

Вінницький національний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Графічний матеріал до  
магістерської кваліфікаційної роботи  
на тему:

**Удосконалення діагностування системи живлення Common Rail на  
базі станції технічного обслуговування автомобілів «Bosch Дизель  
Центр «Алекс-Дизель»**

Розробив: ст. гр. 1АТ-18м  
Олійник В.В.  
Керівник: к. т. н., доцент  
Смирнов Є. В.

**Мета роботи** – підвищення ефективності експлуатації автомобілів за рахунок застосування вискоелективних методів діагностики системи живлення Common Rail в умовах експлуатації.

### **Завдання дослідження**

- провести аналіз методів і засобів діагностування системи живлення Common Rail;
- проаналізувати принципи формування стратегій підтримки працездатності системи живлення Common Rail в умовах експлуатації;
- сформувати математичну модель, яка описує робочі процеси системи живлення Common Rail та, на основі даної моделі, виконати обґрунтування методів діагностування її технічного стану;
- розробити організаційно-технологічні рішення виконання робіт по діагностуванню, ТО і ремонту автомобілів на СТО «Bosch дизель центр «Алекс Дизель»»;
- виконати аналіз потоку відмов та обґрунтувати стратегію експлуатації автомобілів з системою живлення Common Rail;
- удосконалити алгоритми діагностування системи живлення Common Rail.

**Об’єкт дослідження** – процес функціонування автомобіля з дизельним двигуном, оснащеним системою живлення Common Rail, при зміні параметрів її технічного стану в умовах експлуатації.

**Предмет дослідження** – закономірності зміни діагностичних параметрів, що відображають технічний стан системи живлення Common Rail, при впровадженні нових і вдосконаленні існуючих методів діагностики.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

- отримали подальший розвиток математичні моделі і методи оцінки зміни технічного стану елементів системи живлення Common Rail на експлуатаційні показники автомобілів і двигунів, що дозволяють сформулювати ефективні методики діагностування їх технічного стану;
- удосконалено алгоритми діагностування системи живлення Common Rail за параметрами зміни тиску палива та динамічним методом.

### **Практичне значення отриманих результатів**

полягає у використанні розроблених алгоритмів діагностування системи живлення Common Rail за параметрами зміни тиску палива в акумуляторі та динамічним методом в сфері спеціалізовано автосервісу.

# Методи діагностики систем живлення автомобільних дизельних двигунів

## Методи діагностики в стендових умовах (тобто зі зняттям паливної апаратури з автомобіля)

- виконуються, як правило, за допомогою спеціального обладнання по алгоритмам, умовам і параметрам, що визначаються фірмою-виробником.

## Методи діагностики безпосередньо на автомобілі

- **методи функціонального діагностування за основними показниками роботи двигуна та аналізом робочих процесів**
  - ⑩ методи, засновані на відключенні циліндрів;
  - ⑩ динамічний метод діагностики;
  - ⑩ методи стартерної прокрутки тощо
- **віброакустичні методи діагностики**
- **методи діагностики на основі гідравлічних параметрів**
- **діагностика вбудованими засобами діагностики**
- **діагностика за допомогою сканерів**

## Характеристика СТО «Bosch дизель центр «Алекс Дизель»

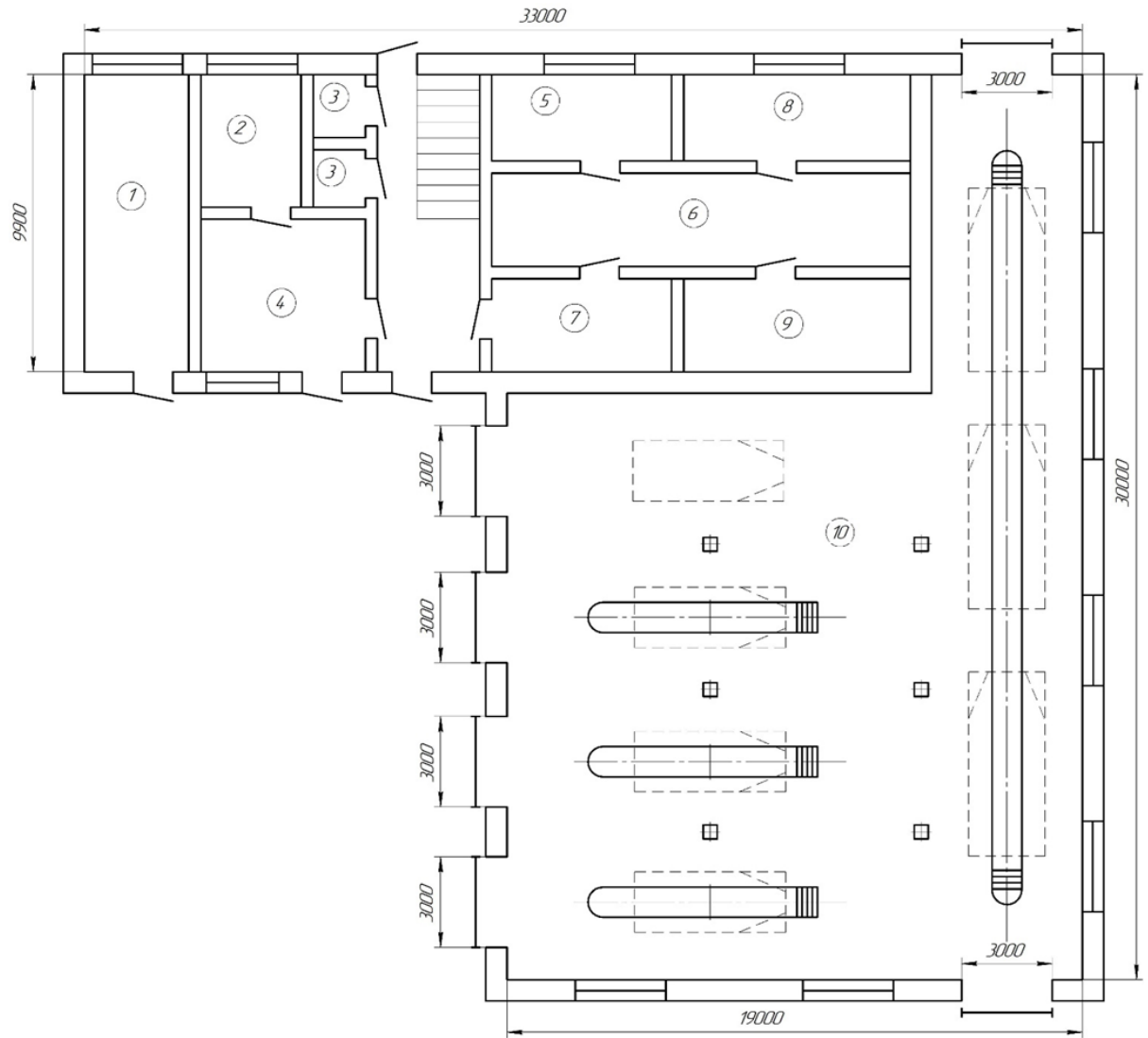
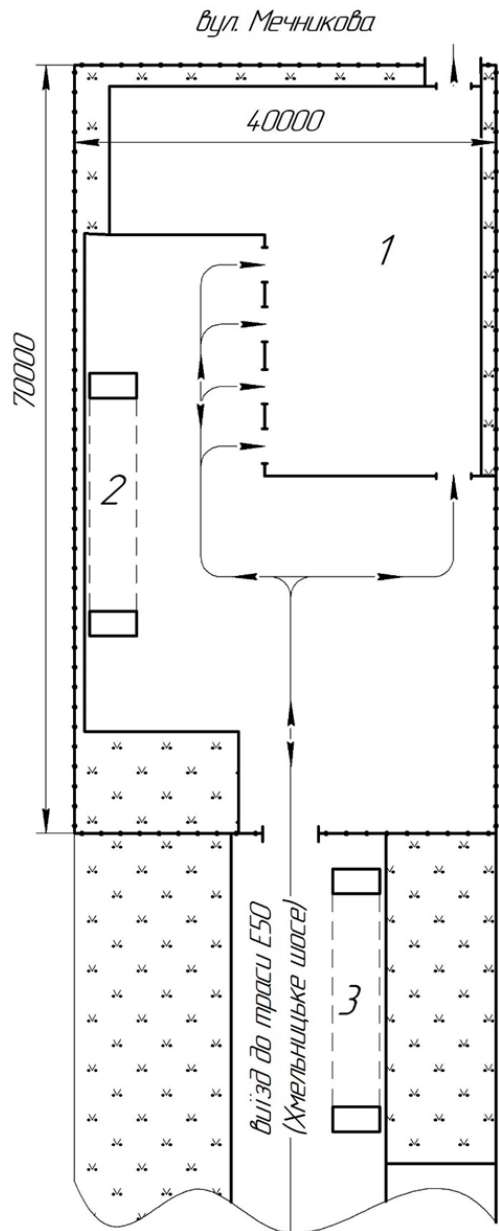
Основними видами діяльності «Алекс Дизель» є:

