

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ім. С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему: **«Підвищення експлуатаційної ефективності паливної
апаратури дизеля, шляхом встановлення додаткового обладнання»**

Виконав: студент IV курсу групи Ат-42СП
Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва)

Роман Судук

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон Магац

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.114.3

Судук Р. В. Підвищення експлуатаційної ефективності паливної апаратури дизеля, шляхом встановлення додаткового обладнання. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025. 53 с.

Табл. 1; рис. 15; бібліограф. джерел 21.

Проаналізовано науково-технічну літературу з питань конструктивних особливостей паливних систем дизеля сучасного автомобіля.

Запропоновано технічне рішення, на встановлення додаткового паливного фільтру тонкої очистки у паливну систему, що забезпечить кращу роботу системи Common Rail.

Розраховано та побудовано графіки залежності пливу швидкості руху автомобіля на годинну витрату (л/100км) та питому витрату палива (g_e г/кВт год) з модернізованою паливною системою.

Розроблено технічне рішення, щодо монтажу додаткового паливного фільтру у систему «Common Rail».

Здійснено аналіз потенційних ризиків, що можуть виникнути в ході модернізації системи і становити загрозу для безпеки обслуговуючого персоналу.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	8
1.1 Особливості паливної системи Common Rail	8
1.2. Особливості будови і роботи системи Common Rail.....	10
1.2.1 Додатковий паливний насос.....	14
1.2.2 Технічні особливості системи упорскування	15
1.3 Принцип роботи ПНВТ дизеля автомобіля VOLVO.....	17
1.3.1 Регулювання тиску палива за допомогою обох клапанів.....	18
1.4 Висновки.....	20
2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	21
2.1 Розрахунок паливно-економічної характеристики автомобіля з дизельним двигуном.....	21
2.2 Висновки	29
3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	30
3.1 Паливна система дизельного двигуна	30
3.1.1 Основні компоненти паливної системи дизельного двигуна	30
3.1.2 Ознаки несправності паливної системи	31
3.1.3 Особливості обслуговування дизельної паливної системи	32
3.2 Формування операційної карти, на встановлення додаткового фільтруючого елементу у паливну систему сучасного дизеля	32
3.3 Висновки.....	36
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	37
4.1 Структурно-функціональний аналіз виникнення небезпечних ситуацій..	37
4.2 Пожежна безпека	39

4.3 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці	42
4.4 Висновки.....	45
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	47
5.1 Експлуатаційні витрати	47
5.2 Висновки.....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ВСТУП

На сьогодні, дизельним двигуном оснащений кожен другий новий легковий автомобіль, а вантажні - майже повністю. У 1997 р. ця частка становила лише 22%, а в 2010 р. ситуація в Європі складалася наступним чином: рекордна ринкова частка дизелів була зафіксована в Бельгії — 74%, за нею Франція (71%), Іспанія (68%), Португалія (65%), Австрія (62%) та Україна (49%). У Німеччині, легкові автомобілі оснащувалися дизельними двигунами майже на 44% (від усіх нових автомобілів).

Компанія Bosch розраховує, що 2023-25 рр, цей показник у середньому по Західній Європі перевищить 52%.

Система Common Rail, має значний потенціал з погляду розвитку дизельних технологій. Ця система у поєднанні з іншими існуючими, користується широким попитом і постійно модернізується. Важлива перевага дизельних двигунів – низький рівень споживання палива та викидів CO₂. Стимулом поширення цієї технології, стали сучасні стандарти, яким відповідає лише упорскування палива під високим тиском з електронним управлінням. Цього року, обсяг продажів систем Bosch Common Rail в Індії та Китаї становитиме не менше 100 тис. шт., а до 2023 р. цей показник має досягти близько 1,3 млн. систем у кожній з двох країн. На даний час, в Америці продається лише одна п'ята від загального обсягу випуску систем упорскування високого тиску Bosch, але до 2023 року, ця частка становитиме майже 50%. Система випускається на 15 підприємствах групи Bosch у одинадцяти країнах світу.

Не зважаючи на значні якісні експлуатаційні показники дизелів з системами Common Rail, що оснащуються сучасні автомобілі, вони дуже вразливі до якості палива. Тому, досить часто на наших дорогах трапляються випадки, що дана система зазнає збоїв, особливо у вантажних автомобілів-автопоїздів (VOLVO, RENO, MAN). Причина (неякісне паливо), а це відповідно – забиття паливних фільтрів та виходу із ладу паливної апаратури.

Таким чином, нами прийнято рішення модернізувати дану паливну систему, встановивши додатково паливний фільтр тонкої очистки, безпосередньо після паливного насосу, на виході із паливного баку.

На наше переконання, під час проходження ТО вантажних автомобілів (після пробігу 250 000 км), паливна апаратура значно підвищить свій амортизаційний період.

Тому, **метою** даної кваліфікаційної роботи, є підвищення технічних та експлуатаційних показників дизельного двигуна, завдяки встановленню додаткового обладнання у його паливну систему.

Для цього необхідно:

- Провести аналіз технічної літератури, що до конструктивних особливостей паливної системи сучасного дизельного двигуна.
- Визначити оптимальне місце розміщення додаткового фільтруючого елементу у паливну магістраль системи Common Rail вантажного автомобіля.
- Провести оцінку економічної доцільності використання додаткового обладнання у паливній системі.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Особливості паливної системи Common Rail

Найновіша історія дизельного двигуна почалася 1997 р. Десять років тому, компанія Bosch першою у світі випустила на ринок систему Common Rail для легкових автомобілів. Першими моделями, оснащеними цією технологією, стали Alfa Romeo 156 JTD та Mercedes-Benz 220 CDI [19]-[21]. "

Common Rail, підвищує потужність і крутний момент двигуна, одночасно суттєво зменшуючи рівень витрати палива, шуму та емісії", - заявив керівник підрозділу дизельних систем Bosch Ульріх Долі з нагоди ювілею [15]. Автовиробники чудово обізнані про ці переваги Common Rail, і сьогодні майже кожен новий дизельний двигун легкового автомобіля у світі, обладнаний даною системою, рис. 1.1.

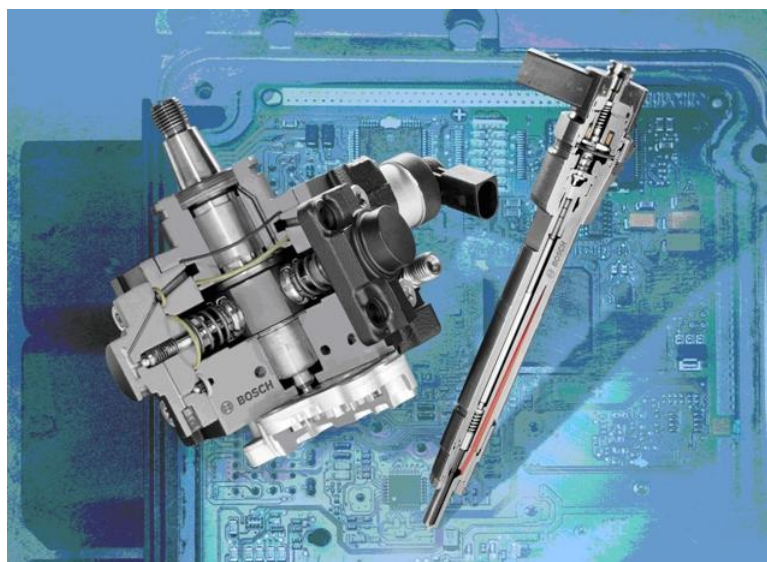


Рисунок 1.1 – Основні конструктивні елементи системи Common Rail.

Дизельні двигуни, ще ніколи не були такими екологічно чистими, як сьогодні. Цей тип приводу, відповідає найсуворішим сучасним вимогам і водночас має величезний потенціал на майбутнє», зазначено у джерелі [11].

З 1990 р. рівень викидів вуглекислого газу, оксидів азоту та вуглеводнів у дизельних легкових автомобілів знизився більш ніж на 95%. Сучасний дизельний двигун із системою Common Rail споживає на 30% менше палива та викидає на 25% менше CO₂, ніж аналогічний бензиновий. Технологія Common Rail, відіграє вирішальну роль у досягненні майбутніх стандартів емісії Euro 5, Euro 6 та US07 Bin5.

Широкий асортимент модифікацій Bosch Common Rail, відповідає всім вимогам ринку. Компанія пропонує системи з тиском упорскування 1350, 1600 та 2000 Бар. Різним специфікаціям двигунів, відповідають системи з електромагнітними та п'єзоелектричними клапанами. Крім того, найближчим часом з'являться нові рішення у рамках цієї технології. Для середнього сегменту ринку, Bosch розробляє нові системи, які дозволять поетапно знижувати витрати та споживання палива, рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Двигун Audi 2,0л TDI із системою Common Rail

Двигун 2.0 л TDI потужністю 105 кВт (143 л. с.) із системою упорскування Common Rail, знаменує початок переходу в нове покоління потужних та економічних дизельних двигунів. Він демонструє нові можливості схеми TDI та робить її придатною для вимог завтрашнього дня, які визначаються насамперед необхідністю мінімізації впливу на довкілля.

Двигун 2.0 л TDI-CR базується на успішному 2.0 л TDI з насос-форсунками, але при цьому комбінація дволітрового агрегату TDI із системою упорскування Common Rail дозволяє вивести його на новий рівень. Новий двигун 2.0 л TDI-CR, випускає завод Audi Hungaria Motor в

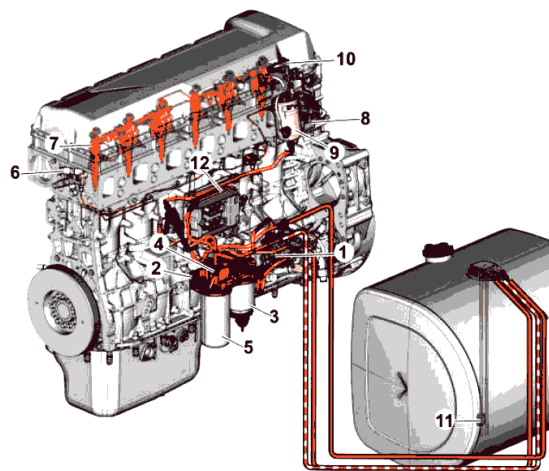
угорському Дері (Gyr) і вже сьогодні відповідає суворим вимогам норми Євро 5, яка набула чинності з 2010 року [15]-[19].

Застосування техніки упорскування Common Rail дає двигуну 2.0 л TDI-CR дуже істотні переваги, щодо токсичності відпрацьованих газів, шумності, маси та розмірів (конструктивної висоти).

1.2 Особливості будови і роботи системи Common Rail

У системі живлення нового двигуна 2.0 л TDI застосовується система упорскування Common Rail. Система упорскування Common Rail є системою впорскування палива для дизельних двигунів з акумулятором високого тиску. Англійський вираз "Common Rail" буквально означає "загальна балка/рампа", що паливо до кожної з форсунок подається з одного загального акумулятора високого тиску. У даній системі, вузли, що створюють високий тиск, та вузли власного упорскування, є розділені. Високий тиск палива, що необхідний для впорскування, створюється насосом високого тиску (ПНВТ). Цей тиск накопичується в акумуляторі високого тиску (паливній рампі) і постійно подається до кожної форсунки, через магістралі високого тиску.

