


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



Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему «Вдосконалення діагностування електрогідравлічних форсунок
дизельних двигунів в умовах приватного підприємства «Беркут-Транс»
місто Вінниця»

Виконав: студент 2 курсу,
групи 1АТ-19м спеціальності 274 –
Автомобільний транспорт
Любар Я.І.

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Смирнов Є.В.

Рецензент: _____

Вінниця – 2020 року

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів і загальних висновків. Загальний обсяг роботи 100 стор., у тому числі 36 рис., 24 табл., 34 літературних джерел.

Предметом магістерської кваліфікаційної роботи є закономірності зміни діагностичних параметрів тиску і витрати палива в загальній зворотній магістралі і циклових подач в залежності від зносу керуючого клапана електрогідравлічних форсунок.

Робота складається з п'ятих частин :

- 1 Стан проблеми діагностування електрогідравлічних форсунок дизелів. Аналіз роботи приватного підприємства «Беркут-транс»;
2. Теоретичне обґрунтування методу діагностування електрогідравлічних форсунок за параметрами тиску і витрати палива в загальній зворотній магістралі;
3. Організація виконання робіт діагностування електрогідравлічних форсунок системи Common Rail;
4. Реалізація удосконаленого методу діагностування електрогідравлічних форсунок;
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є процес функціонування автомобільної електрогідравлічної форсунки дизельного двигуна при зносі керуючого клапана в умовах експлуатації.

Головною метою цієї кваліфікаційної роботи є удосконалення діагностики електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливоподаючих систем автомобільних дизелів в умовах експлуатації.

В роботі було проведено обґрунтування моделі, яка описує процес функціонування електрогідравлічної форсунки з урахуванням несправності керуючого клапана, та удосконалено метод діагностування такої електрогідравлічної форсунки по параметрам витрат палива та тиску в загальній зворотній магістралі.

ABSTRACT

Master's qualification work consists of an introduction, 5 sections and general conclusions. The total volume of work is 100 pages, including 36 figures, 24 tables, 34 literary sources.

The subject of the master's qualification work is the laws of change of diagnostic parameters of pressure and fuel consumption in the general return line and cyclic feeds depending on wear of the control valve of electrohydraulic nozzles.

The work consists of five parts:

- 1 The state of the problem of diagnosing electrohydraulic diesel injectors. Analysis of the work of the private enterprise "Berkut-trans";
2. Theoretical substantiation of a method of diagnosing electrohydraulic nozzles on parameters of pressure and fuel consumption in the general return highway;
3. Organization of diagnostics of electrohydraulic injectors of the Common Rail system;
4. Implementation of an improved method for diagnosing electrohydraulic injectors;
5. Occupational safety and security in emergencies.

The object of study is the process of operation of the automotive electro-hydraulic injector of the diesel engine during wear of the control valve in operation.

The main purpose of this qualification work is to improve the diagnostics of electro-hydraulic injectors of battery fuel systems of automobile diesels in operating conditions.

The paper substantiates the model that describes the operation of the electro-hydraulic injector taking into account the failure of the control valve, and improved the method of diagnosing such an electro-hydraulic injector on the parameters of fuel consumption and pressure in the common return line.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АТП – автотранспортне підприємство;
- ВТБ – виробничо-технічна база;
- ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;
- ЕГФ – електрогідравлічна форсунка;
- ПНВТ – паливний насос високого тиску;
- ПМР – прибирально-мийні роботи;
- ПР – поточний ремонт;
- РС – рухомий склад;
- СТО (СТОА) – станція технічного обслуговування (автомобілів);
- ТЕП – техніко-економічний показник;
- ТЗ – транспортний засіб;
- ТО – технічне обслуговування;
- ЩО – щоденне обслуговування;
- СР – система подачі палива Common Rail.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 СТАН ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК ДИЗЕЛІВ. АНАЛІЗ РОБОТИ ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «БЕРКУТ-ТРАНС».....	6
1.1 Сучасні тенденції розвитку систем паливоподачі дизельних двигунів	6
1.2 Аналіз методів і засобів діагностування акумуляторних паливоподаючих систем	12
1.3 Аналіз виробничої діяльності ПП «Беркут-Транс»	18
1.3.1 Загальна характеристика підприємства	18
1.3.2 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу	19
1.3.3 Аналіз виробничо-господарської діяльності.....	20
1.4 Аналіз структури і стану виробничо-технічної бази	23
1.4.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази	23
1.4.2 Аналіз стану виробничо-технічної бази	24
1.4.3 Аналіз існуючої системи і організації ТО і ПР	26
1.5 Висновки	27
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК ЗА ПАРАМЕТРАМИ ТИСКУ І ВИТРАТИ ПАЛИВА В ЗАГАЛЬНІЙ ЗВОРОТНІЙ МАГІСТРАЛІ.....	28
2.1 Аналіз процесу функціонування електрогідравлічної форсунки.....	28
2.2 Математичний опис процесу функціонування електрогідравлічної форсунки	31
2.3 Теоретичне обґрунтування удосконалення методу діагностики електрогідравлічних форсунок	41
2.4 Висновки	46
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК СИСТЕМИ COMMON RAIL.....	47
3.1 Розрахунок виробничої програми ПП «Беркут-Транс»	47

	2
3.2 Розрахунок обсягів робіт ПП «Беркут-Транс»	48
3.3 Розрахунок чисельності виробничих робітників	53
3.4 Розрахунок кількості постів	55
3.5 Розробка поста діагностування рухомого складу	56
4 РЕАЛІЗАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК	60
4.1 Передумови дослідження впливу технічного стану форсунок на параметри потоку палива в зливній магістралі.....	60
4.2. Результати дослідження впливу технічного стану форсунок на параметри потоку палива в зливній магістралі.....	62
4.3 Формування удосконаленої методики діагностування електрогідравлічних форсунок	69
4.4 Визначення економічної ефективності впровадження запропонованої методики діагностування електрогідравлічних форсунок.....	78
4.5 Висновки	86
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	87
5.1 Технічні рішення щодо безпеки в зоні ТО і ПР	87
5.1.1 Техніка безпеки	87
5.1.2 Електробезпека.....	88
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	89
5.2.1 Мікроклімат	89
5.2.2. Склад повітря робочої зони.....	90
5.2.3 Освітлення.....	89
5.2.3 Шум	90
5.2.4 Вібрація	91
5.3 Пожежна безпека.....	94
5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях	95
ВИСНОВКИ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	100
ДОДАТКИ.....	104

ВСТУП

Актуальність теми. Основним типом силових агрегатів автомобілів комерційного сектора є дизельний двигун. Такий тип двигуна економічний, а оснащені ним автомобілі успішно експлуатуються в усіх кліматичних зонах. Для реалізації високих екологічних вимог автомобільні дизелі оснащуються сучасними високоточними системами подачі палива. Широко застосовуваним представником таких систем є система подачі палива акумуляторного типу – Common Rail. Погіршення технічного стану практично будь-якого її елемента призводить до значного погіршення екологічних, а далі і експлуатаційних показників автомобіля, а тому технічний стан системи Common Rail має систематично контролюватися.

Контроль технічного стану цих наукомістких і технічно складних паливоподаючих систем має ряд особливостей, що, в свою чергу, вимагає нових знань, методів і рішень. Найбільш важливими і найменш надійними елементами цієї системи є електрогідравлічні форсунки (ЕГФ). В даний час діагностика технічного стану ЕГФ є дорогою і трудомісткою процедурою, тому що виконується на спеціалізованих стендах і пов'язана з великим обсягом розбірно-складальних робіт. У разі, коли форсунки розташовані під клапанною кришкою, доступним місцем для діагностичних перевірок є загальна зворотна магістраль, але існуючими методами виходить визначити тільки загальний технічний стан і необхідність демонтажу всіх ЕГФ. Спроби знизити трудомісткість і підвищити інформативність контролю технічного стану акумуляторних паливоподаючих систем автомобільних дизелів відомими методами наптовхуються на протиріччя, викликане браком знань про закономірності зміни тиску і витрати палива в загальній зворотній магістралі акумуляторних паливоподаючих систем при зносі ЕГФ. У зв'язку з цим, виконання дослідження, спрямованого на зменшення трудомісткості і підвищення ефективності діагностики електрогідравлічних форсунок системи Common Rail, є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження по темі магістерської роботи належить до основних наукових напрямків кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення методики діагностики електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливоподаючих систем автомобільних дизелів в умовах експлуатації (На прикладі ПП «Беркут-транс»), шляхом зниження трудомісткості і підвищення інформативності діагностування.

Задачі магістерської кваліфікаційної роботи:

- провести аналіз розвитку конструкцій дизельних систем подачі палива та провести аналіз методів і засобів їх діагностування;
- сформулювати математичну модель процесу функціонування автомобільної електрогідравлічною форсунки дизельного двигуна при зносі керуючого клапана, що дозволяє використовувати тиск і витрати в зворотній магістралі в якості діагностичних параметрів;
- розробити організаційно-технічні рішення для виконання робіт по діагностуванню електрогідравлічних форсунок в умовах ПП «Беркут-Транс»;
- виконати дослідження функціонування електрогідравлічних форсунок при зміні їх технічного стану і виявити діагностичні параметри, що характеризують знос керуючого клапана;
- удосконалити методику діагностики електрогідравлічних форсунок дизельного двигуна за параметрами витрати палива і тиску в загальній зворотній магістралі і запровадити її в ПП «Беркут-Транс».

Об'єктом дослідження є процес функціонування автомобільної електрогідравлічною форсунки дизельного двигуна при зносі керуючого клапана в умовах експлуатації.

Предметом дослідження є закономірності зміни діагностичних параметрів тиску і витрати палива в загальній зворотній магістралі і циклових подач в залежності від зносу керуючого клапана електрогідравлічних форсунок.

Наукова новизна роботи:

- отримали подальший розвиток математичні моделі процесу функціонування електрогідравлічних форсунок автомобільного дизельного двигуна, що враховують зміну технічного стану в процесі експлуатації;
- удосконалено метод діагностики електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливоподаючих систем по витраті і тиску палива в загальній зворотній магістралі.

Практична цінність роботи полягає у застосуванні удосконаленої методики діагностування електрогідравлічних форсунок системи живлення Common Rail, яка дозволяє підвищити інформативність і знизити трудомісткість діагностування. Впровадження методики в ПП «Беркут Транс» дозволяє знизити витрати на експлуатацію та простої рухомого складу.

Особистий внесок здобувача. За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тези доповіді у співавторстві [15].

Апробація результатів. Основні положення магістерської роботи апробовано на всеукраїнській науково-технічній інтернет-конференції конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021).

Публікації. За результатами виконання магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 1 тези доповідей [15].

1 СТАН ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК ДИЗЕЛІВ. АНАЛІЗ РОБОТИ ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «БЕРКУТ-ТРАНС»

1.1 Сучасні тенденції розвитку систем паливоподачі дизельних двигунів

Основним завданням розвитку автомобільного транспорту в сучасних умовах є покращання таких якостей, як продуктивність, економічність і, що особливо важливо, екологічні показники автомобілів.

Дизельні двигуни мають ряд значних переваг, історія їх експлуатації обчислюється багатьма десятиліттями. Безперечно, автомобілі з дизельним двигуном в Україні та світі складають і складатимуть основу вантажопасажирського сектора, сектора будівельних і дорожніх машин, машин військового призначення, сектора транспортних засобів і машин сільськогосподарської галузі. Не є винятком і легковий транспорт.

Однак, наріжним каменем при збільшенні кількості транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння, є і зростання обсягів вихлопу відпрацьованих газів. У 2015 році введено черговий екологічний стандарт Євро-6. Це змушує виробників автомобілів з дизельними двигунами удосконалювати системи подачі палива (рис. 1.1).

Дизель, обладнаний акумуляторною паливоподаючою системою (системою Common Rail (CR)) в порівнянні з ранніми системами подачі палива, має більш високі екологічні показники, тягово швидкісні характеристики, високу економічність, плавність і малу гучність роботи. Тому система CR отримала широке поширення серед систем подачі палива дизелів і є однією з найбільш перспективних на сьогоднішній день [28].

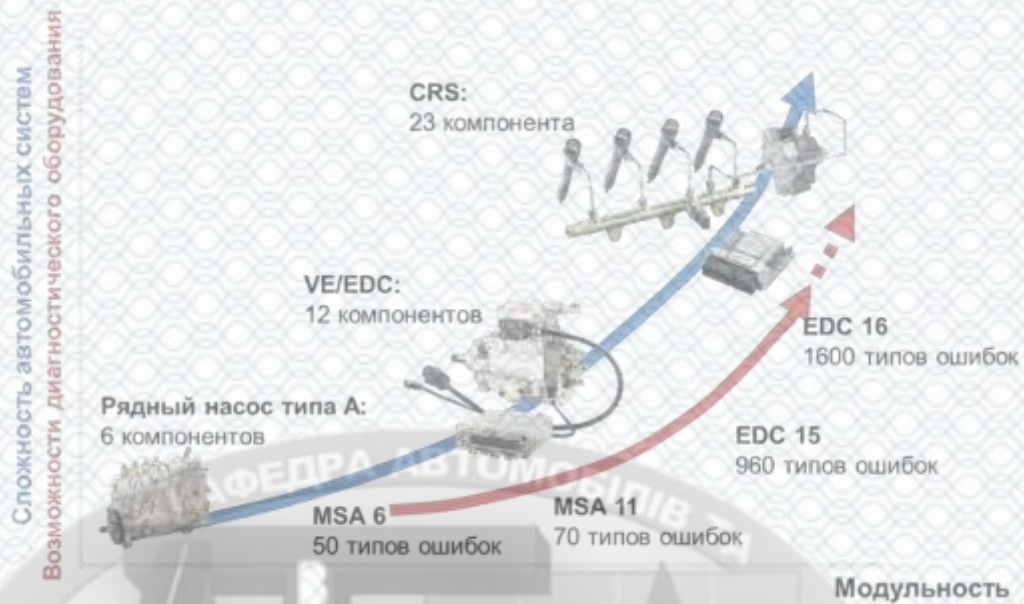


Рисунок 1.1 – Еволюція систем подачі палива дизелів Bosch [25]

Досконалість такої дизельної паливоподаючої системи полягає в точності подачі палива, що дозволяє досягти найкращих екологічних та експлуатаційних показників [24]. Цим обумовлений поступова відмова від механічних систем і перехід до систем з електронним управлінням [21, 25, 26]. Причому завдання конструкції зводиться до максимального наближення дозуючого паливоподаючого пристрою до камери згоряння циліндра двигуна, для мінімізації небажаних хвильових процесів в паливі, що впливають на процес упорскування. Такий підхід, в сукупності з можливостями сучасної електроніки, значно підсилює точність подачі палива, наприклад, в порівнянні з механічною системою, що має гідравлічно керовану форсунку і досить довгі трубки високого тиску. Однак, при робочих тисках в сучасних системах CR (понад 250 МПа), роль гідродинамічних процесів значно зростає.

Більш високий робочий тиск, знову ж таки, завдяки сучасній електроніці сприяє швидкодії і точності подачі палива. Перерахованими якостями володіють серійні сучасні дизельні паливоподаючі системи, насос-форсунки, індивідуальні паливні насоси і акумуляторні системи подачі палива – Common Rail [21].

Паливоподаючі системи з насос-форсунками і індивідуальними паливними насосами відрізняються тим, що мають одноплунжерний насос, як правило, з

приводом від кулачкового вала. Тиск в таких системах залежить від форми приводить кулачка (рис. 1.2).

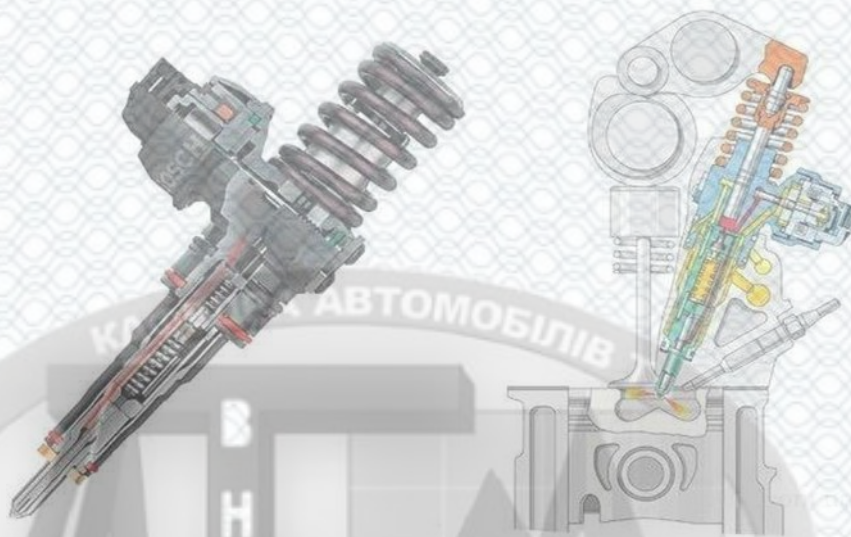


Рисунок 1.2 – Насос-форсунка

Відмінність насос-форсунки від індивідуального паливного насоса полягає в тому, що у насос-форсунки плунжер і розпилювач знаходяться в одному корпусі, а у індивідуального паливного насоса сам насос знаходиться окремо і з'єднаний з форсункою трубопроводом високого тиску (рис. 1.3). Переваги насос-форсунок в їх компактності, а за рахунок близькості насоса до розпилювача, практично відсутністю впливу хвильових процесів при впорскуванні. Крім того, вони надійні і довговічні.

Однак, насос-форсунки через кулачковий вал навантажують головку блоку циліндрів, так само можуть виникати труднощі при розробці конструкції двигуна і компонуванні його вузлів. Індивідуальний паливний насос дозволяє уникнути навантажень на головку блоку циліндрів, але при цьому з'являються небажані в конструкції нагнітаючі трубопроводи.

З початком застосування в конструкціях насос-форсунок і індивідуальних паливних насосів електромагнітного і п'єзоелектричного [17] управління клапанами, дані паливоподаючі системи значно збільшили гнучкість подачі палива, проте стримуючим фактором подальшого розвитку є конструктивна

залежність від часу набору максимального тиску, що особливо позначається на режимах часткового завантаження двигуна і низької частоти обертання колінчастого вала. Даний факт є недоліком розглянутих систем, що значно ускладнює виконання норм Євро-6.



Рисунок 1.3 – Індивідуальний паливний насос з форсункою

Системи подачі палива акумуляторного типу позбавлені такого недоліку (рис. 1.4). У даних системах процеси отримання високого тиску і дозування палива в циліндри – розділені. На відміну від інших типів паливоподаючих систем високий тиск в системі CR практично не залежить від режимів роботи двигуна. Така перевага разом з електронним управлінням електрогідравлічних форсунок (ЕГФ), дозволяє точно і рівномірно подавати паливо в циліндри двигуна.

Результатом є значне збільшення швидкодії і гнучкості подачі палива. Сучасні акумуляторні системи, дозволяють зробити більш 7 упорскувань за цикл. Двигун, оснащений системою CR, не потребує додаткових конструкцій механічної частини. CR дає більше переваг при розробці і конструюванні, вона більш гнучка і легко переналаштовується під завдання, поставлені розробниками силових установок автомобілів.

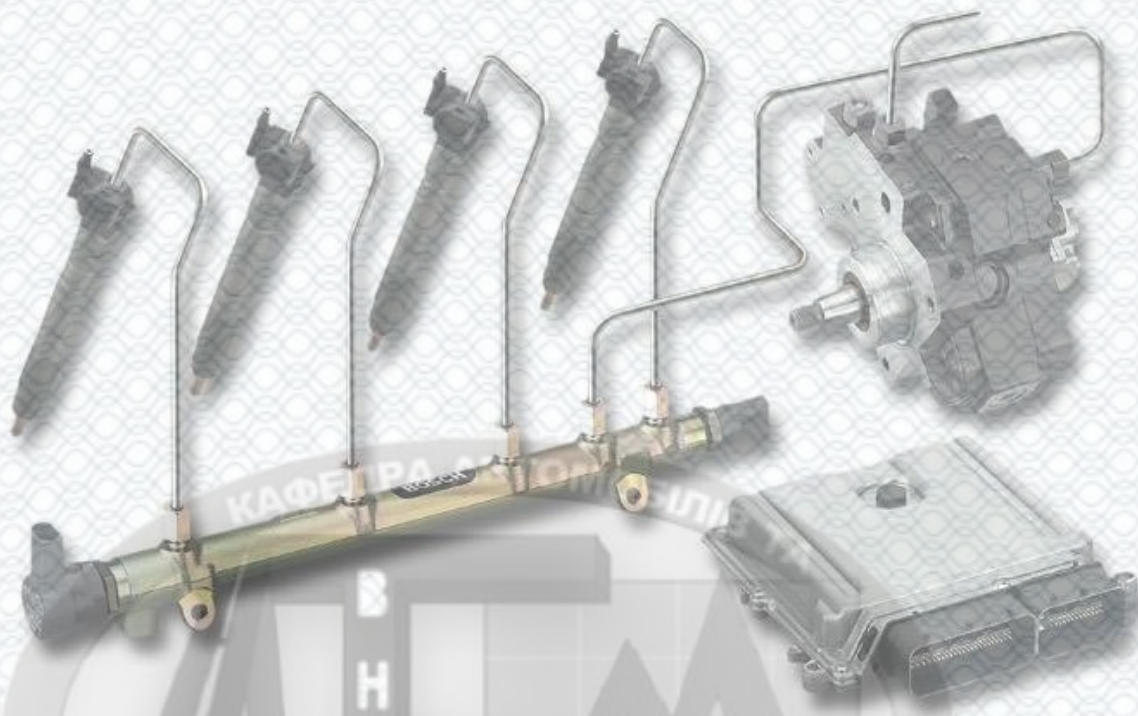


Рисунок 1.4 – Паливоподаюча система Common Rail

Поліпшення показників двигуна вимагає більш точного дозування і багаторазового впорскування. Час відкриття керуючого клапана електромагнітом форсунок 1-го і 2-го покоління, становить 0,2-0,4 мс. З метою поліпшення швидкості спрацьовування, клапана форсунок 3-го покоління оснащуються п'єзоелементами [29, 32], що дозволяє значно збільшити швидкодію, а час спрацьовування керуючого клапана стає менше 0,1 мс. Однак технологія виробництва п'єзоприводів ЕГФ складніша і дорожча виробництва електромагнітів. У зв'язку з цим розробки швидкодіючих електромагнітних конструкцій керуючих клапанів тривають.

Фірма BOSCH пропонує конструкцію гідравлічно розвантаженого клапана [30-32]. Характеристика роботи такого керуючого клапана порівнянна з клапанами з п'єзоприводів. При 180 МПа відкриття і закриття такого клапана відбувається протягом 0,15 і 0,115 мс, відповідно, в той час як у кулькового 0,2 і 0,18 мс.

Фірма DENSO теж має розробки швидкодіючого електромагнітного клапана, який практично не поступається за швидкістю спрацьовування

п'єзоелектричному клапану [31, 34]. На відміну від кулькового клапана з конічним сідлом, клапан фірми DENSO має плоску пластинчасту конструкцію. Швидкодія клапана заснована на гідравлічному управлінні запірної пластиною. Витрата на управління у ЕГФ DENSO в кілька разів нижче, ніж у ЕГФ з кульковим клапаном, за рахунок перекриття підведення палива з акумулятора, при впорскуванні.

Недоліком акумуляторної паливоподаючої системи є висока циркуляція палива, для забезпечення функціонування ЕГФ і ПНВТ. Це відбивається на більш високій потужності ПНВТ, в порівнянні з насосами розподільного типу [9]. Зі сказаним пов'язані і особливості виникнення несправностей системи CR. Існують способи зниження втрат зазначеної потужності, шляхом регулювання витрати палива, при всмоктуванні в ПНВТ і насос, що підкачує, в залежності від режиму роботи двигуна.

Незважаючи на перераховані недоліки, система Common Rail є найбільш перспективною і має достатні резерви для її подальшого вдосконалення. Нею оснащені більшість автомобілів, що задовольняють нормам Євро-5 і Євро-6.

У світлі зростаючих екологічних вимог, розробка більш досконалих дизельних паливоподаючих систем триває [11]. Для подальшого поліпшення показників дизельного двигуна необхідно змінювати не тільки моменти початку і закінчення впорскувань, але надавати форму інтегральної характеристики витрати основного впорскування, щодо часу, роблячи її, наприклад, трикутної або прямокутної.

Дана задача вирішена розробкою і виробництвом фірмами Delphi і Continental [32-34] ЕГФ, з безпосереднім управлінням голкою розпилювача п'єзоприводом, а також ЕГФ зі вбудованим гідравлічним мультиплікатором тиску, призначеним для збільшення ходу голки.

ЕГФ з безпосереднім приводом голки розпилювача можуть виробляти ступеневу впорскування [34]. Форсунки Amplified-Pressure Common Rail System (APCRS) мають вбудований мультиплікатор тиску. Вони являють собою конструкцію з мультиплікатора тиску і ЕГФ з електромагнітним клапаном. У системах з подібною конструкцією є два канали: один - для управління запірної

голкою, інший - для управління тиском упорскування. Форсунка системи APCRS дозволяє зробити впорскування ще більш гнучким і реалізувати інтегральні форми витрати через отвори розпилювача: ступінчасту, трикутну і прямокутну. Однак, для ідеальних параметрів впорскування, можливостей форсунки APCRS, все ж, ще недостатньо.

Нові, перспективні дизельні паливоподаючі системи складні і наукоємні. Складний механізм ЕГФ, при безумовній наявності багатьох переваг, в умовах експлуатації, як правило, найчастіше програє в надійності простішим форсункам. Чим складніше і точніше функціональний процес ЕГФ, то більше його результат схильний до впливу несприятливих зовнішніх факторів, до яких, перш за все, відноситься неякісне паливо. Основна ж маса наявних автомобілів оснащена традиційними системами CR. Дані системи гідно зарекомендували себе оптимальним співвідношенням надійності і експлуатаційних якостей.

Успішна експлуатація автомобілів, оснащених розглянутими новітніми системами подачі палива, вимагає розробки ефективних методів контролю технічного стану цих систем [19, 29].

1.2 Аналіз методів і засобів діагностування акумуляторних паливоподаючих систем

Акумуляторна паливоподаюча система дизельного двигуна являє собою складну наукомістку структуру, як в розробці і виробництві, так і в експлуатації. Питання діагностики, технічного обслуговування і ремонту сучасних паливоподаючі систем порушені в працях багатьох навчально-наукових установ, таких як НТУ, ХНАДУ, МАДІ та інших. Це знайшло відображення в працях багатьох вітчизняних на закордонних вчених.

Ефективність експлуатації автомобіля безпосередньо залежить від способів і методів технічних впливів, спрямованих на підтримку і відновлення його технічного стану, що визначає час діагностики та ремонту, а, відповідно,

матеріальні витрати і витрати. В даному сенсі алгоритми, рекомендовані виробником, не завжди ефективні. Тому пошук нових, більш оптимальних наукових і технічних рішень в даній області залишається актуальним.

