

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра двигунів
внутрішнього згоряння,
установок та технічної
експлуатації

«Допущений до захисту»
В.о. завідувача кафедри
Олексій ГОГОРЕНКО

« » 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

Спеціальність 142 – Енергетичне машинобудування

Для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

Керівник роботи



Олександр МИТРОФАНОВ

Здобувач освіти



Олександр МЕЛЬНИК

Миколаїв 2024

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Машинобудівний навчально-науковий
Кафедра Двигунів внутрішнього згорання, установок та технічної експлуатації
Ступінь Магістр
Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(шифр і назва)
Освітня програма Двигуни внутрішнього згорання

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ДВЗ, У та ТЕ
Олексій ГОГОРЕНКО
«___» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ОСВІТИ

Мельник Олександр Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення паливної системи автомобільного двигуна

д.т.н., доцент Митрофанов О. С.

2. Керівник роботи _____,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 20__ року № _____

3. Строк подання здобувачем роботи _____

4. Вихідні дані до роботи Потужність двигуна – 303 кВт; частота обертання колінчатого валу – 1900 хв⁻¹.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Загальна конструкція та особливості роботи автомобільного двигуна. 2. Розрахунок робочого циклу для номінального режиму роботи дизеля. 3. Модернізація паливної системи автомобільного двигуна. 4. Економічне обґрунтування виконаної модернізації паливної системи. 5. Аналіз та розробка заходів охорони праці та навколишнього середовища при застосуванні двигуна.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Загальний вигляд вантажного автомобіля. 2. Поперечний розріз двигуна 6ЧН 12,3/15,6. 3. Паливна система двигуна 6ЧН 12,3/15,6. 4. Радіально-плунжерний ПНВТ Common Rail. 5. Форсунка двигуна 6ЧН 12,3/15,6.

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Економічний розділ</i>	<i>Митрофанов О. С.</i>		
<i>Розділ хорони праці</i>	<i>Митрофанов О. С.</i>		

8. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Загальна конструкція та особливості роботи автомобільного Двигуна.</i>		
2.	<i>Розрахунок робочого циклу для номінального режиму роботи дизеля.</i>		
3.	<i>Модернізація паливної системи автомобільного двигуна.</i>		
4.	<i>Економічне обґрунтування виконаної модернізації паливної системи.</i>		
5.	<i>Аналіз та розробка заходів охорони праці та навколишнього середовища при застосуванні двигуна</i>		

Здобувач освіти

(підпис)*Олександр МЕЛЬНИК*_____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)*Олександр МИТРОФАНОВ*_____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота спрямована на модернізацію паливної системи автомобільного двигуна 6ЧН 12,3/15,6 з метою покращення економічних показників його роботи.

В роботі виконано короткий опис конструкції та особливостей роботи автомобільного високообертового дизельного двигуна 6ЧН 12,3/15,6, що застосовується у складі силової установки вантажного автомобілю. Проведено моделювання робочого циклу для номінального режиму його роботи. При цьому отримано усі основні параметри робочого циклу, а також розраховано та побудовано діаграми у координатах $p - V/V_c$, $T - V/V_c$ та $T - S$.

Запропоновано технічну реалізацію можливої модернізації паливної системи автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6 на базі використання сучасної системи упорскування акумуляторного типу *Common Rail System (CRS)* з електронним керуванням подачею палива. Модернізовано паливну форсунку з електронним керуванням упорскування, а також розроблено та розраховано основні її елементи конструкції. Така модернізація автомобільного двигуна 6ЧН 12,3/15,6 дала змогу знизити питому ефективну витрату палива на 7 г/кВт·год, що є досить суттєвим показником паливної економії. У результаті модернізації, можна отримати річний економічний ефект від впровадження нового двигуна у розмірі 1059346,6 грн.

Крім цього було розроблено заходи з техніки безпеки при ремонті та технічному обслуговуванні автотранспорту, а також проведено розрахунок рівня шуму та вібрації від двигуна.

Магістерська робота виконана українською мовою на 82 аркушах розрахунково-пояснювальної записки. У роботі використано 12 джерел, а графічна частина представлена п'ятьма повноцінними кресленнями формату – А1.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, паливна система, паливна форсунка, ефективні показники, питома ефективна витрата палива.

					КРМ.142.6222м.12.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACTS

The qualification work is aimed at modernizing the fuel system of the 6ChN 12.3/15.6 automobile engine in order to improve the economic indicators of its operation.

The work provides a brief description of the design and features of the high-speed diesel engine 6ChN 12.3/15.6, which is used as part of the power plant of a truck. Modeling of the work cycle for the nominal mode of its operation has been carried out. At the same time, all the main parameters of the operating cycle were obtained, as well as the diagrams in $p - V/V_c$, $T - V/V_c$ and $T - S$ coordinates were calculated and constructed.

