту створення діагностичного поста

Економічна оцінка проекту спрямована на визначення доцільності інвестицій у створення діагностичного поста системи Common Rail шляхом розрахунку капітальних витрат, собівартості послуг, очікуваного прибутку та терміну окупності обладнання. Розрахунки виконано в умовних цінах 2025–2026 років з урахуванням середніх ринкових показників вартості обладнання, тарифів на енергоносії та рівня заробітної плати в сфері автосервісу України.

Розрахунок капітальних витрат. До складу капітальних витрат включаються витрати на придбання основного та допоміжного обладнання, спеціального інструменту, монтажних-налагоджувальних робіт та підготовку приміщення. Вартість основного обладнання визначено на підставі комерційних пропозицій офіційних дистриб'юторів у гривневому еквіваленті (курс 1 євро ≈ 45 грн).

Основні статті капітальних витрат наведено в таблиці 4.1.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати на створення діагностичного поста

Стаття витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Сума, грн
Основне обладнання:				
Стенд діагностики Launch CNC-602A	шт.	1	450 000	450 000
УЗ-ванна Codyson CD-4820	шт.	1	13 500	13 500
Стенд перевірки герметичності SMC-100	шт.	1	22 500	22 500
Компресор Fiac AB 300-24	шт.	1	18 000	18 000
Спеціальний інструмент:				
Набір динамометричних ключів	компл.	1	9 000	9 000
Універсальний знімач форсунок	шт.	1	11 250	11 250
Мультиметр UNI-T UT61E	шт.	1	4 500	4 500
Діагностичний сканер Launch X431 Pro	шт.	1	27 000	27 000
Всього обладнання та інструменту				555 750
Монтаж та налагодження (10%)	%			55 575
Підготовка приміщення (вентиляція, електрика)	компл.	1	50 000	50 000
Усього капітальних витрат (КВ)				661 325

Загальний обсяг інвестицій становить 661 325 грн, з яких основна частка (85%) припадає на обладнання та інструмент.

Розрахунок собівартості діагностичних робіт. Собівартість послуг формується з постійних та змінних витрат. Постійні витрати не залежать від

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обсягу виробництва та включають амортизацію обладнання, заробітну плату персоналу з нарахуваннями, комунальні платежі. Змінні витрати залежать від кількості виконаних діагностичних операцій (витратні матеріали, паливо для тестування).

Річні операційні витрати наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Річні операційні витрати (собівартість)

Стаття витрат	Розрахунок	Сума, грн/рік
Амортизація обладнання (15% річних)	$555\,750 \times 0,15$	83 363
Заробітна плата з нарахуваннями	$20\,000 \text{ грн/міс} \times 12 \times 1,22$ (ЄСВ 22%)	292 800
Витратні матеріали (паливо, фільтри, миючі)	–	25 000
Електроенергія (2,5 кВт × 1200 год × 4 грн/кВт·год)	–	12 000
Обслуговування та ремонт (4% від вартості обладнання)	$555\,750 \times 0,04$	22 230
Інші витрати (сертифікація, оновлення ПЗ)	–	10 000
Усього операційних витрат		445 393

Річна трудомісткість робіт становить 1417 люд.-год (підрозділ 2.1), тому собівартість однієї людино-години роботи поста становить:

$$C_{\text{год}} = \frac{445\,393}{1417} = 314 \text{ грн/люд.-год}$$

Собівартість діагностики одного комплекту форсунок (трудомісткість 1,02 люд.-год):

$$C_{\text{форс}} = 314 \times 1,02 = 320 \text{ грн.}$$

					<b>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</b>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Собівартість діагностики ТНВД (трудомісткість 2,5 люд.-год):

$$C_{\text{ТНВД}}=314 \times 2,5=785 \text{ грн.}$$

Ціноутворення та виручка. Ціна послуг встановлюється на підставі аналізу ринку автосервісу регіону з урахуванням рівня конкуренції та якості обладнання. Для розрахунків прийнято середньоринкові ціни: діагностика комплекту форсунок – 1000 грн, діагностика ТНВД – 1500 грн.