Методи і засоби для діагностики паливоподаючих систем представлені у вигляді блок-схеми (рис. 1.5). Стендова діагностика (зі зняттям апаратури) має на увазі безмоторних перевірку паливної апаратури Common Rail з певних тест-планів, що відображає характерні режими роботи. Для проведення такої перевірки необхідний демонтаж компонентів паливної апаратури з автомобіля, що не завжди виправдано і тягне більш високу собівартість робіт і витрати часу, на відміну від діагностики без втручання в конструкцію системи. На практиці, як правило, доцільно проводити первинну діагностику на автомобілі і за її результатами вживати подальших дії.

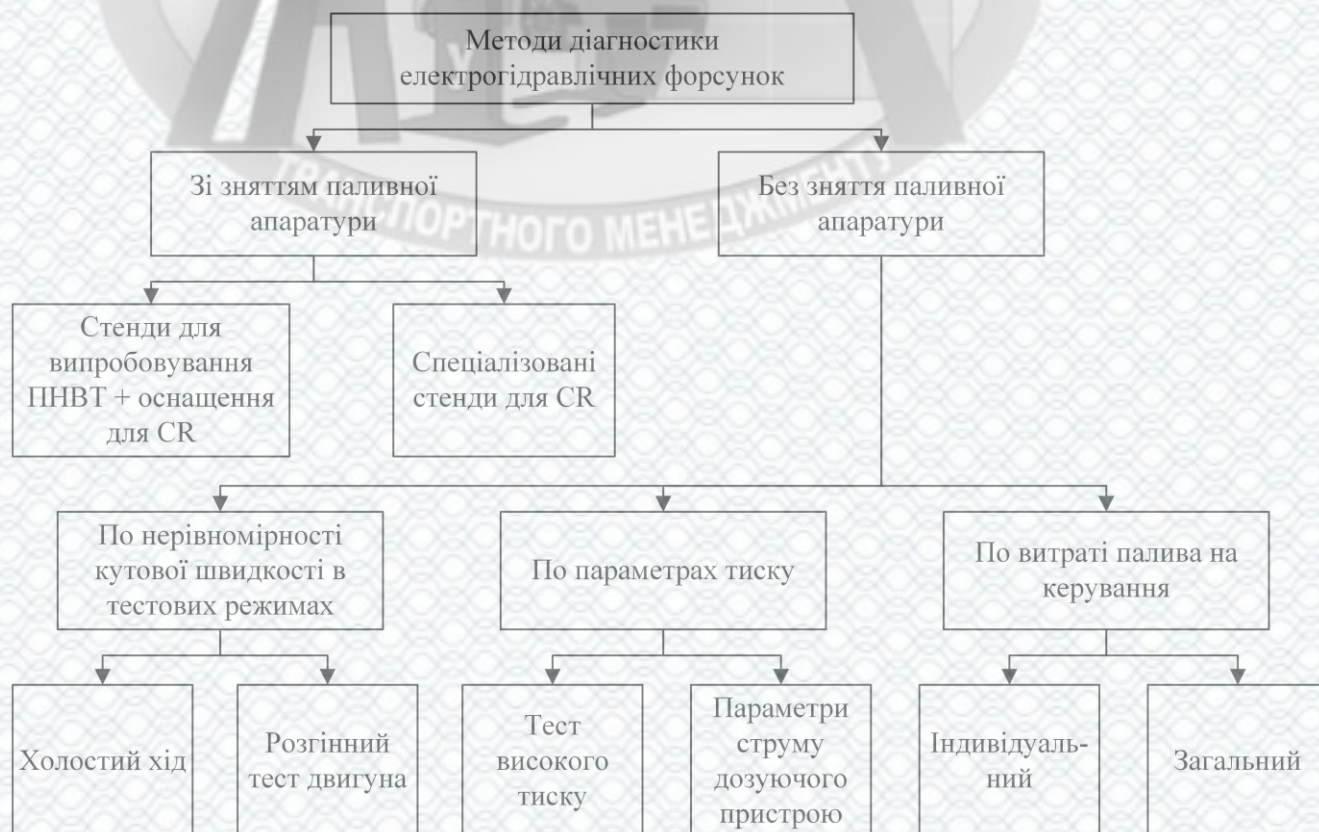


Рисунок 1.5 – Методи і засоби для діагностики паливоподаючих систем

Діагностування, що проводиться на автомобілі, починається з аналізу даних, отриманих за допомогою автомобільного сканера. Основними інформативними

параметрами, при цьому є значення фактичного і заданого тисків, залежність між якими визначає середній струм управління клапана, що регулює тиск у акумуляторній рейці. Даний випадок розглянемо на прикладі двигуна Isuzu 4HK1: (табл. 1.1, 1.2).

Таблиця 1.1 – Тиск в акумуляторі тиску і керуючі параметри регулятора високого тиску, при відсутності витоків (холостий хід)

Параметр	Значення
Заданий тиск палива в магістралі, МПа	35
Поточний тиск палива в магістралі, МПа	35
Середній струм управління клапаном, мА	998
Скважність керуючого імпульсу, %	48

Таблиця 1.2 – Тиск в акумуляторі тиску і керуючі параметри регулятора високого тиску, при витокі (холостий хід)

Параметр	Значення
Заданий тиск палива в магістралі, МПа	35
Поточний тиск палива в магістралі, МПа	35
Середній струм управління клапаном, мА	825
Скважність керуючого імпульсу, %	44

Дана перевірка здійснюється як у функціональному режимі на холостому ході, так і тестовому, коли ЕБК збільшує тиск до певного значення (аж до максимально можливого). Якщо в акумуляторі присутній витік, струм в ланцюзі регулятора тиску змінюється, таким способом система намагається привести тиск в акумуляторі тиску до заданого, реалізуючи зворотний зв'язок. У ланцюзі нормально-відкритого регулятора тиску струм, в разі витокі з акумулятора тиску зменшується, а для нормальнозакритого – збільшується.

Режим холостого ходу не є єдино можливим. Пропонується також [12,13] використовувати режими розгону вибігу двигуна з паралельним аналізом

процесів. Наприклад, підвищення витoku приводять до відхилень фактичного тиску щодо заданого (рис. 1.6).

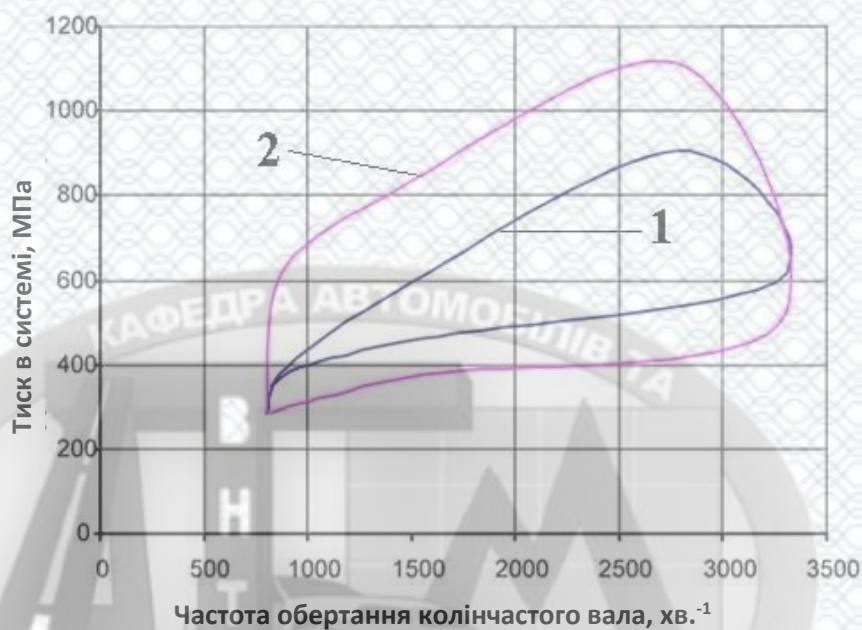


Рисунок 1.6 – Динамічна характеристика тиску палива (в акумуляторі тиску) в системі «Common Rail», в режимі «розгін-вибіг: 1 - фактичний тиск; 2 – заданий

Відомий також спосіб (US 7317983), при якому в якості діагностичного параметра виступає величина індивідуальної корекції подачі палива при роботі двигуна на холостому ході.

Для прикладу, в шестициліндровому двигуні кожен циліндр в своєму робочому циклі прискорює двигун протягом 120° . Електронний блок виконує оцінку роботи двигуна, відповідно, протягом 120° і коригує тривалість впорскування форсунок циліндрів з меншою потужністю на більш тривалий час, а більш потужних циліндрів – на більш короткий час.

Поправочна кількість палива являє собою відхилення від заданого значення. Дані відхилення також можуть використовуватися для пошуку несправностей. При оцінці необхідно враховувати порядок роботи (чергування тактів), наприклад: $1 \Rightarrow 5 \Rightarrow 3 \Rightarrow 6 \Rightarrow 2 \Rightarrow 4$. Кількість палива, що впорскується розраховується з тривалості впорскування і тиску в загальній магістралі. Якщо інжектор не відкривається, то розрахункова кількість більше, ніж дійсне.

Приклад аналізу:

Якщо потужність циліндра 2 низька, то поправочна кількість палива на інжекторі 2 збільшується; якщо після цього двигун все ще працює не рівно, то збільшується і кількість палива для інжектора 4.

У будь-якому випадку, після цього зменшується кількість палива для циліндрів 1 і 5 для того, щоб двигун не обертався дуже швидко. Таким чином, можна розпізнати групу, в якій два інжектора мають перевищення кількості палива (+) і один інжектор, іноді два, який має недостатню кількість палива (-). У цій групі + + - - перший циліндр є тим, який має погану віддачу потужності.

Чутливість даного способу не завжди достатня, в разі великого витoku в ЕГФ, величина поправки може бути несуттєвою, що відчутніше проявляється зі зростанням кількості циліндрів двигуна. Крім того, при рівномірному зносі відхилення в паливних корекціях будуть мало помітні.

Відомий також спосіб діагностики (US 6546912), при якому про роботу форсунок судять по частоті обертання колінчастого вала при певних кутових положеннях, відповідних, наприклад, проміжку такту робочого ходу, коли відбувається процес розширення кожного з циліндрів без компенсації кутової подачі (рис . 1.7).

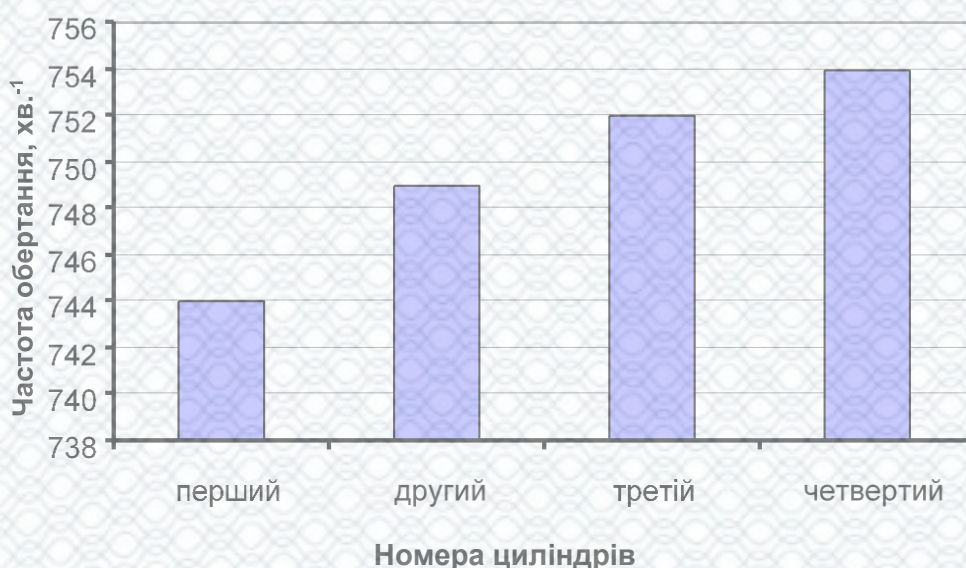


Рисунок 1.7 – Нерівномірність обертання колінчастого вала при відключеному балансуванні циліндрів з несправною форсункою першого циліндра

Розглянутий спосіб має недоліки, аналогічні попередньому, так як не дозволяє однозначно виявити витік, він дозволяє лише судити про рівномірність циклових подач.

У способі (US 7937988), для локалізації індивідуальних витоків запропоновано використовувати зміну нагріву корпусу форсунки, і, як наслідок, електричних характеристик, однак якщо ЕГФ знаходяться під клапанною кришкою, на точність будуть впливати і температурні чинники ДВЗ.

Описані вище методи діагностики мають ряд недоліків, які не дозволяють визначати індивідуальний технічний стан ЕГФ. При цьому найчастіше визначається тільки загальний технічний стан ЕГФ.

Відомим і інформативним способом поелементного діагностування електрогідравлічних форсунок є спосіб, при якому за певний час вимірюється величина витрати палива на управління від кожної форсунки при роботі двигуна, наприклад, на холостому ходу (рис. 1.8). Такий метод досить точний, але на практиці його недоцільно застосовувати в разі розташування ЕГФ під клапанною кришкою через високу трудомісткість.

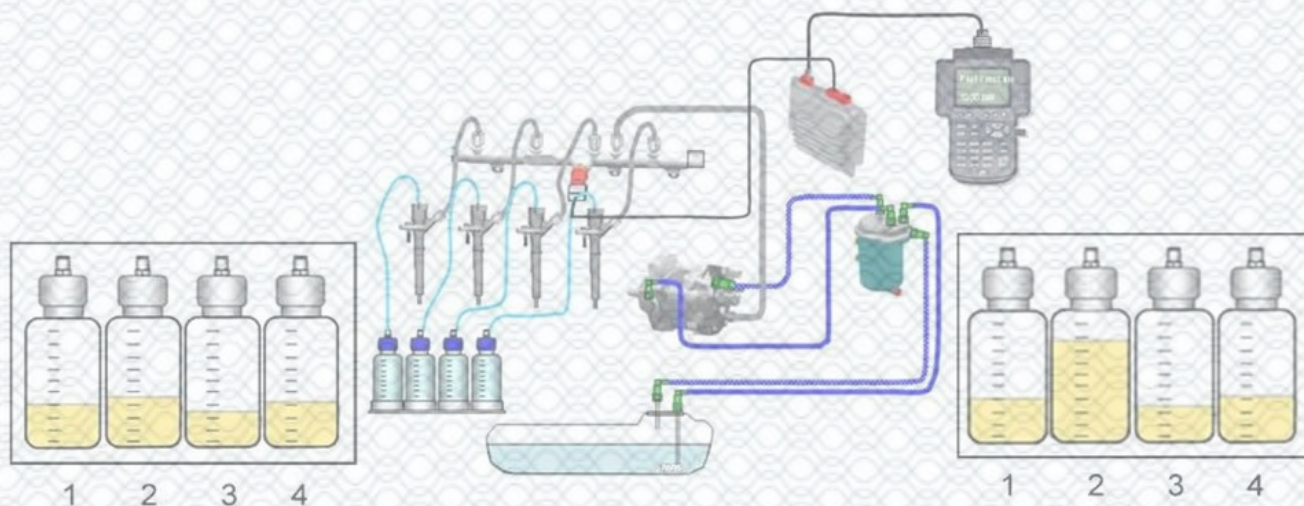


Рисунок 1.8 – Приклад вимірювання величини зворотного зливу з форсунок. Зліва – витіки в допустимому інтервалі; праворуч – у другому циліндрі підвищений витік

Відомий спосіб (US 8459234) діагностики несправностей інжекторів, в тому числі за індивідуальними витокам, при якому аналізується зміна тиску в порожнині подачі форсунки шляхом установки всередину кожної давача, причому для кожної ЕГФ визначена індивідуальна залежність зміни тиску для різних характерних режимів, відхилення від якої дозволяють фіксувати практично будь-яку несправність. Зазначений спосіб перспективний, однак досить високотехнологічний і складний, його неможливо використовувати на існуючих системах СР.

1.3 Аналіз виробничої діяльності ПП «Беркут-Транс»

1.3.1 Загальна характеристика підприємства

Автотранспортне підприємство – Приватне підприємство «Транспортна компанія «Беркут-транс» засноване в 1991 році, воно розташоване за адресою 21022, м. Вінниця, вул. Зулінського, 42.

Основний напрям діяльності ПП «Беркут-транс» – внутрішні автомобільні вантажні перевезення та автомобільні вантажні перевезення по країнах СНД і Європи. З 2000 року підприємство надає послуги з продажу (пригону) вантажних автомобілів та причепів з країн Європи, а також запчастин до них. З 2002 року підприємство надає послуги з ТО та ремонту вантажних автомобілів та причепів, при цьому за час надання автосервісних послуг їх перелік розширився від заміни окремих елементів і дрібних ремонтів до капітального ремонту двигунів коробок передач та інших вузлів, ремонту причіпної техніки. В 2009 році підприємство отримало ліцензію на проведення державного технічного огляду транспортних засобів, для чого відповідно була створена лінія технічного контролю.

В даний час підприємство розвиває всі напрямки своєї діяльності, займаючи лідируючі позиції на ринку торгівлі вантажними транспортними засобами

(автомобілі, причепа і напівпричепа) і митного оформлення автотранспортних засобів.

Предметом діяльності підприємства є:

- надання транспортних послуг з перевезення вантажів суб'єктам підприємницької діяльності, юридичним та фізичним особам;
- технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт автомобілів та причіпної техніки;
- експертна оцінка технічного стану автотранспортної техніки;
- комерційне миття вантажних автомобілів;
- торгівля автомобілями, причепами і напівпричепами, послуги з допомоги митного оформлення транспортних засобів;
- комісійний продаж автомобільної техніки на власних площадках;
- надання посередницьких, інформаційних, консультаційних та комерційних послуг в придбанні матеріалів, устаткування, сировини, комплектуючих та напівфабрикатів.

Основні напрямки перевезень складають внутрішні перевезення по Україні, міжнародні перевезення до Росії та Польщі.

1.3.2 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу

Станом на початок 2020 року ПП «Беркут-транс» має власний рухомий склад, який включає в себе 35 сідлових автопоїздів у складі сідлових тягачів:

- DAF XF95 в кількості 16 од.;
- DAF XF105 в кількості 6 од.;
- VOLVO FH 12 в кількості 5 од.;
- MAN TGA в кількості 2 од.;
- SCANIA R 480 в кількості 1 од.;
- SCANIA 124L в кількості 2 од.;
- RENAULT MAGNUM 460 в кількості 2 од.;
- RENAULT PREMIUM 420 в кількості 1 од.

Сідлові тягачі експлуатуються із напівпричепами різних виробників, таких як Krone, Lamberet, Pacton, SAM, SCHMITZ, Trouillet та ін.

В таблиці 1.3 подано віковий розподіл рухомого складу.

Таблиця 1.3 - Групування власних автомобілів залежно від часу перебування в експлуатації

Тип автомобіля (кузова)	Всього	В т.ч., які перебували в експлуатації з моменту випуску заводом виготовлювачем				
		до 3 років включно	від 3,1 до 5 років включно	від 5,1 до 8 років включно	від 8,1 до 10 років включно	більше 10 років
Сідельні тягачі	35	-	-	3	6	26
Напівпричепи	35	-	-	2	8	25

Аналізуючи дані таблиці 1.3 приходимо до висновку, що вік більшості рухомого складу перевищує 10 років. Це призводить до високих ватрат на експлуатацію транспортних засобів та потреби в оновленні рухомого складу.

1.3.3 Аналіз виробничо-господарської діяльності

Метою аналізу виробничо-господарської діяльності є визначення основних техніко-експлуатаційних показників роботи рухомого складу. Результати роботи автотранспорту ПП «Беркут-транс» за останні три роки наведені в таблиці 1.4.

На основі відомостей, які містяться в таблиці 1.4, визначимо основні техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу за звітний період.

Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію визначається за формулою:

$$\alpha^i_{\epsilon} = \frac{AD^i_{роб}}{AD^i_{госп}}, \quad (1.1)$$

де $AD^i_{роб}$ - автомобіледні в роботі за i -тий період, тис.;

Таблиця 1.4 - Основні дані про роботу автомобілів великої вантажопідйомності

Показники	2017	2018	2019
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	35	36	35
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	12,78	13,14	12,92
3. Автомобіледні в роботі, тис.	9,07	9,20	9,56
4. Час в наряді, тис. год.	94,33	100,26	103,26
5. Загальний пробіг, тис. км	2653,96	2657,30	2823,52
6. Обсяг перевезень, тис. т	1357,96	1335,38	1438,34
7. Вантажообіг, тис. ткм	1337593	1308668	1415330

$AD^i_{госп}$ - автомобіледні перебування в господарстві за i -тий період, тис.

$$\alpha_g^{17} = \frac{9,07}{12,78} = 0,71; \quad \alpha_g^{18} = \frac{9,2}{13,14} = 0,7; \quad \alpha_g^{19} = \frac{9,56}{12,92} = 0,74.$$

Середній час перебування рухомого складу в наряді за добу визначається за формулою:

$$T_n^i = \frac{AG^i_{нар}}{AD^i_{роб}}, \quad (1.2)$$

де $AG^i_{нар}$ - час перебування автомобілів в наряді за i -тий період, тис. год.;

$$T_n^{17} = \frac{94,33}{9,07} = 10,4 год; \quad T_n^{18} = \frac{100,26}{9,2} = 10,9 год; \quad T_n^{19} = \frac{103,26}{9,56} = 10,8 год$$

Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу визначається за формулою:

$$l_{co}^i = \frac{L_{заг}^i}{AD_{роб}^i}, \quad (1.3)$$

де $L_{заг}^i$ – загальний пробіг рухомого складу за i -тий період, тис. км;

$$l_{co}^{17} = \frac{2653,96}{1357,96} = 292,6 км; \quad l_{co}^{18} = \frac{2657,3}{9,2} = 288,9 км; \quad l_{co}^{19} = \frac{2823,52}{9,56} = 295,3 км.$$

Для аналізу динаміки зміни обсягів транспортних послуг розрахуємо індекси зміни обсягів перевезень та вантажообігу. Індекси зміни визначаються за формулою:

$$I_{A_i} = \frac{A'_i}{A_i}, \quad (1.4)$$

де A_i, A'_i - відповідно базисне і звітне значення параметрів.

Для обсягів перевезень:

$$I_{об}^{18/17} = \frac{1335,38}{1357,96} = 0,983; \quad I_{об}^{19/18} = \frac{1438,34}{1335,38} = 1,077;$$

Для вантажообігу:

$$I_{об}^{18/17} = \frac{1308668}{1337593} = 0,978; \quad I_{об}^{19/18} = \frac{14112330}{1308668} = 1,082$$

Аналізуючи отримані результати, можемо прийти до таких висновків:

- за останній час кількість автомобілів на підприємстві знаходиться в межах 35-36 автомобілів; проте рухомий склад досить старий, а оновлення відбувається автомобілями, що були в користуванні;

- час перебування автомобілів в наряді складає 10,4 – 10,9 годин, що є нормальним показником;

- обсяги наданих транспортних послуг в 2018 році дещо знизилися, в порівнянні з 2017 роком, але в 2019 році вони зросли, як в порівнянні з 2018 роком, так і 2017 роком. Це свідчить про те, що зросли експлуатаційні показники рухомого складу (коефіцієнт використання, час в наряді тощо).

Отже вважаємо таку динаміку основних виробничих показників АТП позитивною.

1.4 Аналіз структури і стану виробничо-технічної бази

1.4.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази

Транспортна компанія "Беркут-транс" розміщено на територію за адресою вул. Зулінського, 42. Загальна площа території складає 2,21 га, площа забудови складає 4600 м², площа стоянок (як для власного транспорту, так і для автомобілів клієнтів) – 3000 м², коефіцієнт озеленення – 0,17.

Зберігання рухомого складу здійснюється на території підприємства. Крім того на території підприємства розміщено стоянку для автомобілів клієнтів, а також для автомобілів і причепів на продаж. Заїзд на територію здійснюється з вулиці Зулінського.

На території підприємства розташовано декілька виробничих корпусів. Головний виробничий корпус (основні виробничі приміщення) підприємства знаходиться біля адміністративного і має загальну площу 1512 м². Габарити споруди 36,4x42,4 м. У виробничому корпусі розміщено 2 проїзних пости, на яких виконуються роботи ТО, а також деякі види робіт ПР, 1 проїзний пост, де розміщено діагностичне обладнання. Даний пост використовується як пост діагностування автомобілів, а також як пост лінії технічного контролю. Всі проїзні пости обладнані оглядовими канавами. Крім того є 1 додатковий проїзний пост без оглядової канави. Окремо під кутом 90° до лінії проїзду розташовано 3

тупикових пости ПР, обладнані оглядовими канавами. Крім того, головний виробничий корпус містить такі дільниці:

- агрегатна дільниця;
- дільниця ремонту паливної апаратури;
- зварювальна дільниця;
- слюсарно-механічна дільниця;
- електротехнічна дільниця.

В'їзд на пости головного виробничого корпусу відбувається через ворота розміром 4,5x5,0 м. Також будівля головного виробничого корпусу частково має 2-й поверх у якому знаходяться адміністративні приміщення.

Шиномонтажна дільниця розміщена біля пропускного пункту.

Схематичне планувальне рішення території та виробничих приміщень головного виробничого корпусу наведено в додатку Б.

1.4.2 Аналіз стану виробничо-технічної бази

Метод експрес-діагностування ВТБ базується на визначенні техніко-економічних показників, які оцінюють сучасний стан ВТБ.

До техніко-економічних показників відносять нормативи чисельності виробничих робітників, робочих постів, площ виробничо-складських, адміністративно-побутових приміщень, стоянки для зберігання РС і території підприємства, які призначені для укрупнених розрахунків при розробці схем розвитку і розташування ВТБ підприємств АТ, а також при виконанні на їх основі техніко-економічного обґрунтування нового будівництва і реконструкції підприємств галузі.

Рівень ТЕП залежить від призначення підприємства, типу і структури РС; умов експлуатації автомобілів; форм організації технологічних процесів і праці виконавців робіт; способів зберігання і розстановки автомобілів, розміру земельної ділянки, рельєфу місцевості, способу забудови ділянки, використаних будівельних матеріалів та ін.

Умови експлуатації ПП «Беркут-транс» відрізняються від еталонних, тому для знаходження нормативних значень показників треба еталонні показники помножити на коефіцієнти коригування:

$$P^e = p_n^e \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (1.5)$$

$$\chi^e = \chi_n^e \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (1.6)$$

$$f_{\text{вир}}^e = f_{\text{вир.н}}^e \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (1.7)$$

$$f_{\text{адм}}^e = f_{\text{адм.н}}^e \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (1.8)$$

$$f_{\text{ст}}^e = f_{\text{ст.н}}^e \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_5, \quad (1.9)$$

$$f_{\text{Т}}^e = f_{\text{Т.н}}^e \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (1.10)$$

де p^e , χ^e , $f_{\text{вир}}^e$, $f_{\text{адм}}^e$, $f_{\text{ст}}^e$, $f_{\text{Т}}^e$ – відповідні значення ТЕПів, зведені до умов підприємства;

p_n^e , χ_n^e , $f_{\text{вир.н}}^e$, $f_{\text{адм.н}}^e$, $f_{\text{ст.н}}^e$, $f_{\text{Т.н}}^e$ – значення ТЕПів для еталонних умов.

$K_1 \dots K_7$ – коефіцієнти коригування відповідно до методики [4, 18].