The technical implementation of a possible modernization of the fuel system of a 6ChN 12.3/15.6 automobile diesel engine based on the use of a modern Common Rail System (CRS) battery-type injection system with electronic control of fuel supply is proposed. The fuel injector with electronic injection control was modernized, and its main structural elements were developed and calculated. This modernization of the automobile engine 6ChN 12.3/15.6 made it possible to reduce the specific effective fuel consumption by 7 g/kWh, which is a rather significant indicator of fuel economy. As a result of modernization, it is possible to obtain an annual economic effect from the introduction of a new engine in the amount of UAH 1059346.6.

In addition, safety measures for the repair and maintenance of motor vehicles were developed, as well as the calculation of the level of noise and vibration from the engine was carried out.

The master's thesis is written in Ukrainian on 82 sheets of calculation and explanatory notes. The work uses 12 sources, and the graphic part is represented by five full-length drawings in A1 format.

Key words: internal combustion engine, fuel system, fuel injector, effective indicators, specific effective fuel consumption.

					<i>KPM.142.6222м.12.00.ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА 6ЧН 12,3/15,6 ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

- 1.1. Загальна характеристика двигуна.....
- 1.2. Висновок до розділу.....

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДЛЯ НОМІНАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ДВИГУНА 6ЧН 12,3/15,6

- 2.1. Загальні відомості
- 2.2. Обґрунтування вибору вихідних даних для розрахунку робо-
чого циклу для номінального режиму роботи.....
- 2.3. Розрахунок номінального режиму роботи двигуна
6ЧН 12,3/15,6.....
- 2.4. Побудова індикаторної діаграми номінального режиму робо-
ти двигуна 6ЧН 12,3/15,6.....
- 2.5. Висновок до розділу.....

РОЗДІЛ 3 МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА 6ЧН 12,3/15,6

- 3.1. Основне призначення та загальна характеристика паливної
апаратури дизелів.....
- 3.2. Технічна реалізація модернізації паливної системи автомобі-
льного дизеля 6ЧН 12,3/15,6.....
- 3.3. Оцінка застосування модернізованої паливної системи на ав-
томобільному двигуні 6ЧН 12,3/15,6 за допомогою програм-
ного комплексу Блиц-Про.....
- 3.4. Вдосконалення елементів паливної системи автомобільного
дизеля 6ЧН 12,3/15,6.....
- 3.5. Розрахунок паливної форсунка з електронним керуванням

двигуна

3.6. Висновок до розділу.....

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

РОЗДІЛ 4 ПАЛИВНОЇ СТЕМИ ДВИГУНА 6ЧН 12,3/15,6

ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

РОЗДІЛ 5 АНАЛІЗ І РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ

НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Розробка заходів з техніки безпеки при ремонті та технічно-
му об-слуговуванні автотранспорту.....

5.2. Охорона навколишнього середовища.....

5.3. Висновки до розділу.....

ВИСНОВОК ПО РОБОТІ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Додаток А. Загальний вигляд вантажного автомобіля.....

Додаток Б. Поперечний розріз двигуна 6ЧН 12,3/15,6.....

Додаток В. Паливна система двигуна 6ЧН 12,3/15,6.....

Додаток Г. Радіально-плунжерний ПНВТ Common Rail.....

Додаток Д. Форсунка двигуна 6ЧН 12,3/15,6.....

					<i>КРМ.142.6222м.12.00.ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Відповідно до теми кваліфікаційної роботи: «**Вдосконалення паливної системи автомобільного двигуна**» запропонована технічна реалізація можливої модернізації паливної системи автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6 на базі використання сучасної системи упорскування акумуляторного типу *Common Rail System (CRS)* з електронним керуванням подачею палива.

Дизельний високообертовий двигун 6ЧН 12,3/15,6 використовується у складі силової установки на вантажному автомобілі.

Зниження матеріальних затрат (особливо на паливо-мастильні матеріали) на його експлуатацію автовласником є важливим та актуальним завданням. Отримати зменшення питомої витрати палива двигуном внутрішнього згоряння та покращити його екологічних показники можна за рахунок ефективної організації процесу паливоподачі. Ефективне використання хімічної енергії палива у робочому циліндрі дизеля напряму залежить від злагодженої роботи паливної апаратури та її характеристик. Оптимальна паливоподача та якісне сумішоутворення у циліндрі двигуна забезпечує максимальну повноту згоряння й мінімізацію шкідливих довікллю викидів з відпрацьованими газами. Все це сприятиме скороченню витрати палива двигуном з одночасним зростанням його ефективного ККД, що відповідно відіб'ється й на матеріальних затратах на експлуатацію.