Керується система упорскування Common Rail, системою керування двигуна Bosch EDC 17, рис. 1.3.



1 - Корпус паливного фільтра. 2 - Первинний фільтр із водовідділювачем.

3- Клапан для видалення повітря. 4.- Паливний фільтр. 5 - Модуль формування дизельного палива. 6 - Форсунка (під кришкою клапана). 7 - Модуль підготовки газового палива. 8- Газовий сепаратор. 9 - Клапан зворотної дії. 10 - Паливний фільтр грубої очистки. 11 - Змійовик охолодження.

Рисунок 1.3 – Загальна компоновка системи Common Rail на дизелі

До складу системи Common Rail входять наступні елементи:

1. Підкачувальний паливний насос G6. Безперервно подає паливо до напірної магістралі.
2. Клапан попереднього підігріву палива. Запобігає забиванню паливного фільтра парафінами, що кристалізуються, при низьких температурах.
3. Додатковий паливний насос V393. Подача палива з напірної магістралі.
4. Паливний фільтр.
5. Датчик температури палива G81. Визначає поточну температуру палива.
6. Паливний насос високого тиску (ПНВТ). Створює необхідний для упорскування палива високий тиск.
7. Клапан дозування палива N290. Регулює кількість палива, що подається в акумулятор високого тиску.
8. Регулятор тиску палива N276. Управління тиском палива у контурі високого тиску.
9. Акумулятор високого тиску (паливна рампа). Служить накопичувачем високого тиску палива для всіх циліндрів двигуна.
10. Датчик тиску палива G247. Вимірює поточний тиск палива у контурі високого тиску.

11. Редукційний клапан. Підтримує постійний залишковий тиск у зворотних магістралях форсунок приблизно на 10 Бар, що необхідний для нормальної роботи форсунок.

12. Форсунки N30, N31, N32, N33, рис. 1.4.

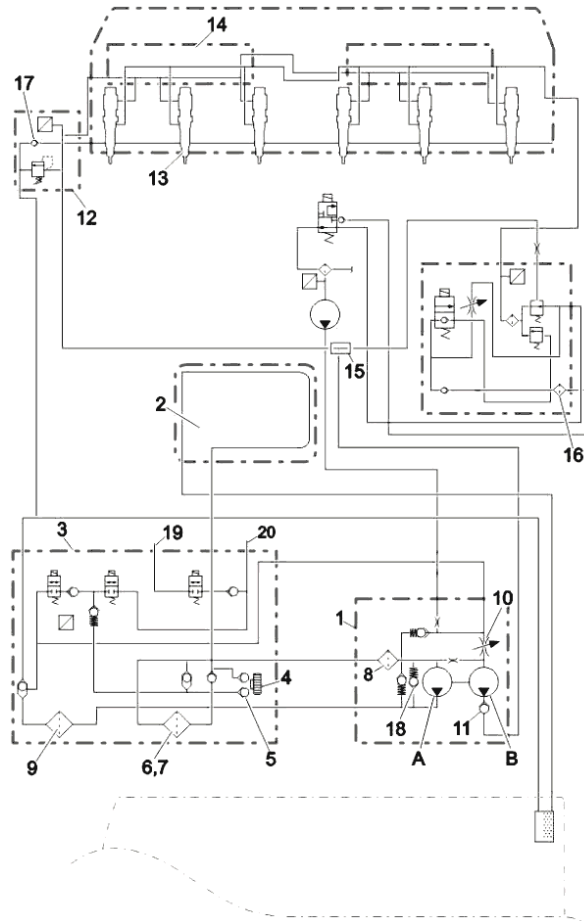


Рисунок 1.4 – Електронні елементи сучасної паливної системи.

Паливний насос (у дизелі, автомобіля VOLVO), розміщується на корпусі коробки передач і приводиться в дію від задньої частини насоса гідропідсилювача керма. Ущільнення між паливним насосом і корпусом коробки передач забезпечується направляючими кільцями з ущільнювальним кільцем (6) та окремим ущільнювальним кільцем. Усередині корпусу коробки передач (5) розташований набір невеликих шестерень (1), які передають крутний момент від насоса гідропідсилювача керма до дизельного паливного насоса.

Передавальне число (зубчастої передачі), що становить 1,5 від частоти обертання колінчастого валу, є збалансована з робочими циклами насосу та моментами упорскування пального.

Дизельний паливний насос, нагнітає пальне під тиском до 300 Бар до форсунок через паливну рампу високого тиску. У його конструкцію інтегровано дозуючий впускний клапан (2), який регулює тиск. Насос здійснює всмоктування палива з паливного баку, через охолоджувач, електронний блок керування двигуном та паливний фільтр.

Модуль насосу складається з двох частин: насосу низького тиску та насосу високого тиску. Насос низького тиску (3) забезпечує подачу пального під тиском 5–7 Бар до сьомої форсунки, тоді як насос високого тиску (4) подає паливо під тиском до 300 Бар, через паливний колектор і рампу до всіх форсунок.

Впускний клапан (2) є ключовим елементом електронного регулювання тиску подачі як газу, так і дизельного палива до форсунок.

Модуль підготовки дизельного палива включає в себе: запобіжний клапан тиску (1), зворотний клапан на виході палива (2) і датчик тиску дизельного палива (3). Запобіжний клапан, запобігає надмірному підвищенню тиску в системі, забезпечуючи її захист. Зворотний клапан (2) гарантує односторонній потік пального у напрямку до головки блоку циліндрів. Датчик тиску здійснює контроль тиску в паливній рампі високого тиску. Підключення до цієї рампи відбувається за допомогою трубок, прокладених через головку циліндрів під клапанною кришкою.

Модуль паливної рампи забезпечує контрольовану подачу дизельного палива з дизельного колектору (1) та газу з модуля підготовки газу (2). Обидва типи палива транспортуються окремо, і незалежно один від одного до форсунок, які впорскують паливо безпосередньо в камеру згоряння.

Дизельне паливо подається з колектору через вхідну трубку (3) до передньої частини корпусу газової паливної рампи (4), звідки воно надходить до форсунок 1–3 через трубки подачі дизельного палива (5). Далі паливо

проходить через перепускную трубку (6) до задньої частини корпусу газової паливної рампи (7) і подається до форсунок 4–6.

Газ, у свою чергу, надходить у задню частину паливної рампи через вхідну трубку (8) і потрапляє до форсунок 4–6 за допомогою газових трубок (9). Потім, через перепускную трубку (10) газ подається до передньої частини рампи і живить форсунки 1–3.

Обидві паливні рампи оснащені ідентифікаційними табличками для зручності обліку та обслуговування.

1.2.1 Додатковий паливний насос

Додатковий паливний насос встановлюється в стороні днища, спереду праворуч та служить для подачі палива з паливного баку в напірну магістраль ПНВТ. Додатковий паливний насос, керується блоком керування двигуна через реле і підвищує тиск палива, що створюється електричним паливним насосом у паливному баку, приблизно на 5 Бар, що забезпечується безперебійне подання палива в ПНВТ на всіх режимах роботи двигуна, рис. 1.5 [3][8].



Рисунок 1.5 – Подача палива у магістралі низького тиску.

Клапан попереднього підігріву палива, встановлювався в одному вузлі з фільтром палива. Його функція - керування циркуляцією палива в

магістралі низькому тиску. На холодному двигуні, термoeлемент клапану скорочується та через золотник перекриває канал зливу зворотного палива у паливний бак. Тепле паливо, що повертається від двигуна, через внутрішній канал у клапані, подається безпосередньо в напірну магістраль (минаючи паливний бак). Це тепле паливо змішується з холодним, що подається від паливного баку, і нагріває його, що запобігає забиванню паливного фільтру парафінами при низьких температурах повітря.

1.2.2 Технічні особливості системи упорскування

У будь-якому режимі роботи двигуна, може створитися будь-який тиск палива.

Високий тиск упорскування до 1800 Бар, забезпечує тонке розпилювання палива і якісне сумішоутворення.

Електронна система забезпечує гнучке управління ходом упорскування і можливість кількох попередніх і наступних упорскувань.

Завдяки широкому діапазону тисків і тактів упорскування, система Common Rail надає широкі можливості для оптимізації процесу впорскування, в будь-якому з режимів роботи дизеля. Вона створює хороші передумови, для виконання постійно зростаючих вимог до систем живлення в частині зниження витрат палива, токсичності ВГ та шумності.

У системі Common Rail двигуна 2.0 л [13]-[18], застосовуються п'єзофорсунки, рис. 1.6. Активними елементами у таких форсунках є п'єзокристали. Швидкість роботи п'єзокристалічного приводу перевищує швидкість роботи електромагнітного клапана у чотири рази. Крім того, застосування п'єзотехнології, дозволяє знизити рухому масу, пов'язану з голкою розпилювача, на 75% порівняно з електромагнітними форсунками. А це забезпечує системі наступні переваги:

- швидкий час перемикання;

- можливість реалізації декількох (до 5) упорскування в одному робочому такті;
- точне дозування кількості палива, що впорскується.