Питомі техніко-економічні показники по всьому підприємству визначаються за формулою:

$$N_H = \sum N_{H_i} / A_{\text{к.зр.}}; \quad (1.11)$$

де N_H – нормативний показник i – го ТЕПа для всього підприємства;

$A_{\text{к.зр.}}$ – кількість технологічно – сумісних автомобілів.

Відхилення значень фактичних показників від нормативних визначаються за формулою:

$$\Delta = (N_{\text{Ф}} - N_H) / N_H \cdot 100; \quad (1.12)$$

де Δ – відхилення фактичних показників від нормативних.

Результати розрахунків занесено в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Порівняння ТЕПів

Назва показника	N _н	N _ф	Δ, %
1. Чисельність виробничих робітників	0,96	1,01	5
2. Кількість робочих постів	0,47	0,63	33
3. Площа виробничо-складських приміщень	54,88	76,28	39
4. Площа допоміжних приміщень	23,94	35,43	48
5. Площа стоянки	68,45	75,30	10
6. Площа території	389,68	487,10	25

Аналіз техніко-експлуатаційних показників АТП показує перевищення нормативних значень. Однак дані ТЕП не враховують додаткової господарської діяльності підприємства – надання автосервісних послуг та послуг з контролю технічного стану, тому вважаємо, що АТП відповідає нормативним вимогам.

Аналіз стану ВТБ показує, що:

- зони і ділянки укомплектовані обладнанням на 65...82 %. Частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим, та вимагає оновлення;

- значна частина робіт по ТО і ПР рухомого складу виконується без належного рівня механізації.

1.4.3 Аналіз існуючої системи і організації ТО і ПР

На підприємстві використовуються проїзні робочі пости. Довжина поста складає 24 м і дозволяє розміщувати один автопоїзд, або 3 сідових тягачі чи одиночні автомобілі. Лінія технічного контролю забезпечена сучасним гальмівним стендом фірми МАНА. Тупикові пости використовуються для робіт ПР автомобілів.

ТО автомобілі проходять за графіком через пробіги, визначені заводом виробником з урахуванням наших умов експлуатації.

Поточний ремонт проводиться за потребою. Робота ремонтних дільниць спрямована на підтримку виконання робіт зони ТО і ПР автомобілів. Всі автосервісні послуги з ТО і ремонту виконуються за заявками власників таких автомобілів, що ускладнює їх планування та узгодження із роботами для власного рухомого складу

Контроль технічного стану відбувається за заявками власників та за планом проходження державного технічного огляду для власних автомобілів.

Послуги з ТО та ПР автомобілів надаються по заявці клієнта.

1.5 Висновки

1. Паливоподаюча система Common Rail – сучасна, перспективна система живлення дизельних двигунів, що відповідає новітнім екологічним та експлуатаційним вимогам.

2. Існуючі методи діагностики ЕГФ або мало інформативні, або трудомісткі, що робить їх застосування в умовах експлуатації не ефективним.

3. Аналіз розглянутих досліджень показує, що рівень знань в питаннях функціонування акумуляторних паливоподаючих систем і їх діагностики в процесі експлуатації є недостатніми.

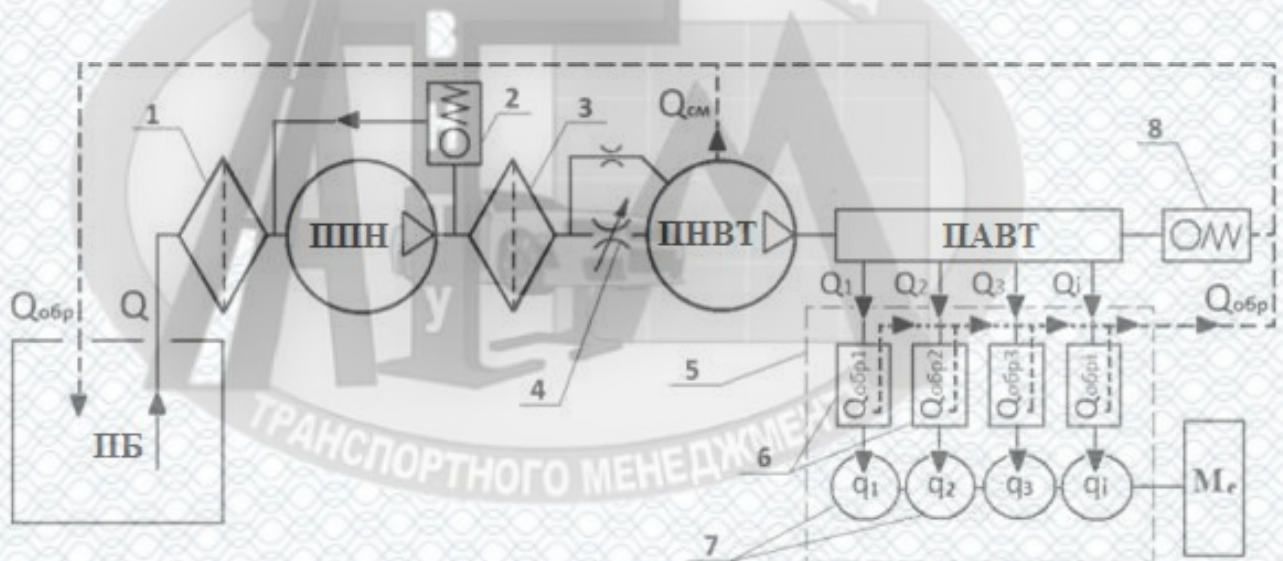
4. Виконавши дослідження виробничих показників, структури та стану рухомого складу ПП «Беркут-Транс» можна зробити висновок, що хоч і рухомий склад експлуатується досить ефективно, проте значний вік автомобілів вже вимагає його оновлення.

5. Аналіз структури і стану ВТБ показав, що на підприємстві існує потреба в вдосконаленні системи підтримки рухомого складу в працездатному стані, зокрема запровадженні більш сучасних і перспективних методів діагностування системи живлення Common Rail.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК ЗА ПАРАМЕТРАМИ ТИСКУ І ВИТРАТИ ПАЛИВА В ЗАГАЛЬНІЙ ЗВОРОТНІЙ МАГІСТРАЛІ

2.1 Аналіз процесу функціонування електрогідравлічної форсунки

На першому етапі розробки математичної моделі розглянемо процес функціонування системи CR у вигляді структурної схеми (рис. 2.1). Дана схема являє інформацію про будову системи і циркуляції палива через її компоненти.



ПБ - паливний бак; ППН - паливopодкачуючий насос; ПНВТ - паливний насос високого тиску; ПАВТ - паливний акумулятор високого тиску; 1 - фільтр грубого очищення палива; 2 - редуційний клапан; 3 - фільтр тонкого очищення палива; 4 - керований дросель дозуючого пристрою; 5 - корпус двигуна; 6 - електрогідравлічні форсунки; 7 - циліндри двигуна; 8 - запобіжний клапан.

Рисунок 2.1 – Структурна схема процесу функціонування акумуляторної паливоподаючої системи

Гідравлічний контур низького тиску містить паливний бак, фільтр грубої очистки (при його наявності), паливopідкачуючий насос, фільтр тонкого очищення, редуктор тиску, електромагнітний дозуючий пристрій (клапан-регулятор потоку).

Контур високого тиску системи CR, метою якого є створення і підтримання необхідного тиску і необхідної витрати, містить: паливний насос високого тиску (ПНТВ), паливний акумулятор високого тиску і електрогідравлічні форсунки (ЕГФ), на кількість циліндрів дизеля.

Наступним кроком виділимо частину системи CR, пов'язану з ЕГФ, представимо її структурну схему більш детально (рис. 2.2).

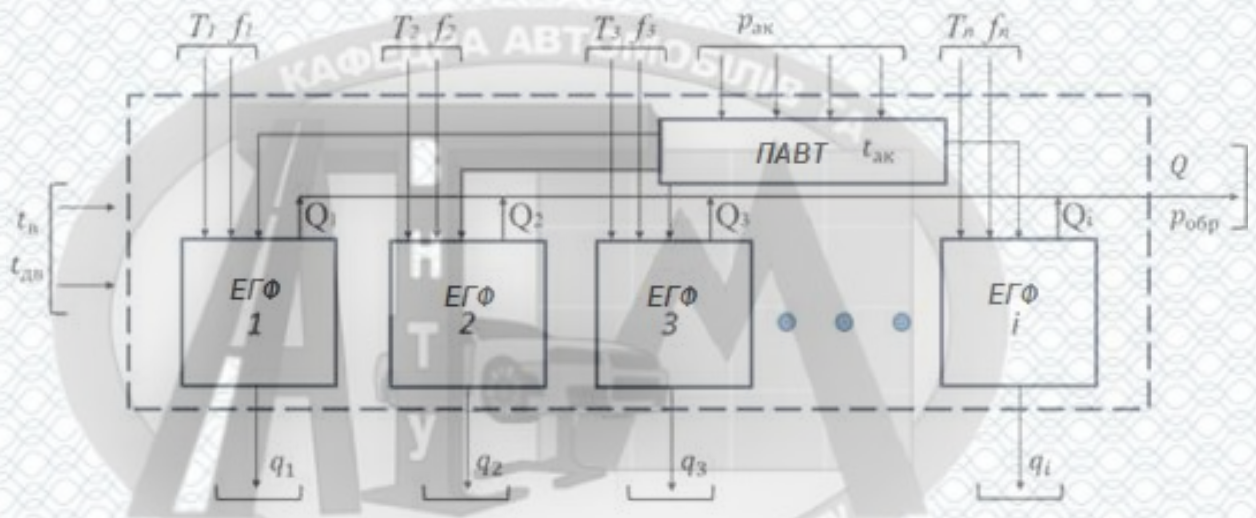


Рисунок 2.2 – Структурна схема процесу функціонування ЕГФ в складі системи Common Rail

На схемі вказані:

- параметри зовнішніх впливів: температура повітря t_v , температура двигуна $t_{дв}$, густина палива ρ_m , в'язкість палива ν_m ;
- керуючі параметри: тиск палива $p_{ак}$, тривалість сигналу управління T , частота проходження імпульсів $f_{имп}$;
- внутрішні параметри: температура палива в акумуляторі $T_{ак}$, Q_i ;
- вихідні параметри: витрата на управління Q , тиск в зворотній магістралі $p_{обр}$, циклова подача q_i .

Керуючі параметри: $p_{ак}$, T , $f_{имп}$ і параметри зовнішніх впливів для ЕГФ: $T_{ак}$, t_v , $t_{дв}$, ρ_m , ν_m , мають практично несуттєві відмінності і є загальними для групи ЕГФ в складі системи живлення. Навпаки, циклова подача q_i і витрата палива на

управління цикловою подачею Q_i , являють собою індивідуальні вихідні параметри, що характеризують функціонуючу ЕГФ. У проведеному дослідженні, найбільший інтерес представляє параметр Q_i , що впливає з першого розділу. Однак, поряд з загальною витратою Q , рух палива в загальній зворотній магістралі інформативно характеризує тиск $p_{обр}$. Для виділення Q_i в загальній витраті на управління цикловою подачею Q , необхідно встановити взаємозв'язок між Q і $p_{обр}$.

З цією метою необхідно виділити об'єкт дослідження і розглянути процес функціонування ЕГФ (рис. 2.3).

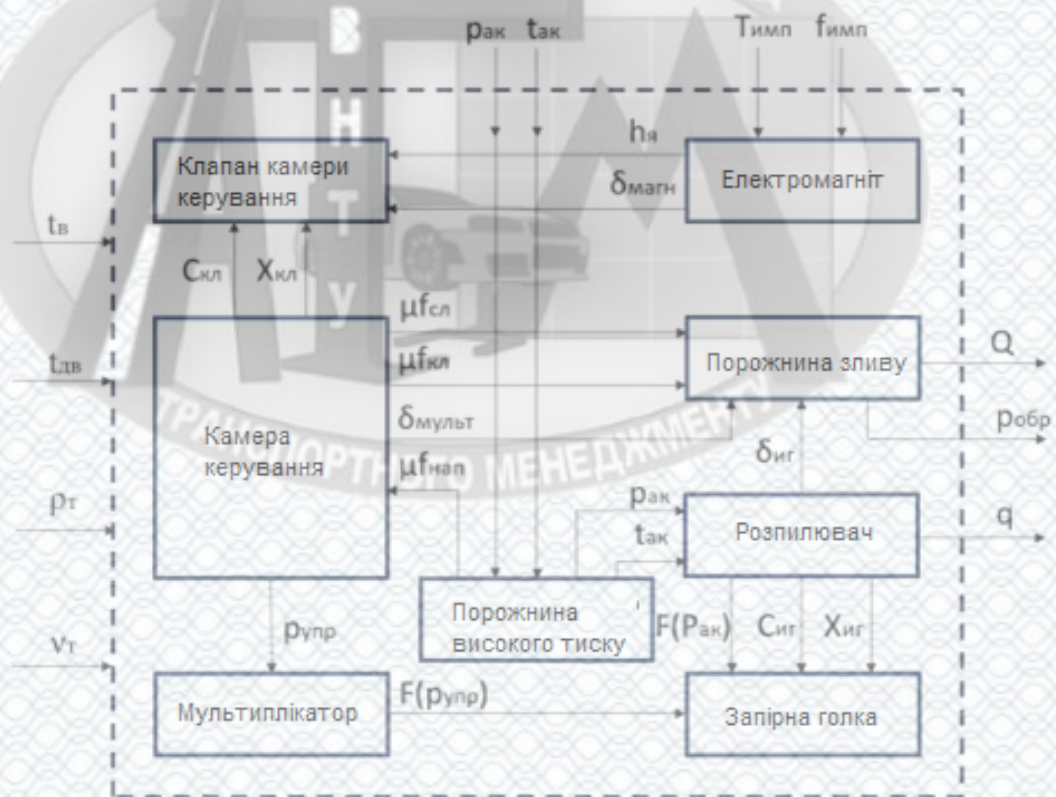


Рисунок 2.3 – Структурна схема процесу функціонування ЕГФ

На схемі вказані:

- параметри зовнішніх впливів: температура повітря $t_{в}$, температура двигуна $t_{дв}$, густина палива ρ_m , в'язкість палива ν_m ;
- структурні параметри: пропускний перетин наповнювального жиклера $\mu_{f_{нап}}$, пропускний перетин зливного жиклера $\mu_{f_{сл}}$, перетин нещільності керуючого

клапана $\mu_{кл}$, зазор корпус-мультиплікатор $\delta_{мульти}$, зазор корпус-напрямна голки розпилювача $\delta_{иг}$;

– регулювальні параметри: хід якоря $h_{я}$, магнітний зазор $\delta_{магн}$, жорсткість пружини клапана $c_{кл}$, хід клапана $x_{кл}$, жорсткість пружини голки розпилювача $c_{иг}$, хід запірної голки $x_{иг}$;

– вихідні (функціональні) параметри: витрата на управління Q , тиск в зворотній магістралі $p_{обр}$, циклова подача q ;

– сили, що діють на рухомі елементи: на мультиплікатор, з боку камери управління $F(p_{упр})$, на поршневу частину голки розпилювача, з боку розпилювача $F(p_{ак})$.

За якість роботи ЕГФ відповідають її структурні і регулювальні параметри, які змінюються в залежності від часу роботи, якості палива і умов експлуатації автомобіля. Для виявлення відхилення структурних параметрів застосовуються різні діагностичні методи, які реалізуються як на автомобілі, так і зі зняттям ЕГФ з двигуна [12, 13]. Обґрунтування методів діагностики ЕГФ вимагає аналітичного дослідження її робочих процесів. Всі параметри і взаємозв'язки, виявлені при аналізі структурних схем, враховані в математичній моделі ЕГФ.

2.2 Математичний опис процесу функціонування електрогідравлічної форсунки

Інжектор автомобільного дизельного двигуна працює в досить широкому діапазоні зміни подач. В якості цільової функції досліджуваного процесу запишемо такий вираз [9]:

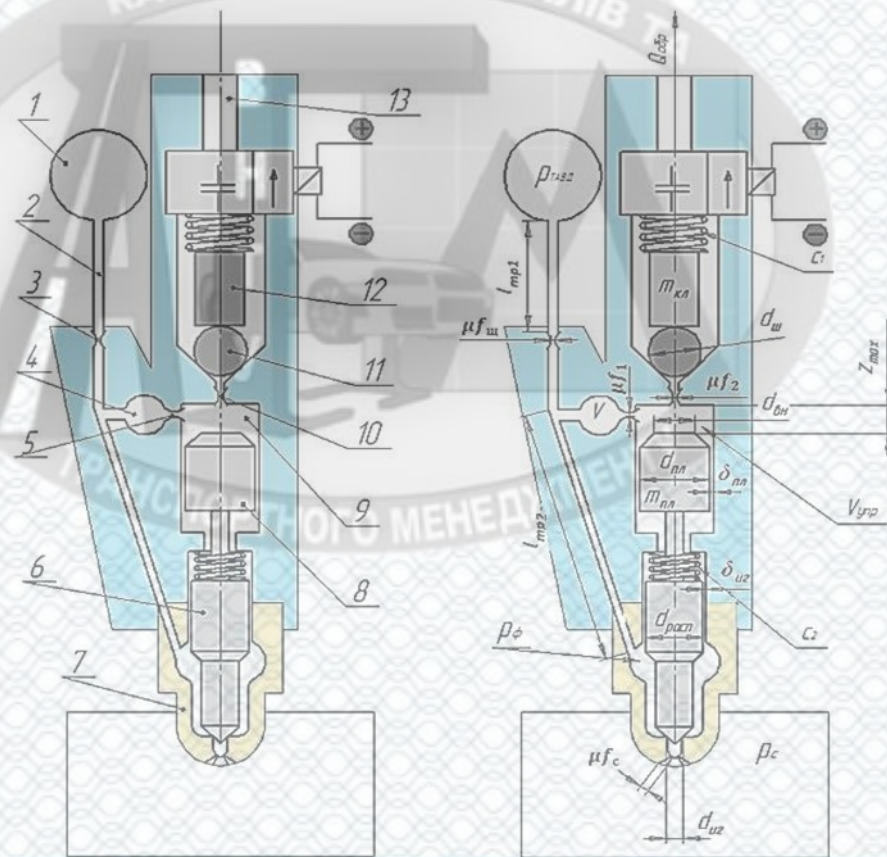
$$\begin{cases} q_i^{\min} \leq q_i \leq q_i^{\max}, \\ Q_i \leq Q_i^{\lim}, \end{cases} \quad (2.1)$$

де q_i – циклова подача i -го режиму роботи, мм^3 ;

q_i^{\min} , q_i^{\max} – значення мінімально і максимально допустимих циклових подач i -го режиму роботи, мм^3 ;

Q_i і Q_i^{lim} – відповідно номінальна і допустима величина витрати палива на управління, $\text{мм}^3/\text{с}$.

З метою опису динамічних процесів, розглянемо розрахункову схему ЕГФ (рис. 2.4) [32]. На даній схемі ЕГФ вказані обов'язкові параметри, що враховуються при описі робочих процесів.



1 - паливний акумулятор; 2 - трубка високого тиску; 3 - щілинний фільтр; 4 - вхідна камера; 5 - наповнювальний жиклер; 6 - голка розпилювача; 7 - корпус розпилювача; 8 - плунжер-мультиплікатор; 9 - камера управління; 10 - зливний жиклер; 11 - кульковий клапан; 12 - якір клапана; 13 - порожнина зворотної магістралі

Рисунок 2.4 – Розрахункова схема електрогідравлічної форсунки

Спрацьовування електрогідравлічної форсунки відбувається під дією сигналу управління, що живить електромагніт. Сила тяги електромагніту

виразиться рівнянням балансу напруг, яке, при постійній індукції матиме вигляд [2]:

$$U_0 = iR + L \frac{di}{dt}, \quad (2.2)$$

де L - індуктивність контуру, Гн;

i – сила струму в контурі керування;

R – опір обмотки електромагніта.

Силу тяги електромагніту визначимо, виходячи з відомої залежності Максвелла [16]:

$$F_{\text{маг}}(\delta) = \frac{i^2 w^2 \mu S}{2(\delta_{\text{магн}} - h)}, \quad (2.3)$$

де w - число витків в обмотці електромагніту;

μ - магнітна проникність палива в зазорі між якорем і електромагнітом;

S - площа якоря електромагніту, м².

Рівняння руху якоря клапана матиме вигляд:

$$m_{\text{кл}} \frac{dv_{\text{кл}}}{dt} + k_{\delta} v_{\text{кл}} = (p_{\text{кл}} - p_{\text{сл}}) S_{\text{кл}} + \sigma_{\text{унр}} F_{\text{маг}}(\delta) + c_1(x_1 + h) - c_2 h - \lambda_{\text{унр}} F_1, \quad (2.4)$$

$$v_{\text{кл}} = \frac{dh}{dt},$$

де $m_{\text{кл}}$ - маса рухомих елементів клапана, кг;

h - хід якоря клапана, м;

$v_{\text{кл}}$ - швидкість переміщення клапана, м / с;

k_{δ} - коефіцієнт демпфування, Н · с / м;

$p_{\text{кл}}$ - тиск в порожнині клапана, Па;

$p_{\text{сл}}$ - тиск в порожнині зливу, Па;

$S_{\text{кл}}$ - поздовжній перетин клапана, мм²;

$\sigma_{\text{упр}}$ - ступінчаста функція;

$F_{\text{маг}}(\delta)$ - зусилля електромагніта в залежності від зазору δ , Н;

c_1 - жорсткість пружини якоря, Н / м;

c_2 - жорсткість демпфуючої пружини, Н / м;

x_1 - попередня деформація пружини, м;

F_1 - сила, що виникає після зіткнення рухомих і нерухомих деталей, Н.

При переміщенні рухомих частин електромагнітного клапана необхідно враховувати їх зіткнення з нерухомими елементами в верхньому і нижньому упорах, роль яких виконують стійка клапана і сідло клапана відповідно. Необхідність врахування цієї обставини викликана впливом на процес подачі палива і, відповідно на точність розрахунку. Зіткнення двох елементів викликає їх відскок, при цьому частина енергії, що витрачається на деформацію, перетворюється в кінетичну. Цю частину визначимо за допомогою коефіцієнта відновлення.

Сила удару моделюється з урахуванням контактної жорсткості [5]:

$$F_1 = k \cdot \delta, \quad (2.5)$$

де k - контактна жорсткість, Н / м;

δ - податливість, м.

Контактна жорсткість визначається за таким рівнянням:

$$k = m_{\text{клап}} \left(\frac{\pi}{\Delta t} \right)^2 \left[1 + \left(\frac{\ln k_g}{\pi} \right)^2 \right], \quad (2.6)$$

де k_g - коефіцієнт відновлення.

У свою чергу визначимо коефіцієнт відновлення [5]:

$$k_{\epsilon} = -\frac{\dot{h}_{y0}}{\dot{h}}, \quad (2.7)$$

де \dot{h}_{y0} - швидкість клапана після зіткнення, м/с;

\dot{h} - швидкість клапана до зіткнення, м / с.

Керуючі ступінчасті функції, які накладають обмеження на переміщення клапана, матимуть вигляд (для виразу (2.4)):

$$\sigma_{упр} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } t > \tau_{имп}; \\ 1, \text{ якщо } t < \tau_{имп}; \end{cases} \quad (2.8)$$

$$\begin{cases} 1, \Rightarrow h = h_{\max}; \\ 0, \Rightarrow 0 < h \leq h_{\max}, \end{cases} \quad (2.9)$$

де $\tau_{имп}$ - тривалість імпульсу.

Складемо рівняння переміщення плунжера-мультиплікатора, враховуючи попередній натяг пружини і те, що він керується гідравлічно, за рахунок різниці тисків палива в порожнині розпилювача і в камері управління (тертям між плунжером-мультиплікатором і клапаном знехтуємо):

$$m_{nl} \frac{d^2 z}{dt^2} = \sigma_2 \left[\frac{p_{упр} \pi d_{nl}^2}{4} - \frac{p_{ак} \pi (d_{расп}^2 - d_{из}^2)}{4} + c_{пр.розп} (z + x) \right], \quad (2.10)$$

де m_{nl} - маса рухомих деталей (поршня і голки розпилювача), г;

z - величина переміщення плунжера-мультиплікатора, мм;

σ_2 - керуюча ступінчаста функція, що накладає обмеження на переміщення плунжера- мультиплікатора;

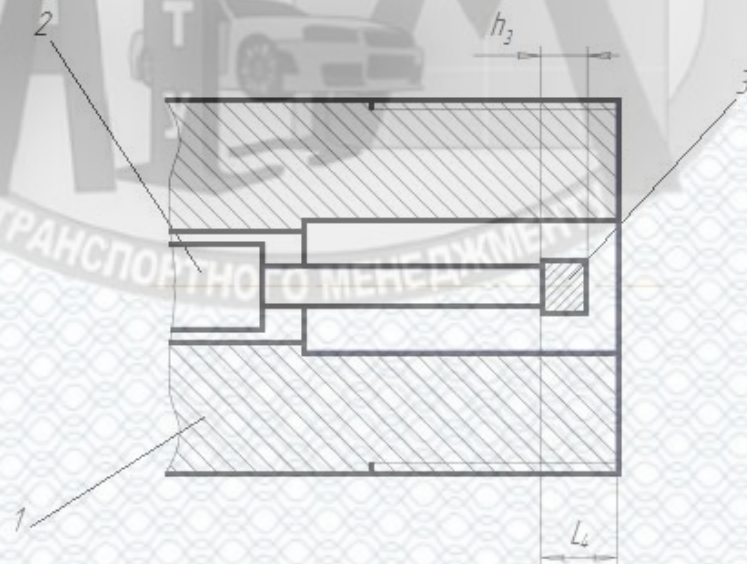
$p_{ак}$ - тиск в акумуляторі, МПа;

$d_{расп}$, $d_{из}$ - відповідно діаметри плунжера-мультиплікатора, що направляє частини розпилювача і голки, мм;

$C_{пр.розп}$ - жорсткість пружини розпилювача, Н / мм;

x - попередня деформація пружини розпилювача, мм.

Необхідно врахувати дві обставини: по-перше, максимальне переміщення плунжера-мультиплікатора, як правило, має обмеження, наприклад, для ЕГФ Bosch (рис. 2.5). А по-друге, наявність зворотного зв'язку по підйому голки, що виникає при перекритті торцем плунжера-мультиплікатора каналу управління. В цьому випадку розвантаження камери управління припиниться, проте наповнення паливом через наповнюючий жиклер продовжується. В результаті плунжер-мультиплікатор, разом з голкою віджимається вниз і знаходиться в певному рівноважному положенні, при якому встановлюється мінімальна витрата палива на управління [9].



1 - корпус ЕГФ; 2 - шток плунжера-мультиплікатора; 3 - проставка

Рисунок 2.5 – Обмеження максимального ходу голки розпилювача

Тоді, керуюча ступінчаста функція, що накладає обмеження на переміщення плунжера-мультиплікатора (а відповідно і голки розпилювача) виразиться так:

$$\begin{cases} 0, \Rightarrow z = 0; \\ 1, \Rightarrow 0 < z \leq L_4 - h_3. \end{cases} \quad (2.11)$$

З урахуванням зворотного зв'язку рівняння переміщення рухомих частин плунжера-мультиплікатора і голки розпилювача (2.10) запишеться таким чином:

$$m_{пл} \frac{d^2 z}{dt^2} = \sigma_2 \left[\sigma_1 \frac{p_{упр} \pi d_{вн}^2}{4} + \frac{p_{упр} \pi (d_{пл}^2 - d_{вн}^2)}{4} - p_{\phi} f_u + c_{пр.розп} (z + x) - p'_c \frac{\pi d_{ис}^2}{4} \right], \quad (2.12)$$

де $d_{вн}$ - внутрішній діаметр плунжера-мультиплікатора, який перекриває канал зливу клапана управління, мм.