					КРМ.142.6222м.12.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА 6ЧН 12,3/15,6 ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

1.1. Загальна характеристика двигуна

Двигуни даної серії розраховані на експлуатацію за температур навколишнього повітря від мінус 60 до плюс 50 °С, відносної вологості повітря до 98% за плюс 25 °С, запиленості повітря до 0,4 г/м³ та в районах, розташованих на висоті до 1500 м без зниження потужності, економічності та інших показників, і до 4500 м над рівнем моря з подоланням перевалів заввишки до 4650 м із відповідним зниженням потужності, економічності та інших показників.

Двигун 6ЧН 12,3/15,6 (рис. 1.2) являє собою базову шестициліндрову модель рядного чотиритактного двигуна з турбонаддувом і призначений для встановлення на вантажних автомобілях різного призначення.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд автомобільного двигуна 6ЧН 12,3/15,6

					КРМ.142.6222м.12.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Двигун 6ЧН 12,3/15,6 та його інші модифікації які конструктивно виконані аналогічно до базової моделі, відрізняються регулюваннями паливної апаратури завдяки зміні параметрів налаштування електронного блока керування і турбокомпресором. Двигуни відповідають вимогам екологічних нормативів Євро-3.

Тип двигуна: чотиритактний, із запалюванням від стиснення, турбонаддувом, рідинним охолодженням, проміжним охолодженням наддувного повітря в теплообміннику типу «повітря-повітря», установленому на автомобілі, переднім шестеренчастим приводом різних агрегатів. Основні характеристики двигуна представлені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики двигуна 6ЧН 12,3/15,6

№ з.п.	Параметр	Розмірність	Значення
1	Число циліндрів	—	6
2	Розташування циліндрів	—	Рядне
3	Порядок роботи циліндрів	—	1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4
4	Діаметр циліндра	мм	123
5	Хід поршня	мм	156
6	Робочий об'єм усіх циліндрів	л	11,12
7	Ступінь стиснення	—	16,4
8	Номінальна потужність	кВт	303
9	Частота обертання колінчастого вала при номінальній потужності	хв ⁻¹	1900±25
10	Частота обертання холостого ходу	хв ⁻¹	750
11	Питома витрата палива	г/кВт·год	225
12	Маса «сухого» двигуна	кг	970
13	Габарити двигуна:	мм	1286
	— довжина		935
	— ширина		1126
	— висота		

Загальний устрій двигуна 6ЧН 12,3/15,6 показано на поперечному (рис. 1.2, а) і поздовжньому (рис. 1.2, б) розрізах. Блок циліндрів двигуна 6ЧН 12,3/15,6 – шестициліндровий, відлитий разом із верхньою частиною картера із сірого чавуна. На нижній частині блоку встановлено елемент жорсткості. Кришка робочих циліндрів передня – з алюмінієвого сплаву, є несучою деталлю для агрегатів, що мають привід спереду. Колінчастий вал двигуна – сталевий, штампований, корінні

шийки 102 мм, шатунні 77 мм, піддані загартуванню, число опор – сім. Шатун двигуна 6ЧН 12,3/15,6 – сталевий, з прямим роз'ємом.