Очікуваний річна виручка від надання послуг:

$$B=(504 \times 1000)+(216 \times 1500)=504000+324000=828000 \text{ грн.}$$

Розрахунок прибутку та рентабельності. Валовий прибуток визначається як різниця між виручкою та собівартістю:

$$P_{\text{вал}}=828000-445393=382607 \text{ грн.}$$

Рентабельність продажів (прибуток до виручки):

$$P = \frac{382\,607}{828\,000} \times 100\% = 46,2\%$$

Точка беззбитковості (мінімальний обсяг робіт для покриття постійних витрат):

$$T_{\text{бз}} = \frac{445\,393}{1000 - (320 \times 0,6)} \approx 340 \text{ комплектів форсунок}$$

де 320 грн – змінні витрати на комплект (60% від собівартості), 1000 грн – ціна.

Таким чином, для досягнення точки беззбитковості достатньо виконати 67% від запланованої річної програми (340 комплектів замість 504), що свідчить про низький інвестиційний ризик.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термін окупності та загальні техніко-економічні показники. Термін окупності капітальних витрат розраховується відношенням інвестицій до річного чистого прибутку:

$$T_{\text{ок}} = \frac{661\,325}{382\,607} = 1,73 \text{ року (або 21 місяць)}$$

Зведені техніко-економічні показники проекту наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні показники проекту

Показник	Одиниця виміру	Значення
Капітальні витрати	грн	661 325
Річна виручка	грн	828 000
Річні операційні витрати	грн	445 393
Валовий прибуток	грн	382 607
Рентабельність продажів	%	46,2
Термін окупності	міс.	21
Продуктивність поста	компл./рік	504
Завантаження поста	%	64

Висновки. Проведені розрахунки свідчать про високу економічну ефективність проекту створення діагностичного поста системи Common Rail. Термін окупності інвестицій становить 21 місяць, що відповідає нормативним строкам для обладнання СТО (2–3 роки) та підтверджує доцільність інвестування. Рентабельність продажів на рівні 46% забезпечує стабільний прибуток і можливість розширення виробництва. Низька точка беззбитковості (67% від проектної потужності) знижує комерційні ризики та підтверджує життєздатність проекту навіть за умови зниження попиту на послуги. Впровадження проектного поста дозволить СТО не лише покращити якість обслуговування клієнтів, але й отримати додатковий стабільний джерело доходу з високим рівнем рентабельності.

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи «Проектування діагностичного поста системи Common Rail для дизельних двигунів на СТО» було розв'язано комплекс науково-технічних та організаційних завдань, спрямованих на створення ефективного виробничого підрозділу для обслуговування сучасних дизельних двигунів.

У першому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування створення діагностичного поста. Аналіз стану ринку автосервісних послуг свідчить про стійке зростання частки дизельних автомобілів із системами Common Rail в структурі автопарку України та дефіцит спеціалізованих робочих місць для їх якісної діагностики. Встановлено, що наявність власного поста дозволить скоротити час обслуговування клієнтів, знизити витрати на аутсорсинг та підвищити рівень якості ремонту. Визначено тип поста – спеціалізований діагностичний пост дільниці технічного обслуговування паливної апаратури, режим роботи – однозмінний (8 годин), категорію виконуваних робіт – діагностика форсунок високого тиску, ТНВД та регуляторів тиску палива.

У другому розділі виконано технологічний розрахунок потужності поста. Розрахунковий річний пробіг умовного парку у 80 автомобілів становить 1 440 000 км. Річний обсяг робіт з діагностики формують: 504 комплекти форсунок, 216 штук ТНВД, 115 регуляторів тиску та 72 паливні рампи, разом 907 умовних одиниць. Загальна трудомісткість діагностичних робіт з урахуванням допоміжних операцій (коефіцієнт 1,18) становить 1417 люд.-годин на рік. Визначено штатне число робітників – 1 слюсар-діагност 4–5 розряду, кількість постів – 1 одиниця з розрахунковим завантаженням 64,3%. Потреба в автомобіле-місцях становить 4 одиниці (2 для очікування та 2 для зберігання агрегатів). Загальна площа приміщень поста визначена в розмірі 28 м<sup>2</sup>, у тому числі: площа виробничого приміщення (поста діагностики) – 18 м<sup>2</sup>, площа

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складського приміщення – 6 м<sup>2</sup>, частка загальнобригадних побутових приміщень – 4 м<sup>2</sup>.