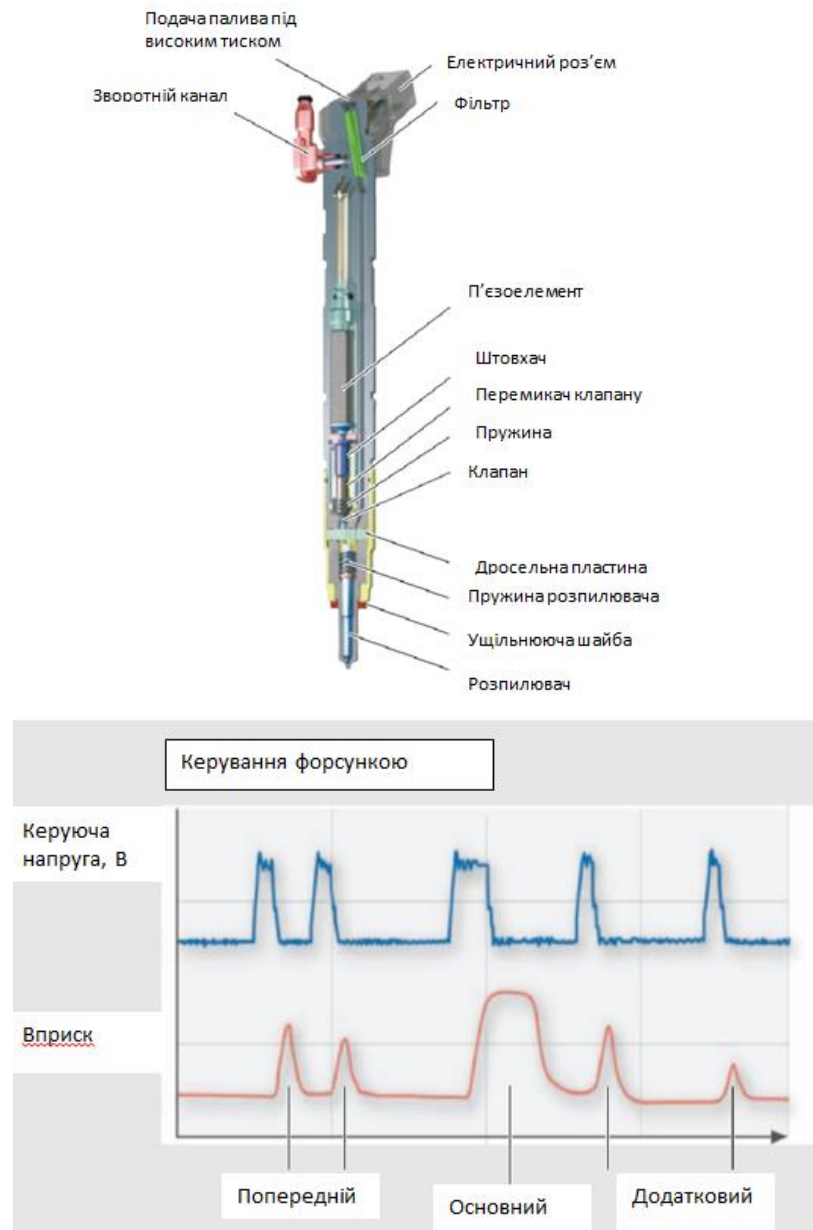


Рисунок 1.6 – Конструкція та електричні імпульси п'єзофорсунки/

Додатковий паливний насос подає до ПНВТ достатню кількість палива під тиском шт. 5 Бар незалежно від режиму роботи двигуна. Через клапан дозування N290, паливо надходить у зону високого тиску ПНВТ. Кулачок приводного валу, що набігає, приводить плунжер насоса в радіальний рух (вгору), рис 1.7 [12].

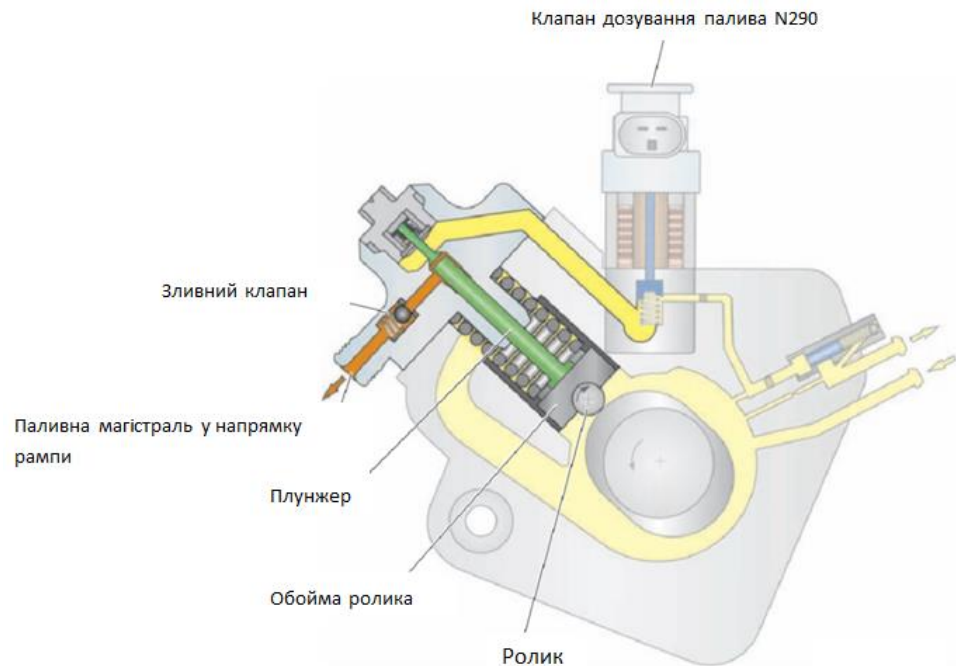


Рисунок 1.7 – Конструкція паливного насосу високого тиску.

1.3 Принцип роботи ПНВТ дизеля автомобіля VOLVO

Додатковий паливний насос подає паливо з паливного баку на напірну магістраль (ПНВТ) під тиском приблизно 5 Бар. Тим самим, забезпечується безперебійна подача палива до насоса на всіх режимах роботи двигуна. Перепускний клапан, обмежує внутрішній тиск ПНВТ приблизно 4,3 бар. Паливо, що подається додатковим насосом, натискає на золотник (і пружину) перепускного клапана. При перевищенні тиску 4,3 бар перепускний клапан відкриває паливу доступ до зворотної магістралі. Надлишки палива, напірною магістраллю повертаються зворотною магістраллю у паливний бак.

У системі упорскування Common Rail двигуна 2,0 л TDI-CR для регулювання тиску у рампі високого тиску, застосовується подвійне регулювання. Залежно від режиму роботи двигуна, високий тиск палива регулюється або регулятором тиску палива N276 в паливній рампі, або клапаном дозування палива N290 в НВТ. Для цього, блок керування двигуна подає на зазначені клапани відповідний ШІМ-сигнал.

При запуску двигуна та прогріві палива, високий тиск регулюється регулятором тиску палива N276. Для прискорення прогріву палива, ПНВТ подає паливо у зону високого тиску більше палива, ніж необхідно двигуну для роботи. Надлишки палива, через відкритий регулятор тиску N276 повертаються у низький контур тиску.

При необхідності збільшеної кількості палива для упорскування та високого тиску паливної рампи, тиск регулюється клапаном дозування палива N290. Тобто, у паливну рампу подається саме стільки палива, скільки необхідно двигуну у поточному режимі роботи. Це знижує споживану ПНВТ потужність і дозволяє уникнути непотрібного нагрівання.

1.3.1 Регулювання тиску палива за допомогою обох клапанів

У режимі холостого або примусового холостого ходу, а також при невеликій витраті палива на упорскування, високий тиск регулюється двома клапанами [4]-[11]. Тим самим, досягається висока точність регулювання тиску, необхідна для стійкої роботи на холостому ходу, зниження токсичності ВГ та забезпечення плавного переходу в режим примусового холостого ходу, рис. 1.8.

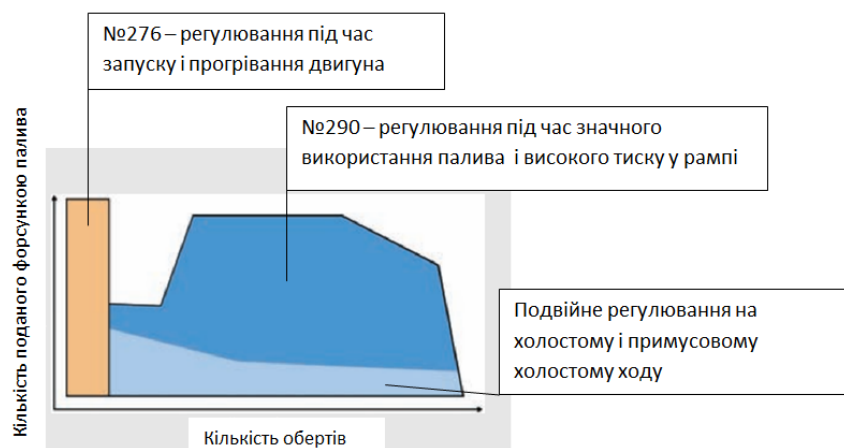


Рис. 1.8 – Графік подвійного регулювання тиску палива у рампі.

При виході з ладу регулятора тиску N276 робота двигуна неможлива, оскільки неможливе створення достатньо високого тиску у рампі, для впорскування палива.

Роботу дизеля контролюють на ступні електронні елементи, що відображені на рис.1.9:

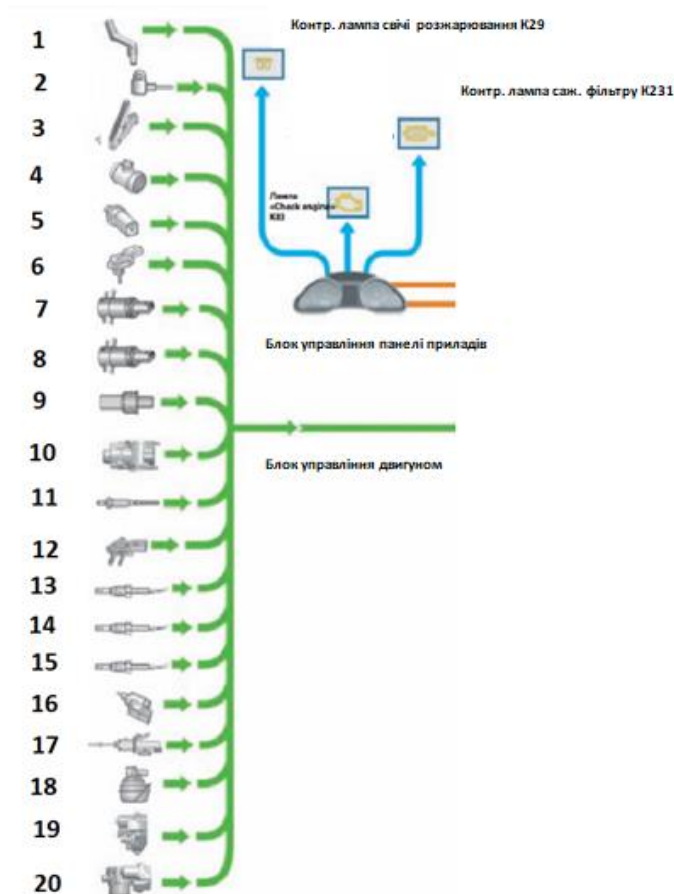


Рисунок 1.9 – Електронні елементи системи Common Rail [3] .

Аналізуючи роботу всіх електронних і електричних елементів, що впливають на роботу паливної системи сучасного дизельного двигуна, цілком можна стверджувати, що вони суттєво оптимізують паливну подачу. Але, у випадку, коли у систему попадає неякісне паливо, електронні елементи і всі інші виконавчі механізми, що приймають участь у подачі палива зазнають збоїв, і електронний блок переходить в аварійний режим роботи або двигун перестає працювати.

Тому, для підвищення якості палива, на наше переконання, слід встановити додатковий фільтруючий елемент у систему очистки.

Відповідно, наші послідовні дії, будуть стосуватися теоретичного дослідження запропонованої модернізованої системи автомобіля VOLVO С6.

1.4 Висновки

Проаналізовано науково-технічну літературу з питань конструктивних особливостей паливних систем дизеля сучасного автомобіля.

Встановлено, що у більшості випадків, дизелі оснащуються системою Common Rail, яка вимагає надто якісного палива, що у свою чергу, суттєво впливає на її технічний стан.

Запропоновано технічне рішення, на встановлення додаткового паливного фільтру тонкої очистки у паливну систему, безпосередньо після паливного баку.