При моделюванні прийнято, що площа поперечного перерізу розпилювача змінювалася за такою умовою:

$$f_u = \begin{cases} \frac{\pi d_{расп}^2}{4}, & \text{якщо } z > 0,005; \\ \frac{\pi (d_{расп}^2 - d_{ис}^2)}{4}, & \text{якщо } z \leq 0,005. \end{cases} \quad (2.13)$$

Керуюча ступінчаста функція, що накладає обмеження на переміщення плунжера-мультиплікатора (а відповідно і голки розпилювача) виразиться таким чином:

$$\sigma_1 = \begin{cases} 0, & \text{якщо } z = 0 \text{ або } z = z_{\max}; \\ 1, & \text{якщо } 0 < z < z_{\max}. \end{cases} \quad (2.14)$$

Тиск з боку середовища (камери згоряння), на голку розпилювача визначиться за виразом [10]:

$$p'_c = \left(\frac{\mu_p f_p}{\mu_c f_c} \right)^2 (p_{\phi} - p_c) + p_c. \quad (2.15)$$

Витрату палива через сопла форсунки знайдемо за [10]:

$$G_{\phi} = \rho \mu_c f_c \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_{\phi} - p_c|}. \quad (2.16)$$

Зміна тиску палива в камері управління відповідно до розрахункової схеми (див. рис. 2.3), з урахуванням нерозривності потоку [8]:

$$\frac{dp_{\text{упр}}}{dt} = \frac{Q_{\mu f1} - Q_{\mu f2} - Q_{\mu f3} - \frac{dV_{\text{nl}}}{dt}}{\alpha \left(V_{\text{nl}} - z \frac{\pi d_{\text{nl}}^2}{4} \right)}, \quad (2.17)$$

де α - коефіцієнт стискаємості палива;

$Q_{\mu f1}$ - витрата палива з акумулятора в камеру управління, мм³/с;

$Q_{\mu f2}$ - витрата палива через керуючий клапан, мм³/с;

$Q_{\mu f3}$ - витрата палива через ущільнення клапана, мм³/с.

Початкові умови для вирішення системи рівнянь ($t = 0$):

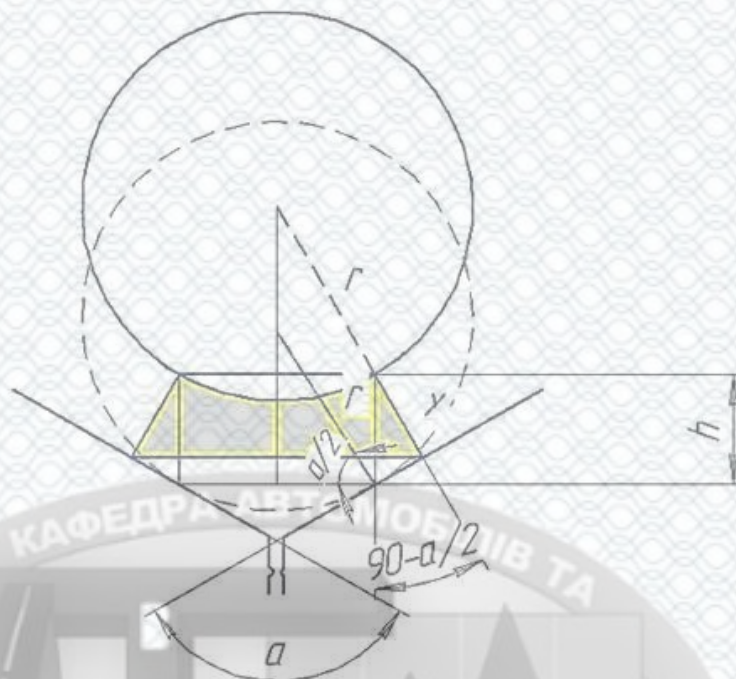
$$v_{\text{кл}} = 0; v_{\text{пл}} = 0; c_z = 0; z = 0; p_{\text{упр}} = p_{\text{ак}}; V_{\text{кл}} = 0; h = 0. \quad (2.18)$$

Зміна тиску в інших порожнинах розраховується аналогічно.

Одним з ключових моментів математичної моделі є опис функціонування керуючого клапана, як основної причини зміни технічного стану ЕГФ.

Математичний опис виконано виходячи з таких міркувань. При піднятті клапана тиск в керуючій камері знижується завдяки сполученню її з порожниною зливу за допомогою зливного жиклера. Паливо починає рухатися через проміжок між кулькою і конічним ущільненням клапана. Це ущільнення має форму кільця.

Для того щоб знайти бічну площу поверхні, складемо розрахункову схему (рис. 2.6).



α - кут конуса посадкового місця кульки; r - радіус кульки; h - хід кульки (клапана)

Рисунок 2.6 – Схема переміщення кульки в клапані ЕГФ

Напрямна усіченого конуса і його висоту можна знайти за формулами:

$$y = h \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (2.19)$$

$$h = (r + y) \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (2.20)$$

Нижню основу усіченого конуса (затемненого) розрахуємо за формулою:

$$S_{\text{сон.нижн}} = 2 \left[r + h \sin \frac{\alpha}{2} \right] \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (2.21)$$

Площа бічної поверхні конуса:

$$S_{\text{бок}} = 2\pi h \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \left[2r + h \sin \frac{\alpha}{2} + 2r \cos \frac{\alpha}{2} \right]. \quad (2.22)$$

Радіус нижньої основи:

$$R = \left[r + h \sin \frac{\alpha}{2} \right] \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (2.23)$$

Радіус верхньої основи клапана:

$$r_1 = r \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (2.24)$$

Обсяг кільцевої порожнини при спрацьовуванні клапана:

$$V_{\text{кол}} = \frac{\pi}{3} (R^2 - r^2) h. \quad (2.25)$$

Різниця тисків палива камера управління – злив:

$$\Delta p = p_{\text{упр}} - p_0, \quad (2.26)$$

де $p_{\text{упр}}$ - тиск палива в камері управління, МПа;

p_0 - тиск палива в зворотній магістралі, МПа.

Різниця тисків палива між акумулятором і камерою управління:

$$\Delta p_{\text{вх}} = p_{\text{ак}} - p_{\text{упр}}, \quad (2.27)$$

де $p_{\text{ак}}$ - тиск в акумуляторі палива, МПа.

2.3 Теоретичне обґрунтування удосконалення методу діагностики електрогідравлічних форсунок

Зміна технічного стану ЕГФ в процесі експлуатації автомобіля обумовлена не тільки інтенсивними динамічними і температурними навантаженнями. Особливу роль тут відіграє якість використовуваного палива. Паливо є робочим тілом форсунки, впливаючи на її елементи і приводячи їх у рух. Неякісне паливо, безпосереднім чином призводить до гідроабразивного зношування, що тягне появу зазорів і механічних пошкоджень. Результатом є підвищені витoki, величина яких характеризує технічний стан ЕГФ.

Розглянемо витoki палива в механізмі типового інжектора дизельної паливної системи Common Rail (рис. 2.7) [29]. Вони відбуваються в канал зливу – порожнина з низьким тиском, близьким до атмосферного. Витoki палива підрозділяються на статичні – при відсутності сигналу керування і закритому керуючому клапані і динамічні – при дії сигналу управління і відкритому керуючому клапані. Паливо в зворотну магістраль проникає через зазори запірної голки і її направляючої, плунжера-мультиплікатора і його ущільнення, а також нещільність керуючого клапана.

На схемі (рис. 2.7) зазначені:

- витрата палива через поршневу частину голки Q_{ir} і плунжера-мультиплікатора $Q_{пл}$;
- витрата палива $Q_{кл}$ через ущільнення μf_3 клапана камери управління;
- тиск в акумуляторі палива $p_{ак}$;
- тиск в камері управління $p_{упр}$;
- тиск в зливній порожнині p_0 ;
- прохідні перетини наповнювального і зливного жиклерів μf_1 і μf_2 ;
- обсяг утворений, переміщенням плунжера-мультиплікатора $V_{пл}$.

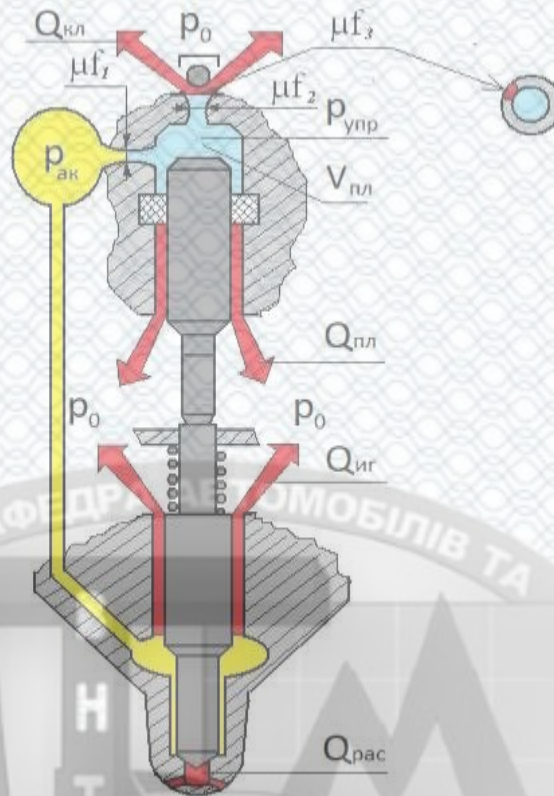


Рисунок 2.7 – Схема руху палива через зазори і дефекти ущільнень електрогідравлічної форсунки

У свою чергу, виток палива через зазори і ущільнення, віднесені до статичних $Q_{ст}$, визначаються як сума витоків палива через направляючу частину плунжера-мультиплікатора, клапана і виток палива через циліндричну напрямну запірної голки розпилувача. При цьому можливий нещільний стан розпилувача по конічній частині голки не розглядається, оскільки ЕГФ в цьому випадку втрачає працездатність, а для ДВЗ це може привести до серйозної поломки деталей. Таким чином виток палива в зворотну магістраль запишуться як:

$$Q = Q_{ст} + Q_{дин}, \quad (2.28)$$

де $Q_{ст}$ та $Q_{дин}$ – статичні та динамічні витрати палива, $\text{мм}^3/\text{с}$.

В свою чергу

$$Q_{ст} = Q_{пл} + Q_{кл} + Q_{иг}, \quad (2.29)$$

де $Q_{пл}$ - витрата палива через ущільнення плунжера, $\text{мм}^3/\text{с}$;

$Q_{кл}$ – витрата палива через зазори керуючого клапана, $\text{мм}^3/\text{с}$;

$Q_{иг}$ – витрата палива через зазор направляючої запірної голки, $\text{мм}^3/\text{с}$.

Динамічна витрата палива на управління залежить від кількості палива, що пройшло через керуючий клапан зі зміною обсягу, внаслідок переміщення плунжера-мультиплікатора:

$$Q_{дин} = Q_{кл} + \frac{dV_{пл}}{dt} = Q_{кл} + \frac{dz_{пл}}{dt} \frac{\pi d_{пл}^2}{4}, \quad (2.30)$$

де $V_{пл}$ – об'єм, утворений при переміщенні плунжера-мультиплікатора, мм^3 ;

$\frac{dz_{пл}}{dt}$ – швидкість переміщення плунжера, $\text{м} / \text{с}$;

$d_{пл}$ - діаметр плунжера-мультиплікатора, мм ;

$Q_{кл}$ - витрата палива через керуючий клапан, $\text{мм}^3/\text{с}$.

Витрата палива через поршневу частину плунжера [2]:

$$Q_{пл} = \frac{\pi d_{пл} (\delta_{пл} + 2Bp_{упр})^3 \cdot p_{упр}}{96\mu_{пл}}, \quad (2.31)$$

де $d_{пл}$ - діаметр плунжера, мм ;

$\delta_{пл}$ – початковий діаметральний зазор в парі плунжер – втулка, мм ;

B - коефіцієнт, що враховує деформацію втулки від тиску палива;

$p_{упр}$ - тиск в камері управління, МПа ;

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості палива при поточних тисках і температурі;

$l_{пл}$ - довжина прецизійної частини плунжера, мм .

Витрата через прецизійний зазор між голкою і корпусом розпилювача [2]:

$$Q_{роз} = \frac{\pi d_u \delta_u \beta p_{роз} \ln c}{12\mu_u (c-1)}, \quad (2.32)$$

де d_u – діаметр голки, мм;

δ_u – початковий діаметральний зазор в парі голка – розпилювач, мм;

$p_{\text{роз}}$ – тиск палива в кишені розпилювача, МПа;

l_u – довжина прецизійної частини голки;

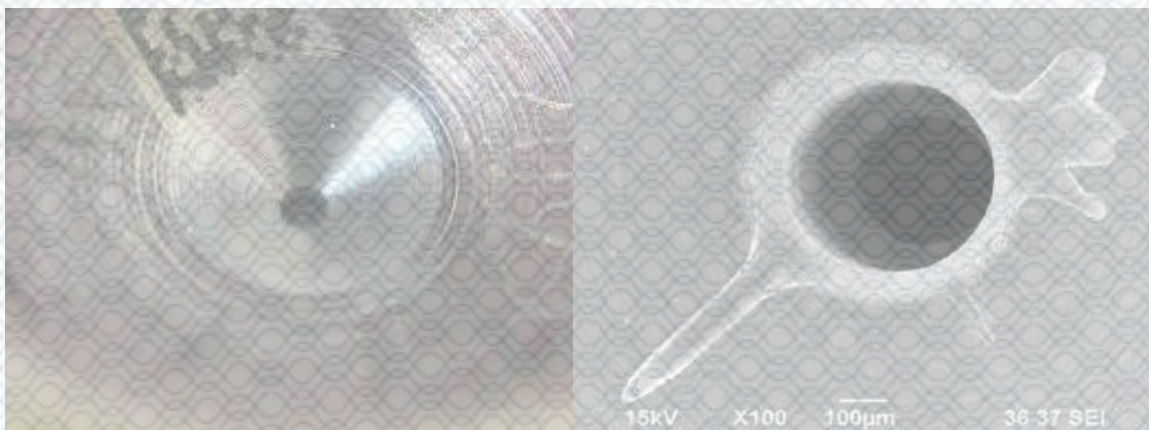
β - коефіцієнт, що враховує зміну форми ущільнюючого зазору внаслідок ексцентриситету голки:

$$\beta = 1 + 1,5 \frac{l_u}{\delta_u}; \quad (2.33)$$

c - постійний коефіцієнт, що залежить від фізичних властивостей палива, $c = 1,0025$.

Моделювання витоків через зношений клапан камери керування має особливості. На процес витікання палива і, отже, вид графіка тиску в зворотній магістралі впливає не тільки площа нещільності, а й геометрична форма зношених ділянок кромки кінцевого сідла керуючого клапана.

При моделюванні пошкодження ущільнюючої кромки клапана в процесі зносу враховувалася зміна кута – $\alpha/2$ в зоні пошкодження на кут – α' , при витіканні під високим тиском це істотно впливає на витік і характер зміни тиску після керуючого клапана (рис. 2.8, 2.9).



а) без зносу

б) зі зносом

Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд кінцевого сідла керуючого клапана

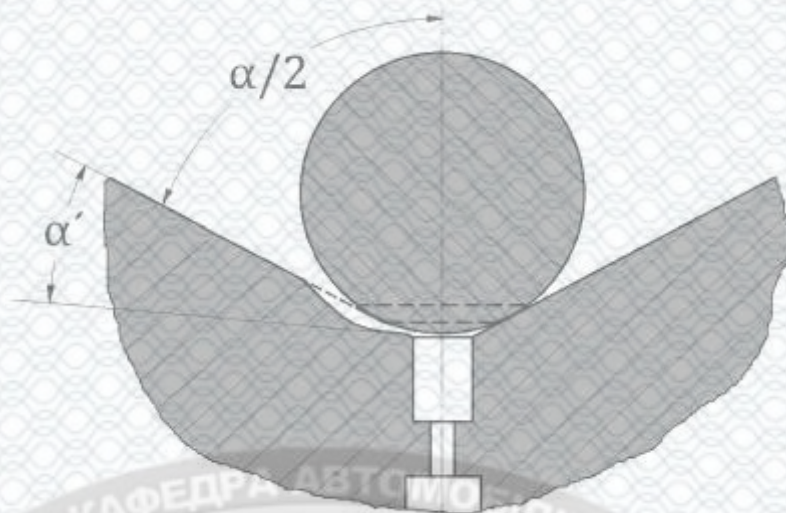


Рисунок 2.9 – Розрахункова схема керуючого клапана ЕГФ, що має знос

Крім зміни кута конічного сідла клапана, при зносі виникають додаткові канали (рис. 2.8 б). Надалі, при спільному вирішенні рівнянь, наведених вище, стає можливим аналітично виявити зміни витрати і тиску в загальній зворотній магістралі. Знос математично змодельований також збільшенням діаметральних зазорів в парах «голка-розпилювач», а також «корпус клапана-плунжер». Таким чином, наявність нещільностей, викликаних, перш за все, зносом керуючого клапана, впливає і на загальну витрату і на тиск. Тому в разі значної трудомісткості або неможливості вимірювання витрат палива на управління від кожної форсунки, для збільшення інформативності діагностування, доцільно використовувати дані про витрату і тиск палива в загальній зворотній магістралі акумуляторної паливоподаючої системи. Динаміка руху палива в загальній зворотній магістралі, а значить, і зазначених діагностичних параметрів залежать як від порядку роботи, так і від взаємного розташування форсунок.

Реалізація методу передбачає наявність стабільного тестового режиму. Режим холостого ходу є найбільш доступним і реалізованим режимом роботи двигуна, для цілей проведення діагностики системи живлення в умовах експлуатації. Це особливо важливо при процедурах, пов'язаних з підключенням до паливних ліній, так як забезпечує кращий контроль і безпеку при проведенні робіт. Крім того, функціонування двигуна в режимі холостого ходу, вимагає від

ЕГФ системи Common Rail малих, але точних і збалансованих подач, що, в свою чергу, підвищує інформативність при оцінці їх технічного стану. При низькій частоті обертання також значно менша ймовірність накладання хвиль тиску в загальній зворотній магістралі. Виходячи з даних міркувань, режим холостого ходу виявився кращим, для розробленого методу діагностики ЕГФ. У цьому ж зв'язку, теоретичні та експериментальні дослідження проводилися з основними, відповідними для режиму роботи двигуна, припущеннями.

2.4 Висновки

1. Розроблена структурна схема процесу функціонування електрогідравлічних форсунок з урахуванням зносу клапана камери управління дозволяє виконувати аналіз впливу на об'єкт дослідження зовнішніх і внутрішніх факторів, а також параметрів технічного стану. За результатами аналізу схеми сформована математична модель досліджуваного процесу/

2. Сформована математична модель дозволяє проводити аналітичне дослідження процесу функціонування електрогідравлічної форсунки з урахуванням зносу клапана камери управління. Вона містить математичний опис гідродинамічних процесів руху палива, процесів переміщення рухомих частин, а також формування тиску і витрат палива в загальній зворотній магістралі.

3. На основі розроблених теоретичних передумов науково обґрунтовано удосконалений метод діагностики електрогідравлічних форсунок за параметрами тиску і витрати палива в загальній зворотній магістралі.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК СИСТЕМИ COMMON RAIL

Транспортна компанія «Беркут-Транс» є підприємством яке використовує власну ВТБ для цілей підтримки власних автомобілів в технічно справному стані, так і надання послуг з ТО і ремонту для автомобілів клієнтів.

3.1 Розрахунок виробничої програми ПП «Беркут-Транс»

Виконаємо розрахунок виробничої програми для обслуговування власного рухомого складу ПП «Беркут-транс». Відповідно до аналізу показників експлуатації автомобілів (див. 1 розділ), видно що останні роки показники експлуатації залишаються більш менш стабільні .тому для розрахунків за основу візьмемо показники останнього року експлуатації автомобілів.

Вихідні дані для розрахунку:

- кількість рухомого складу – 36 од.
- пробіг до ТО-1 – 20000 км (усереднене значення рекомендацій заводів-виробників);
- пробіг до ТО-1 – 40000 км (усереднене значення рекомендацій заводів-виробників);
- середньодобовий пробіг – 295 км;
- категорія умов експлуатації – I;
- кількість робочих днів на рік – 305;
- режим роботи: для виробничих зон – дві зміни, для дільниць – одна зміна; роботи по ТО-1 виконуються в другу зміну.

Проаналізувавши парк рухомого складу приходимо до висновку, що всі автомобілі можна об'єднати в одну технологічно сумісну групу, незалежно від автовиробника.

Враховуючи те, що автомобілі працюють з відривом від основної бази в роботі ЩО не передбачаються. До розрахунків тільки слід внести прибирально-мийні роботи перед ТО і ПР.

Розрахунки виконуються за загальноприйнятою методикою (див. [4, 18, 20]). Так як сідлові тягачі експлуатуються разом зі своїми напівпричепами, то всі пробіги будемо рахувати по тягачу. Результати розрахунків виробничої програми зводимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та результати розрахунку виробничої програми

Показник	Позначення	Автомобіль-тягач з напівпричепом
Спискова кількість автомобілів	$A_{СП}$	35
Ресурс автомобіля, км	L_p	1000000*
Пробіг рухомого складу до ТО-1, км	$L_{ТО-1}$	20000
Пробіг рухомого складу до ТО-2, км	$L_{ТО-2}$	40000
Середньодобовий пробіг, км	$L_{сд}$	295
Річний пробіг всіх автомобілів, км	L_p	2723332,04
Річна кількість ТО-2	$N_{ТО-2}$	65,36
Річна кількість ТО-1	$N_{ТО-1}$	68,08
Річна кількість СО	$N_{СО}$	70
Річна кількість Д-1	$N_{Д-1}$	140,25
Річна кількість Д-2	$N_{Д-2}$	78,43
Добова кількість ТО-1	$N_{ТО-1}^0$	0,22
Добова кількість ТО-2	$N_{ТО-2}^0$	0,21

Примітка: *Приймаємо як середнє значення ресурсу, рекомендованого заводами-виробниками.

3.2 Розрахунок обсягів робіт ПП «Беркут-Транс»

Розрахунок обсягів робіт для ПП «Беркут -транс» слід розділити на дві складові – обсяги робіт для власного рухомого складу (тобто як АТП) і надання послуг з ТО і Ремонту (тобто як СТО). Результуючі обсяги робіт отримуються їх

сумуванням.

Розрахунки обсягів робіт ПП «Беркут-транс» як АТП, виконуються на основі результатів розрахунку табл. 3.1 за методикою і нормативами, наведеними в [4, 18, 20] Результати розрахунків зводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.3 - Розрахунок річного обсягу робіт по ТО і ПР

Показник	Позначення	Сідловий тягач	Напівпричіп	Разом
1	2	3	4	5
Кориговані значення трудомісткостей:				
– ЩОд, люд.год	$t_{ЩОд}$	0,495	0,2	-
– ЩОт, люд.год	$t_{ЩОт}$	0,2475	0,1	-
– ТО-1, люд.год	$t_{ТО-1}$	5,71725	1,350	-
– ТО-2, люд.год	$t_{ТО-2}$	24,01245	6,750	-
– ПР, люд.год/1000км	$t_{ПР}$	10,13	1,96	-
Коефіцієнт, що враховує виконання ЩОт при ПР, пов'язаним із заміною агрегатів	$K_{ПР}$	1,6	1,6	-
Частка трудомісткості ТО-2, що припадає на одне СО	m_1	0,2	0,2	-
Річний обсяг робіт ЩОд, люд.-год.	$T_{ЩОд}$	Не передбачено		
Річний обсяг робіт ЩОт, люд.-год.	$T_{ЩОт}$	52,84	21,35	74,19
Річний обсяг робіт ТО-1, люд.-год.	T_1	389,25	91,91	481,16
Річний обсяг робіт ТО-2, люд.-год.	T_2	1905,63	535,68	2441,31
Річний обсяг робіт ПР, люд.-год.	$T_{ПР}$	27581,09	5330,92	32912,01
Сумарний річний обсяг робіт по АТП, люд.-год.	T_{Σ}	29928,81	5979,87	35908,68

Відповідно до рекомендацій [4, 18, 20] виконаємо розподіл отриманих трудомісткостей за видами робіт (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Розподіл трудомісткості робіт за видами робіт

Види робіт ТО і ПР	Автомобіль- тягач		Напівпричіп		Разом
	%	люд.-год.	%	люд.-год.	люд.-год.
1	2	3	4	5	6
Прибирально-мийні роботи перед ТО і ПР					
Прибиральні	40	21,14	40	8,54	29,68
Мийні (включаючи сушку- обтирання)	60	31,71	60	12,81	44,52
Разом:	100	52,84	100	21,35	74,19
ТО-1					
Діагностика загальна (Д-1)	10	38,92	4	3,68	42,60
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	90	350,32	96	88,24	438,56
Всього:	100	389,25	100	91,91	481,16
ТО-2					
Діагностика поглиблена (Д-2)	10	190,56	2	10,71	201,28
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	90	1715,06	98	524,97	2240,03
Всього:	100	1905,63	100	535,68	2441,31
ПР					
Постові роботи					
Діагностика загальна (Д-1)	1	275,81	2	106,62	382,43
Діагностика поглиблена (Д-2)	1	275,81	1	53,31	329,12
Регулювальні і розбірно- складальні роботи	35	9653,38	30	1599,28	11252,66
Зварювальні роботи	4	1103,24	11	586,40	1689,65
Бляхарські роботи	3	827,43	7	373,16	1200,60
Фарбувальні роботи	6	1654,87	7	373,16	2028,03
Деревообробні роботи	0	0,00	7	373,16	373,16
Разом:	50	13790,54	65	3465,10	17255,64
Дільничні роботи					
Агрегатні роботи	18	4964,60	0	0,00	4964,60
Слюсарно-механічні роботи	10	2758,11	13	693,02	3451,13
Електротехнічні роботи	5	1379,05	3	159,93	1538,98
Акумуляторні роботи	2	551,62	0	0,00	551,62
Ремонт приладів системи живлення	4	1103,24	0	0,00	1103,24

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
Шиномонтажні роботи	1	275,81	1	53,31	329,12
Роботи вулканізації	1	275,81	2	106,62	382,43
Ковальсько-ресорні роботи	3	827,43	10	533,09	1360,52
Мідницькі роботи	2	551,62	2	106,62	658,24
Зварювальні роботи	1	275,81	2	106,62	382,43
Бляхарські роботи	1	275,81	1	53,31	329,12
Арматурні роботи	1	275,81	1	53,31	329,12
Оббивні роботи	1	275,81	0	0,00	275,81
Разом:	50	13790,54	35	1865,82	15656,37
Всього:	100	27581,09	100	5330,92	32912,01

Розрахунки обсягів робіт ПП «Беркут-транс» з надання автосервісних послуг виконуються за методиками розрахунку СТО [4, 18, 20]. На основі даних роботи підприємства, за показниками роботи в 2019 році, приймаємо::

- кількість автомобіле-заїздів ($N_{СТО}$) за рік – 3950;
- загальна трудомісткість наданих послуг ТО і ПР ($T_{ТОПР}$)– 19450 люд.-год..