У третьому розділі розроблено конструкторсько-технологічну частину проекту. Проведено аналіз методів діагностики та обґрунтовано доцільність комплексного підходу з акцентом на стендову діагностику як основний метод точної перевірки параметрів. На підставі порівняльного аналізу за критеріями ціни, точності та продуктивності обрано основне обладнання – стенд Launch CNC-602A (вартість 8 000–12 000 євро, точність  $\pm 1,0\%$ , продуктивність 40–50 форсунок/год), доповнений ультразвуковою ванною Codayson CD-4820, стендом перевірки герметичності SMC-100 та компресором Fiac AB 300-24. Комплект спеціального інструменту та засобів вимірювання (динамометричні ключі, знімач форсунок, мультиметр, сканер Launch X431 Pro) забезпечує повний технологічний цикл робіт.

Розроблено планування діагностичного поста площею 18 м<sup>2</sup> з чітким функціональним зонуванням: підготовча зона (очищення агрегатів), робоча зона (безпосередньо діагностика) та зона зберігання. Забезпечено оптимальні технологічні потоки без перетинів зворотних маршрутів, що мінімізує переміщення оператора та скорочує тривалість операцій. Розроблено технологічний процес діагностики комплекту форсунок (тривалість 61 хвилина) та ТНВД (40–50 хвилин), що включає операції приймання, очищення, встановлення на стенд, автоматичне тестування, аналіз результатів та комплектації. Встановлено контрольні допуски: відхилення подачі форсунки  $\pm 2\%$  (придатна), витік палива не більше 20 мм<sup>3</sup>/30 сек, електричний опір обмотки 0,5–1,1 Ом.

У четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці та виконано економічну оцінку проекту. Враховано специфіку робіт з високим тиском палива (до 1800 бар) та легкозаймистими рідинами. Розраховано параметри вентиляції (кратність повітрообміну 10–12 разів/год, продуктивність 800 м<sup>3</sup>/год) для видалення парів дизельного палива, розроблено заходи з електробезпеки

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(заземлення ємностей, використання УЗО), протипожежного захисту та безпеки праці при роботі з високим тиском.