2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок паливно-економічної характеристики автомобіля з дизельним двигуном

Показники паливно-економічної характеристики автомобіля на найвищій (z-й) передачі в різних швидкісних режимах роботи дизельного двигуна визначаються на основі даних зовнішньої швидкісної характеристики, наведених у таблиці 2.1.

На початковому етапі, до таблиці 2.1 вносяться швидкісні режими, а також відповідні їм поточні значення частоти обертання колінчастого валу n_{di} , ефективної потужності двигуна N_{ei} та швидкості руху автомобіля V_{zi} .

Восьмий швидкісний режим ($i = 8$) відповідає режиму холостого ходу, при якому $n_{d8} = n_{d\max}$, двигун працює без зовнішнього навантаження, і транспортний засіб залишається нерухомим. Відтак, розрахунки паливно-економічних показників автомобіля виконуються для семи швидкісних режимів ($i = 1, 2, 3, \dots, 7$): шість з них відповідають перевантажувальній ділянці зовнішньої швидкісної характеристики двигуна, а сьомий — регуляторній ділянці.

Розрахунок паливно-економічних показників автомобіля здійснюється для двох типів доріг. Перша дорога характеризується коефіцієнтом зведеного опору ψ_V , який ми задавалися. Для іншої (кращої за умовами дороги), цей коефіцієнт зменшується до значення $0,75\psi_V$.

Потужність двигуна N_{ezi} (кВт), необхідна для забезпечення руху повністю навантаженого автомобіля на найвищій (z-й) передачі при різних швидкісних режимах роботи двигуна в зазначених дорожніх умовах, визначається за формулою:

$$N_{ezi} = \frac{(\psi m_{a\max} g + P_{\omega zi}) V_{zi}}{3,6 \cdot 10^3 \eta_{mp}}, \quad (2.1)$$

де ψ – коеф. зведеного опору дороги, $\psi = 0,0213$;

$m_{a \max}$ – повна маса автомобіля, $m_{a \max} = 10227$ кг;

g – прискорення вільного падіння, $9,81$ м/с²;

$P_{\omega zi}$ – сила опору повітря, Н;

V_{zi} – швидкість руху автомобіля, км/год;

η_{mp} – К. К. Д.мех. трансмісії, приймаємо $\eta_{mp} = 0,9$.

Перша дорога ($\psi_1 = 0,0213$; $z = 5$; $i = 1, 2, 3, \dots 7$):

$$N_{e51} = \frac{(0,0211 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 108)20,0}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 11,93 \text{ кВт};$$

$$N_{e52} = \frac{(0,0211 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 433)40,0}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 24,22 \text{ кВт};$$

$$N_{e53} = \frac{(0,0211 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 973)60,0}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 37,26 \text{ кВт};$$

$$N_{e54} = \frac{(0,0211 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 1521)74,9}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 47,75 \text{ кВт};$$

$$N_{e55} = \frac{(0,0211 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 1731)79,9}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 51,41 \text{ кВт};$$

$$N_{e56} = \frac{(0,0211 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 2704)99,9}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 67,04 \text{ кВт};$$

$$N_{e57} = \frac{(0,0211 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 2981)104,9}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 71,22 \text{ кВт}.$$

Дорога №2 ($\psi_1 = 0,0160$; $z = 5$; $i = 1, 2, 3, \dots 7$):

$$N_{e51} = \frac{(0,0158 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 108)20,0}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 8,96 \text{ кВт};$$

$$N_{e52} = \frac{(0,0158 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 433)40,0}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 18,29 \text{ кВт};$$

$$N_{e53} = \frac{(0,0158 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 973)60,0}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 28,36 \text{ кВт};$$

$$N_{e54} = \frac{(0,0158 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 1521)74,9}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 36,62 \text{ кВт};$$

$$N_{e55} = \frac{(0,0158 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 1731)79,9}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 39,54 \text{ кВт};$$

$$N_{e56} = \frac{(0,0158 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 2704)99,9}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 52,21 \text{ кВт};$$

$$N_{e57} = \frac{(0,0158 \cdot 6909 \cdot 9,81 + 2981)^{104,9}}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 55,65 \text{ кВт.}$$

Визначені значення потужності N_{ezi} заносяться в табл. 2.1.

Коеф. k_{ni} , що враховує змінювання витрат палива залежно від частоти обертання колінчастого валу двигуна $n_{\partial i}$, визначається за:

$$k_{ni} = 1,25 - 0,99 \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right) + 0,98 \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right)^2 - 0,24 \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right)^3, \quad (2.2)$$

де $n_{\partial N}$ – частота обертання колінчастого валу (за макс. потужності, об/хв) .

Відповідно до відношення $\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}}$, за змінних швидкісних режимах двигуна, де $i = 1, 2, 3, \dots 6$), коефіцієнт k_{ni} , буде мати значення:

$$\begin{aligned} k_{n1} &= 1,25 - 0,99 \left(\frac{n_{\partial 1}}{n_{\partial N}} \right) + 0,98 \left(\frac{n_{\partial 1}}{n_{\partial N}} \right)^2 - 0,24 \left(\frac{n_{\partial 1}}{n_{\partial N}} \right)^3 = \\ &= 1,25 - 0,99 \cdot 0,2 + 0,98 \cdot 0,2^2 - 0,24 \cdot 0,2^3 = 1,089; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{n2} &= 1,25 - 0,99 \left(\frac{n_{\partial 2}}{n_{\partial N}} \right) + 0,98 \left(\frac{n_{\partial 2}}{n_{\partial N}} \right)^2 - 0,24 \left(\frac{n_{\partial 2}}{n_{\partial N}} \right)^3 = \\ &= 1,25 - 0,99 \cdot 0,4 + 0,98 \cdot 0,4^2 - 0,24 \cdot 0,4^3 = 0,995; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{n3} &= 1,25 - 0,99 \left(\frac{n_{\partial 3}}{n_{\partial N}} \right) + 0,98 \left(\frac{n_{\partial 3}}{n_{\partial N}} \right)^2 - 0,24 \left(\frac{n_{\partial 3}}{n_{\partial N}} \right)^3 = \\ &= 1,25 - 0,99 \cdot 0,6 + 0,98 \cdot 0,6^2 - 0,24 \cdot 0,6^3 = 0,957; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{n4} &= 1,25 - 0,99 \left(\frac{n_{\partial 4}}{n_{\partial N}} \right) + 0,98 \left(\frac{n_{\partial 4}}{n_{\partial N}} \right)^2 - 0,24 \left(\frac{n_{\partial 4}}{n_{\partial N}} \right)^3 = \\ &= 1,25 - 0,99 \cdot 0,75 + 0,98 \cdot 0,75^2 - 0,24 \cdot 0,75^3 = 0,958; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{n5} &= 1,25 - 0,99 \left(\frac{n_{\partial 5}}{n_{\partial N}} \right) + 0,98 \left(\frac{n_{\partial 5}}{n_{\partial N}} \right)^2 - 0,24 \left(\frac{n_{\partial 5}}{n_{\partial N}} \right)^3 = \\ &= 1,25 - 0,99 \cdot 0,8 + 0,98 \cdot 0,8^2 - 0,24 \cdot 0,8^3 = 0,962; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{n6} &= 1,25 - 0,99 \left(\frac{n_{\partial 6}}{n_{\partial N}} \right) + 0,98 \left(\frac{n_{\partial 6}}{n_{\partial N}} \right)^2 - 0,24 \left(\frac{n_{\partial 6}}{n_{\partial N}} \right)^3 = \\ &= 1,25 - 0,99 \cdot 1,0 + 0,98 \cdot 1,0^2 - 0,24 \cdot 1,0^3 = 1,0. \end{aligned}$$

Однакові значення коефіцієнту k_{ni} , (двох доріг), що є залежні лише від швидкісного режиму двигуна, заносяться в табл. 2.1.

Відповідно до необхідної потужності N_{ezi} та ефективної потужності двигуна N_{ei} (кВт), що відповідає зовнішній швидкісній характеристиці (для двох доріг), заносяться в табл. 3.1 тобто відношення $\frac{N_{ezi}}{N_{ei}}$, а саме $\frac{N_{ez1}}{N_{e1}}, \frac{N_{ez2}}{N_{e2}},$

$$\frac{N_{ez3}}{N_{e3}}, \dots \frac{N_{ez7}}{N_{e7}}.$$

Для першої дороги ($\psi_1 = 0,0213$; $z = 5$):

$$\frac{N_{e51}}{N_{e1}} = \frac{9,49}{19,46} = 1,153;$$

$$\frac{N_{e52}}{N_{e1}} = \frac{22,96}{48,13} = 0,947;$$

$$\frac{N_{e53}}{N_{e1}} = \frac{44,42}{79,87} = 0,878;$$

$$\frac{N_{e54}}{N_{e1}} = \frac{68,15}{102,02} = 0,881;$$

$$\frac{N_{e55}}{N_{e1}} = \frac{77,85}{108,54} = 0,892;$$

$$\frac{N_{e56}}{N_{e1}} = \frac{127,24}{128} = 0,986.$$

Дорога №2 ($\psi_1 = 0,0160$; $z = 5$):

$$\frac{N_{e51}}{N_{e1}} = \frac{7,28}{19,46} = 0,867;$$

$$\frac{N_{e52}}{N_{e1}} = \frac{18,55}{48,13} = 0,715;$$

$$\frac{N_{e53}}{N_{e1}} = \frac{37,80}{79,87} = 0,668;$$

$$\frac{N_{e54}}{N_{e1}} = \frac{59,88}{102,02} = 0,676;$$

$$\frac{N_{e55}}{N_{e1}} = \frac{69,03}{108,54} = 0,686;$$

$$\frac{N_{e56}}{N_{e1}} = \frac{116,22}{128} = 0,768.$$

Коеф. k_{Nzi} , що враховує різну витрату палива, залежно від ступеня завантаження дизельного двигуна, тобто $\frac{N_{ezi}}{N_{ei}}$, визначиться за виразом:

$$k_{Nzi} = 1,2 + 0,14 \left(\frac{N_{ezi}}{N_{ei}} \right) - 1,8 \left(\frac{N_{ezi}}{N_{ei}} \right)^2 + 1,46 \left(\frac{N_{ezi}}{N_{ei}} \right)^3. \quad (2.3)$$

Тоді, для першої дороги:

$$k_{N51} = 1,2 + 0,14 \cdot 1,153 - 1,8 \cdot 1,153^2 + 1,46 \cdot 1,153^3 = 1,207;$$

$$k_{N52} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,947 - 1,8 \cdot 0,947^2 + 1,46 \cdot 0,947^3 = 0,959;$$

$$k_{N53} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,878 - 1,8 \cdot 0,878^2 + 1,46 \cdot 0,878^3 = 0,924;$$

$$k_{N54} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,881 - 1,8 \cdot 0,881^2 + 1,46 \cdot 0,881^3 = 0,925;$$

$$k_{N55} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,892 - 1,8 \cdot 0,892^2 + 1,46 \cdot 0,892^3 = 0,929;$$

$$k_{N56} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,986 - 1,8 \cdot 0,986^2 + 1,46 \cdot 0,986^3 = 0,988;$$

Другої дороги:

$$k_{N51} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,867 - 1,8 \cdot 0,867^2 + 1,46 \cdot 0,867^3 = 0,920;$$

$$k_{N52} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,715 - 1,8 \cdot 0,715^2 + 1,46 \cdot 0,715^3 = 0,913;$$

$$k_{N53} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,668 - 1,8 \cdot 0,668^2 + 1,46 \cdot 0,668^3 = 0,925;$$

$$k_{N54} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,676 - 1,8 \cdot 0,676^2 + 1,46 \cdot 0,676^3 = 0,923;$$

$$k_{N55} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,686 - 1,8 \cdot 0,686^2 + 1,46 \cdot 0,686^3 = 0,920;$$

$$k_{N56} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,768 - 1,8 \cdot 0,768^2 + 1,46 \cdot 0,768^3 = 0,907.$$

Визначені значення коеф. k_{Nzi} заносяться у табл. 2.1.