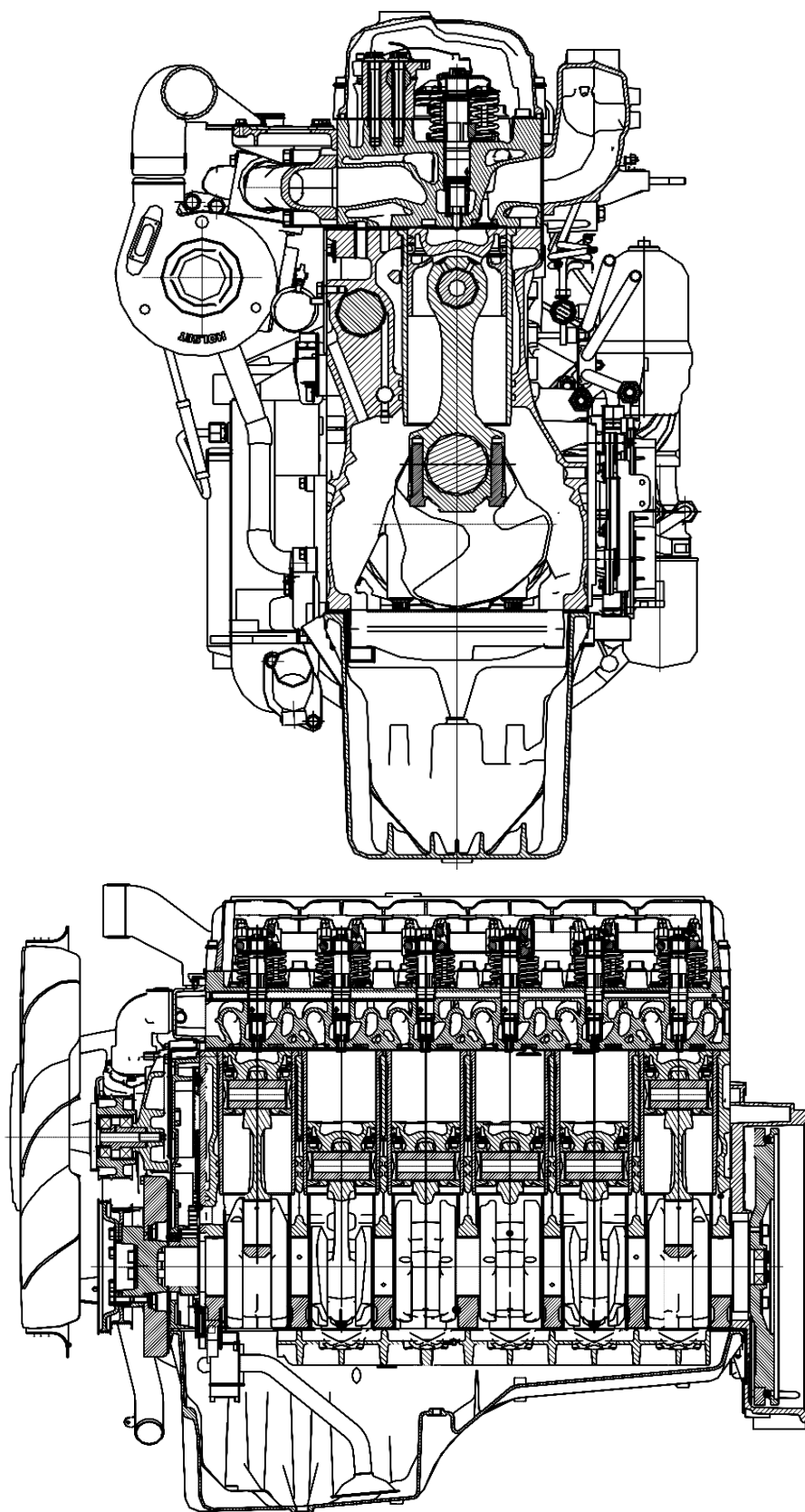


Рисунок 1.2 – Автомобільний дизельний двигун 6ЧН 12,3/15,6:

а – поперечний розріз; *б* – пповздовжній розріз

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6222м.12.01.ПЗ

Аркуш

Маховик – чавунний, із зубчастим вінцем із модулем $m = 3,175$. Гільза циліндра також чавунна. Поршень складається, з головки з легованої сталі та спідниці з алюмінієвого сплаву. Охолодження поршня забезпечується форсункою масляного охолодження поршня. Головка блоку циліндрів – загальна на усі шість циліндрів, чавунна. В процесі експлуатації дизеля контролю затягування болтів не потребує. Розподільний вал – сталевий, штампований, із шестеренчастим приводом, число опор – сім. Зазор між траверсою і коромислом: впускний 0,4 мм; випускний 0,7 мм.

Паливна система розподіленого типу. Містить ПНВТ, форсунки, паливопровод, систему електронного керування тощо.

Система наддуву транспортного двигуна – газотурбінна, з охолодженням наддувочного повітря в ОНП типу «повітря-повітря». Турбокомпресор – з радіальною доцентровою турбіною та відцентровим компресором, фірми BORG, W?ARNER або ЗАОНПО «Турботехніка.

Несвоєчасне обслуговування повітряного фільтра погіршує очищення повітря і призводить до проникнення пилу в двигун, що спричиняє підвищене спрацювання циліндропоршневої групи дизеля і передчасний вихід з ладу. Для нормальної роботи двигуна 6ЧН 12,3/15,6 потрібне регулярне обслуговування повітряного фільтра, а також постійний контроль стану його деталей, особливо ущільнювальних прокладок, а також до правильного встановлення повітряного фільтра. Замінювати фільтрувальний елемент необхідно в разі спрацювання індикатора засміченості повітряного фільтра або щорічно. Нові елементи не повинні бути деформовані і схильні до ударів. У процесі експлуатації необхідно контролювати роботу індикатора засміченості повітряного фільтра під час кожної заміни масла, для чого необхідно закрити вхідний отвір фільтра під час роботи двигуна з частотою обертання колінчастого вала 1500 хв^{-1} .