Економічні розрахунки підтверджують високу ефективність проекту. Капітальні витрати становлять 661 325 грн, у тому числі вартість обладнання та інструменту – 555 750 грн. Річна виручка від надання послуг (504 комплекти форсунок та 216 ТНВД) становить 828 000 грн. Собівартість діагностики одного комплекту форсунок – 320 грн, ТНВД – 785 грн; загальні річні операційні витрати – 445 393 грн. Валовий прибуток становить 382 607 грн, рентабельність продажів – 46,2%, термін окупності інвестицій – 21 місяць. Точка беззбитковості досягається при виконанні 67% від проектної річної програми, що свідчить про низький комерційний ризик.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблений проект діагностичного поста системи Common Rail може бути безпосередньо впроваджений на діючій станції технічного обслуговування або використаний при її реконструкції. Проект містить конкретні технічні рішення (планування, підбір обладнання, технологічний процес), техніко-економічні обґрунтування (рентабельність 46%, окупність 21 місяць) та заходи з охорони праці, що забезпечують безпечне виконання робіт з високотисковими системами впорскування палива. Реалізація проекту дозволить СТО підвищити конкурентоспроможність, розширити спектр послуг та забезпечити стабільний прибутковий напрямок діяльності.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ACEA. European Automobile Industry Report 2023. – Brussels: European Automobile Manufacturers' Association, 2023. – 68 p.
2. Власов В. М., Кривцов С. І. Організація автомобільного транспорту: навч. посібник. – К.: Вища школа, 2019. – 358 с.
3. Набоков Л. І., Ліфар В. В. Технічна експлуатація автомобілів: підручник. – Харків: ХНАДУ, 2020. – 520 с.
4. Bosch. Common Rail System: Technical Instruction Manual. – Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2020. – 95 p.
5. НПАОН 14.1-001-98. Типові норми часу на технологічне обслуговування та поточний ремонт автомобілів. – К., 1998. – 112 с.
6. Дідик В. С., Булавін О. І. Дизельні двигуни автомобілів: конструкція, діагностика, ремонт: навч. посібник. – Львів: Новий Світ-2000, 2021. – 340 с.
7. ISO 8984-1:1993. Diesel engines – Testing of fuel injectors – Part 1: Hand-lever-operated testing and setting apparatus [Електронний ресурс]. – Geneva: ISO, 1993. – Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/16511.html> – Дата доступу: 02.04.2026.
8. Регламент Комісії (ЄС) № 459/2012 від 29 травня 2012 року про внесення змін до Регламенту (ЄС) № 715/2007 та Регламенту (ЄС) № 692/2008 щодо викидів від легкових пасажирських і комерційних транспортних засобів (Євро 6). – Офіційний вісник Європейського Союзу. – 2012. – 1 червня. – Вип. L 142. – С. 16–24.
9. ДБН В.2.3-5:2014. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : ДБН. – Київ : Мінрегіон України, 2015. – 120 с.
10. Наказ МОЗ України № 30 від 23.02.2000. Про затвердження списків і введення в дію гігієнічних регламентів шкідливих речовин у повітрі робочої зони і атмосферному повітрі населених місць: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 23.02.2000 № 30. – Київ, 2000.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ: МОЗ України, 1999. – 34 с.
12. Наказ МНС України № 964 від 09.07.2012 Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті: наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 09.07.2012 № 964, зареєстрований у Міністерстві юстиції України 01.08.2012 за № 1299/21611 (зі змінами, внесеними згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України № 317-р від 08.04.2025). – Київ, 2012.
13. Стенд для перевірки всіх типів дизельних форсунок EPS 205, Bosch, Німеччина. URL: <https://carstech.com.ua/uk/catalog/good/bosch-eps-205-stend-dlya-proverki-vseh-tipov-dizelnyh-forsunok-germaniya> – Дата доступу: 02.04.2026.
14. Установка для діагностики та чищення форсунок LAUNCH CNC-602A. URL: <https://launch.ua/o-nas/> – Дата доступу: 02.04.2026.
15. Стенд для діагностики і чистки форсунок Sprint6K Україна. URL: <https://grandinstrument.ua/ua/sprint6k/> – Дата доступу: 02.04.2026.
16. Особливості паливної апаратури Common Rail. URL: <https://master.shop/articles/osoblivosti-palivnoyi-aparaturi-common-rail> – Дата доступу: 02.04.2026.
17. Будова системи вприскування Common Rail – DIESELPOINT. URL: [http://dieselpoint.com.ua/uk/smartblog/5\\_%D0%A4%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%83%D0%BD%D0%BA%D0%B8.html](http://dieselpoint.com.ua/uk/smartblog/5_%D0%A4%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%83%D0%BD%D0%BA%D0%B8.html) – Дата доступу: 02.04.2026.
18. Конструкції форсунок. URL: [https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97\\_%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%BA#.D0.A4.D0.BE.D1.80.D1.81.D1.83.D0.B.D0.BA.D0.B8\\_Common\\_Rail](https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97_%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%BA#.D0.A4.D0.BE.D1.80.D1.81.D1.83.D0.B.D0.BA.D0.B8_Common_Rail) – Дата доступу: 02.04.2026.

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТОК

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						81
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ПРОЕКТУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНОГО ПОСТА СИСТЕМИ COMMON RAIL ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА СТО

Виконав: здобувач групи АТз-22-1 Стукало В.О.

Керівник: д.т.н., професор Драч І.В.

Кафедра  
трибології, автомобілів і матеріалознавства

### Актуальність та мета дослідження

**Актуальність:** зростання частки дизелів із системами Common Rail (до 60% імпортованого автопарку); високі вимоги Євро-5/6 до точності впорскування; дефіцит спеціалізованих діагностичних постів на СТО середнього рівня.