Із врахуванням коеф. k_{ni} та k_{Nzi} , питома ефективна витрата палива g_{ezi} визначиться:

$$g_{ezi} = g_{eN} k_{ni} k_{Nzi}, \quad (2.4)$$

де g_{eN} – питома ефективна витрата палива (за номінальної потужності дизеля) , г/кВт·год .

Перша дорога:

$$g_{e51} = 190 \cdot 1,089 \cdot 1,207 = 249,85 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e52} = 190 \cdot 0,995 \cdot 0,959 = 181,29 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e53} = 190 \cdot 0,957 \cdot 0,924 = 167,93 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e54} = 190 \cdot 0,958 \cdot 0,925 = 168,20 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e55} = 190 \cdot 0,962 \cdot 0,929 = 169,81 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e56} = 190 \cdot 1 \cdot 0,988 = 187,63 \text{ г/кВт·год}.$$

Дорога №2:

$$g_{e51} = 190 \cdot 1,089 \cdot 0,920 = 190,35 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e52} = 190 \cdot 0,995 \cdot 0,913 = 172,77 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e53} = 190 \cdot 0,957 \cdot 0,925 = 168,25 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e54} = 190 \cdot 0,958 \cdot 0,923 = 167,95 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e55} = 190 \cdot 0,962 \cdot 0,920 = 168,28 \text{ г/кВт·год};$$

$$g_{e56} = 190 \cdot 1 \cdot 0,907 = 172,37 \text{ г/кВт·год}.$$

За питомої ефективної витрати палива g_{ezi} , необхідної потужності N_{ezi} та швидкості руху V_{zi} , годинна витрата палива Q_{szi} (л/100 км) автомобіля з дизельним двигуном визначиться за відношенням:

$$Q_{szi} = \frac{g_{ezi} N_{ezi}}{10 \rho_n V_{zi}}, \quad (2.5)$$

де ρ_n – густина дизельного пального, приймаємо 0,82 – 0,86 кг/л.

Для дороги №1:

$$Q_{s51} = \frac{215 \cdot 9,49}{10 \cdot 0,825 \cdot 20,0} = 20,08 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s52} = \frac{215 \cdot 22,96}{10 \cdot 0,825 \cdot 40,0} = 14,79 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s53} = \frac{215 \cdot 44,42}{10 \cdot 0,825 \cdot 60,0} = 14,05 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s\ 54} = \frac{215 \cdot 68,15}{10 \cdot 0,825 \cdot 74,9} = 14,43 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s\ 55} = \frac{215 \cdot 77,85}{10 \cdot 0,825 \cdot 79,9} = 14,71 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s\ 56} = \frac{215 \cdot 127,24}{10 \cdot 0,825 \cdot 99,9} = 16,95 \text{ л/100 км}.$$

Для дороги №2:

$$Q_{s\ 51} = \frac{215 \cdot 7,28}{10 \cdot 0,825 \cdot 20,0} = 11,49 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s\ 52} = \frac{215 \cdot 18,55}{10 \cdot 0,825 \cdot 40,0} = 10,65 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s\ 53} = \frac{215 \cdot 37,80}{10 \cdot 0,825 \cdot 60,0} = 10,72 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s\ 54} = \frac{215 \cdot 59,88}{10 \cdot 0,825 \cdot 74,9} = 11,05 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s\ 55} = \frac{215 \cdot 69,03}{10 \cdot 0,825 \cdot 79,9} = 11,21 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s\ 56} = \frac{215 \cdot 116,22}{10 \cdot 0,825 \cdot 99,9} = 12,13 \text{ л/100 км}.$$

Отримані значення питомої ефективної витрати палива g_{ezi} і годинної витрати палива Q_{szi} заносяться у табл. 2.1.

За розрахованими даними, будемо паливно-економічну характеристику автомобіля з дизелем.

Таблиця 2.1 - Показники паливно-економічної характеристики автомобіля з дизельним двигуном

Ψ	Передача	Швидкісний режим		$n_{\partial i}$, об/хв	N_{ei} , кВт	V_{zi} , км/год	N_{ezi} , кВт	k_{ni}	$\frac{N_{ezi}}{N_{ei}}$	k_{Nzi}	g_{ezi} , г/кВт·год	Q_{szi} , л/100км
		i	$\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}}$, (%)									
$\Psi_1 = \Psi_V$	5	1	0,20 (20)	520	10,34	18,0	11,93	1,089	1,153	1,207	249,85	20,08
		2	0,40 (40)	1040	25,57	36,0	24,22	0,995	0,947	0,959	181,29	14,79
		3	0,60 (60)	1560	42,43	54,0	37,26	0,957	0,878	0,924	167,93	14,05
		4	0,75 (75)	1950	54,20	67,5	47,75	0,958	0,881	0,925	168,20	14,43
		5	0,80 (80)	2080	57,66	72,0	51,41	0,962	0,892	0,929	169,81	14,71
		6	1,0 (100)	2600	68	89,9	67,04	1	0,986	0,988	187,63	16,95
		7	1,05 (105)	2730	34	94,4	71,22	-	-	-	-	-
$\Psi_2 = 0,75\Psi_V$	5	1	0,20 (20)	520	10,34	18,0	8,96	1,089	0,867	0,920	190,35	11,49
		2	0,40 (40)	1040	25,57	36,0	18,29	0,995	0,715	0,913	172,77	10,65
		3	0,60 (60)	1560	42,43	54,0	28,36	0,957	0,668	0,925	168,25	10,72
		4	0,75 (75)	1950	54,20	67,5	36,62	0,958	0,676	0,923	167,95	11,05
		5	0,80 (80)	2080	57,66	72,0	39,54	0,962	0,686	0,920	168,28	11,21
		6	1,0 (100)	2600	68	89,9	52,21	1	0,768	0,907	172,37	12,13
		7	1,05 (105)	2730	34	94,4	55,65	-	-	-	-	-

Згідно отриманих параметрів, що занесені у (див. табл.2.1), побудовано графіки залежностей: N_{ezi} (кВт), V_{zi} (км/год) - g_{ezi} (г/кВт·год), Q_{szi} , л/100км., рис. 2.1

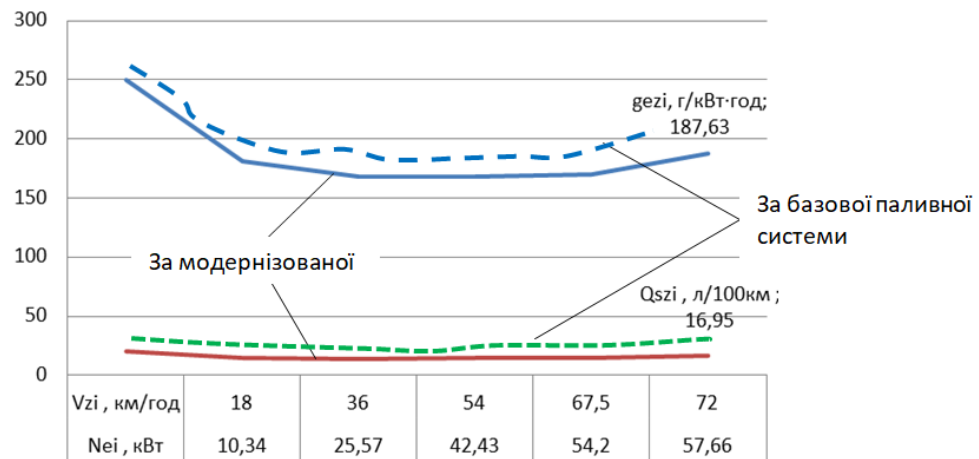


Рисунок 2.1 – Розрахована динамічна характеристика дизеля з модернізованою і базовою паливною системою Common Rail.

2.2 Висновки

За використання програми Microsoft Excel, розраховано та побудовано графіки залежності пливу (з модернізованою і базовою паливною системами):

- Швидкості руху автомобіля на годинну витрату (л/100км) та питому витрату палива (g_e г/кВт год);
- Ефективної потужності (кВт) на годинну витрату (л/100км) та питому витрату палива (g_e г/кВт год)

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Паливна система дизельного двигуна

Паливна система дизельного двигуна відіграє ключову роль у забезпеченні ефективної роботи автомобіля. Вона відповідає за подачу палива до двигуна та його правильний розподіл, що безпосередньо впливає на потужність, економічність та екологічність автомобіля.

Дизельні двигуни, широко застосовуються, як у комерційному, так і легковому транспорті завдяки, своїй високій економічності та довговічності. Однак важливо пам'ятати, що правильна робота паливної системи, потребує регулярного обслуговування та діагностики, щоб уникнути непередбачених проблем, рис. 3.1

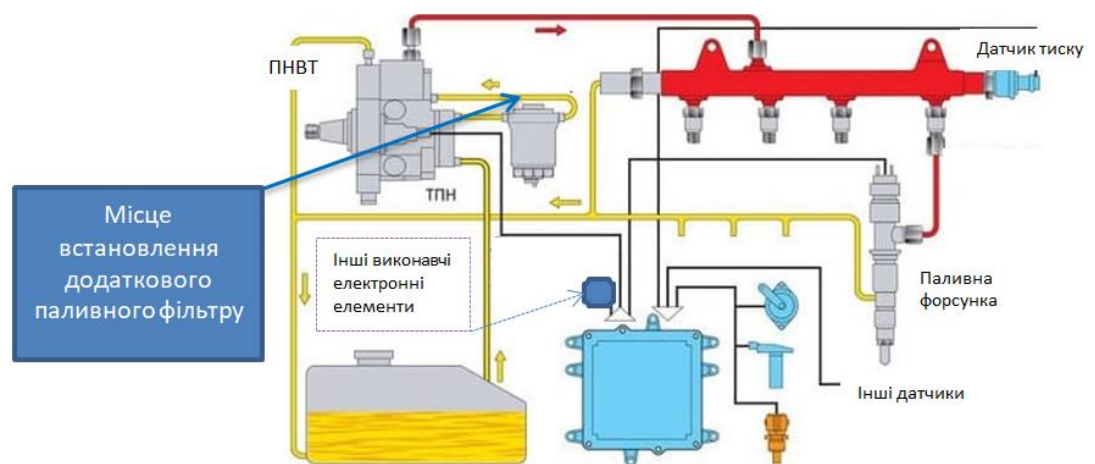


Рисунок 3.1 – Схема модернізованої паливної системи сучасного дизеля.