Система охолодження двигуна – рідинна, закритого типу, з примусовою циркуляцією охолоджувальної рідини, обладнана термостатичним пристроєм для підтримання постійного теплового режиму роботи дизеля, розрахована на всесезонне застосування рідин з низьким рівнем замерзання. Для зливу охолоджувальної рі-

					КРМ.142.6222м.12.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дини з теплообмінника передбачено пробку, що встановлюється в патрубку підведення охолоджувальної рідини до рідинно-масляного теплообмінника.

Водяний насос (рис. 1.3) – відцентрового типу, з вбудованим термостатом, з шестерним приводом, передавальне відношення приводу становить 1,727:1. Привід насоса здійснюється шестернею, що входить у зачеплення з проміжною шестернею розподільного вала. Шестерня приводу і крильчатка водяного насоса напресовані на вал. У процесі експлуатації технічне обслуговування водяного насоса не потрібне.

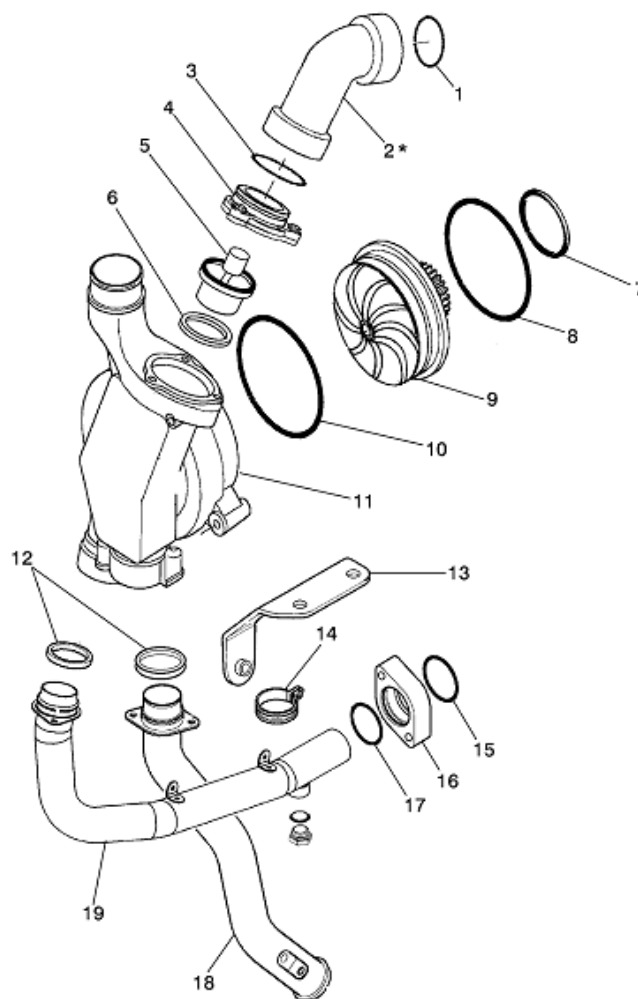


Рисунок 1.3 – Водяной насос:

1, 3, 6, 7, 8, 12, 15, 17 – ущільнення; 2, 18, 19 – патрубки; 4 – корпус термостата;
 5 – термостат; 9 – крильчатка з шестернею приводу водяного насоса;
 10 – прокладка; 11 – корпус водяного насоса; 13 – кронштейн; 14 – хомут;
 16 – фланець

Рідинно-масляний теплообмінник (рис. 1.4) розташований із правого боку блока циліндрів. Перед розбиранням потрібно нанести мітки взаємного розташування. Перевірка теплообмінника на герметичність здійснюється тиском 250...350 кПа.