**Проблема:** відсутність власного поста призводить до втрати клієнтів та залежності від аутсорсингу.

**Мета:** розробка проекту діагностичного поста системи Common Rail з обґрунтуванням технічних рішень та економічної ефективності.

**Об'єкт:** технологічний процес діагностики паливної апаратури.

**Предмет:** організація та проектування діагностичного поста.

2

### Техніко-економічне обґрунтування

**Вихідні дані:** СТО «Top-master», умовний парк — 80 автомобілів, річний пробіг — 18 000 км.

**Ринкова ніша:** послуги з діагностики Common Rail — високоприбутковий сегмент (рентабельність 40–50%).

**Періодичність діагностики:** 0,35 на 1000 км (форсунок), 0,15 на 1000 км (ТНВД).

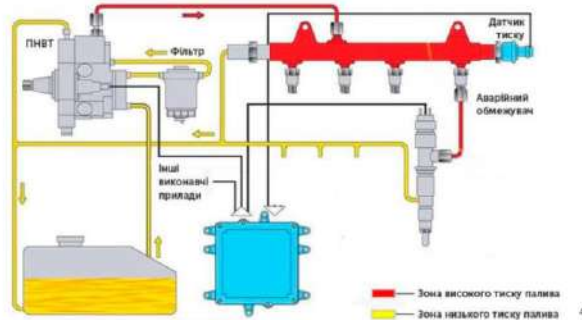
**Конкурентні переваги:** скорочення часу обслуговування з 2–3 днів до 1 години; підвищення точності діагностики до  $\pm 1\%$ ; зменшення витрат на аутсорсинг.

3

					<i>КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ</i>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Техніко-економічне обґрунтування

### • Схема системи Common Rail



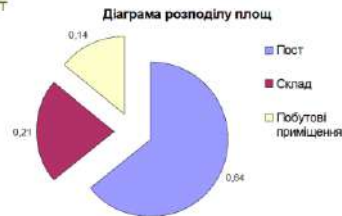
## Технологічний розрахунок потужності

• **Річний обсяг робіт:** 504 комплекти форсунок, 216 ТНВД, загальна трудомісткість — 1417 люд.-год.

• **Штат:** 1 слюсар-діагност 4–5 розряду.

• **Постів:** 1 діагностичний пост (завантаження 64,3%).

• **Автомобіле-місця:** 4 од. (2 очікування, 2 зберігання агрегатів).



## Вибір основного обладнання

Таблиця 1 — Порівняльний аналіз діагностичних стендів

Параметр	Bosch EPS 205	Lamich CNC-602A	Sprint6K
Виробник, країна	Bosch, Німеччина	Lamich Tech, Китай	ТОВ «НВП Спринт», Україна
Діапазон тиску, бар	0–2200	0–1800	0–1800
Точність вимірювання, %	±0,5	±1,0	±1,5
Кількість форсунок за цикл	До 6	До 4	1 (последовно)
Автоматизація процесу	Повна	Автоматична з програмами	Напівавтоматична
Підтримка пелюфорсунок	Так	Так	Обмежено (базові типи)
Наявність УЗ-випини	Ні (окремо)	Так (вбудована)	Так (вбудована 6 л)
Вартість обладнання, євро	25 000–30 000	8 000–12 000	4 000–6 000
Річна вартість обслуговування, євро	800–1000	200–300	150–200
Термін окупності при завантаженні 60%	36–42 міс.	18–24 міс.	14–18 міс.
Вимоги до кваліфікації персоналу	Середні	Середні	Висні (ручне керування)
Сервісна підтримка в Україні	Обмежена	Добре розвинена	Повна (виробник)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ

Арк.