Так як планується, що автосервісні послуги будуть надаватися одними і тими ж виробничими робітниками, і на тих же постах, то режим роботи виробництва автосервісу приймаємо таким самим.

Відповідно до технологічної необхідності та вимог роботи підприємства, перед виконанням робіт, пов'язаних з демонтажем агрегатів, комплексним ТО, а також в погану погоду, перед виконанням ТО і ПР виконуються прибирально-мийні роботи. За даними підприємства це близько 40% від загальної кількості автомобіле-заїздів, тобто:

$$N_{ПМР} = 0.4 N_{СТО} = 0,4 * 3950 = 1580.$$

Річний обсяг прибирально-мийних робіт визначається за наступною формулою:

$$T_{\text{ПМР}} = N_{\text{ПМР}} t_{\text{ПМР}} = 1580 \cdot 0,3 = 474 \text{ люд.-год.} \quad (3.1)$$

де $t_{\text{ПМР}}$ – середня разова трудомісткість виконання прибирально-мийних робіт, люд.-год..

Відповідно до рекомендацій [4, 18, 20] виконаємо розподіл отриманих трудомісткостей за видами робіт (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Розподіл трудомісткості ТО і ПР автомобілів за видами робіт

Види робіт	Трудомісткість за видами робіт					
	разом		постові		дільничні	
	%	люд.- год	%	люд.- год	%	люд.- год
Контрольно-діагностичні роботи	5	972,5	100	972,5	-	-
Технічне обслуговування в повному об'ємі	25	4862,5	100	4862,5	-	-
Змащувальні роботи	4	778	100	778	-	-
Регулювання кутів керуючих коліс	5	972,5	100	972,5	-	-
Ремонт і регулювання гальм	5	972,5	100	972,5	-	-
Електротехнічні роботи	5	972,5	80	778	20	194,5
Роботи за системою живлення	5	972,5	70	680,75	30	291,75
Акумуляторні роботи	2	389	10	38,9	90	350,1
Шиномонтажні роботи	5	972,5	30	291,75	70	680,75
Ремонт вузлів, систем і агрегатів	10	1945	50	972,5	50	972,5
Кузовні і арматурні роботи (бляхарські, мідницькі, зварювальні)	10	1945	75	1458,75	25	486,25
Фарбування і антикорозійні роботи	10	1945	100	1945	-	-
Оббивні роботи	1	194,5	50	97,25	50	97,25
Слюсарно-механічні роботи	8	1556	-	-	100	1556
Разом:	100	19450		14820,9		4629,1
Прибирально-мийні роботи	100	474	100	474	-	-

За результатами розрахунків обсягів робіт в табл. 3.3 та 3.4 знайдемо загальні трудомісткості за видами робіт по ПП «Беркут Транс». Результат розрахунків заносимо в табл. 3.5, паралельно об'єднуючи споріднені роботи замалою трудомісткістю.

Таблиця 3.4 – Розподіл обсягів робіт ПП «Беркут-Транс» за видами робіт

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год.
Постові роботи	
Прибирально-мийні роботи	548,2
Діагностичні роботи	1927,9
Технічне обслуговування	8319,1
Регулювальні і розбирально-складальні роботи	15959,6
Зварювально-бляхарські роботи	4349,0
Фарбувальні роботи	3973,0
Деревообробні роботи	373,2
Дільничні роботи	
Агрегатні роботи	5937,1
Слюсарно-механічні роботи	5007,1
Електротехнічні роботи	1733,5
Акумуляторні роботи	901,7
Ремонт приладів системи живлення	1395,0
Шиномонтажні і шиноремонтні роботи	1392,3
Ковальсько-ресорні, мідницькі, зварювально-бляхарські, арматурні роботи	3545,7
Оббивні роботи	470,3
Разом:	55832,6

3.3 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Визначення технологічно необхідної (явочної) та штатної (облікової) кількості робітників виконується за формулами

$$P_T = \frac{T_i^P}{\Phi_M}, \quad (3.2)$$

$$P_T = \frac{T_i^P}{\Phi_{III}}, \quad (3.3)$$

де T_i^P - річний обсяг робіт по зоні ТО, ПР або ділянки, люд.-год.;

Φ_M - річний фонд робочого часу технологічно необхідного робітника, год.;

Φ_{III} - річний фонд часу штатного робітника, год.

За даними таблиці 3.4 за формулами (3.2- 3.3) визначаємо чисельність виробничих робітників (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Розрахунок чисельності виробничого персоналу

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год.	Чисельність робітників	
		штатна	явочна
1	2	3	4
Постові роботи			
Прибирально-мийні роботи	548,2	0,30	0,26
Діагностичні роботи	1927,9	1,06	0,93
Технічне обслуговування	8319,1	4,57	4,02
Регулювальні і розбирально-складальні роботи	15959,6	8,77	7,71
Зварювально-бляхарські роботи	4349,0	2,39	2,10
Фарбувальні роботи	3973,0	2,47	2,17
Деревообробні роботи	373,2	0,21	0,18
Дільничні роботи			
Агрегатні роботи	5937,1	3,26	2,87
Слюсарно-механічні роботи	5007,1	2,75	2,42
Електротехнічні роботи	1733,5	0,95	0,84
Акумуляторні роботи	901,7	0,50	0,44
Ремонт приладів системи живлення	1395,0	0,77	0,67
Шиномонтажні і шиноремонтні роботи	1392,3	0,76	0,67
Ковальсько-ресорні, мідницькі, зварювально-бляхарські, арматурні роботи	3545,7	1,95	1,71
Оббивні роботи	470,3	0,26	0,23

Враховуючи малу трудомісткість, оббивні роботи на АТП не передбачаються. Всі інші роботи, які технологічно сумісні, об'єднаємо у виробничі підрозділи. Тоді остаточні трудомісткості і чисельність робітників наведено в табл. 3.6

Таблиця 3.6 – Розподіл трудомісткості та робітників за виробничими зонами і дільницями

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год.	Чисельність робітників	
		штатна	явочна
Пост прибирально-мийих робіт	548,2	1	1
Пост технічної діагностики	1927,9	1	1
Зона ТО	8319,1	5	4
Зона ПР	15959,6	9	8
Арматурно-кузовний цех	8267,8	5	4
Фарбувальна дільниця	3973,0	2	2
Агрегатна дільниця	5937,1	3	3
Слюсарно-механічна дільниця	5007,1	3	2
Електротехнічна дільниця	2635,2	1	1
Дільниця ремонту систем живлення	1395,0	1	1
Шиномонтажна дільниця	1392,3	1	1
Разом	55362,3	32	28

3.4 Розрахунок кількості постів

На основі даних про обсяги постових робіт (див. табл. 3.5-3.6) розрахуємо необхідну кількість виробничих постів за видами виконуємо.

Кількість постів за видами робіт слід визначати по формулі:

$$П = \frac{T_p \cdot K_p}{D_{pp} \cdot C \cdot t \cdot P \cdot K_{вик}}, \quad (3.4)$$

де T_p – річний об'єм робіт, люд.-год.;

K_P – коефіцієнт резервування постів [20];

D_{PP} – число робочих днів на рік;

C – число робочих змін на добу;

t – тривалість зміни, год.;

P – чисельність одночасно працюючих на одному посту, чол. [20];

$K_{вик}$ – коефіцієнт використання робочого часу поста [20].

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок кількості постів

Види робіт	Кількість постів	
	Розрахункова	прийнята
Зона прибирально-мийних робіт	0,45	1
Пост технічної діагностики	0,31	1
Зона ТО	1,62	2
Зона ПР	3,11	3
Арматурно-кузовні пости	1,84	2
Фарбувальні пости	1,5	1

Отже, за результатами розрахунків отримуємо 1 пост контрольно-діагностичних робіт, 2 пости ТО та 3 пости ПР, 2 пости для ремонту кузовів, 1 малярний пост. Враховуючи планувальні рішення головного та додаткового виробничих корпусів, вважаємо, що фактичні планувальні рішення ПП «Беркут-транс» цілком відповідають розрахункам.

3.5 Розробка поста діагностування рухомого складу

Пост діагностування призначений для визначення технічного стану вузлів та агрегатів автомобіля, при проведенні ТО і ремонту автомобілів. На даному

посту виконуються роботи загальної та поглибленої діагностики. Роботи проводяться як складова частина ТО так і складова частина ПР.

Пост працює в 2 зміни, тому за розрахунками отримано 0,31 поста. Проте, так як ПП «Беркут-транс» ще надає послуги з обов'язково технічного контролю транспортних засобів, обсяги робіт яких не закладено в розрахунках, тому даний пост буде завантажений значно більше, особливо в першу зміну. Крім того на посту діагностики можна проводити ряд регулювальних робіт, щоб розвантажити пости ПР.

Для того, щоб робітники могли виконувати весь запланований обсяг робіт швидко і якісно, вони повинні біти забезпечені технологічним обладнанням. Перелік необхідного обладнання поста наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Перелік технологічного обладнання поста

№ п/п	Найменування обладнання, приладів та оснастки	Кількість	Характеристика
1	Стенд гальмівний Маха	1	Комп'ютерний роликівий гальмівний стенд. Навантаження на вісь до 18т
2	Установка для перевірки рульового керування СЛ-М	1	Пересувна, живлення 12 В (акум. батарея), 400х200х200
3	Фотометр ППФ-01	1	Портативний, 1830х600х590мм
5	Шумомір загального призначення ШИ-01	1	Портативний, 255х167
6	Прилад для вимірювання світлопропускання скла	1	Портативний, 155х327
7	Ноутбук	1	
8	Пересувна стійка для обладнання	1	600х600х2000
9	Мотор-тестер Bosch FSA500	1	Переносний, для розміщення на стійці 500х400
10	Системний мультимарочний сканер Bosch KTS-Truck	1	Переносний

Продовження таблиці 3.8

№ п/п	Найменування обладнання, приладів та оснастки	Кількість	Характеристика
11	Діагностичний комплекс для Common Rail GrunBaum CR350	1	Переносний, багатофункціональний
12	Газоаналізатор	1	Портативний 320x235
13	Димомір	1	Портативний
14	Автомобільний мультиметр 2150В	1	Портативний
15	Набір інструменту	2	-
16	Шафа для приладів та інструменту	2	900x500x1800

Визначимо площу поста діагностика. Вона визначається за формулою:

$$F_z = X_n \cdot F_a \cdot K_{щ}, \quad (3.5)$$

де $K_{щ}$ - коефіцієнт щільності розташування постів. $K_{щ} = 4$;

F_a - площа автомобіля, m^2 ;

X_n - кількість постів в зоні діагностики

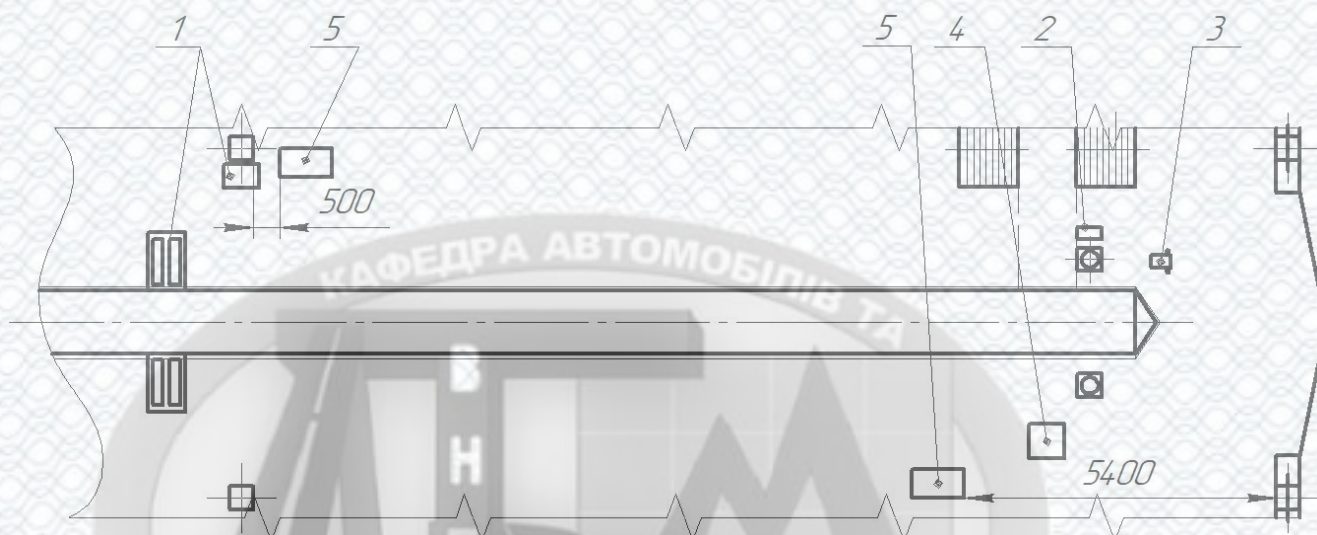
Так як діагностування передбачається і в комплексі операцій ТО, де на діагностику заїжджає автопоїзд без розцепки, то приймаємо площу $42 m^2$, а коефіцієнт щільності приймаємо $K_{щ} = 4$, тоді

$$F_z = 1 \cdot 42 \cdot 4 = 168 m^2.$$

Виконання діагностування передбачається на проїзному посту ПП «Беркут Транс», площа якого складає $204 m^2$ (розміри в плані 6 x 34 м).

Згідно технологічних розрахунків та переліку підібраного технологічного обладнання виконаємо схематичне планування поста діагностування. На

планувальному рішенні схематично показуємо розташування основного обладнання, оглядову канаву, інструментальні шафи тощо. Планувальне рішення поста наведено на рис. 3.1.



- 1 – стенд гальмівний; 2 – установка для перевірки рульового керування;
3 – фотометр; 4 – комплекс комп’ютерної діагностики; 5 – шафа для приладів

Рисунок 3.1 – Планувальне рішення поста діагностування

Висновки:

1. Технологічний розрахунок ВТБ показав, що існуючі приміщення задовольняють потребам підприємства в виконанні ТО і ПР.

2. Для виконання робіт діагностування ЕГФ на автомобілі розроблено діагностичний пост АТП проїзного типу з можливістю виконання всього комплексу діагностичних робіт АТП, як при ПР, так і при ТО автомобілів та автопоїздів. Виконано підбір технологічного обладнання та розроблено схематичне планувальне рішення.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК

4.1 Передумови дослідження впливу технічного стану форсунок на параметри потоку палива в зливній магістралі

Відповідно до принципів наукових досліджень необхідно підтвердити працездатність математичної моделі, наведеної в розділі 2, в більш простому випробуванні. Для перевірки моделі взаємозв'язку тиску і витрати палива в загальній зворотній магістралі з технічним станом ЕГФ, проведемо випробування на стенді.

Метою даних робіт була оцінка адекватності математичної моделі за трьома ключовими параметрами:

- циклова подача;
- витрата палива на управління (калібрувальна олива Shell, ISO 4113);
- вид і величина пульсацій тиску в зворотній магістралі стенда.

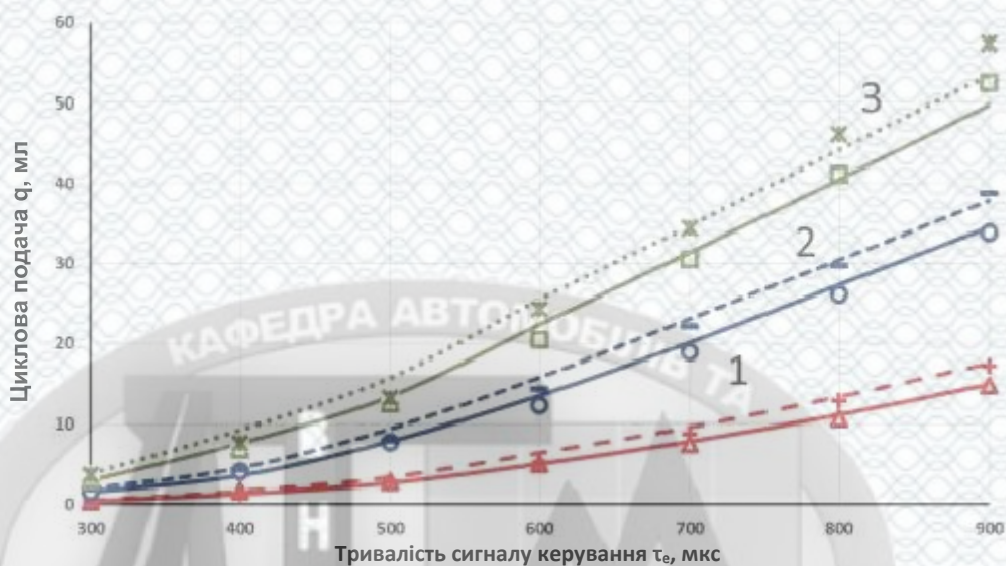
В результаті даного етапу планувалося виявити вплив витрати палива на управління цикловою подачею ЕГФ, на величину і вид пульсацій тиску в зворотній магістралі стенда. Випробування ЕГФ проводилися на стенді Bosch EPS 200, в режимі, відповідному режиму холостого ходу двигуна.

Для проведення даного дослідження були обрані електрогідравлічні форсунки BOSCH 0445120218, двигуна MAN, в номінальному технічному стану і в граничному технічному стані.

В результаті проведення експериментального дослідження, були отримані значення циклової подачі q і витрати на управління Q , для кожної з форсунок номінального і граничного технічного стану, при заданих керуючих параметрах.

За отриманими даними, були побудовані порівняльні графіки розрахунків – експеримент. Отримані результати представлені функціональними залежностями

виду: $q = f(p_{ак}, \tau_e)$, $Q = f(p_{ак}, \tau_e)$, в тому числі, при $\tau_e = 0$ і $q = 0$, для номінального і граничного технічного стану ЕГФ (рис. 4.1 - 4.2).



1 – 40 МПа, 2 – 70 МПа, 3 – 100 МПа

Рисунок 4.1 – Графік залежності циклової подачі від тривалості сигналу управління і тиску тестової рідини



1 – 40 МПа, 2 – 70 МПа, 3 – 100 МПа

Рисунок 4.2 – Графік залежності витрати палива на управління від тривалості сигналу управління і тиску тестової рідини

На графіках позначено:

- суцільні лінії – номінальний технічний стан розрахунок; маркери-фігури – номінальний технічний стан експеримент;
- переривчасті лінії – граничний технічний стан розрахунок; маркери-значки – граничний технічний стан експеримент.

Як видно з графіків (див. рис. 4.1-4.2) розрахункові і експериментальні значення практично співпадають, що дозволяє вважати модель адекватною.

4.2. Результати дослідження впливу технічного стану форсунок на параметри потоку палива в зливній магістралі

Аналітичне дослідження процесу функціонування ЕГФ та графічна візуалізація результатів здійснювалося за допомогою програмного забезпечення MatLAB.

Відповідно до теоретичних передумов, викладених в 2 розділі, аналітичне дослідження проводилися для режимів холостого ходу з тиском в акумуляторі стенду $p_{ак} = 40$ МПа і $p_{ак} = 100$ МПа. За результатами регресійної моделі процесу формування циклової подачі палива і витрати палива на управління форсунки, побудовані поверхні відгуку, що відображають залежність даних функціональних параметрів, від площі нещільності посадки клапана камери управління (рис. 4.3 - 4.4 для тиску $p_{ак} = 40$ МПа, рис. 4.5-4.6 – для тиску $p_{ак} = 100$ МПа) [29].

Параметрична апроксимація отриманих даних в програмному середовищі MatLAB, дозволила отримати регресійну залежність, що описує зміну циклової подачі, для розглянутого діапазону керуючих параметрів:

$$q=f(\mu f_{\Sigma}, \tau_e)=1,391 - 0,01144 \cdot \tau_e - 327,5 \cdot \mu f_{\Sigma} + 2.819e-05 \cdot (\mu f_{\Sigma})^2 + 1,218 \mu f_{\Sigma} \cdot \tau_e. \quad (4.1)$$

Закономірність зміни витрати на управління від зносу керуючого клапана описує рівняння регресії виду:

$$Q=f(\mu f \Sigma, \tau_e)= 2,067 + 0,0097 \cdot \tau_e + 1,145e+04 \mu f \Sigma \quad (4.2)$$

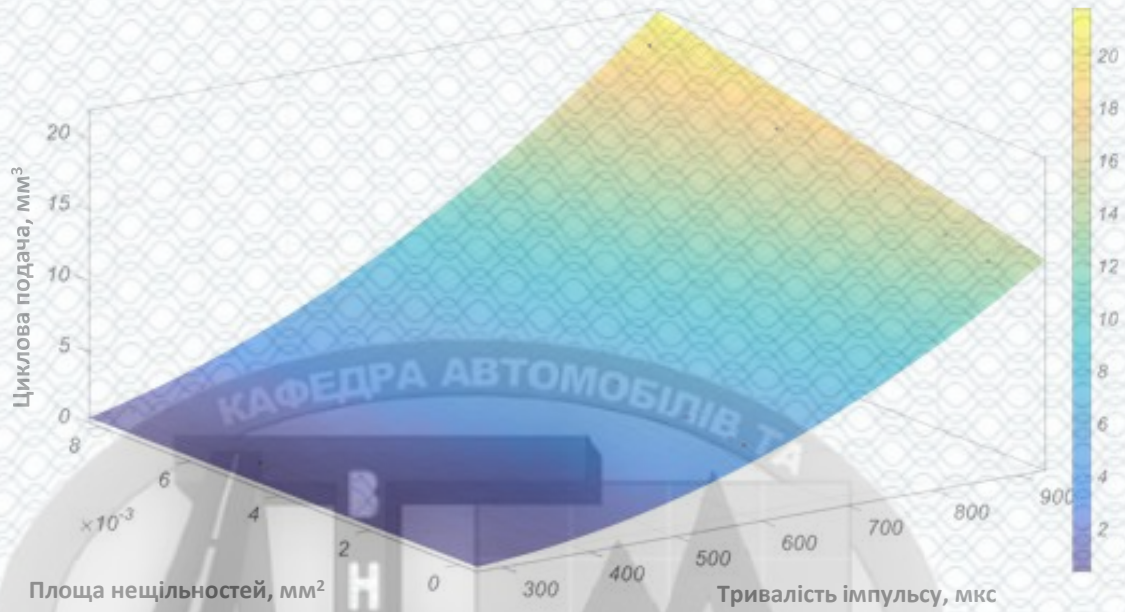


Рисунок 4.3 – Графік залежності циклової подачі при зміні площі нещільності керуючого клапана і тривалості керуючого імпульсу (тиск в акумуляторі стенду $p_{ак} = 40$ МПа)

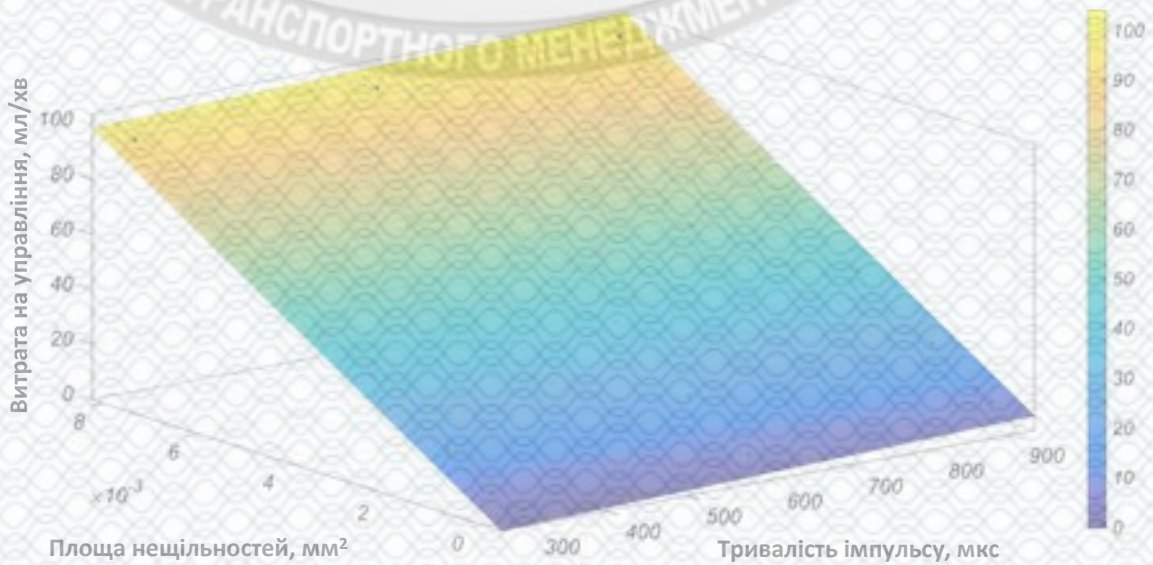


Рисунок 4.4 – Графік залежності витрати на управління при зміні площі нещільності керуючого клапана і тривалості керуючого імпульсу (тиск в акумуляторі стенду $p_{ак} = 40$ МПа)

Аналогічним чином отримані регресійні залежності при тиску 100 МПа (рис.4.5- 4.6, вирази (4.3) і (4.4)).