3.1.1 Основні компоненти паливної системи дизельного двигуна

Сучасні дизельні паливні системи складаються з кількох важливих компонентів. Кожен із яких виконує свою функцію, і будь-який елемент вимагає належної уваги при обслуговуванні:

Паливний бак. Це резервуар, де зберігається дизельне паливо. Його необхідно захищати від забруднень, оскільки це може негативно позначитися на роботі всієї системи.

Паливний насос. Один із ключових елементів, який відповідає за подачу палива під високим тиском до форсунок.

Паливні форсунки. Впорскують паливо у циліндри двигуна в точно розрахованій кількості, забезпечуючи правильну роботу двигуна.

Паливний фільтр. Очищає паливо від домішок, запобігаючи забрудненню форсунок та інших компонентів системи.

Паливопроводи. Відповідають за подачу палива від баку до форсунок і у зворотньому напрямку.

3.1.2 Ознаки несправності паливної системи

Як і будь-які інші системи автомобіля, паливна система дизельного двигуна з часом може виходити з ладу. Важливо вчасно помітити симптоми, щоб уникнути серйозних поломок. Зокрема, на що варто звернути увагу:

- Проблеми із запуском двигуна, особливо за понижених температур навколишнього середовища.
- Зниження потужності двигуна та погіршення динаміки розгону.
- Нерівномірна робота двигуна на холостому ході, ривки та посмикування.
- Підвищена витрата палива, що може свідчити про проблеми в системі.
- Поява чорного чи синього диму у зоні випуску.
- Незвичайні звуки у роботі паливного насоса чи форсунок.

Якщо проявляється одна із цих ознак, необхідно якнайшвидше провести діагностику паливної системи. В іншому випадку, можуть

виникнути серйозні проблеми, такі як пошкодження форсунок або насосу високого тиску, що у подальшому веде до зупинки двигуна.

3.1.3 Особливості обслуговування дизельної паливної системи

Паливна система дизельного двигуна, потребує регулярного технічного обслуговування для забезпечення її надійності. Насамперед, необхідно своєчасно змінювати паливні фільтри, оскільки це допоможе запобігти попаданню забруднень у систему, що може спричинити неполадки.

Також, необхідно регулярно перевіряти систему упорскування. Сучасні дизельні двигуни оснащені складними системами упорскування Common Rail, що працюють під високим тиском. Найменші несправності в цій системі, можуть призвести до серйозних поломок двигуна.

Своєчасна діагностика зазначеної вище паливної системи, допомагає продовжити термін служби автомобіля та уникнути дорогих ремонтів. Регулярні періодичні огляди, дозволяють вчасно виявити приховані несправності.

На відміну від бензинових двигунів, дизельна паливна система набагато складніша, проте її надійність залежить від якісного обслуговування та використання якісного дизельного палива.

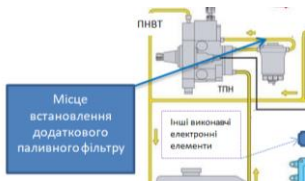
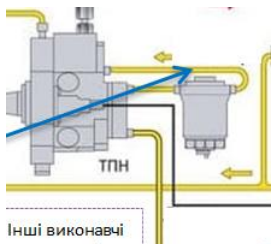
3.2 Формування операційної карти, на встановлення додаткового фільтруючого елементу у паливну систему сучасного дизеля

З метою часткової модернізації паливної системи сучасного дизельного двигуна (що дасть можливість якісно доочищати паливо у напрямку насосу високого тиску), пропонується встановити додатковий фільтруючий елемент у коло низького тиску паливної апаратури, що суттєво підвищить її експлуатаційний ресурс та роботу дизельного двигуна, рис. 3.1.

Для встановлення додаткового фільтруючого елементу у паливну систему «Common Rail», представлено операційну карту на його встановлення, табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Операційна карта на встановлення додаткового паливного фільтруючого елементу

№ операції	Вид операцій	Складові елементи	Обладнання для проведення операцій	Час проведення операцій, хв.
1	2	3	4	5
1	Встановити автомобіль на стоянкове гальмо 	Увімкнути стоянк. мех.	Важіль	До 1
2	Відкрити капот 	Розблокувати замок	Важіль капоту	До 2
3	Вимкнути АКБ 	6СТАКБ60(540 А г)	Роз'єми	До 6
4	Зняти захисний чохол двигуна 	Пластмасовий захист	Затискачі	До 8

Продовження таблиці 3.1				
1	2	3	4	5
5	Демонтаж впускного шлангу 	Затискні хомути	Ключ на 6 мм	До 19
6	Демонтаж випускного шлангу 	Хомути	Ключ на 6 мм	До 20
7	Демонтаж паливних шлангів 	Хомути	Ключ на 6 мм	До 25
8	Встановлення додаткового фільтру 	Формування місця встановлення	Вручну	До 30
9	Монтаж паливних шлангів 	Хомути	Плоскогубці	До 120

Продовження таблиці 3.1				
1	2	3	4	5
10	Прокачати паливну систему 	Помпа (груша)	Вручну	До 50
11	Перевірка роботи модерні- паливної системи 	Витрата палива	100 км пробігу	До 90
Загальна тривалість операцій				361хв./6 год.

Запропонована операційна карта є важливим інформаційним документом для персоналу станції ТО, на якій здійснюється модернізація системи.

Вона сприяє правильному вибору необхідного інструменту та забезпечує ефективне виконання монтажних робіт із встановлення додаткового паливного фільтру у систему «Common rail» дизельного двигуна автомобіля VOLVO.

На основі цієї карти, нами також розроблено спрощену схему виконання операцій зі встановлення додаткового паливного фільтру у дизель вище зазначеного автомобіля, рис. 3.2.



Рисунок 3.2 –Операційна карта на встановлення додаткового паливного фільтру у систему «Common Rail».

Запропонована форма операційної карти, значно зменшить час, необхідний для виконання модернізованих робіт у паливній системі сучасного дизеля автомобіля VOLVO.

3.3 Висновки

Розроблено технічне рішення, щодо монтажу додаткового паливного фільтру у систему «Common Rail».

Надано операційну карту, що забезпечить ефективніше проведення модернізованих робіт у сучасній паливній системі дизеля.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Структурно-функціональний аналіз виникнення небезпечних ситуацій

Наявність електронного обладнання на автомобілі, вимагає стабільної подачі електричної енергії від бортових джерел (без будь яких перепадів напруги). Тому, під час проведення діагностики, слід суворо дотримуватися наступних запобіжних заходів [2], [17]:

- не допускати відключення акумулятора від бортової електромережі автомобіля за працюючого двигуна.
- під час дозарядки (від зовнішнього джерела) акумулятора, слід вимкнути бортову електромережу.
- перед демонтажем будь-яких елементів ЕСУД, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї.
- не допускається підключення або відключення елементів (давачів та виконавчих пристроїв функціональних систем) ЕСУ під час увімкненого запалювання.
- перед проведенням електрозварювальних робіт, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї та елементи ЕСУ.
- не допускається піддавати ЕБУ, впливу температури вище 80 °С.
- для виключення корозії з'єднувальних електричних пинів (під час очистки), забороняється спрямовувати струмінь пари на елементи ЕСУД.
- щоб уникнути пошкодження справних вузлів, не допускається застосування контрольно-вимірювального обладнання, не зазначеного в діагностичних картах.
- вимірювання напруги, слід виконувати вольтметром з номінальним внутрішнім опором 10 МОм.
- для запобігання пошкодження електронного обладнання електростатичним зарядом, забороняється торкатися контактних пинів (з'єднувачів або

елементів) друкованої плати ЕБУ.

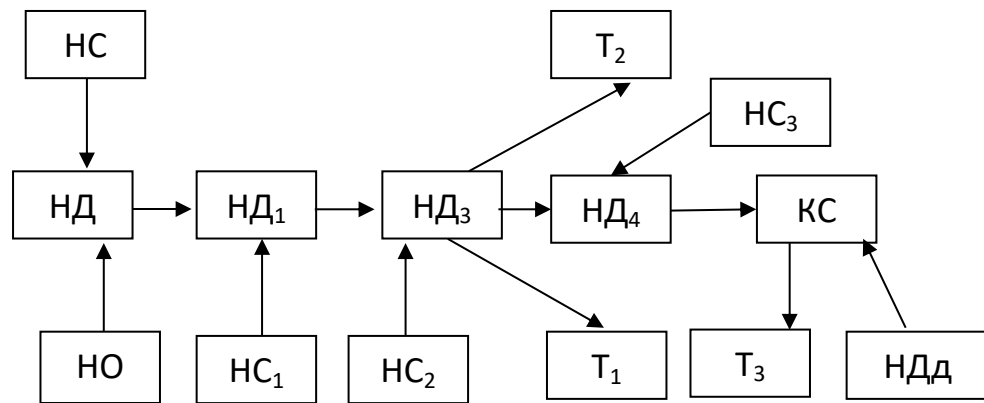
Відповідно, з впровадженням стандартів OBD-II та EOBD, процес діагностики ЕБУ автомобіля уніфікується. На вимогу цих стандартів, одне діагностичне обладнання можна використовувати для тестування автомобілів різних марок. Основною відмінністю стандарту EOBD від OBD-II, є закріплення в наборі його протоколів обміну даними протоколу CAN, впровадженого фірмою BOSCH.

Небезпечні умови відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек - певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень небезпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого вузла чи машини та інші;
- спонукають працівника допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працівника та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;
- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обґрунтовані режими роботи обладнання та ін.);
- призводять до небезпечних дій (низький рівень професійної підготовки й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та ін.).

Нами розроблена схема травмонебезпечних ситуацій, під час часткової модернізації системи охолодження, рис, 4.1.



НД – відкриття капоту; НС – можливе падіння капоту під час проведення ТО; НО₁ – наявність незначного схилу; НД₁ – демонтаж паливного фільтру; НС₁ – можливе побиття кінцівок рук; НД₃ – розгвинчування верхньої частини модуля; НС₂ – можливе падіння капота та побиття кісті рук; Т₁ – травма пальців; Т₂ – побиття ліктів рук; НД₄ – демонтаж патрубку зі сторони паливного насосу; НС₃ – можливе побиття верхніх кінцівок; Т₃ – можливі защемлення пальців; КС – можливі опіки; НДд – необхідна допомога іншої особи

Рисунок 4.1 - Блок-схема небезпечних ситуацій під час модернізації паливної системи сучасного дизеля.

4.2 Пожежна безпека

Захист будівель і інших споруд від прямих попадань блискавки, використовують блискавковідводи, що являють собою добре заземленими провідниками, розміщуються вище будівель чи споруд, які потребують захисту.