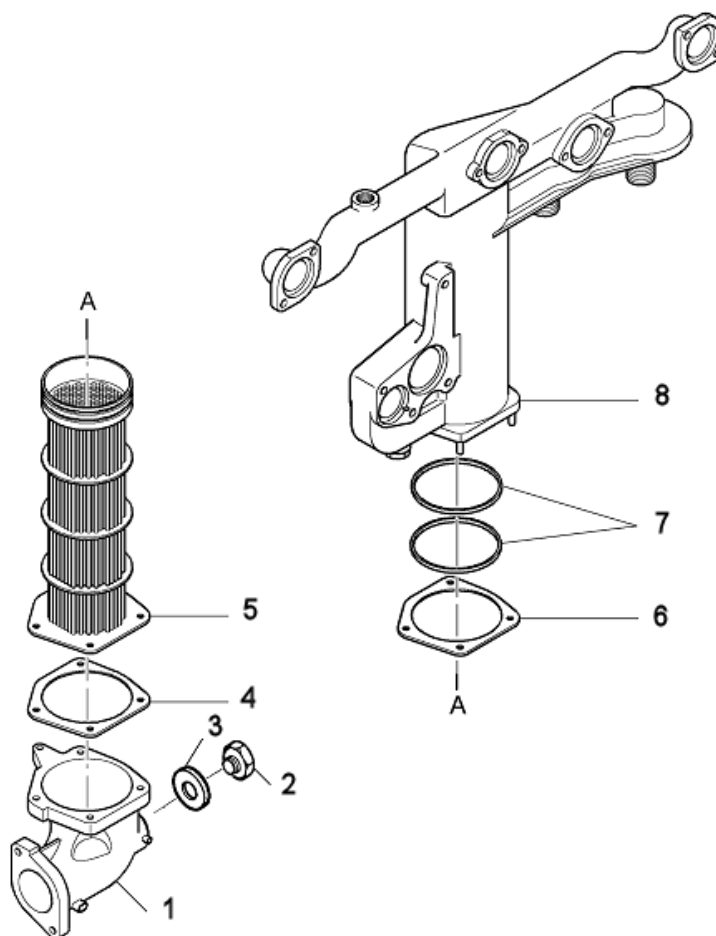


Рисунок 1.4 – Рідинно-масляний теплообмінник:

1 – кришка; 2 – болт; 3 – ущільнення; 4 – прокладка; 5 – елемент теплообмінника;
6 – прокладка; 7 – ущільнення; 8 – корпус

Генератор електричного струму – модель A004TR5091ZT, номінальною напругою 28 В, максимальним струмом навантаження 90 А, змінного струму. Має привід поліклиновим ременем, передавальне відношення приводу 3,2:1, фірми MITSUBISHI.

Швидкісна характеристика двигуна 6ЧН 12,3/15,6 представлена на рис. 1.5.

Маркування двигуна здійснюється на заводській табличці, розташованій на блоці циліндрів з лівого боку в середній його частині.