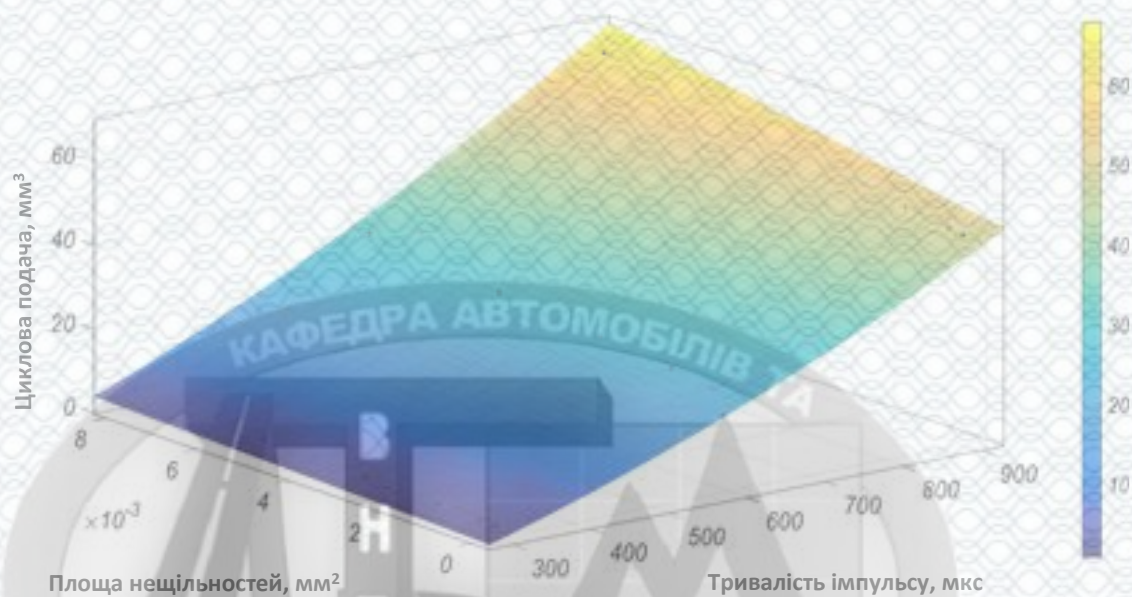


Рисунок 4.5 – Графік залежності циклової подачі при зміні площі нещільності керуючого клапана і тривалості керуючого імпульсу (тиск в акумуляторі стенду $p_{\text{ак}} = 100$ МПа)

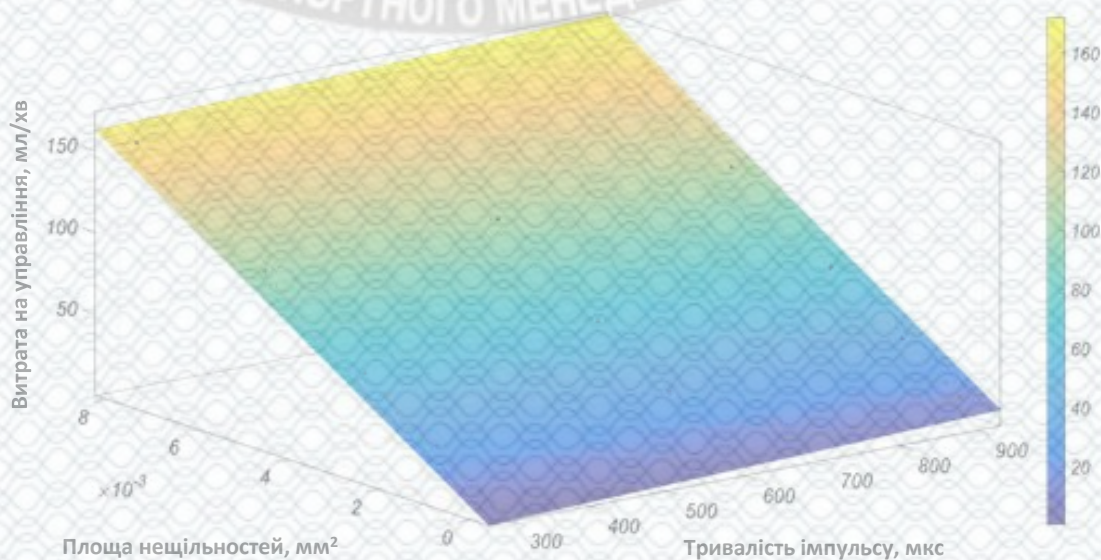


Рисунок 4.6 – Графік залежності витрати на управління при зміні площі нещільності керуючого клапана і тривалості керуючого імпульсу (тиск в акумуляторі стенду $p_{\text{ак}} = 100$ МПа).

Для циклової подачі:

$$q = -11,05 + 0,03488 \cdot \tau_e - 275,6 \cdot \mu f_{\Sigma} + 3,556 \cdot 10^{-5} \cdot (\mu f_{\Sigma})^2 + 2,345 \cdot \mu f_{\Sigma} \cdot \tau_e. \quad (4.3)$$

Для витрати палива на управління:

$$Q = 3,998 + 0,01441 \cdot \tau_e + 1,876 \cdot 10^4 \mu f_{\Sigma}. \quad (4.4)$$

Очевидно, що на циклову подачу q_i і витрати палива на управління Q_i впливає не тільки тривалість керуючого сигналу τ_e , як задаючий керуючий параметр, але і знос (сумарна площа нещільностей керуючого клапана μf_{Σ}), як структурний параметр, що змінюється в процесі напрацювання ЕГФ, в залежності від ряду факторів (розділ 2).

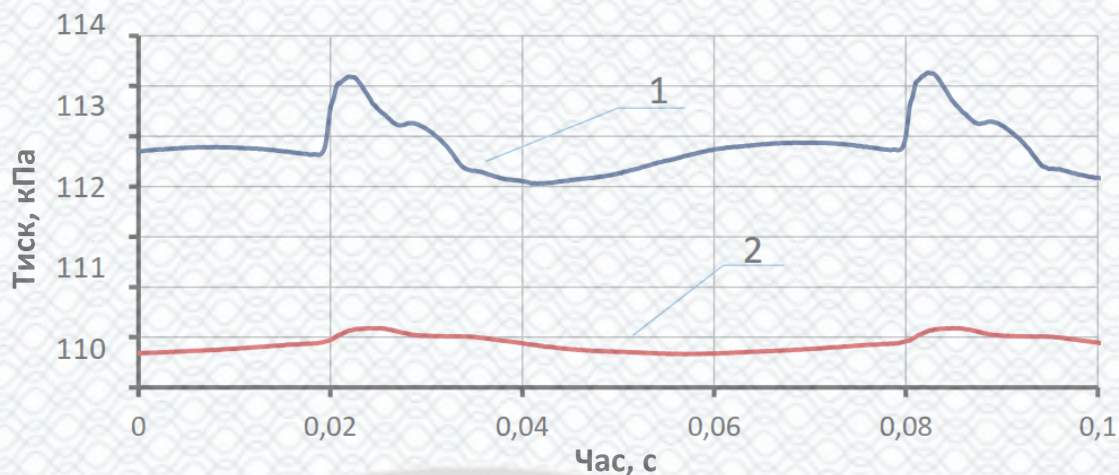
З метою перевірки припущення про те, що тиск в зворотній магістралі ЕГФ номінального і ЕГФ граничного технічного стану матиме відмінності і може стати інформативним діагностичним показником, проведений пошуковий експеримент, який передбачає крім вимірювання витрати палива на управління, вимірювання тиску в зворотній магістралі при функціонуванні ЕГФ в стендових умовах, а також випробування і налагодження систем вимірювання.

Випробування системи вимірювання тиску довели можливість використання її показань у подальших дослідженнях (рис. 4.7).

Далі була проведена перевірка системи вимірювання тиску палива. Контроль тиску в зворотній магістралі стенда здійснювався в режимах, близьких до режиму холостого ходу двигуна з тиском 40 МПа, при тривалості сигналу управління $\tau_e = 300$ мкс, $\tau_e = 600$ мкс, $\tau_e = 900$ мкс (рис. 4.8 – 4.10).

Позначення графіків 4.8 - 4.10:

- номінальний технічний стан – переривчаста лінія;
- граничний технічний стан – суцільна лінія.



1 – Тиск 160 МПа, тривалість імпульсу 800 мкс;

2 – Тиск 30 МПа, тривалість імпульсу 800 мкс

Рисунок 4.7 – Результати пошукових випробувань із застосуванням системи вимірювання тиску на стенді для тестування ЕГФ

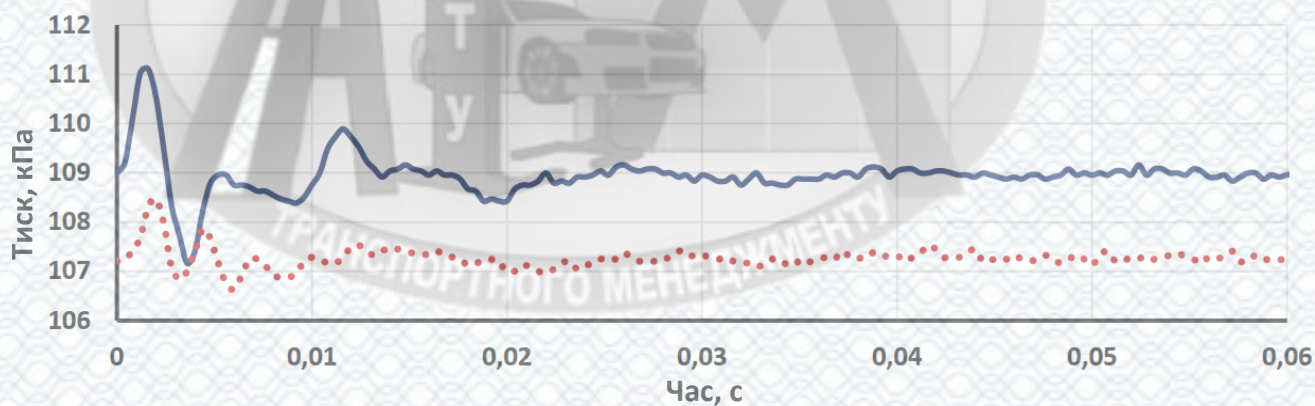


Рисунок 4.8 – Графіки тиску в зворотній магістралі стенда, при спрацьовуванні ЕГФ з тривалістю сигналу управління $\tau_e = 300$ мкс

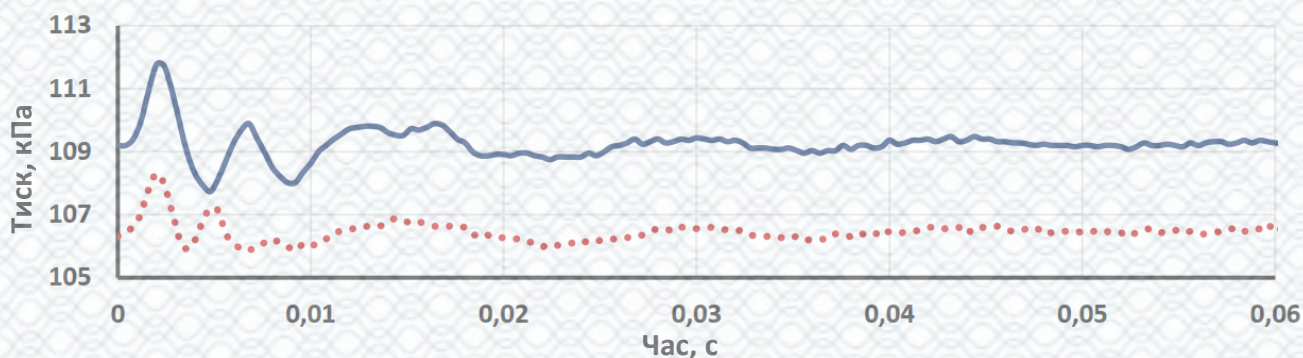


Рисунок 4.9 – Графіки тиску в зворотній магістралі стенда, при спрацьовуванні ЕГФ з тривалістю сигналу управління $\tau_e = 600$ мкс

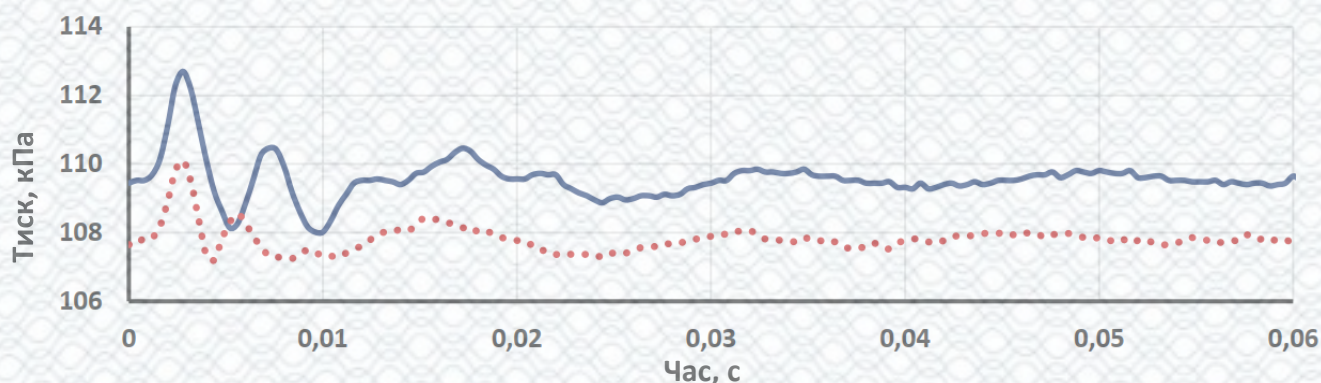


Рисунок 4.10 – Графіки тиску в зворотній магістралі станда, при спрацьовуванні ЕГФ з тривалістю сигналу управління $\tau_e = 900$ мкс

Аналіз результатів дає висновок про те, що на заданих режимах, незалежно від тривалості керуючого сигналу, тиск і середній тиск в зливній магістралі, які відповідають ЕГФ в граничному технічному стані, мають більш високі значення амплітуди і періоду коливань, ніж тиск, що відповідне ЕГФ в номінальному технічному стані. Час стабілізації тиску в зворотній магістралі станда, після спрацювання ЕГФ граничного технічного стану значно більше за аналогічний показник у ЕГФ номінального технічного стану.

Відмінності тиску в зворотній магістралі станда при функціонуванні ЕГФ номінального і граничного технічного стану можуть визначати характер зміни тиску і в загальній зворотній магістралі системи живлення, що дозволить виявити діагностичні параметри, що характеризують технічний стан форсунок в складі системи Common Rail автомобіля.

З метою виявлення впливу технічного стану ЕГФ на динамічну і статичну складову витрати палива на управління, були проведені додаткові стендові випробування ЕГФ при підключенні і відключенні керуючого сигналу (рис. 4.11, 4.12).

Позначення графіків 4.11 - 4.12:

- 1 – номінальний технічний стан, сигнал відключений;
- 2 – номінальний технічний стан, сигнал підключений;
- 3 – граничне технічний стан, сигнал відключений;
- 4 – граничне технічний стан, сигнал підключений.

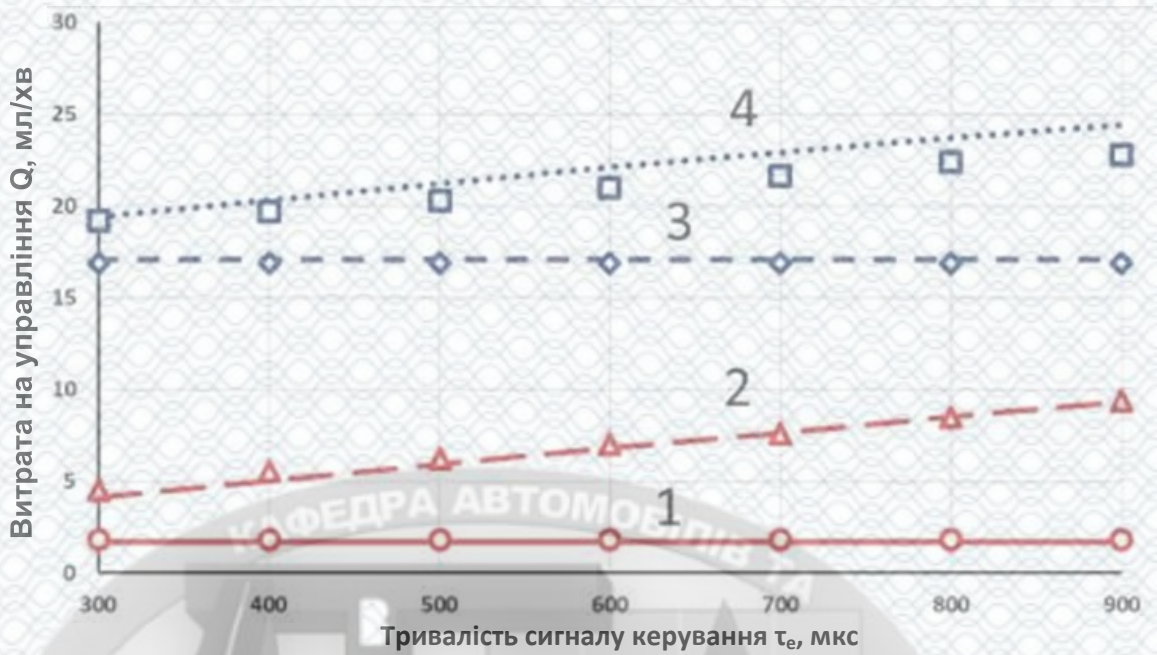


Рисунок 4.11 – Графіки залежності витрати палива на управління ЕГФ, при тиску 40 МПа, з підключенням і відключенням сигналу (лінії – розрахунок, фігурні маркери – експеримент)

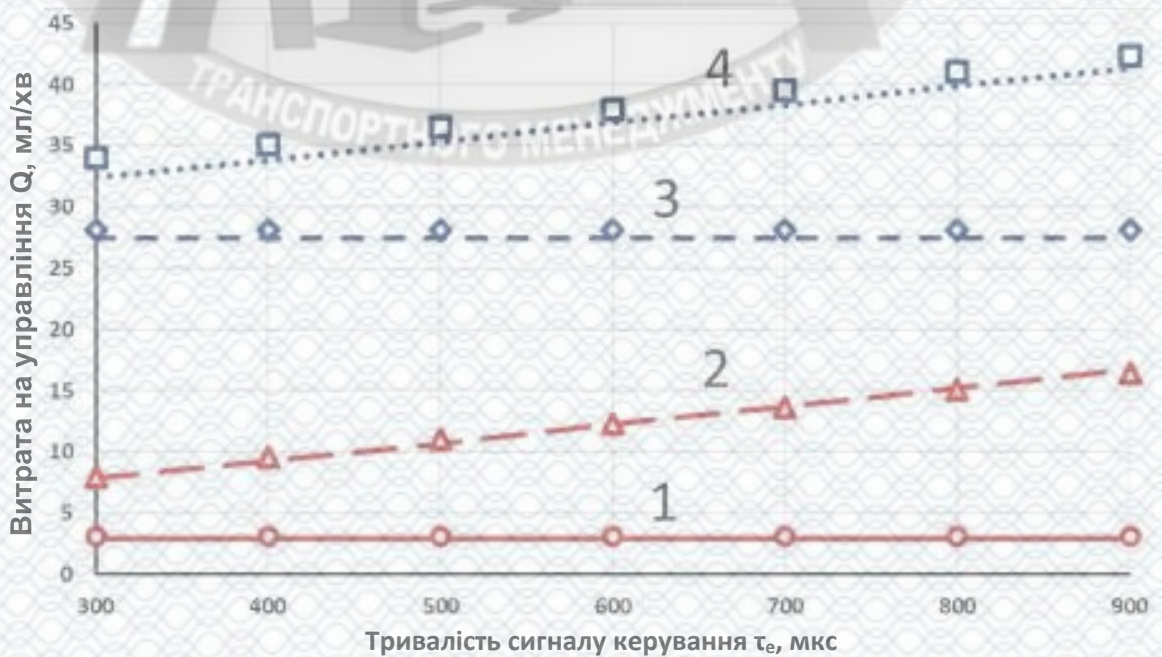


Рисунок 4.12 – Графіки залежності витрати палива на управління ЕГФ при тиску 100 МПа, з підключенням і відключенням сигналу (лінії – розрахунок, фігурні маркери – експеримент)

Отримані дані дозволяють зробити висновок про переважання статичних витоків над динамічними при зносі керуючого клапана, а також про слабкий вплив тривалості упорскування на величину витоків. Надалі це дозволяє спростити обробку діагностичного сигналу (з допущенням, що зміна тривалості імпульсу при корекції ЕБУ кількості палива на холостому ходу протягом циклу за різними форсунками мало впливає на результати визначення індивідуальної витрати палива на управління).

Спосіб з відключенням і підключенням керуючого сигналу при одночасному вимірюванні витрати палива в магістралі подачі та зворотній магістралі може бути корисний на автомобілі, в тому числі для точного калібрування циклових подач за умови наявності відповідного програмного забезпечення ЕБУ.

Тиск палива, що виникає в зворотній магістралі, безпосередньо характеризує протікання процесу спрацьовування керуючого клапана (Рис. 4.7 – 4.10). Цей параметр має всі ознаки діагностичного параметра. Крім того, контроль тиску в загальній зворотній магістралі не вимагає втручання в робочий процес системи живлення і двигуна автомобіля, для зміни керуючих параметрів, що є особливо значущою умовою при реалізації запропонованого методу.

4.3 Формування удосконаленої методики діагностування електрогідравлічних форсунок

Витрата палива на управління Q_i безпосередньо пов'язана з параметром технічного стану – величиною зносу керуючого клапана. Однак конкретизувати індивідуальні витрати на управління через витрати в загальній зворотній магістралі не представляється можливим без додаткових вимірів. Відповідно до гіпотези і теоретичних передумов (див. розділ 2), додатковим параметром виступає тиск в зворотній магістралі. Це дозволяє перейти від загального діагностування до поелементного.

Для визначення індивідуальної витрати на управління Q_i необхідно, на основі даних про зміни тиску в загальній зворотній магістралі, розбити виміряну загальну витрату на частки, що відповідають кожній ЕГФ.

В основі процесу формування тиску в загальній зворотній магістралі лежать теоретичні передумови, викладені в 2 розділі.

Тиск в загальній зворотній магістралі є складним коливальним процесом, який залежить від багатьох факторів, таких як:

- фізичні властивості палива;
- температура навколишнього середовища;
- особливості технічного стану ЕГФ і підключення до лінії загальною зворотній магістралі.

Параметрами, які характеризують коливальний процес тиску палива, в лінії загальної зливний магістралі є:

- величина тиску;
- амплітуда і частота коливань;
- періоди проходження, по циклам роботи ЕГФ.

Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що амплітудно-фазові параметри тиску в загальній зворотній магістралі змінюються від технічного стану ЕГФ, але форма залежності тиску від часу по циклу роботи різна. Це вимагає пошук методу обробки сигналу, що забезпечує універсальність і інформативність.

Беручи сказане до уваги, для чисельної оцінки процесу зміни тиску в загальній зворотній магістралі, за результатами розрахунків та експериментальними дослідженнями був прийнятий діагностичний параметр S_i – площа, обмежена графіком тиску, щодо лінії середнього тиску p_i на ділянці часу t_i (рис. 4.13 – 4.14) . При цьому було виявлено, що несправна форсунка з підвищеними витокami надійно визначається на тлі номінальних (рис. 4.14).

На графіках 4.13 – 4.14:

- $T_{\text{ц}}$ – ділянку часу, синхронізована з повним циклом роботи двигуна, що відповідає порядку спрацьовування всіх циліндрів, що складається з ділянок t_i ;

- t_i - ділянку часу, синхронізована зі спрацюванням кожної ЕГФ на ділянці часу T_{Π} ;
- p_i – середній тиск на ділянці часу t_i .

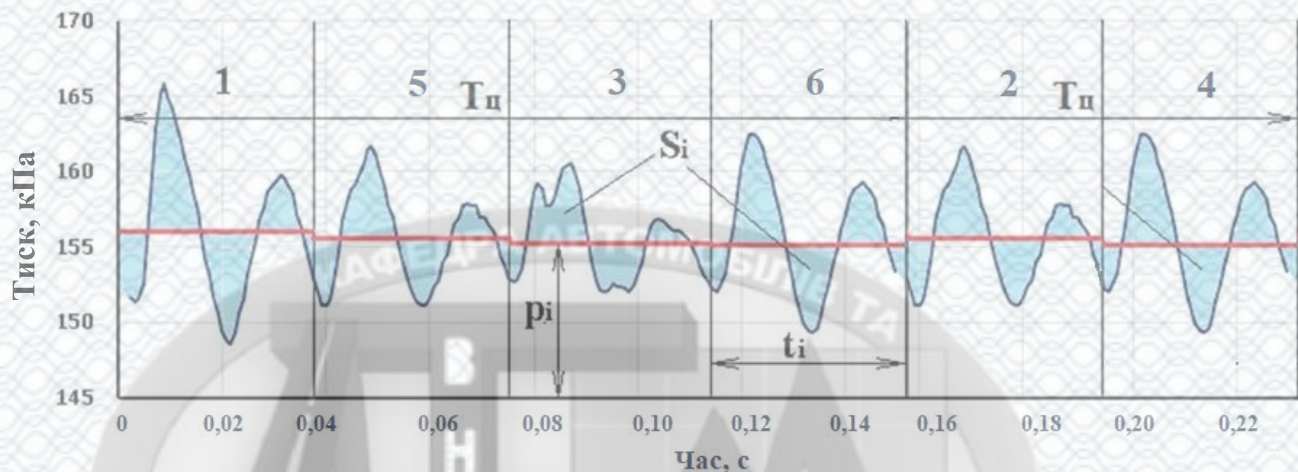


Рисунок 4.13 – Графік тиску в загальній зворотній магістралі, при всіх ЕГФ номінального технічного стану

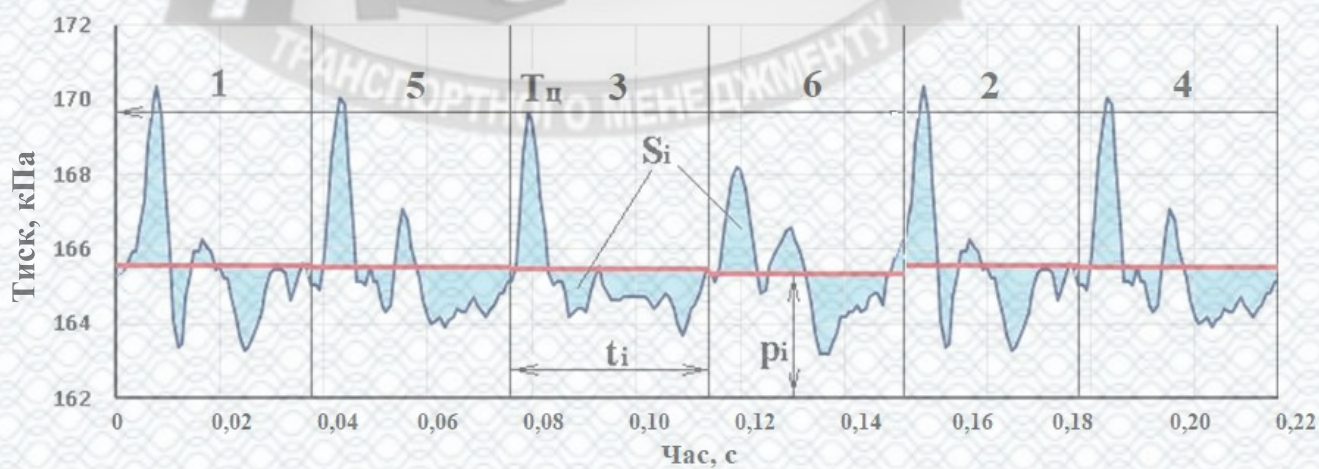


Рисунок 4.14 – Графік тиску в загальній зворотній магістралі, ЕГФ 6-го циліндра має граничний технічний стан

Таким чином, при прийнятих умовах, можна записати:

$$S_i = \int_0^{t_i} [p] dt. \quad (4.5)$$

Для підвищення точності визначення індивідуальної витрати на управління з загальних витрат (тобто частки витрат від кожної ЕГФ), необхідно врахувати зміну властивостей палива, а також розташування точки контролю тиску. Остання умова є необхідною, тому що конфігурація зворотних магістралей може відрізнятися. Наприклад, в одному випадку вимірювальною точкою буде загальний вивід в безпосередній близькості від четвертого (або шостого) циліндрів, а в іншому щодо першого. Може відрізнятися також і порядок чергування роботи форсунок, і кількість спрацьовувань за цикл.