Вони монтуються на відстані не менше як на 15 см і не більше 2 м вище підтримуючого стояка. Заземлення виконують із кутової сталі на відстані 1 м від фундаменту будівлі. Опір розтікання заземлення не повинен перевищувати 10 Ом.

Для розрахунку блискавковідводу станції ТО, необхідно знати розміри будівлі (вона становить 50x20x8 м).

У подальшому, розрахунок проводять за наступною методикою. Приймається довільна висота блискавковідводу h , м (приблизно $2h_x$) і визначаються контури захисних зон, що утворюються. Якщо у випадку споруда знаходиться в її межах, розрахунки припиняються або висота блискавковідводу і зводиться до оптимальних розмірів, що є економічно вигідно.

Радіус захисту r_x подвійного блискавковідводу одинарного стержневого захисту висотою менше 30м (рис. 5.1) визначиться за відношенням [2]:

$$r_x = 1,6 \cdot h \cdot \frac{h - h_x}{h + h_x} \quad (4.1)$$

де h – висота блискавковідводу, м;

h_x – висота будівлі, м.

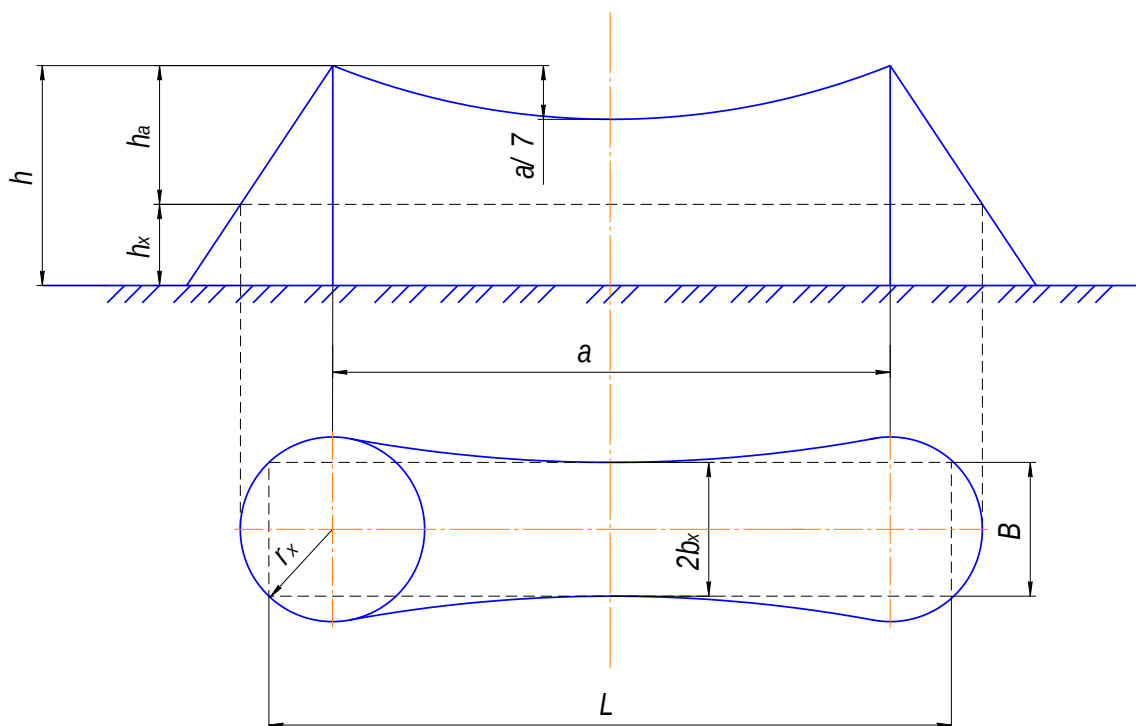


Рисунок 4.1 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування автомобілів.

Приймаємо висоту блискавковідводу $h = 20$ м.

Тоді ,

$$r_x = 1,6 \cdot 20 \cdot \frac{20-8}{20+8} = 13,7 \text{ м}$$

Захисна дія блискавкозахисту характеризується коефіцієнтом захисту

k_x :

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}}. \quad (4.2)$$

Тоді,

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{8}{20}} = 1,14$$

Граничний коефіцієнт k_x за висоти блискавковідводу менше 30м становить 1,14.

Ширина внутрішньої захисної зони $2b_x$ на висоті h_x визначиться за формулою:

$$2b_x = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \cdot 4r_x \quad (4.3)$$

де h_a – активна висота блискавковідводу, м;

a – віддаль між блискавковідводами, м.

$$h_a = h - h_x, \quad (4.4)$$

тоді,

$$20 - 8 = 12 \text{ м}$$

Для прямокутних будівель

$$a = L - B. \quad (4.5)$$

Відповідно,

$$a = 50 - 20 = 30 \text{ м}$$

Тоді, розрахункова ширина внутрішньої захисної зони буде рівна:

$$2b_x = \frac{7 \cdot 12 - 30}{14 \cdot 12 - 30} \cdot 4 \cdot 13,7 = 27,43 \text{ м}$$

Отже, сформувавши контури захисної зони на контури будівлі СТО, отримали захисну зону від ударів блискавки.

4.3 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці

Вплив автомобільного транспорту в забрудненні навколишнього середовища і негативному впливі на населення (очевидно) ще більш істотний, ніж прийнято вважати, саме:

1. Основна кількість автомобільного транспорту зосереджена в місцях з високою щільністю населення - містах, промислових центрах;

2. Шкідливі викиди від автомобілів виробляються в самих нижніх, приземних шарах атмосфери, там, де протікає основна життєдіяльність людини і де умови для їхнього розсіювання є найгіршими;

3. Відпрацьовані гази двигунів автомобілів містять висококонцентровані токсичні компоненти, що є основними забруднювачами атмосфери. Час, протягом якого шкідливі речовини природним способом зберігаються в атмосфері, оцінюється від десяти діб до півроку. Слід зазначити, що у відпрацьованих газах автомобільних двигунів міститься більш 200 токсичних хімічних з'єднань, велика частина яких представляє різні вуглеводні. Крім прямого негативного впливу на людину, викиди від автотранспорту наносять і непрямої шкоди. Так, підвищення концентрації кінцевого продукту горіння автотранспортного палива - діоксид вуглецю, призводить до глобального підвищення температури земної атмосфери (так званий парниковий ефект). На думку багатьох експертів, наслідком цього, є такі природні катаклізми, як масштабні пожежі в Південно-Східній Азії, Америці, Сибіру, повені в Європі й Азії.

З'єднання сірки та оксиди азоту, що викидаються в атмосферу з відпрацьованими газами двигунів, піддаються хімічним перетворенням, формуючи різні кислоти і солі. Такі речовини повертаються на землю у вигляді "кислотних" дощів. Дослідниками доведено, що кислотні опади наносять значну шкоду водним екосистемам, ведуть до знищення фауни, викликають підвищену корозію металів і руйнування будівельних

конструкцій. Крім того, оксиди азоту сприяють фарбуванню повітря в коричневий колір, а в сполученні з різними аерозолями викликають грязьовий туман (смог), погіршуючи видимість.

Реальні кількісні оцінки шкідливих викидів від автомобільного транспорту вкрай важкі. Це зв'язано з тим, що автомобіль є мобільним джерелом з несталим процесом виділення шкідливих речовин.. Головними причинами підвищеного забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом є: незадовільна якість автотранспортного палива; низькі техніко-експлуатаційні показники парку автотранспортних засобів. Обидва ці фактори впливають на забруднення атмосфери як безпосередньо (наприклад, через неефективне спалювання палива), так і побічно (через невиправдано високу витрату палива).

Основними проблемами, зв'язаними з якістю автотранспортних палив, є :

- низьке октанове число в більшій частині реалізованих бензинів;
- незначні обсяги виробництва зимових сортів дизельного палива.

І тому, такий стан речей не дає гарантій ефективного використання нафтопродуктів, призводить до необхідності підвищеного споживання автотранспортних палив і знижує ресурс двигунів автомобілів. До того ж в Україні реалізується значна частина так званих етилованих (тобто утримуючих свинець, бензину). Формулювання " значна частина" викликано тим, що після приватизаційних процесів, що пройшли в нафторосподільному секторі, значно зменшився контроль за кількістю і якістю нафтопродуктів, що поставляються на ринок.

Використання високо потужних, енергетичних засобів, з надмірними габаритами, під час руху по ґрунтових дорогах призводить до надмірного ущільнення поверхневого шару ґрунту, що спричиняє руйнування структури гумусу та відповідно, затрудненому проростанню рослин.

Ґрунт - найважливіший ресурс людства. Багатовікове використання землі з ураженням ерозійними процесами призвели до значного зливу і

видування ґрунтів, утворення ярів, наносів пісків, замулення ставків, водойм, річок.

Практика виробничо-дослідного господарства переконливо показує, що проблема боротьби з ерозією ґрунтів має розвиватись на основі планового проведення комплексу протиерозійних заходів. Найбільш поширеними заходами є організаційно-господарські, протиерозійні, агротехнічні, агролісомеліораційні та гідротехнічні. Вони передбачають безпечне в ерозійному відношенні сільськогосподарське використання земель і найбільш ефективно використання різних способів і методів боротьби з ерозією. Боротьба з водною ерозією ведеться різними способами, а саме проводиться ґрунтозахисна сівоzmіна. А боротьба з вітровою ерозією передбачає захист полів від вітру, збереження в ґрунті вологи.

Дуже часто на автомобільних підприємствах, технічне обслуговування автомобілів проводиться не на належному рівні: а) відпрацьовані оливи зливаються на землю; б) зношені шини спалюються безпосередньо на землі. Злив відпрацьованих олив приводить до забруднення ґрунту, а спалювання шин, приводить до вигорання родючого шару ґрунту і забруднення атмосфери продуктами згоряння. Щоб уникнути таких негативних явищ, слід відпрацьовані оливи збирати в ємність для подальшої переробки, а зношені шини відправляти на утилізацію у відповідні спеціалізовані підприємства.

Пасивне відношення до паливо - мастильних матеріалів, також призводить до знищення довкілля.

Спалюючи велику кількість палива, автомобільна техніка викидає у повітря значну кількість шкідливих речовин, що спричиняють значне забруднення атмосфери. Тому, правильне зберігання і використання нафтопродуктів - один із найважливіших чинників охорони атмосферного повітря. Для запобігання підтікання паливо - мастильних матеріалів з автомобільних засобів, на у автомобільних підприємствах проводиться контроль стосовно періодичних технічних обслуговувань або усунення несправностей окремих вузлів.

Слід зазначити, що під час експлуатації автомобілів, слід вибирати такі швидкісні режими, які б відповідали екологічним показникам технічних умов. Під час зберігання нафтопродуктів, слід використовувати стаціонарні резервуари, дрібну нафтотару. Резервуари для нафтопродуктів, що не є леткими, обладнують вентиляційними пристроями.

При зберіганні бензину, вільне сполучення внутрішнього середовища резервуарів з атмосферою недопустиме, оскільки це призводить до його значних втрат. Тому всі отвори резервуарів з нафтопродуктами, що легко випаровуються, повинні бути щільно закриті.