- Діагностика систем живлення та паливної апаратури дизельних двигунів;
- Промивка паливної системи, чистка форсунок
- Ремонт форсунок, насос-форсунок, ПНВТ, Common Rail та інших елементів;
- Роботи по супутньому ремонту двигуна, які не потребують спеціалізованого обладнання;
- Продаж запчастин тощо.

Таблиця 1 – Основні показники виробничо-господарської діяльності

Показники	2016р.	2017р.	2018р.
1. Обсяг робіт, люд.-год.	16820	16980	17550
2. Прибуток від послуги з ТО і Р, грн	807360	891450	921375
3. Прибуток від продажу запчастин, грн	177619	222862	221130

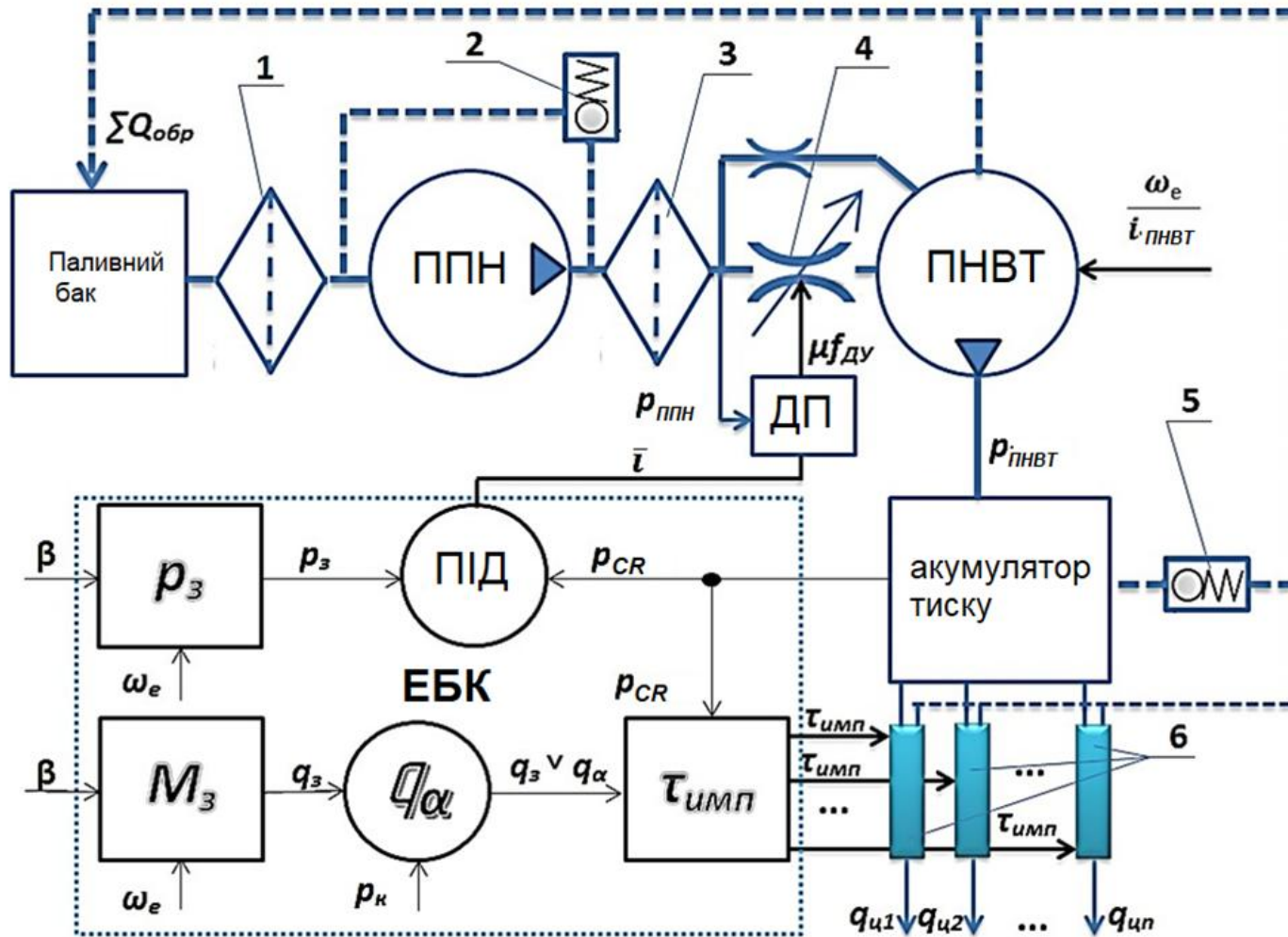
# Схема генерального плану та виробничого корпусу