					KPM.142.6222м.12.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

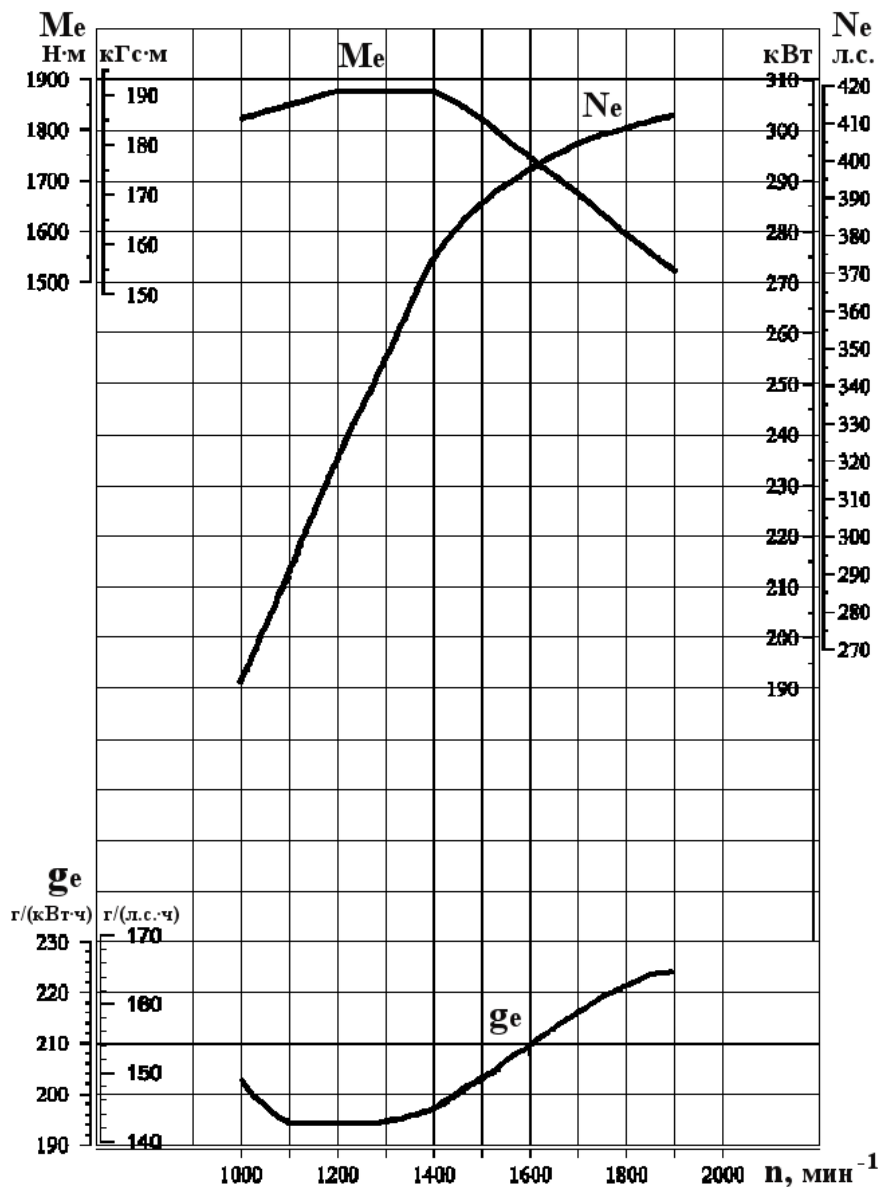


Рисунок 1.5 – Швидкісна характеристика двигуна 6ЧН 12,3/15,6:

M_e – крутний момент брутто; N_e – номінальна потужність брутто;
 g_e – питома витрата палива; n – частота обертання колінчастого вала

1.2. Висновок до розділу

Автомобільний дизельний двигун типу – 6ЧН 12,3/15,6 є досить сучасним та надійним двигуном, що відповідає вимогам екологічних нормативів Євро-3. Дизель може застосовуватися на різних видах вантажних автомобілів та будівельній техніці. Однак з підвищенням екологічних норм та вимог до витрати пального двигун потребує подальшого вдосконалення та модифікації. Одним з напрямків можливого покращення зазначених показників може бути паливна сис-

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6222м.12.01.ПЗ

Аркуш

тема двигуна, яка у значній мірі впливає на якість процесу згоряння та відповідно на екологічні та економічні показники двигуна.

Поперечний розріз дизеля типу 6ЧН 12,3/15,6 та загальний вигляд вантажного автомобіля представлено у вигляді креслення формату А1.

					КРМ.142.6222м.12.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДЛЯ НОМІНАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ДВИГУНА 6ЧН 12,3/15,6

2.1. Загальні відомості

У двигунах внутрішнього згоряння перетворення хімічної енергії, що міститься у рідкому або газоподібному паливі в механічну роботу здійснюється в результаті низки, періодичного повторювальних, процесів в робочих циліндрах. Таку закінчену сукупність процесів, що періодично повторюється в циліндрі двигуна прийнято називати робочим циклом.

Терміном «робоче тіло» прийнято визначати речовину чи суміш речовин, потрібних для реалізації робочого циклу. Варто зазначити, що якісний та кількісний склад робочого тіла в циліндрі протягом реалізації циклу не є постійним. Змінність робочого тіла зумовлена різними обставинами. Зокрема, кількісні зміни робочого тіла обумовлені перш за все перетіканням його з впускних і випускних трубопроводів у циліндр та навпаки, витоками крізь зазори та нещільності ЦПГ, подачею палива (у впускний трубопровід для зовнішнього сумішоутворення або в циліндри для внутрішнього), а також відповідними реакціями окислення компонентів пального. Процес згоряння компонентів палива призводить до значних якісних змін у складі робочого тіла. У разі, якщо при тактах впуску й стиснення робоче тіло може умовно розглядати як чисте повітря (для дизелів) або суміш парів пального з повітрям (для двигуни із зовнішнім сумішоутворенням), то починаючи з процесу горіння – це вже є суміш чистого повітря, парів та краплин рідкого пального з поступовим утвореними продуктів згоряння. Головними компонентами робочого тіла є безпосереднє паливо (носій хімічної енергії) і окиснювач (кисень повітря), завдяки якому реалізується вивільнення цієї енергії.

Як паливо в двигунах використовуються тільки ті горючі речовини, які легко випаровуються та перемішуються з повітрям, а в процесі згоряння у робочому циліндрі не утворюють шкідливого твердого зольного залишку. Навіть незначна кількість твердого зольного залишку, що залишилася у робочому циліндрі двигуна,

					КРМ.142.6222м.12.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

може призвести до зношування поверхонь дзеркала робочого циліндра, поршнів й ущільнюючих кілець. Все це є причиною зниження моторесурсу двигуна, а також може спричинити аварію.

Рідкі види палива, що застосовується в двигунах внутрішнього згоряння, є здебільшого, продуктами перероблення нафти. До них відносять: дизельне паливо (ДП), бензин, гас, лігроїн, солярове масло тощо.

Базовими складовими будь-якого пального є: вуглець С, водень Н та кисень О. В залежності від виду палива та технології його виробництва у ньому може міститися сірка S, азот N, свинець Pb (як присадка) та деякі інші компоненти. Вміст таких компонентів у пальному зазвичай невеликий тому при виконанні теплових розрахунків ДВЗ ними нехтують і враховують у разі виконання розрахунків екологічних показників (тому вміст сторонніх компонентів у паливі обмежується або навіть взагалі забороняється стандартами).