Основним завданням охорони довкілля є дбайливе ставлення до неї, збереження та створення сприятливих умов для життя суспільства.

Біля території СТО знаходиться незначна кількість невеликих потічків та відкритих водойм. Тому, від робочого персоналу по обслуговуванню автомобілів вимагається належне ставлення до відпрацьованих рідин (зливати у відповідні ємкості для подальшої утилізації у відповідних передбачених законом місцях)[2]. Хімічні рідини, що призначені для миття агрегатів чи кузова автомобіля, необхідно зберігати в типових складських приміщеннях.

Також, пост зовнішнього миття автомобілів та вантажної техніки, необхідно обладнувати устаткуванням для повторного використання води, а стічні води від інших приміщень (загального користування), направляти у відстійники та після певного часу зберігання, вивозити спеціальним транспортом.

4.4 Висновки

З метою створення безпечних умов праці під час модернізації паливної системи двигуна з ЕБУ, було розроблено комплекс відповідних заходів.

До складу цих заходів входять:

- перевірка стану вентиляційної системи приміщення, оскільки її справність безпосередньо впливає на здоров'я та працездатність персоналу;
- обов'язковий контроль за проходженням інструктажу з охорони праці, перед початком проведення модернізаційних робіт;
- візуальна перевірка та тестування діагностичного обладнання, яке планується використовувати у процесі технічного втручання.

Здійснено аналіз потенційних ризиків, що можуть виникнути в ході модернізації системи і становити загрозу для безпеки персоналу.

Окрім того, виконано розрахунок оптимальної висоти блискавковідводу, для забезпечення належного рівня протипожежного захисту будівлі під час виконання робіт з технічного обслуговування автомобілів.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Експлуатаційні витрати

Паливна система з вмонтованим додатковим паливним фільтром дала можливість краще проводити очистку палива, що поступає до форсунок, що сприяє зменшенню питомої витрати палива досліджуваного двигуна, (див. розд. 3).

Відповідно, до досліджених параметрів, нами залишилось визначити економічні показники досліджуваного двигуна.

Вище зазначена модернізована система ДВЗ, не вимагає значних конструктивних змін та не створює великих додаткових капіталовкладень.

Тому, економічний ефект, визначаємо з експлуатаційних характеристиках двигуна.

Затрати на експлуатацію автомобіля, визначається за формулу [7]:

$$Z = Z_n + Z_{зм} + Z_{ТО} + Z_{ав} + Z_{ш} + Z_{зн} \quad (5.1)$$

де Z_n – витрати на пальне;

$Z_{зм}$ – витрати на змащувальні матеріали, $Z_{зм} = 1,93$ грн/км;

$Z_{ТО}$ – витрати на технічне обслуговування;

$Z_{ав}$ – витрати на амортизаційні відрахування;

$Z_{ш}$ – витрати на шини, $Z_{ш} = 0,5$ грн/км;

$Z_{зн}$ – витрати на заробітну плату водія, $Z_{зн} = 4,3$ грн.

Витрати на паливо визначаємо, відносно модернізованої і базової паливної систем.

$$Z_n^{\bar{}} = \frac{C_n^{\bar{}} \cdot g}{100}, \quad 5.2$$

де, $C_n^{\bar{}}$ – вартість палива, $C_n^{\bar{}} = 50,00$ грн/л;

g – витрата палива (базова система), $g = 25$ л/100 км

Тоді:

$$З_n^6 = \frac{50,00 \cdot 25}{100} = 12,50 \text{ грн./км,}$$

З модернізованою системою:

$$З_n^i = \frac{C_n^i \cdot g_B}{100}, \quad 5.3$$

де, g_B – витрата палива, $g_B = 22$ л/ 100 км.

Відповідно:

$$З_n^{6B} = \frac{50,00 \cdot 22}{100} = 11,00 \text{ грн./км.}$$

Отже, як показує розрахунок, витрати на придбання палива для ДВЗ з додатковим обладнанням є меншими, ніж у базового.

Витрати на технічне обслуговування двигуна:

$$З_{TO} = N_a \cdot l_a \cdot 10^{-3}, \text{ грн./км} \quad 5.4$$

де, N_a – витрати для автомобіля, приймаємо $N_a = 32,4$ грн./1000 км.

$$З_{TO} = 32,4 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,032 \text{ грн/км.}$$

Амортизаційні відрахування для автомобіля визначаються:

$$З_{амор.} = \frac{Ц \cdot l_p \cdot A_B}{10^5} + \frac{Ц \cdot l_p \cdot A_{кап.р}}{10^5} \text{ грн.} \quad 5.5$$

де, $Ц$ – балансова вартість автомобіля, $Ц = 140000,00$ грн.;

A_B – нормативні амортизаційні відрахування, $A_B = 0,04$;

l_p – річний пробіг, $l_p = 73000$ км;

$A_{кап.р}$ – нормативні відрахування на капітальний ремонт, $A_{кап.р} = 0,02$

$$З_{амор.} = \frac{140000 \cdot 73000 \cdot 0,04}{10^5} + \frac{140000 \cdot 73000 \cdot 0,02}{10^5} = 4088 + 2044 = 6132,00 \text{ грн.}$$

Згідно формули (6.1), отримаємо:

- для двигуна з модернізованою системою

$$З = 11,00 + 1,93 + 0,032 + 0,08 + 0,6 + 5,3 = 18,94 \text{ грн /км;}$$

- для двигуна (базова система)

$$З = 12,50 + 1,93 + 0,032 + 0,08 + 0,6 + 5,3 = 20,44 \text{ грн./км.}$$

Тоді, за річний пробіг автомобіля, витрати будуть становити:

з модернізованою системою

$$Z_p = 11,00 \cdot 73000 / 12 \cdot 4 = 16729,16 \text{ грн./рік};$$

- з базовою системою живлення

$$Z_p = 12,50 \cdot 73000 / 12 \cdot 4 = 19010,41 \text{ грн./рік}.$$

Виходячи із вище отриманих значень, завдяки використанню додаткового обладнання у паливній системі двигуна, річна ефективність досягне:

$$E = 19010,41 - 16729,16 = 2281,26 \text{ грн./рік}$$

Для 10 автомобілів, економічний ефект складе 22810,26 грн./рік

5.2 Висновки

Удосконалення паливної системи дизеля, сприятиме зменшенню витрат палива під час його експлуатації.

Відповідно до методики обчислення експлуатаційних показників для досліджуваного двигуна, річна економія палива становить 22810,26 грн. за річного пробігу автомобіля 73 000 км.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проаналізовано науково-технічну літературу з питань конструктивних особливостей паливних систем дизеля сучасного автомобіля.

Встановлено, що у більшості випадків, дизельні двигуни оснащуються системою Common Rail, яка вимагає надто якісного палива, що у свою чергу, суттєво впливає на її технічний стан.

Запропоновано технічне рішення, на встановлення додаткового паливного фільтру тонкої очистки у паливну систему, безпосередньо після паливного баку.

За використання програми Microsoft Excel, розраховано та побудовано графіки залежності пливу (з модернізованою і базовою паливною системами):

- Швидкості руху автомобіля на годинну витрату (л/100км) та питому витрату палива (g_e г/кВт год);
- Ефективної потужності (кВт) на годинну витрату (л/100км) та питому витрату палива (g_e г/кВт год)

Розроблено технічне рішення, щодо монтажу додаткового паливного фільтру у систему «Common Rail».

Надано операційну карту, що забезпечить ефективніше проведення модернізованих робіт у сучасній паливній системі дизеля.

З метою створення безпечних умов праці під час модернізації паливної системи двигуна з ЕБУ, розроблено комплекс відповідних заходів:

- перевірка стану вентиляційної системи приміщення, оскільки її справність безпосередньо впливає на здоров'я та працездатність персоналу;
- обов'язковий контроль за проходженням інструктажу з охорони праці, перед початком проведення модернізаційних робіт;
- візуальна перевірка та тестування діагностичного обладнання, яке планується використовувати у процесі технічного втручання.

Здійснено аналіз потенційних ризиків, що можуть виникнути в ході модернізації системи і становити загрозу для безпеки персоналу.

Виконано розрахунок оптимальної висоти блискавковідводу, для забезпечення належного рівня протипожежного захисту будівлі під час виконання робіт з технічного обслуговування автомобілів.

Удосконалення паливної системи дизеля, сприятиме зменшенню витрат палива під час його експлуатації.

Відповідно до методики обчислення експлуатаційних показників досліджуваного двигуна, річна економія палива становитиме 22810,26 грн. за річного пробігу автомобіля 73 000 км.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гутаревич Ю. Ф. Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник. К.: Арістей, 2006. 292 с.
2. Гряник І. М., Лахман С.Д. та інші Охорона праці: Київ.: Урожай. 1994. 187 с.
3. Клименко Л. П., Прищепов О.Ф., Андреев В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами : [навч. посібник]. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 132 с.
4. Кисликов В., Лищук В. Будова і експлуатація автомобілів/ Вид. Либідь.К.: 2018. 400 с.
5. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобіля. / Львів: Видавництво НУЛП, 2004. 168 с.
6. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. / Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
7. Розрахунок економічної ефективності механізму / Електронний ресурс, режим доступу: <https://www.google.com/url>.
8. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник). Львів:Львівський національний аграрний університет, 2016. – 236 с.
9. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. К.: Каравела, 2009. 400с.
10. Дяченко В.Г., Саловський В.С., Кропівний В.М. Розрахунок автомобільних двигунів. Навчальний посібник; За ред. к.т.н. В.Г. Дяченка, к.т.н. В.С. Саловського. Кіровоград: КДТУ, 2003. 266 с.
11. Навчальне середовище «Electude»/ Електронний ресурс, режим доступу: <https://lnau.electude.eu>.

12. Бороденко Ю.М., Гнатов А. В., Щ.В. Аргун Щ. В. Б83 Мехатронні системи автомобіля. Частина 1. Силовий привід: підручник. Харків : ХНАДУ, 2023. 300 с.
13. Яким Р. С. Приводи транспортних машин: навчальний посібник. Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2020. 240 с.
14. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андреев В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами: навч. посіб. для студентів ВУЗів. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 132 с.
15. Гутаревич Ю. Ф. Зеркалов Д.В., Говорун А.Г Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник. К.: Арістей, 2006. 292 с.
16. Кисликов В., Лищук В. Будова і експлуатація автомобілів. Вид. Либідь.К.: 2018. 400 с.
17. Дембіський В. М., Павлюк В. І., Придюк В. М. Технічна експлуатація автомобілів Навчальний посібник. Інформаційно-видавничий відділ Луцького національного технічного університету. 2018. 472.
18. Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П., Мазур І.Б. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці. *Навч. посібник*. Львів: Сполом. 2022. 376 с.
19. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І. І. Автомобільні двигуни: підручник.— К.: Арістей, 2004. 476 с.
20. Александров В.Д., Гутаревич, І.В. Грицук і інш. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів, монографія. Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2014. 230 с.
21. Славін В.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів з використанням сучасних систем впорскування: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.20. К., 2014. 209 с.