1 – кафе; 2 – офіс; 3 – санвузол; 4 – магазин, приміщення менеджерів; 5 – дільниця ремонту форсунок; 6 – приміщення промивки форсунок та розбиральних робіт; 7 – приміщення менеджерів; 8 – дільниця ремонту ПНВТ; 9 – склад; 10 – зона ТО і ПР

1 – адміністративно-виробничий корпус; 2 – стоянка автомобілів; 3 – стоянка для клієнтів

# Розрахункова схема функціонування системи живлення Common Rail



ППН - паливопідкачуючий насос; ПНВТ - паливний насос високого тиску; ПІД - пропорційний інтегральний диференціальний регулятор; ДП - дозуючий пристрій;

1 - фільтр грубого очищення; 2 - редукційний клапан; 3 - фільтр тонкого очищення; 4 - прохідний перетин дозуючого пристрою; 5 - запобіжний клапан; 6 - електрогідравлічні форсунки

# Узагальнена математична модель системи живлення Common Rail

Цільова функція системи живлення Common Rail:

$$\begin{cases} g_{\text{ц}}^{\text{факт}} = f(\omega_e, M_e^{\text{факт}}) \in [g_{\text{ц}}^{\text{min}}, g_{\text{ц}}^{\text{max}}] \\ Q_{\text{обр}}^{\text{факт}} \leq Q_{\text{обр}}^{\text{доп}} \\ \delta_g = \frac{g_{\text{ц}}^{\text{max}} - g_{\text{ц}}^{\text{min}}}{\bar{g}_{\text{ц}}} \rightarrow \min \\ p_{\text{CR}} = p_3(\omega_e, M_e^{\text{факт}}) \pm \Delta p \end{cases},$$

де  $\omega_e, M_e^{\text{факт}}$  – відповідно поточна кутова швидкість і крутний момент;  $[g_{\text{ц}}^{\text{min}}, g_{\text{ц}}^{\text{max}}]$  - діапазон допустимих значень циклової подачі між мінімально допустимим і максимально допустимим значенням, (мг / цикл);  $Q_{\text{обр}}^{\text{факт}}, Q_{\text{обр}}^{\text{доп}}$  - відповідно фактична і допустима величина витоків в зворотну магістраль, мм<sup>3</sup> / хв;  $\bar{g}_{\text{ц}}$  - середня циклова подача в циліндр, мг / цикл;  $\delta_g$  - коефіцієнт нерівномірності циклової подачі;  $p_{\text{CR}}, p_3, \Delta p$  - відповідно фактичний, заданий тиск в системі CR і помилка регулювання тиску палива в акумуляторі тиску.

Умова балансу витрати палива:  $Q_{\text{ППН}} > Q_{\text{ПНВТ}} > \sum_{i=1}^z Q_{\text{цил}} + \sum_{i=1}^z Q_{\text{обр}}$ ,

де  $Q_{\text{ППН}}$  і  $Q_{\text{ПНВТ}}$  - відповідно подача паливопідкачуючого насоса і паливного насоса високого тиску, л / хв;  $\sum_{i=1}^z Q_{\text{цил}}, \sum_{i=1}^z Q_{\text{обр}}$  - відповідно сумарні витрати палива циліндрами і на управління форсунками, л / хв.

Необхідний для даних умов руху крутний момент  $M_3 = f(\beta, \omega_e) = M_{e0} + \frac{\partial M_e}{\partial \beta} \Delta \beta + M_{e0} + \frac{\partial M_e}{\partial \omega_e} \Delta \omega_e$ .

Триивалість керуючого імпульсу  $\tau_{\text{имп}} = f(g_3 \vee g_\alpha, p_{\text{CR}})$ .

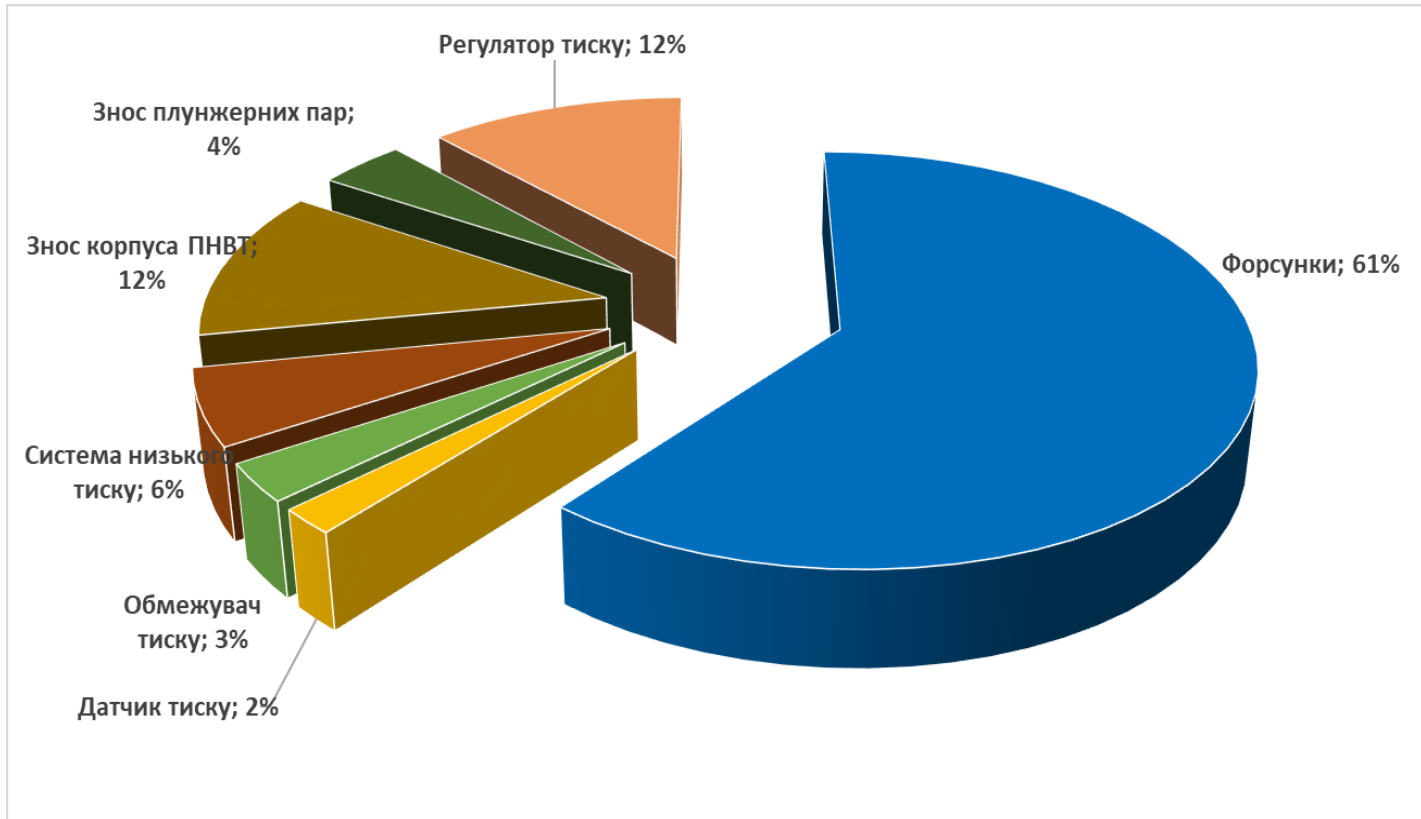
Заданий тиск в акумуляторі тиску:  $p_3 = f(\beta, \omega_e) = p_0 + \frac{\partial p_3}{\partial \beta} \Delta \beta + M_{e0} + \frac{\partial p_3}{\partial \omega_e} \Delta \omega_e$ .