83

## Вибір основного обладнання

**Вибір:** Launch CNC-602A — оптимальне співвідношення «ціна-точність-продуктивність» (40-50 форсунок/год).

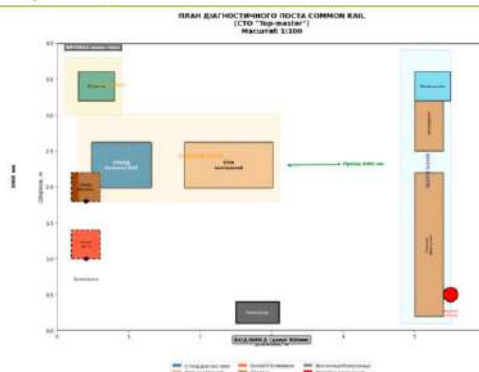


**Допоміжне обладнання:**  
УЗ-ванна Codyson CD-4820,  
стенд герметичності SMC-100,  
компресор Fiac AB 300-24.

## Планування діагностичного поста

- **Габарити:** 6,0 × 3,0 м (18 м<sup>2</sup>), висота 3,6 м.
- **Зонування:**
  - Підготовча (УЗ-ванна, ємності з паливом);
  - Робоча (стенд Launch, монтажний стіл);
  - Зберігання (стелажі, компресор).
- **Технологічні потоки:** прямолінійний рух агрегатів без перетинів (приймання → очищення → діагностика → видача).
- **Комунікації:** витяжна вентиляція (нижня зона, 800 м<sup>3</sup>/год), електропостачання (3 розетки 16А з УЗО), заземлення ємностей.

## Планування діагностичного поста



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ

Арк.

84

## Технологічний процес діагностики

**Об'єкт:** комплект форсунок (4 шт.), тривалість циклу — 61 хв.

### Основні операції:

- Приймання та первинний огляд (8 хв);
- Зовнішнє очищення в УЗ-ванні (15 хв);
- Встановлення на стенд (12 хв);
- Автоматичне тестування (16 хв): герметичність, подача палива на 3 режимах, електроклапан;
- Аналіз результатів та маркування (5 хв);
- Комплектація (5 хв).

**Контроль якості:** допуски  $\pm 2\%$  (придатна), витік  $\leq 20$  мм<sup>3</sup>/30 сек, опір обмотки 0,5–1,1 Ом.

10

## Охорона праці та безпека

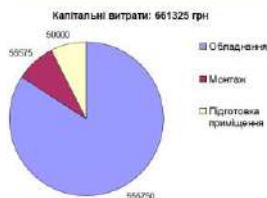
**Небезпечні фактори:** пари дизельного палива, високий тиск (до 1800 бар), електричний струм, шум.

### Заходи захисту:

- Вентиляція: кратність 10–12 обмінів/год, припливно-витяжна система (пари важчі за повітря — витяжка знизу);
- Пожежна безпека: ємності з заземленням, вогнегасники ВП-5 та ВВК-3,5, відстань від нагрівальних приладів  $\geq 3$  м;
- Безпека при високому тиску: зняття тиску перед демонтажем, використання захисних окулярів;
- Електробезпека: УЗО 30 мА, опір заземлення  $\leq 4$  Ом.

11

## Економічна ефективність проекту



### Показники ефективності:

- Рентабельність продажів — 46,2%;
- Термін окупності — 21 місяць;
- Точка беззбитковості — 67% від проектної потужності.

**Річні операційні витрати:** 445 393 грн (амортизація 15%, зарплата з нарахуваннями, електроенергія, матеріали).

**Виручка:** 628 000 грн (504 компл.  $\times$  1000 грн + 216 ТНВД  $\times$  1500 грн).

**Прибуток:** 382 607 грн/рік.

12

## Висновки та практичне значення

### Основні результати:

- Розроблено проект діагностичного поста системи Common Rail продуктивністю 504 комплекти форсунок/рік;
- Обґрунтовано вибір обладнання Launch CNC-602A як оптимального за співвідношенням «ціна-якість»;
- Розроблено планування поста площею 18 м<sup>2</sup> з урахуванням технологічних потоків та вимог безпеки;
- Впровадження проекту дозволить окупити інвестиції за 21 місяць при рентабельності 46%.

**Практичне значення:** проект готовий до впровадження на СТО «Top-master»; забезпечує скорочення часу діагностики, підвищення якості обслуговування та створення додаткового прибуткового напрямку діяльності.

13

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТТАМ 26 22009. 000 ПЗ

Арк.

85