Зміна площ S_i щодо точки підключення пояснюється наступним. При спрацьовуванні керуючого клапана, динамічна складова тиску в порожнині зливу і далі, в магістралі залежить від балансу статичної $Q_{ст}$ і динамічної $Q_{дин}$ витрат через клапан (наприклад, для чотирициліндрового двигуна рис. 4.15). Умови руху палива через керуючий клапан можна виразити таким чином:

– для герметичного клапана:

$$Q_{ст} = 0; Q = Q_{дин}; \Delta Q = max; [p]dt = max; S_i = max; \quad (4.6)$$

– для негерметичного клапана:

$$Q_{ст} > 0; Q = Q_{дин} + Q_{ст}; \Delta Q < max; [p]dt < max; S_i < max. \quad (4.7)$$

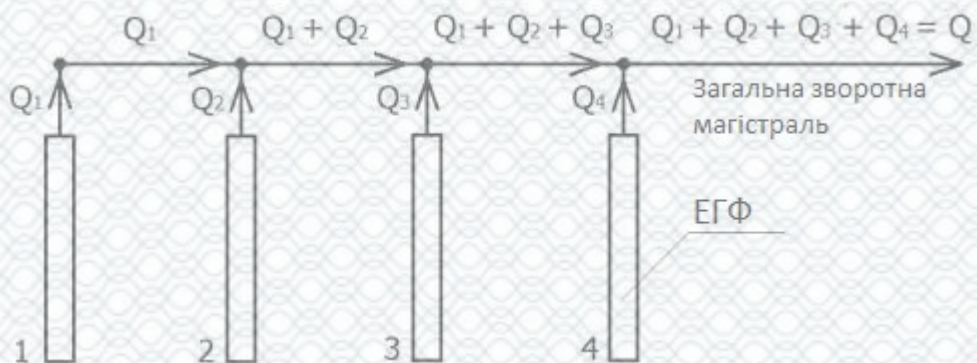


Рисунок 4.15 – Схема руху палива в загальній зворотній магістралі (на прикладі чотирициліндрового двигуна)

Внаслідок того, що динамічна складова тиску на виході з ЕГФ для всіх форсунок номінального технічного стану однакова, то значення S_i в загальній зворотній магістралі для таких форсунок залежить тільки від їх розташування відносно точки вимірювання тиску. При виході з ЕГФ хвиля тиску ділиться на дві складові, так як трубопровід зворотної магістралі на виході з форсунки роздвоюється, при цьому розсіювання хвилі тиску в напрямку, протилежному сливу збільшується, а площа S_i – зменшується у міру збільшення довжини «тупикової» ділянки магістралі перед форсункою. Дана залежність S_i , від розташування форсунок по циліндрах двигуна, добре описується поліномом другого ступеня.

Істотний вплив на показники тиску може давати температурний фактор. Для якісного відображення діагностичних параметрів, роботи слід проводити при стабілізації температури, на повністю прогрітому двигуні.

Аналіз також показує, що S_i у форсунки граничного технічного стану мало залежить від її розташування. Це відбувається внаслідок зниження динамічної складової тиску при спрацьовуванні, на тлі підвищеного витоку.

Взаємозв'язок параметра S_i з індивідуальними витратами ЕГФ в загальній зворотній магістралі Q_i однозначна (не має екстремуму в межах можливого на практиці індивідуальної витрати на управління) і чутлива до зміни витрати палива на управління (рис. 4.16).

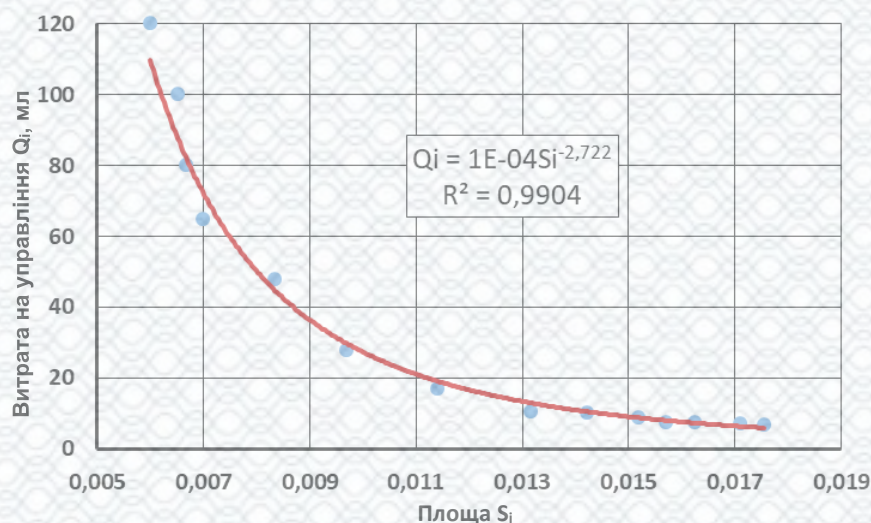


Рисунок 4.16 – Графік залежності витрати на управління від зміни площі S_i

Для того, щоб скористатися виявленою залежністю, представленою на малюнку 4.16 і підвищити точність методу, необхідно площі зіставити з розташуванням щодо точки підключення і порядку роботи. Зробити це можна за допомогою урахування частки індивідуальної витрати в загальному балансі витрат.

Для двигуна з довільним числом циліндрів, там, де конфігурація і довжина зворотної магістралі заздалегідь не визначена, доцільно скористатися розробленим алгоритмом обчислення індивідуальної витрати на управління через коригувальні коефіцієнти. При цьому на першому етапі проводиться вимірювання загальної витрати на управління і порівнюється з номінальним значенням, тобто коли витрати від всіх форсунок мінімальні і приблизно рівні.

При визначенні індивідуальної витрати на управління, необхідно спочатку виявити в системі CR наявність і розташування форсунки граничного технічного стану. З цією метою виконується попередній розрахунок індивідуальної витрати на управління Q_i щодо середніх значень загальної витрати Q і сумарної площі $S = \sum S_i$, на ділянках часу $T_{ц}$:

$$Q_i = \frac{QS}{16S_i}. \quad (4.8)$$

За результатами попереднього розрахунку, визначаються коефіцієнти корекції поточних значень площ S_i , що враховують виявлену конфігурацію технічного стану та розташування. У разі, якщо загальна витрата, перевищена більш ніж на 25%, за допомогою розрахунку площі виявляється факт наявності або відсутності форсунки з підвищеною щодо інших витратою на управління. Тому для форсунок однакового (або близького один до одного) технічного стану вводяться коефіцієнти k_n , а в разі виявлення форсунки з підвищеними витратами – коефіцієнти k_m . В іншому випадку, похибка визначення індивідуальної витрати в деяких випадках досягала 20%, що недостатньо для надійного розпізнавання технічного стану.

Коефіцієнти k_n і k_m , що враховують вплив розташування і порядку роботи ЕГФ на показники S_i , виведені шляхом обробки і аналізу масиву розрахункових і експериментальних даних, на основі співвідношення поточних значень і значень середнього в балансі S_i .

При множенні значень відповідних поточних площ S_i , на відповідні відомі коефіцієнти k_n і k_m , отримуємо розрахункові значення S_{ik} , що виключають залежність параметра S_i від розташування ЕГФ.

Сенс зазначених коефіцієнтів полягає в тому, що вони дозволяють скорегувати індивідуальну частку в загальній витраті щодо середнього значення витрати, з урахуванням порядку роботи і розташування щодо точки вимірювання тиску.

Розрахункова площа для номінального технічного стану:

$$S_{ik} = S_i \cdot k_n . \quad (4.9)$$

Розрахункова площа для граничного технічного стану:

$$S_{ik} = S_i \cdot k_m . \quad (4.10)$$

Так як розрахунок виконується на основі відмінності індивідуальних показників від показників середніх значень $S_{i\text{ср}}$ і $Q_{i\text{ср}}$, то наступним кроком визначимо показники середнього значення:

$$\begin{cases} Q_{i\text{ср}} = \frac{Q}{i}; \\ S_{i\text{ср}} = \frac{\sum S_{ik}}{i}, \end{cases} \quad (4.11)$$

де Q – виміряна загальна витрата в зворотній магістралі;

i - число ЕГФ.

Залежність $Q_i(S_{ik})$ представлена з урахуванням балансових співвідношень для Q_i і для S_{ik} , залежністю $n_{Qi}(k_{si})$, що містить величини:

$$n_{Qi} = \frac{Q_i}{Q_{i\text{ср}}}, \quad (4.12)$$

де n_{Qi} - коефіцієнт, що враховує відхилення значень Q_i від $Q_{i\text{ср}}$;

$$k_{si} = \frac{S_{i\text{ср}}}{S_{ik}}, \quad (4.13)$$

де k_{si} - коефіцієнт, що враховує відхилення значень S_{ik} від $S_{i\text{ср}}$.

Останнім кроком є визначення коефіцієнта n_{Qi} , при використанні рівняння залежності $n_{Qi}(k_{si})$, отриманого за підсумками аналізу розрахункових і експериментальних даних (рис. 4.17). Отримана залежність пов'язує індивідуальну витрату палива на управління ЕГФ Q_i , з діагностичним параметром S_i , приведеними до параметру S_{ik} за допомогою коефіцієнтів корекції поточних значень площі S_i .

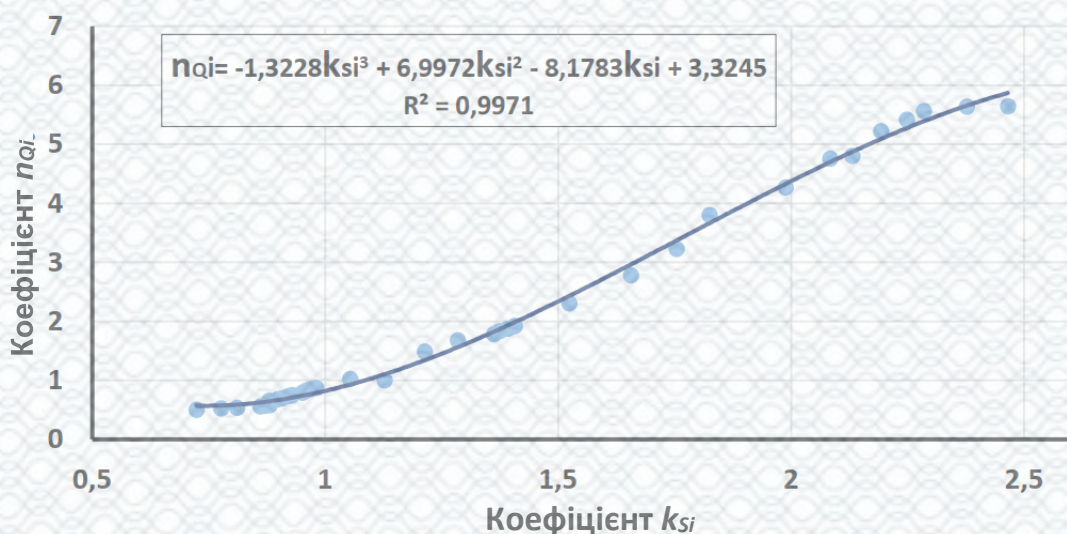


Рисунок 4.17 – Функціональна залежність $Q_i(S_i)$, виражена через середні показники $Q_{i\text{ср}}$ і $S_{i\text{ср}}$

$$n_{Qi} = -1,3228k_{si}^3 + 6,9972k_{si}^2 - 8,1783k_{si} + 3,3245. \quad (4.14)$$

Далі визначається витрата на управління Q_i :

$$Q_i = Q_{i\text{ср}} \cdot n_{Qi}. \quad (4.15)$$

Результати проведених досліджень лягли в основу послідовного алгоритму, що описує сутність удосконаленого методу діагностики електрогидравлічних форсунок (рис. 4.18).

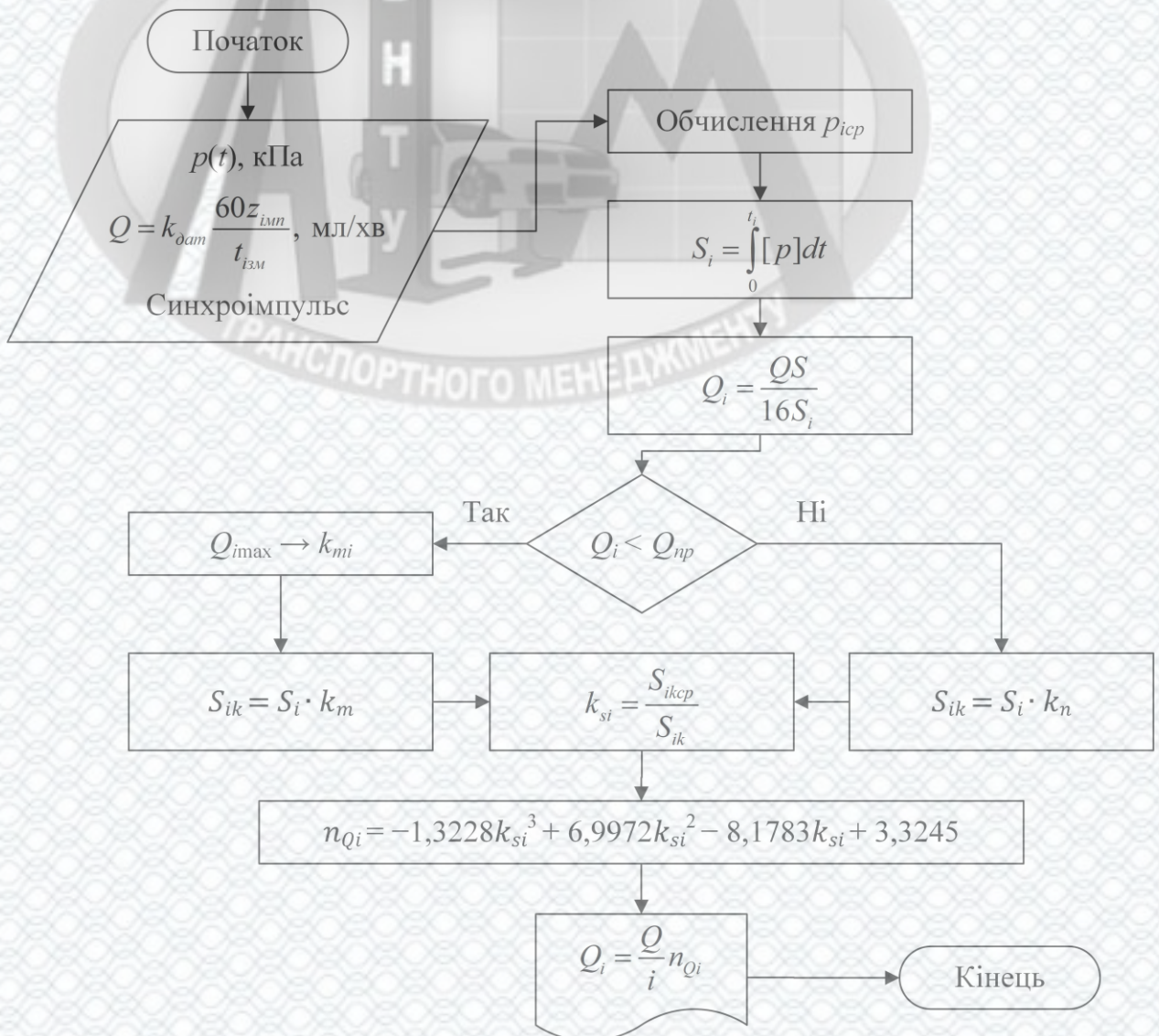


Рисунок 4.18 – Алгоритм діагностики ЕГФ по тиску і витраті палива в загальній зворотної магістралі

Вихідними діагностичними даними є синхроімпульс, графік тиску і кількість імпульсів за часовий інтервал вимірювання. Після визначення середнього тиску $p_{i\text{cp}}$ на ділянках t_i , виконується розрахунок площ S_i . Потім, в балансі загальної витрати Q , щодо середнього значення ΣS_i , проводиться попередній розрахунок Q_i . Після чого Q_i порівнюється зі значенням витрати ЕГФ граничного технічного стану $Q_{\text{пр}}$. За результатами даного порівняння вибирається відповідний коефіцієнт корекції поточних значень k_n або k_m , відповідно до розташування ЕГФ граничного технічного стану. На наступному етапі визначається розрахункова площа S_{ik} і коефіцієнт враховує відхилення S_{ik} , від середнього значення $S_{i\text{cp}}$. Потім, при використанні рівняння залежності $n_{Qi}(k_{Si})$, визначається коефіцієнт n_{Qi} , що враховує відхилення витрати на управління Q_i , від середнього значення $Q_{i\text{cp}}$. Далі обчислюється індивідуальна витрата на управління циклової подачею ЕГФ – Q_i .

4.4 Визначення економічної ефективності впровадження запропонованої методики діагностування електрогідравлічних форсунок

Економічний ефект від впровадження методу діагностики електрогідравлічних форсунок Common Rail по витраті і тиску палива в загальній зворотній магістралі отримується за рахунок підвищення інформативності контролю технічного стану кожної ЕГФ, без розбірно-складальних робіт. При цьому, порівняння запропонованого методу діагностики, доцільно здійснити з існуючою технологією діагностування, на основі зниження трудомісткості, вартості, а також зниження витрат на запасні частини і комплекти.

У виробничій перевірці брали участь автотранспортні ПП «Беркут-транс», оснащені акумуляторною паливоподаючою системою (Common Rail), у яких форсунки розташовані під клапанною кришкою і вимірювання індивідуальної витрати з кожної з них неможливо.

Впровадження запропонованого методу веде до значного зниження трудомісткості, так як проведення діагностики електрогідравлічних форсунок не вимагає їх демонтажу з двигуна. При виявленні несправних форсунок, виявляється і їх розташування, тому необхідність демонтажу, ремонту або заміни, реалізується тільки для несправних форсунок. У разі ж відсутності таких, монтажні роботи зовсім виключаються і, в даному прикладі, переваги застосування нового методу очевидні.

Слід врахувати, що значущим фактором витрат, при знятті-установці ЕГФ, є заміна ремонтних монтажних комплектів (гумові ущільнення, конектори, шайби і ін.).

Невисока трудомісткість діагностики ЕГФ дозволяє проводити додатковий (профілактичний) контроль і моніторинг їх технічного стану протягом року і здійснювати прогнозування їх залишкового ресурсу. Дана можливість подовжує термін служби ще справних ЕГФ і попереджає випадки повної відмови форсунок, з більш витратними наслідками. Впровадження розробленого методу дозволить проводити діагностику, відповідно і демонтаж, власними силами АТП, виключаючи демонтаж і перевірку справних ЕГФ.

Таким чином, кількість форсунок, що підлягають ремонту в спеціалізованому сервісному центрі, буде зведено до необхідного мінімуму. Даний факт значно сприяє скороченню експлуатаційних витрат АТП, пов'язаних не тільки з ремонтно-обслуговуючим виробництвом, але і з часом простою АТЗ.

Розглянемо типовий випадок з експлуатаційної практики, коли одна ЕГФ на двигуні має граничний технічний стан, а діагностування виконується із застосуванням порівнюваних методів.

Вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в табл. 4.1.

Річний економічний ефект від застосування методу ремонту, з використанням впровадженого методу діагностики, визначиться за такою формулою:

$$E = Z_1 + U_1' + K_1' - Z_2 - U_2' - K_2', \quad (4.16)$$

Таблиця 4.1– Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Найменування показників	Позначення	Од. вим.	Значення
Балансова вартість наявного діагностичного обладнання для двигуна і ЕГФ	B_1	грн	89300
Вартість придбання комплексу для Common Rail GrunBaum CR350	B_2	грн	19300
Кількість ТЗ	n_a	од.	14
Загальний річний пробіг	L_p	тис. км	80000
Кількість ремонтів на 1 ТЗ в рік	$n_{ров}$	од.	1
Кількість Д на 1 ТЗ в рік	n_d	од.	1
Трудомісткість діагностування з застосуванням автосканера	$t_{скан}$	люд.-год.	0,2
Трудомісткість діагностики розробленим методом	$t_{розр}$	люд.-год.	0,3
Кількість інженерів-діагностів	n	люд.	1
Годинна тарифна ставка	$C_ч$	грн	85
Дійсний річний фонд робочого часу	Φ_d	год.	1668,8
Середній термін служби обладнання	$T_{сл}$	років	6
Нормативний коеф. ефективності кап. вкладень	E_n	–	0,15
Коеф. відрахувань на ТО і ПР обладнання	$K_{тр}$	–	0,05
Коеф., що враховує інші накладні витрати	$K_{нр}$	–	1,89
Коеф., що враховує відрахування на ФЗП	$K_{ФЗП}$	–	1,235
Паливо	$T_{пал}$	грн/л	20,1
Тариф на ел. енергію	T_e	грн/кВт*г	2,64

де Z_1 і Z_2 - приведені витрати в сфері виробництва, що припадають на одне базове і нове обладнання, грн;

U_1' і U_2' - річні експлуатаційні витрати споживача (без урахування амортизації) при використанні базового і нового обладнання відповідно в розрахунку на річний обсяг роботи, який забезпечувався б новим обладнанням, грн.

Трудомісткість робіт, пов'язаних з діагностикою ЕГФ існуючим методом, передбачає демонтаж всіх ЕГФ з двигуна і включає первинне діагностування за допомогою автосканера:

$$t_{д1} = t_{пегф} \cdot n_{егф} + t_{монт} + t_{скан}, \quad (4.17)$$

де $t_{пегф}$ - трудомісткість перевірки однієї ЕГФ на стенді;

$n_{егф}$ - кількість ЕГФ;

$t_{скан}$ - трудомісткість первинної діагностики автосканером, $t_{д} = 0,2$ години.

$$t_{д1} = 0,17 \cdot 6 + 2,3 + 0,2 = 3,52 \text{ люд.-год.}$$

Трудомісткість робіт, пов'язаних з діагностикою ЕГФ пропонованим методом, не залежить від кількості перевірених форсунок на двигуні і не вимагає їх демонтажу:

$$t_{д2} = t_{скан} + t_{розр}, \quad (4.18)$$

де $t_{розр}$ – трудомісткість діагностування розробленим методом.

$$t_{д2} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ люд.-год.}$$

Запишемо трудомісткість і витрати на проведення діагностики та ремонту ЕГФ існуючим і пропонованим методом:

$$C_{рові} = C_{пегф} \cdot n_{егф} + C_{регф} \cdot m_{егф} + t_{монт} \cdot C_{монт}; \quad (4.19)$$

$$C_{ров1} = 110 \cdot 6 + 500 \cdot 1 + 2,3 \cdot 250 = 1735 \text{ грн};$$

$$C_{ров2} = 110 \cdot 1 + 500 \cdot 1 + 1,7 \cdot 250 = 1035 \text{ грн};$$

$$T_{спi} = t_{перф} \cdot n_{егф} + t_{регф} \cdot m_{егф} + t_{монт} ; \quad (4.20)$$

$$T_{сп1} = 0,17 \cdot 6 + 0,6 \cdot 1 + 2,3 = 3,92 \text{ люд.-год.};$$

$$T_{сп2} = 0,5 \cdot 1 + 0,6 \cdot 1 + 1,7 = 2,8 \text{ люд.-год.},$$

де $C_{перф}$ і $n_{егф}$ – вартість перевірки однієї ЕГФ на стенді і їх кількість, при перевірці відповідно;

$C_{регф}$, $t_{регф}$ і $m_{егф}$ – вартість ремонту, трудомісткість ремонтних робіт однієї ЕГФ і їх кількість в ремонті відповідно;

$C_{монт}$ і $t_{монт}$ - вартість нормо-години робіт і трудомісткість і пов'язаних із зняттям / установкою компонентів.

Розрахунок витрат на запасні частини, на один ремонт, для 1-го автомобіля (ремонт ЕГФ та витратні матеріали), визначаємо за такою формулою:

$$Z_{зчi} = C_{регф} \cdot n_{егф} + C_{комп} \cdot m_{комп} ; \quad (4.21)$$

$$Z_{зч1} = 300 \cdot 1 + 675 \cdot 6 = 4350 \text{ грн};$$

$$Z_{зч2} = 300 \cdot 1 + 675 \cdot 1 = 975 \text{ грн},$$

де $C_{егф}$ і $n_{егф}$ – вартість однієї ЕГФ і їх кількість відповідно.

Загальні витрати для всього парку за рік, на проведення ремонтно-профілактичних впливів, діагностування та запасні частини по кожному з варіантів (до впровадження і після нього) визначимо, як суму витрат на проведення робіт і вартість замінних запасних частин і комплектуючих:

$$C_{общ1} = (C_{ров} + C_{зч}) \cdot n_a ; \quad (4.22)$$

$$C_{общ1} = (1735 + 4350) \cdot 14 = 85190 \text{ грн};$$

$$C_{общ2} = (1035 + 975) \cdot 14 = 28140 \text{ грн.}$$

Приведені витрати Z_i визначали у відповідності з наступною формулою:

$$Z_i = C_i + E_n \cdot K_i, \quad (4.23)$$

$$Z_1 = 89300 + 0,15 \cdot 0 = 89300 \text{ грн};$$

$$Z_2 = 89300 + 0,15 \cdot 11930 = 91089,5 \text{ грн},$$

де C_i - балансова вартість i -го варіанта обладнання, грн;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних вкладень в нове обладнання;

K_i - капітальні вкладення на нове обладнання i -го варіанта, грн.

Річні експлуатаційні витрати визначаються за формулою

$$U_i' = C_{зпi} + C_{трi} + C_{ei} + C_{палi} + C_{нрi} + C_{общi}, \quad (4.24)$$

де $C_{зпi}$ - річні витрати на заробітну плату операторів-діагностів, включаючи відрахування, грн;

$C_{трi}$ - витрати на поточний ремонт та утримання діагностичного обладнання, грн;

C_{ei} - витрати на електроенергію, грн;

$C_{палi}$ - витрати на паливо, грн;

$C_{нрi}$ - інші накладні витрати, грн.

$C_{общi}$ - загальні витрати на проведення ремонтно-профілактичних впливів, діагностування та запасних частин по кожному з варіантів.

Річні витрати на заробітну плату оператора-діагноста разом з нарахуваннями:

$$C_{зп1} = Q_i \cdot T_i \cdot C_r \cdot K_{фзп}; \quad (4.25)$$

$$C_{зп1} = 14 \cdot 3,52 \cdot 85 \cdot 1,235 = 5173 \text{ грн};$$

$$C_{зп2} = 14 \cdot 0,5 \cdot 85 \cdot 1,235 = 367 \text{ грн},$$

де T_i - тривалість діагностування АТПС одного автомобіля i -м методом;

C_r - годинна ставка оператора-діагноста, руб. / Год.

$K_{фзп}$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на заробітну плату.

Витрати на поточний ремонт та планово-технічне обслуговування i -го діагностичного обладнання:

$$C_{mpi} = \frac{B_i K_{mp}}{100}, \quad (4.26)$$

$$C_{mp1} = \frac{89300 \cdot 0,05}{100} = 44,65 \text{ грн},$$

$$C_{mp2} = \frac{(89300 + 11930) \cdot 0,05}{100} = 50,61 \text{ грн},$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує відрахування на поточний ремонт і утримання i -го діагностичного обладнання.

Витрати на електроенергію:

$$C_{ei} = g_i \cdot T_e \cdot Q_i, \quad (4.27)$$

$$C_{e1} = 0,09 \cdot 2,64 \cdot 14 = 3,33 \text{ грн};$$

$$C_{e2} = 0,09 \cdot 2,64 \cdot 14 = 3,33 \text{ грн},$$

де g_i - витрата електроенергії на діагностування одного автомобіля при використанні i -го варіанта, кВт;

T_e – тариф на електроенергію, грн/ кВт.

Витрати на паливо:

$$C_{пали} = g_{пали} \cdot T_{пали} \cdot Q_i, \quad (4.28)$$

$$C_{пал1} = 1 \cdot 20,1 \cdot 14 = 281,4 \text{ грн},$$

$$C_{пал2} = 1,5 \cdot 20,1 \cdot 14 = 422,1 \text{ грн},$$

де $g_{пали}$ - витрата палива при діагностуванні одного автомобіля при використанні i -го методу, л;

$T_{пали}$ - відпускної тариф, грн/ л.