Узагальнена модель будь-якого елемента паливної апаратури дизеля  $\alpha V_i \frac{dp_i}{dt} = \sum Q_i + \frac{dV_i}{dt}$

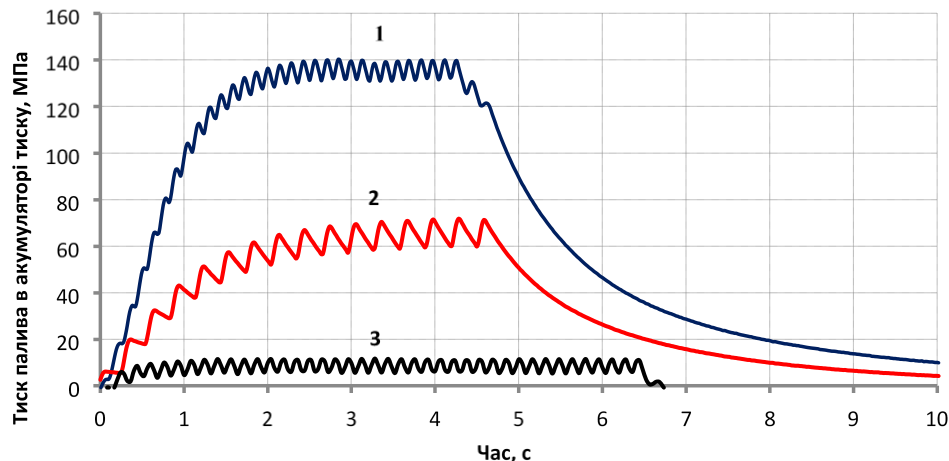
де  $\alpha$  - коефіцієнт стискання рідини, 1 / Па;  $V_i$  - обсяг, м<sup>3</sup>;  $p_i$  - тиск, МПа;  $Q_i$  - витрата рідини, м<sup>3</sup> / с;  $i$  - число каналів, що з'єднують розглянутий обсяг з іншими елементами системи подачі палива.



# Статистичний розподіл відмов системи живлення Common Rail



# Діагностування системи живлення Common Rail по зміні тиску в паливній рампі



1 – робота двох секцій двохсекційного ПНВТ, 2 – робота із зламаною однією секцією двохсекційного ПНВТ, 3 – граничний технічний стану системи CR

Рисунок 1 - Графік зміни тиску палива в акумуляторі тиску при прокручуванні колінчастого вала двигуна стартером з повною подачею палива

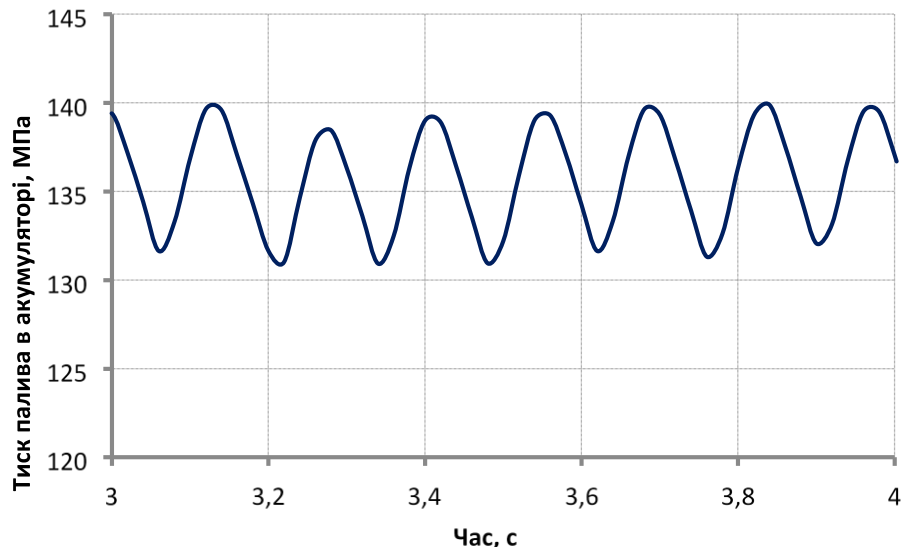


Рисунок 2 - Графік пульсації тиску в акумуляторі двигуна з триплунжерним ПНВТ в режимі прокручування колінчастого вала стартером з повною подачею палива

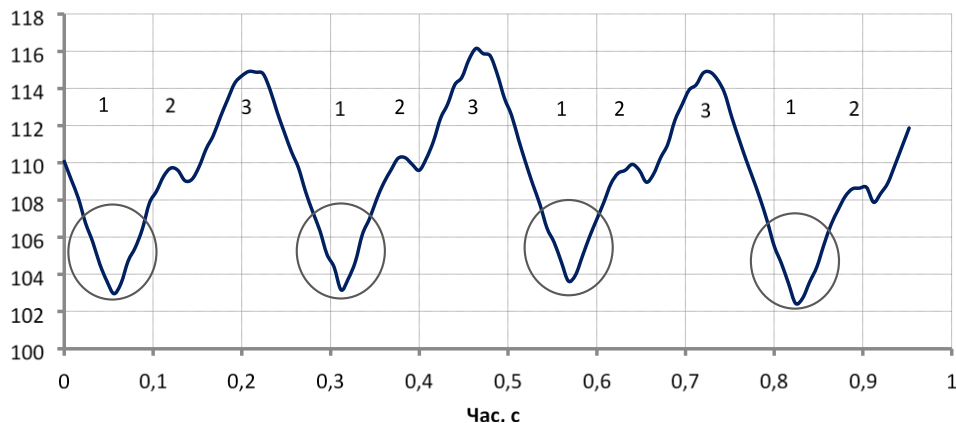
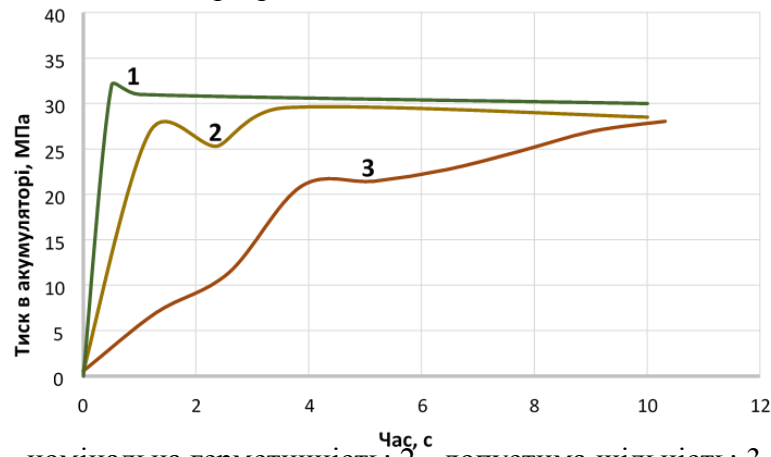


Рисунок 3 - Графік пульсації тиску в акумуляторі при роботі триплунжерного ПНВТ в режимі прокручування стартером з повною подачею палива (одна секція – перша не створює тиску через негерметичність впускного клапана)



1 - номінальна герметичність; 2 - допустима щільність; 3 - гранична герметичність

Рисунок 4 - Графік зміни тиску палива в акумуляторі в залежності від технічного стану системи Common Rail

# Діагностування системи живлення Common Rail динамічним методом

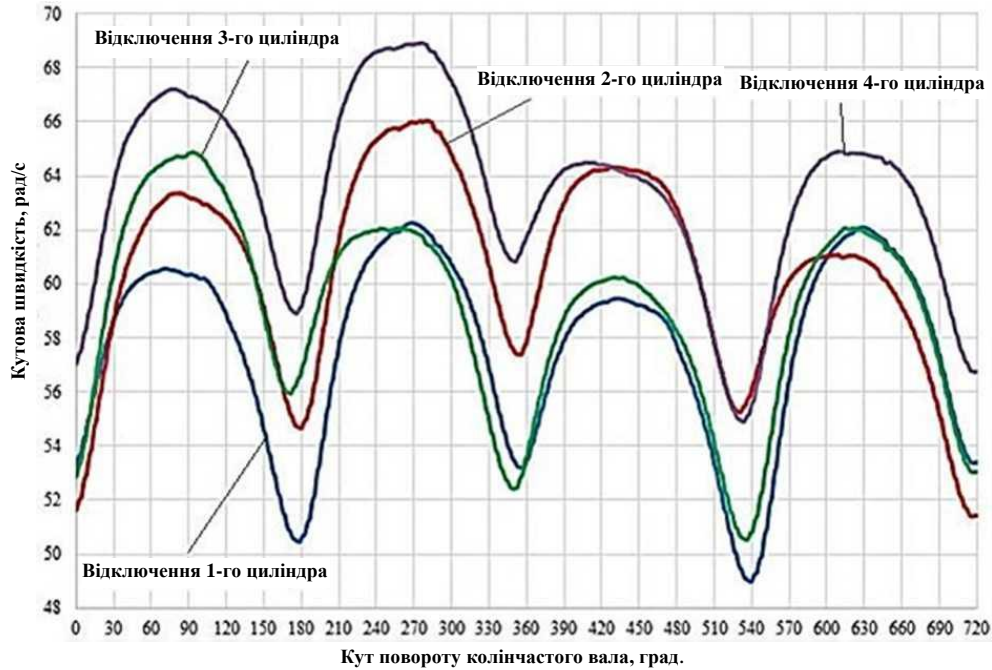


Рисунок 1 - Графік зміни кутової швидкості колінчастого вала при відключенні подачі палива в циліндри

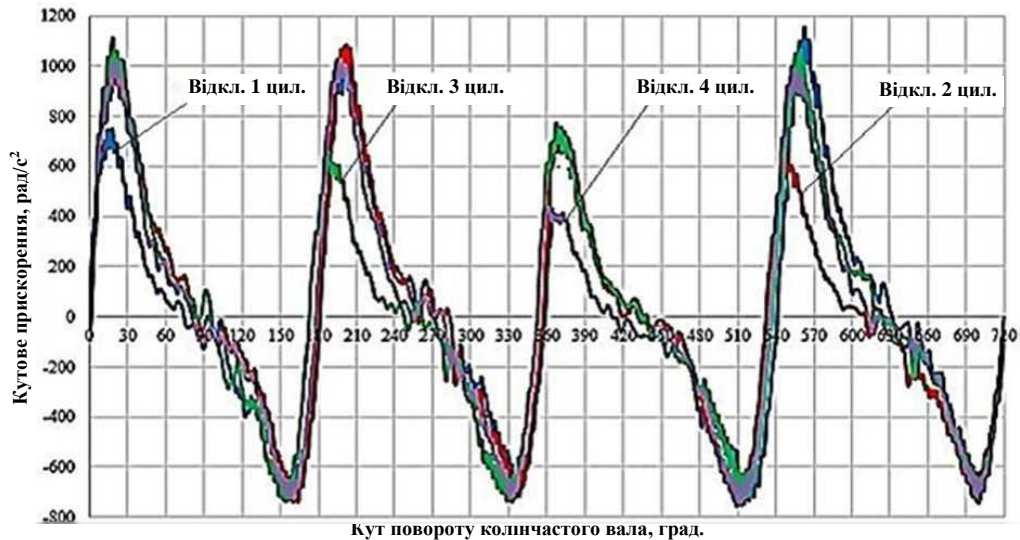


Рисунок 2 - Графік зміни кутового прискорення колінчастого вала при відключенні подачі палива в циліндри