Інші накладні витрати:

$$C_{нpi} = \frac{C_{зпi} K_{нp}}{K_{\Phi3П}}, \quad (4.29)$$

$$C_{нp1} = \frac{5173 \cdot 1,89}{1,235} = 7917 \text{ грн},$$

$$C_{нp2} = \frac{367 \cdot 1,89}{1,235} = 562 \text{ грн},$$

де $K_{нp}$ - коефіцієнт, що враховує інші накладні витрати.

Тоді річні експлуатаційні витрати за (4.24) складуть

$$U_1' = 5173 + 44,65 + 3,33 + 281,4 + 7917 + 85190 = 98609 \text{ грн},$$

$$U_2' = 367 + 50,61 + 3,33 + 422,1 + 662 + 28140 = 29645 \text{ грн}.$$

Супутні капітальні відрахування (амортизація):

$$K_1' = \frac{B_1}{T_{сл1}} = \frac{89300}{6} = 14834 \text{ грн}, \quad (4.30)$$

$$K_2' = \frac{B_1 + B_2}{T_{сл2}} = \frac{89300 + 11930}{6} = 16872 \text{ грн},$$

де $T_{сли}$ - середній термін служби i -го обладнання.

Таким чином, за (4.16) річний економічний ефект складе

$$E = 89300 + 98609 + 14834 - 91090 - 29645 - 16872 = 65136 \text{ грн}.$$

Термін окупності впровадженого методу діагностики визначиться як:

$$T_{ок} = \frac{B_2}{E} = \frac{11930}{65136} = 0,18 \text{ року.} \quad (4.31)$$

4.5 Висновки

1. Виявлені закономірності зміни витрати палива на управління у загальній зворотній магістралі і циклових подач електрогідравлічних форсунок від зносу керуючого клапана показують, що на витрату і циклову подачу впливають тривалість імпульсу і знос. Отримані закономірності витрати палива на управління $Q = f(\mu f_{\Sigma}, \tau_e)$ і циклових подач $q = f(\mu f_{\Sigma}, \tau_e)$, від зносу керуючого клапана, лягли в основу удоконаленого методу діагностики електрогідравлічних форсунок.

2. Виявлено діагностичні параметри S_i , що характеризують процес зміни тиску в загальній зворотній магістралі, при зміні технічного стану керуючого клапана. Встановлено, що значення S_i залежать від порядку роботи і розташування форсунок. Для розрахунків використовується наведена площа S_{ik} - параметр, позбавлений залежності від порядку роботи і розташування, отриманий за допомогою коефіцієнтів, що враховують ці фактори.

3. На основі результатів досліджень удосконалений метод діагностики електрогідравлічних форсунок, що дозволяє визначати індивідуальні витрати на управління кожного інжектора і виявляти форсунки граничного технічного стану. За результатами дослідження розроблено алгоритм, який реалізує даний метод.

4. Економічний ефект отримано за рахунок зниження трудомісткостей, а відповідно і витрат, діагностування ЕГФ автомобілів ПП «Беркут-Транс», які оснащені системою Common Rail. Річний економічний ефект складе 65136 грн, термін окупності – 0,18 року.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Діагностування автомобілів в умовах ПП «Беркут-транс» здійснюється на посту діагностики, який є частиною зони ТО і ПР. Тому розглянемо небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що виникають в цій зоні:

- рухомі машини та механізми, рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання та матеріалів;
- гострі кромки, заусениці та шорсткість на поверхнях деталей, інструментів, обладнання;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність або нестача природного освітлення;
- підвищена або понижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці.

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- фактори, що виникають внаслідок подразнюючого впливу на людину паливно-мастильних матеріалів, охолоджуючих рідин, хімічних миючих засобів для деталей автомобілів тощо;
- нервово-психічні перевантаження (великий перелік робіт по ПР автомобілів, а від робітника вимагається виконання великого переліку відповідальних робіт при діагностуванні та регулюванні, що веде до розумових перевантажень).

5.1 Технічні рішення щодо безпеки в зоні ТО і ПР

5.1.1 Техніка безпеки

Зона ТО і ПР має форму у вигляді двох прямокутників, загальною площею 1080 м². Висота приміщення 6м.

В зоні ТО і ПР технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному огляду. Слюсарами-авторемонтниками працюють особи віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктажі з ТБ та ПБ.

Колеса знімають за допомогою спеціального підйомно-транспортного обладнання. Автомобілі заїжджають власним ходом, гальмуються, включається найнижча передача і під колеса встановлюють не менше 2-ох опорів, які попереджують кочення автомобіля.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 380/220 В передбачено занулення (захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

Зняття та встановлення клапанних пружин та гальмівних пружин проводиться тільки з застосуванням спец. пристосувань та інструменту.

Витоки автомобільних мастил своєчасно прибирають тирсою.

Важкі вузли транспортують за допомогою пристосувань.

Роботи на двигуні проводяться, коли температура його поверхні менше 45°C.

В приміщенні зони є медична настінна аптечка з необхідною кількістю ліків, бинтів, вати та жгута. Робітники отримують: бавовняний комбінезон, рукавиці, черевики, засоби індивідуального захисту та миючі аптечні засоби.

5.1.2 Електробезпека

Безпека праці забезпечується виготовленням обладнання у відповідності вимогами ГОСТ 12.2.009-80; СТ СЗВ 538-87; СТ СЗВ 539-77. Вимоги до електрообладнання:

- обладнання повинно бути обов'язково занулено, що зменшить небезпеку ураження електричним струмом працюючих;
- приміщення зони ПР відносяться до приміщень із особливою небезпекою, так як одночасно мають в наявності слідуючи умови підвищеної небезпеки:

наявність струмопровідного пилу, наявність струмопровідної підлоги, можливість одночасного дотику людини до металевих частин конструкції і обладнання;

- в електричних схемах обладнання повинно бути передбачено блокуючі пристосування на випадок падіння чи збільшення напруги у електричній мережі.

Для запобігання враженню робітників електричним струмом при роботі вжито наступних заходів:

- у відповідності з ГОСТ 12.10.30-81 забезпечено недоступність струмоведучих частин електрообладнання; зовнішні проводи розміщено у металевих трубах, для виключення випадкового пошкодження ізоляції на них всю електроавтоматику розміщено у електрошафі чи у спеціальних нішах. Дверці оснащено відповідними надписами і знаками за ГОСТ 12.4.026-76;

- для захисту від струмів короткого замикання застосовано вимикальні автомати і плавкі запобіжники.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Згідно санітарним нормам $V=15 \text{ м}^3/\text{люд}$, $S=4,5 \text{ м}^2/\text{люд}$. Реальні показники площі і об'єму знаходяться в межах допустимих значень.

5.2.1 Мікроклімат

Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на усю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційно для робочих місць.

Згідно [22] проводяться роботи категорії Пб -середньої важкості, пов'язані із постійним переміщенням і роботи, які не потребують переміщення ваги (застосовується підйомно-транспортне обладнання та спеціальні пристосування). Робоче місце постійне, так як робітник знаходиться на ньому понад 50% свого робочого часу. Витрати енергії становлять 150-200 (ккал/рік). Внаслідок відсутності на ділянці джерел теплового випромінювання вони не нормуються. Основні показники мікроклімату для різних періодів року наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Діючі та допустимі значення параметрів мікроклімату в зоні ПР

Період року	Категорія робіт	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидк. повітря, м/с	
		Оптимальна	Допустима на робочому місці		Оптимальна	Допустима на постійних і непостійних місцях	Оптимальна	Допустима на постійних і непостійних місцях
			Постійних	Непостійних				
Холодний	Пб середньоважка	17-19	15-21	16-23	40-60	75	0,2	0,4
Теплий	Пб середньоважка	20-22	16-27	15-29	40-60	70 при 25 °С	0,3	0,2-0,5

Фактичні параметри мікроклімату відповідають встановленим вимогам.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

В процесі виконання робіт на виробничих постах є необхідність виконання робіт із працюючим двигуном, що може призводити до викидів картерних газів, поганому відведенню відпрацьованих газів, випаровування витоків різних технічних рідин. В процесі виконання робіт застосовуються різні миючі засоби для деталей автомобіля. ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони повинні відповідати [22] та наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - ГДК шкідливих речовин в повітрі зони

Назва речовин	ГДК мг/м ³	Діючі значення ГДК мг/м ³	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Азота диоксид	2	0,2	П	3
Акролеїн	0,2	0,09	П	2
Бензин паливний	100	74	П	4
Бензопірен	$15 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	А	1
Вуглецю оксид	20	14	П	4
Масло мінеральне	5	2	А	4
Кислота сірчана	1	0,08	А	2
Марганець у зварюв. аерозолях	0,2	0,08	А	2
Пил з гальмівних колодок	4	1,5	А	3
Мінеральний пил	2	1,2	А	4

Вентиляція зони приточно-витяжна з механічним та природним сполучанням. Також на постах організовані вентиляційні відсмоктувачі відпрацьованих газів при роботах із працюючим двигуном. Система вентиляції дозволяє підтримувати концентрацію шкідливих речовин в межах, які не перевищують гранично-допустимі, що наведені в табл. 5.2.

5.2.2 Освітлення

Кількісні і якісні характеристики освітлення регламентовані [22]. Природне освітлення забезпечується подвійними вікнами.

Розряд зорової роботи – Па, так як має місце робота з деталями, де об'єкт розпізнання 0,15...0,3мм.

Коефіцієнт природного освітлення визначається за формулою:

$$e^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c_k, \quad (5.1)$$

де e_n^{III} - нормоване значення коефіцієнту природного освітлення;

m - коефіцієнт світлового клімату.

c_k - коефіцієнт сонячності клімату.

Для 50° Пн. ш при світлових променях орієнтованих на захід

$$e = 1 * 0.9 * 0.75 = 0.675\%.$$

Природне освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам, наведеним в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми освітленості приміщень і виробничих дільниць

Приміщення	Площа нормування освітленості та її висота від підлоги	Розряд зорової роботи	Освітленість, лк при загальному освітленні	
			Нормоване	діюче
Зона ПР	Горизонтальна 0,8	Па	300(750)	350(800)

В зоні ПР використовується загальне та місцеве штучне освітлення. Загальне освітлення складається з рівномірно розмішених пристелевих світильників. В якості місцевого освітлення робочих місць використовуються світильники з лампами накали.

Аналіз приміщень підприємства показав відповідність діючим вимогам.

5.2.3 Шум

Походження механічних шумів пов'язано із слідуєми ми факторами :

- шуми, які виникають завдяки роботи двигунів автомобілів, а також приводів технологічного обладнання;
- ударні навантаження при виконанні деяких видів ремонтних робіт.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 приведені у табл. 5,4, ці дані відповідають виду трудової діяльності, що пов'язана з виконанням усіх видів робіт на постах виробничої зони.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку в дБА на робочих місцях

Рівні звукового тиску, дБ у активних смугах з середньгеометричною частотою, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ (А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Заходи по зниженню та захисту від шуму – використовувати звукоізолюючі кожухи, які закривали б найбільш шумні частини обладнання.

5.2.4 Вібрація

Причиною виникнення вібрацій є невірноважені силові впливи при роботі обладнання. Вибір категорії вібрацій наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Категорія вібрацій

Категорія вібрацій по санітарним нормам і критерії оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрації
3 тип "а"- межа зниження продуктивності праці	Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання	Підйомники

Санітарні норми одно числових показників вібраційного навантаження на оператора при тривалості зміни вісім годин згідно нормам по ДСН 3.3.6.039-99 наведені у табл. 5.6. Санітарні норми показників вібраційного навантаження на оператора (локальна вібрація) наведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.6 – Санітарні норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації	Направлення дії	Нормативні, скоректовані по частоті і еквівалентні значення			
			віброприскорення		віброшвидкості	
			м/с ²	ДБ	м/с · 10 ²	ДБ
Загальна	3 тип "а"	Z ₀ , Y ₀ , X ₀ ,	0,1	100	0,2	92

Таблиця 5.7 – Санітарні норми показників вібраційного навантаження

Середньогометричні частоти октавних смуг, Гц	Нормативне значення		Нормативне значення	
	віброприскорення		віброшвидкості	
	м/с ²	ДБ	м/с	ДБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	141	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85	159	1,4	109

Віброізоляція зменшує рівні вібрацій, що передаються від джерела на тіло робітника. Вона здійснюється введенням поміж джерелом вібрацій і працюючим проміжного пружного зв'язку. Наприклад, фундамент машин, споруджений на пружних прокладках, або встановлюються на віброізолюючих опорах. Таким чином допустимі рівні вібронанвантаження відповідають вимогам.

5.3 Пожежна безпека

За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до I ступені - приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючих матеріалів.

Можливими причинами виникнення пожеж в можуть бути: порушення технологічного режиму, несправність системи опалення і вентиляції, несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження), несправність замиряючої арматури, samozapalennya матеріалів, схильних до горіння. У відповідності з ОНТП 24-86 усі виробництва поділяються на декілька категорій по пожежній вибуховій і вибуховопожежній безпеці. Дільниця відноситься до категорії Д - виробництво, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл. 5.8). Межі вогнестійкості наведені в табл. 5.9.

Таблиця 5.8 – Визначення категорії приміщення

Категорія приміщення	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м ²
Д	6	1	не обмежується

Таблиця 5.9 – Мінімальні межі вогнестійкості і максимальні границі розповсюдження вогню, см

Стіни				Колони	Поверхові площадки, косовури, балки, марші поверхових клітин	Ненесучі конструкції перекриття	Елементи покриття
Несучі та поверхових клітин	Само-несучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні не несучі (перегородки)				
2,5/0	1,25/ 0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1 /0	1 /0	0,5/0

При проектуванні виробничих приміщень передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з СНиП 2.01.02.-85: висота від підлоги донизу виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 (м); висота від підлоги донизу виступаючих частин комунікацій і обладнання в

місцях регулярного надходження людей і на шляхах евакуацій не менше 2(м), а в місцях нерегулярного приходу людей - не менше 1,8 (м).

Кількість евакуаційних виходів не повинна складати менше двох з кожного поверху. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись окремо. Кількість людей на 1(м) евакуаційного виходу (дверей) для приміщень I ступені вогнестійкості категорії Д - 260 чоловік. Відповідно до таблиці 5.10 визначаємо відстань по коридорам до виходу і розміщення виходів.

Таблиця 5.10 – Відстань до виходу

Розміщення виходів	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості	Відстань по коридорам до виходу, м
Між двома зовнішніми виходами	Д	1	Більше/120

Пожежні вимоги в зоні відповідають вимогам.

5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

В умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, основним засобом захисту є евакуація населення і розміщення його в зонах, безпечних для проживання людей і тварин.

Евакуації підлягає населення, яке проживає в населених пунктах, розташованих у зонах можливого катастрофічного затоплення, можливого небезпечного радіоактивного забруднення, хімічного ураження, у районах виникнення стихійних лих, аварій і катастроф (якщо виникає безпосередня загроза життю і здоров'ю людей).

У залежності від обстановки, що склалася під час надзвичайної ситуації техногенного і природного характеру, може бути проведена загальна чи часткова евакуація населення тимчасового чи безповоротного характеру.

Загальна евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України для всіх категорій населення і планується на випадок:

- можливого небезпечного радіоактивного забруднення території навколо атомних електростанцій (якщо виникає безпосередня загроза життю і здоров'ю людей, які проживають у зоні ураження);
- виникнення загрози катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним доходженням проривної хвилі.

Часткова евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України у випадку загрози чи виникнення надзвичайної ситуації техногенного і природного характеру.

Евакуаційні заходи здійснюються місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування.

При проведенні часткової евакуації завчасно вивозиться не зайняте у сферах виробництва й обслуговування населення: діти, учні навчальних закладів, вихованці дитячих будинків разом з викладачами і вихователями, студенти, пенсіонери й інваліди, які містяться в будинках для осіб похилого віку, разом з обслуговуючим персоналом і членами їх родин.

У сфері захисту населення і території від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру евакуація населення планується на випадок:

- аварій на атомній електростанції з можливим забрудненням території;
- усіх видів аварії з викидом сильнодіючих отруйних речовин;
- загроз катастрофічного затоплення місцевості;
- лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, інших геофізичних і гідрометеорологічних явищ з тяжкими наслідками, які загрожують населеним пунктам.

Проведення організованої евакуації. Запобігання проявів паніки і недопущення загибелі людей забезпечується шляхом:

- планування евакуації населення;
- визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;

- організації оповіщення керівником підприємств і населення про початок евакуації;
- організації управління евакуацією;
- усебічного життєзабезпечення в місцях безпечного розселення евакуйованого населення;
- навчання населення діям при проведенні евакуації.

Евакуація населення здійснюється способом, який передбачає вивезення основної частини населення із зон надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру усіма видами наявного транспорту, а у випадку його відсутності чи недостачі (а також к випадку руйнування транспортних шляхів) – організоване виведення населення пішки заздалегідь розробленими маршрутами.

Висновки: Таким чином розроблена зона ТО і ПР відповідає всім вимогам охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було вивчено питання підвищення ефективності діагностування електрогідравлічних форсунок дизелів в умовах експлуатації.

1. В першому розділі був проведений аналіз методів і засобів діагностування акумуляторних системи живлення дизелів і зокрема електрогідравлічних форсунок.

2. Аналіз показників роботи та структури і стану рухомого складу та ВТБ ПП «Беркут-транс» виявив як потребу в оновленні рухомого складу підприємства так і потреби у вдосконаленні ВТБ.

3. Обґрунтовано математичну модель процесу функціонування автомобільних електрогідравлічних форсунок дизельного двигуна, яка враховує знос керуючого клапана, в залежності від режиму функціонування (тиску в рампі, тривалості керуючого імпульсу, порядку роботи і взаємного розташування). Ця модель дозволяє аналітично дослідити взаємозв'язок діагностичних параметрів тиску і витрати в загальній зворотній магістралі зі зміною технічного стану електрогідравлічних форсунок.

4. Виконано технологічний розрахунок ремонтно-обслуговуючого виробництва ПП «Беркут-Транс». Розрахунки показали, що існуючі приміщення, кількість постів тощо в цілому відповідають потребам. Обґрунтовано виконання діагностичних операцій на окремому посту діагностування, для якого виконано поглиблена розробка.

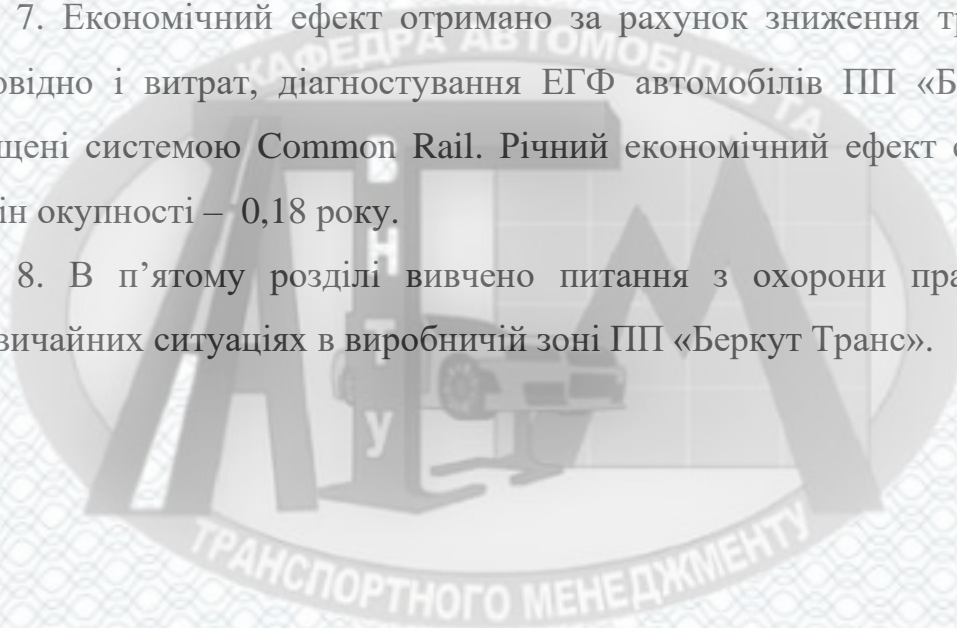
5. Виконано дослідження процесу функціонування електрогідравлічних форсунок при зміні їх технічного стану, які показують, що в залежності від зносу керуючого клапана, змінюються циклова подача і витрата на управління. Це дозволило виявити діагностичні параметри, що характеризують знос керуючих клапанів електрогідравлічних форсунок: величина загальної витрати на управління; параметр S_i , що характеризує процес зміни тиску в загальній

зворотної магістралі при спрацьовуванні кожної форсунки з урахуванням порядку роботи і розташування.

6. Удосконалено методику діагностування електрогідравлічних форсунок, яка дозволяє на основі врахування закономірностей формування тиску і витрати палива в загальній зворотної магістралі дизельного двигуна, визначати індивідуальні витрати на управління кожного інжектора і виявляти форсунки граничного технічного стану.

7. Економічний ефект отримано за рахунок зниження трудомісткостей, а відповідно і витрат, діагностування ЕГФ автомобілів ПП «Беркут-Транс», які оснащені системою Common Rail. Річний економічний ефект складе 65136 грн, термін окупності – 0,18 року.

8. В п'ятому розділі вивчено питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в виробничій зоні ПП «Беркут Транс».



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анисимов А.П. Организация и планирование автотранспортных предприятий. [Учебник]. 2-е изд., перераб. и доп.. М.: Транспорт, 1982. 269с.
2. Астахов И.В. Подача и распыливание топлива в дизелях / И.В. Астахов, В.И. Трусов, А.С. Хачиян и др. М.: Машиностроение, 1972.– 359 с.
3. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною : НАПБ Б.03.002-2007. Київ : ДЕРЖПОЖБЕЗПЕКИ МНС УКРАЇНИ, 2007.
4. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / [В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов]. Вінниця, ВНТУ, 2013. Режим доступу : <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/5/index.html>.
5. Врублевский А.Н. Математическая модель быстродействующего электромагнита для топливной системы ДВС. /Врублевский А.Н., А.Л. Григорьев, А.М. Бовда. // Всеукраинский научно-технический журнал «Двигатель внутреннего сгорания».вып 2 2007 с. 138-143
6. Голованенко С.Л. Справочник инженера–экономиста автомобильного транспорта. Киев “Техника”, 1991.
7. Говорущенко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей. - М.: Транспорт, 1970. 256 с.
8. Грехов Л.В. Научные основы разработки систем топливоподачи в цилиндры двигателей внутреннего сгорания. Дисс. д-ра техн. наук 05.04.02. М.: 1999. 375 с.
9. Грехов Л.В. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением. – М.: Легион-Автодата, 2003. 176 с.
10. Емельянов Л.А. Развитие комплекса математических моделей дизеля, оснащенного аккумуляторной топливной системой с электронным управлением. 05.04.02. Дисс. ...канд. техн. наук. М: 2007. 182 с.

11. Ефимов К.В. Оптимизация параметров электрогидравлической форсунки для дизеля с микропроцессорной системой управления. Дисс. ...канд. техн. наук. М: 2004.– 196 с.
12. Кривцов С.Н. Модернизация стендов по регулировке ТНВД для работы с системой Common Rail. / Кривцов С.Н., Федотов А.И., Кривцова Т.И. // Автотранспортное предприятие №6 2015. с. 31-34.
13. Кривцов С.Н. Динамический метод диагностирования автомобильных дизельных двигателей, оснащенных аккумуляторной топливоподающей системой // Автомобильная промышленность №9 2015. с. 26-30.
14. Курніков І.П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту / [Курніков І.П. та ін.]. К.: Вища школа, 1993.
15. Любар Я.І., Смирнов Є.В. Методи діагностування робочих електрогідравлічних форсунок // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи – 2021. – Вінниця, ВНТУ, 2021. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/schedConf/presentations>
16. Любчик М.А. Силовые электромагниты аппаратов и устройств автоматики постоянного тока. (Расчет и элементы проектирования). М.: изд. «Энергия», 1969. 64 с
17. Насос-форсунка с пьезоэлектрическим клапаном. Конструкция и принцип действия. Пособие по программе самообразования. Перевод и верстка ООО"ФОЛЬКСВАГЕН ГрупРус", 2005. 24 с.
18. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. [Учебник для вузов] М. Транспорт, 1985 231с.
19. Неговора А.В. Передовые технологии технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры дизелей / Неговора А.В., Габитов И.И. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. №3 (35). С. 40-44.

20. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта : ОНТП-01-91 (РД 3107938-0176-91). [Действителен от 1992-01-01]. М. : Гипроавтотранс, 1991. 184с.
21. Пинский Ф.И. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания / Пинский Ф.И., Давтян Р.И., Черняк Б.Я. М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2001. 136 с.
22. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : ДНАОП 0.00-1.28-97. К. : Держнаглядохоронпраці, 1997.
23. Предприятия по обслуживанию автомобилей : ВСН 01-89. [Действителен от 1990-01-12]. М. : ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1989. 27 с.
24. Райф К. Системы управления дизельными двигателями (в кратком изложении). Перевод с нем. ЧМП РИА «GMM-пресс». М.: ООО изд. «За рулем», 2013. – 232 с.: ил.
25. Системы управления дизельными двигателями. Пер с нем. М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 480 с.
26. Соснин Д.А. Новейшие автомобильные электронные системы. / Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. М.: Солон-пресс, 2005. 240 с.
27. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Под ред. Г.В. Крамаренко. 2-е изд. М.: Транспорт, 1983. - 488 с, ил., табл.
28. Фонов В.В. Компоненты перспективных топливных систем аккумуляторного типа с электронным управлением для транспортных дизелей. М.: 2004. 198 с.
29. Якимов И.В. Анализ формирования утечек топлива в электрогидравлических форсунках автомобильного дизельного двигателя / Якимов И.В., Кривцов С.Н. // Вестник ИрГТУ №6 2016 с. 163-168.
30. Bosch Diesel Injection Systems. Automotive aftermarket. R Bosch GmbH, 2007. 167 ppts.
31. Common Rail System (CRS) Service Manual: General Edition. Denso Corporation Service Department. Showa-cho, Kariya, Aichi Prefecture, 2008. 185 pp.

32. Leonhard, R. 2000 bar Diesel Common Rail by Bosch for Passenger Cars /R. Leonhard, J. Warga // MTZ worldwide. 2008. Vol. 69. №10. P. 26-31. 131.
Leonhard, R. Pressure-amplified Common Rail System for Commercial Vehicles / R. Leonhard, M. Parche, C. Alvarez-Avila, J. Krauß, B. Rosenau // MTZ worldwide. 2009. Vol. 70. №5. P. 10-15.
33. Schoppe, D. Delphi Common Rail System with Direct Acting Injector / D. Schoppe, S. Zulch, M. Hardy, D. Geurts, R.W. Jorach, N. Baker // MTZ worldwide. 2008. Vol. 69. №10. P. 32-38.
34. Theobald, J. Fuel injection system key component for future emission targets / J. Theobald, K. Schintzel, A. Krause, U. Doerges // MTZ worldwide. 2011. Vol. 72. №4. P. 4-9.