# Діагностування системи живлення Common Rail динамічним методом (продовження)

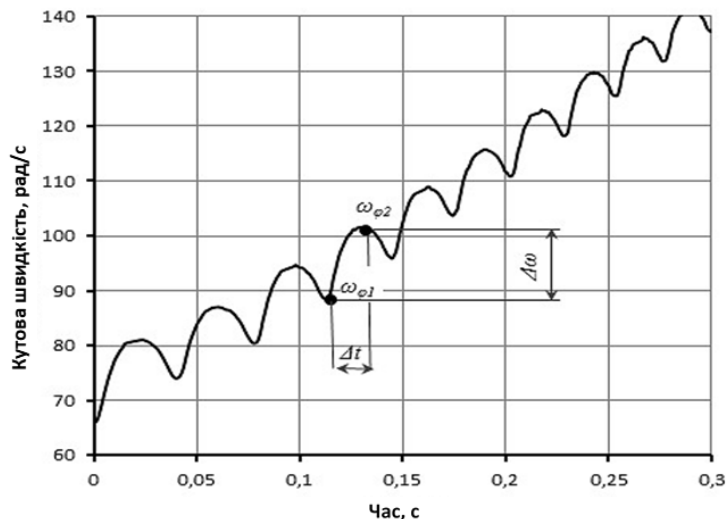


Рисунок 1 -Графік зміни кутової швидкості колінчастого вала чотирициліндрового дизельного двигуна при інтенсивному розгоні в початковій фазі

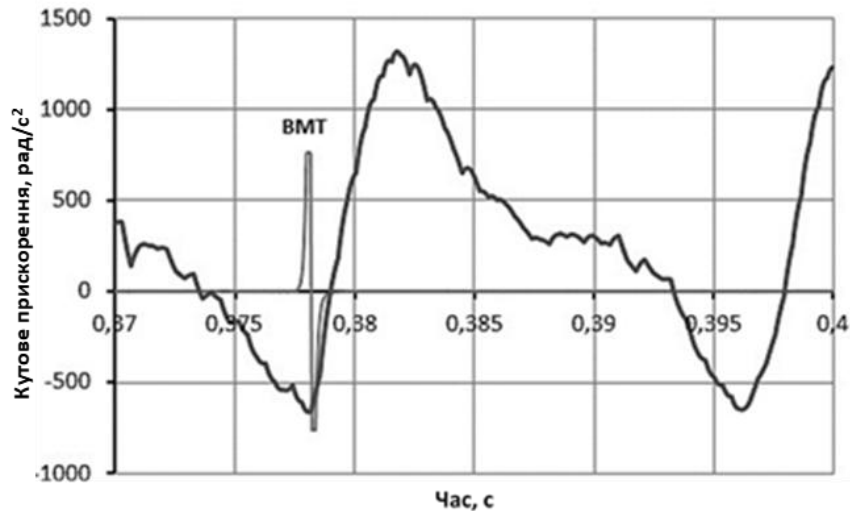
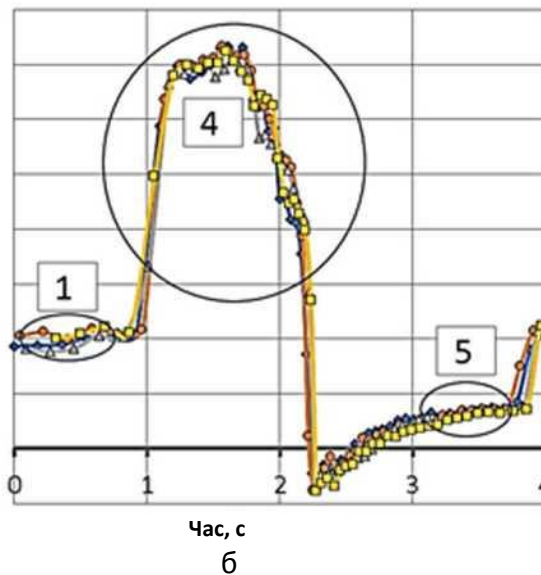
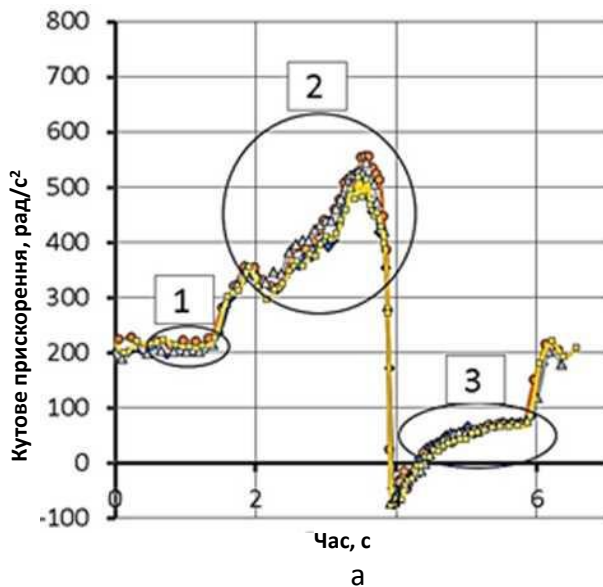


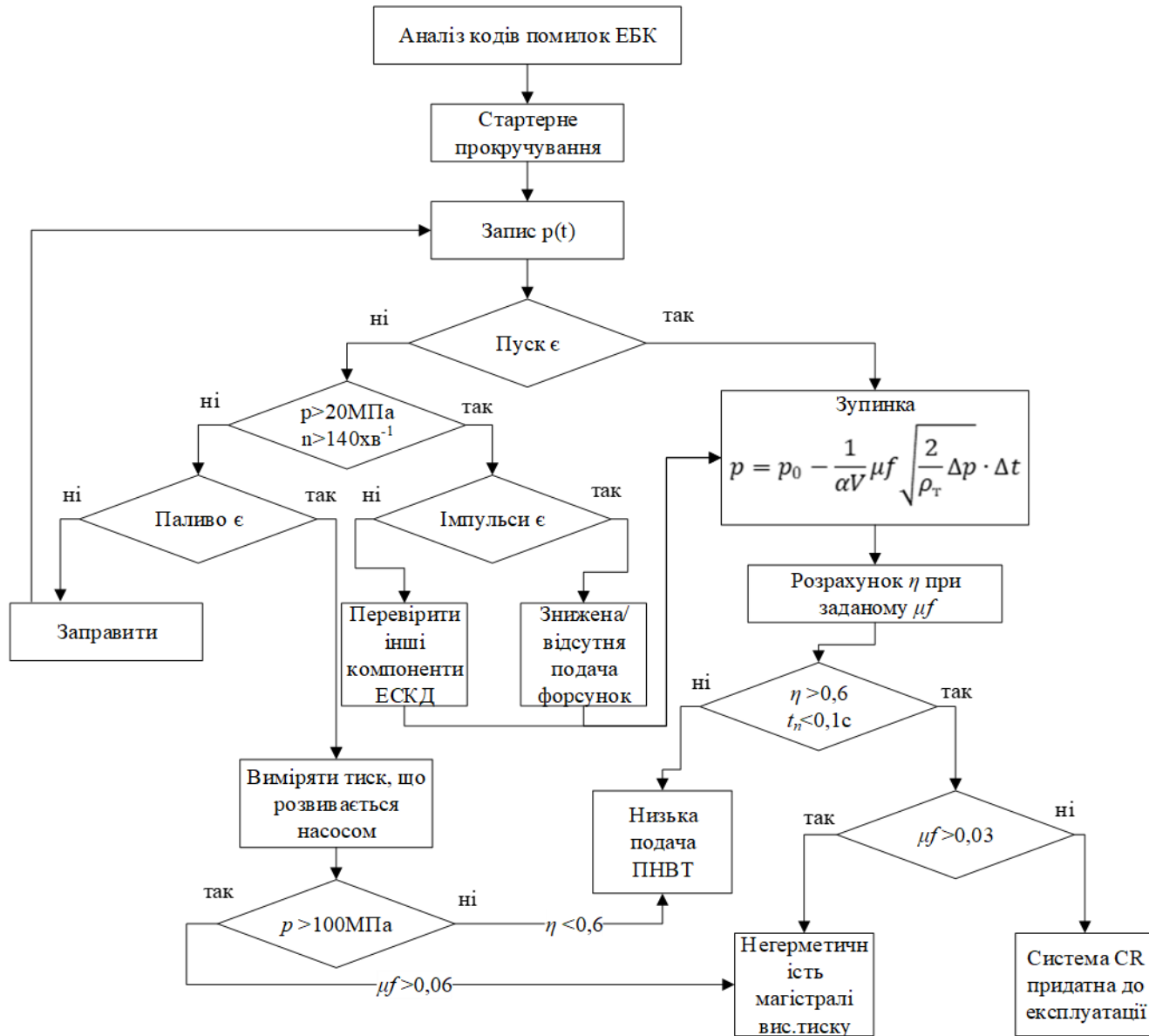
Рисунок 2 -Графік миттєвого кутового прискорення колінчастого вала дизельного двигуна при інтенсивному розгоні в початковій фазі, що відповідає одному циліндру



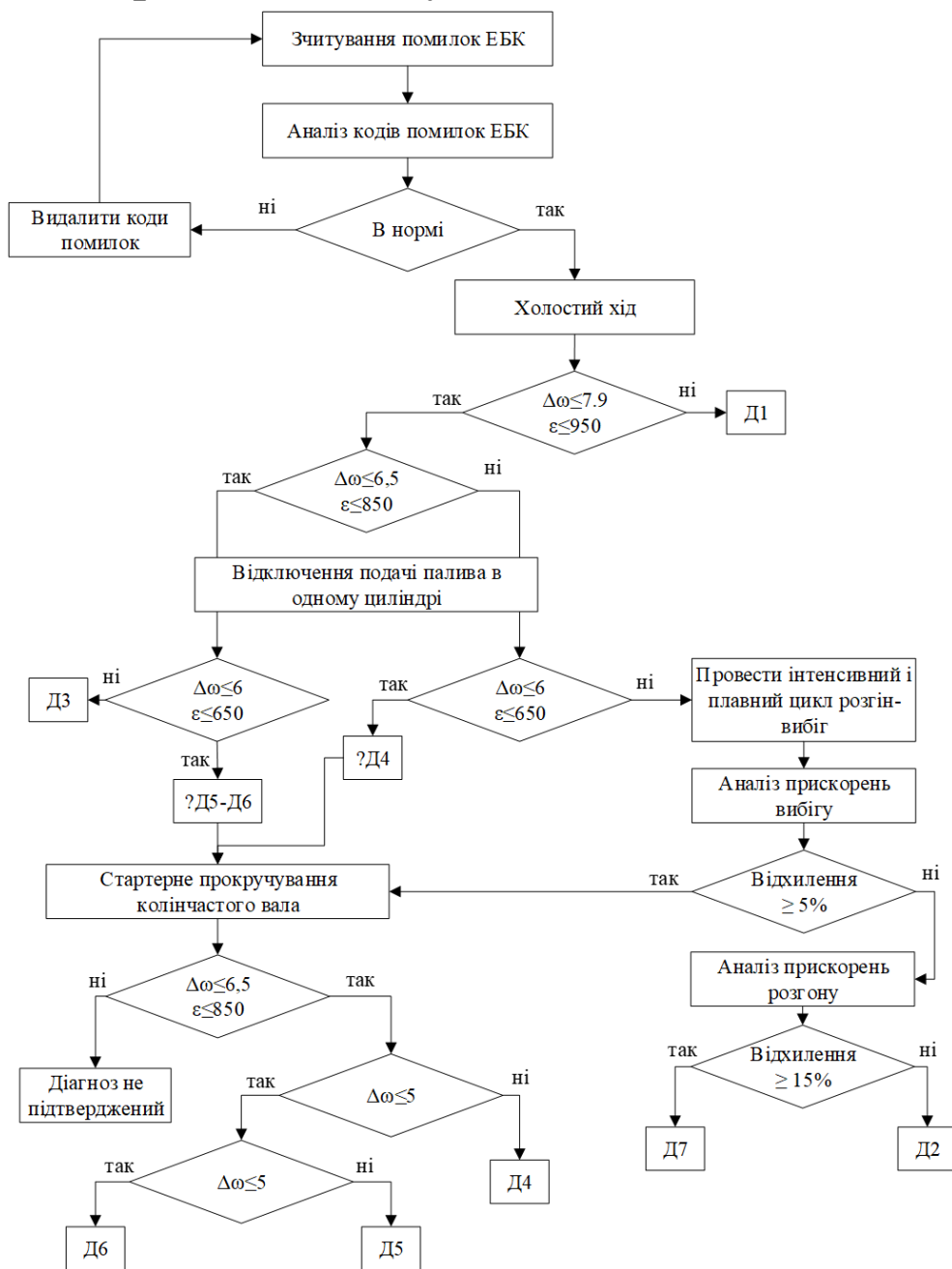
1 - область холостого ходу, 2 - область плавного розгону; 3 - область вибігу колінчастого вала; 4 - область інтенсивного розгону; 5 -область, яка характеризує рівномірність герметичності циліндрів

Рисунок 3 - Графік формування областей діагнозів при діагностуванні дизельного двигуна з системою Common Rail динамічним методом: а - режим плавного розгону; б - режим інтенсивного розгону

# Алгоритм діагностування системи живлення Common Rail за параметрами зміни тиску палива в акумуляторі палива

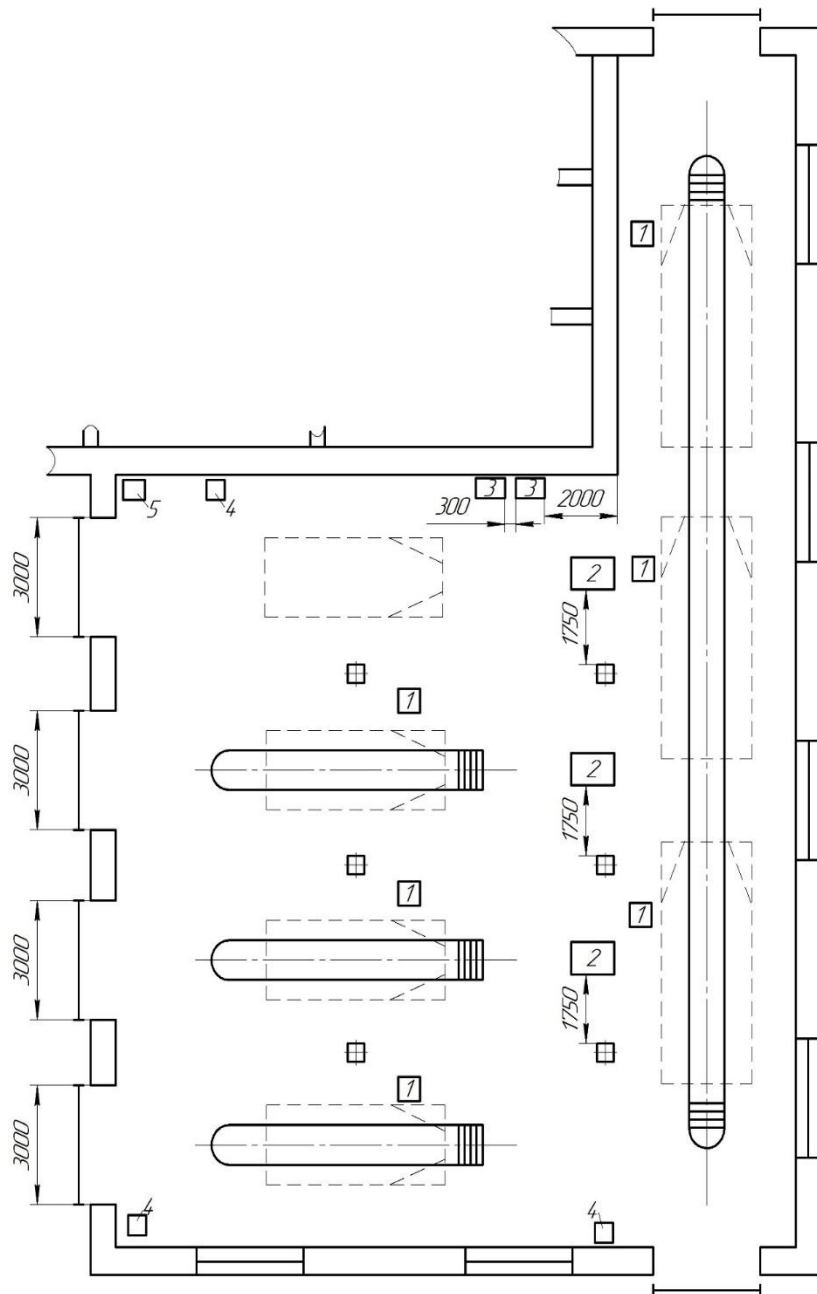


# Алгоритм діагностування системи живлення Common Rail динамічним методом



Параметри		Герметичність циліндра		
		Нормальна	Знижена (20-30%)	Знижена понад 50%
Циклова подача палива, мм <sup>3</sup>	Завищена	Д1, Д7	Д4	Д6
	Нормальна	Д2	Д5	
	Знижена	Д3		

# Планувальне рішення зони ТО і ПР



1 – візок з інструментом та обладнанням; 2 - верстак слюсарний; 3 - шафа з обладнанням та інструментом; 4 – бак для ветоші; 4 – бак для сміття

## Висновки

Під час виконання даної магістерської кваліфікаційної роботи було вирішено науково-практичне завдання по удосконаленню діагностування системи живлення Common Rail.

1. Аналіз існуючих методів і засобів діагностування показав, що не всі вони достатньо досконалі і універсальні, або важко реалізуємі в експлуатаційних умовах. Враховуючи розвиток конструкцій автомобілів набуває необхідність вирішення проблеми адаптації існуючих методів діагностування системи живлення Common Rail до умов експлуатації.

2. Аналіз маркетингового середовища, показників роботи та структури і стану ВТБ СТО «Bosch дизель центр «Алекс Дизель», показав наявність досить непогано організаційно-виробнича структури. Велика завантаженість обладнання і ремонтних робітників потребує удосконалення технологічних процесів діагностування.

3. На основі вивчення робочих процесів в системі живлення Common Rail була сформована узагальнена математична модель, яка описує процеси функціонування даної системи.

4. На основі математичної моделі системи живлення Common Rail було обґрунтовано методи її діагностування, а саме метод по пусковому струму (напрузі), метод вимірювання кутових прискорень при відключенні циліндрів, витрати палива з електрогідравлічних форсунок на зливну магістраль, вимірювання осцилограм тисків в системі та ін.

5. В третьому розділі розрахована ВТБ СТО «Bosch дизель центр «Алекс Дизель». Розрахунки показали, що існуюча ВТБ в цілому відповідає потребам СТО. Було визначено перелік основного технологічного обладнання підприємства. Так як діагностування системи живлення Common Rail виконується на автомобілі, було розроблено організаційно-планувальне рішення зони ТО і ПР.

6. На основі результатів дослідження зміни тиску в акумуляторі високого тиску, частоти і прискорення колінчастого валу на різних режимах діагностування було удосконалено алгоритм діагностування системи живлення Common Rail за параметрами зміни тиску палива в акумуляторі та алгоритм діагностування системи живлення Common Rail динамічним методом.

7. Річний економічний ефект від удосконалення методики діагностування системи живлення Common Rail складе 9324,6 грн з розрахунку на 1 автомобіль.

8. В п'ятому розділі вивчено питанням з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, в якому було проведено аналіз небезпечних для людини та навколишнього середовища факторів, безпосередньо пов'язаних з виробничим процесом на підприємстві.