Двигун 6ЧН 12,3/15,6 є дизельним (двигун з внутрішнім сумішоутворенням та самозайманням від стиснення). Для дизелів характерним є:

- високі значення ступеня стиснення заряду повітря ($\epsilon=14...18$ та вище);
- впорскування циклової дози пального безпосередньо всередину робочого циліндра двигуна наприкінці процесу стиснення (коли поршень знаходиться біля ВМТ);
- виникнення самозаймання циклової дози палива, що обумовлено високою температурою стисненого повітряного заряду в циліндрі;
- наявна неповнота згоряння циклової дози палива, що можна охарактеризувати, головним чином, наявністю у відпрацьованих газах (ВГ) сажі та невеликою кількістю оксиду вуглецю.

Під час роботи двигуна в циліндрі постійно змінюються тиск і температура робочого тіла. Зміна тиску робочого тіла може бути експериментально зафіксована спеціальним приладом, який називають індикатором, а отриману таким чином діаграму – індикаторною діаграмою двигуна. Така індикаторна діаграма дає певну картину зміни параметрів стану робочого тіла протягом усього циклу. При цьому площа індикаторної діаграми у « $p-V$ »- координатах відповідає роботі циклу. Про-

					КРМ.142.6222м.12.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ведення аналізу та дослідження індикаторної діаграми дає можливість одержати данні для аналізу якості процесів, що є складовими робочого циклу, а також про ефективність циклу загалом.

2.2. Обґрунтування вибору вихідних даних для розрахунку робочого циклу для номінального режиму роботи

Для адекватного виконання розрахунків робочого циклу дизеля 6ЧН 12,3/15,6 потрібно правильно обрати усі потрібні вихідні данні для даного типу двигуна.

Перш за все умови навколишнього середовища повинні відповідати до ISO 3046-1:2002. Тиск повітря навколишнього середовища становитиме 100 кПа, а температура – 25° С.

Номінальна потужність двигуна, частота обертання колінчастого вала, тиск наддувочного повітря, ступінь стиснення, кількість циліндрів, їх діаметр, хід поршня визначаються відповідно до паспортних даних заводу виробника.

Значення коефіцієнтів використання теплоти в характерних точках індикаторної діаграми z і b – ξ_z та ξ_b ; коефіцієнт залишкових газів γ_r ; значення підігріву повітря від стінок циліндра ΔT ; температури залишкових газів T_r ; ступеня підвищення тиску λ ; коефіцієнта продувки вибираємо для ВОД з подальшою можливістю змінюємо для досягнення необхідної точності розрахунку для номінального режиму роботи двигуна [1-3].

Значення нижчої теплоти згоряння палива і його масовий склад обираємо за характеристиками застосовуваного на двигуні палива. Коефіцієнт заокруглення індикаторної діаграми (0,92 ... 0,98) та механічного ККД обирається з меж, відомих для 4-х тактних ВОД [1-3].

Решта параметрів, такі як наприклад: адіабатний ККД компресора, ККД охолоджувача повітря (ОНП), втрати тиску в ОНП, механічний ККД компресора, коефіцієнт надлишку повітря обираємо базуючись на знаннях з дисципліни «Газова динаміка та агрегати наддуву».

					<i>KPM.142.6222м.12.02.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.3. Розрахунок номінального режиму роботи двигуна 6ЧН 12,3/15,6

Номінальний режим двигуна 6ЧН 12,3/15,6 – це режим його роботи, за якого він розвиває найбільшу свою ефективну потужність, зазначену у його паспорті заводом виробником, протягом певного тривалого часу за заданої частоти обертання колінвала та нормальних атмосферних умов (відповідних до ISO 3046-1:2002).

Для визначення всіх необхідних параметрів двигуна 6ЧН 12,3/15,6 і побудови всіх його діаграм виконуємо розрахунок робочого циклу для номінального режиму використовуючи загальноприйняту методику Гриневецького-Мазинга.

Вихідні дані для початку виконання розрахунку робочого циклу ВОД 6ЧН 12,3/15,6 представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані розрахунку

№ з.п.	Параметр	Розмірність	Значення
1	Ефективна потужність	кВт	$N'_e = 303$
2	Частота обертання	хв^{-1}	$n = 1900$
3	Тиск навколишнього середовища	МПа	$P_0 = 0,1013$
4	Температура навколишнього середовища	К	$T_0 = 293$
5	Тиск наддуву	МПа	$P_k = 0,235$
6	Коефіцієнт продувки	–	$\phi_a = 1,05$
7	Коефіцієнт залишкових газів	–	$\gamma_r = 0,03$
8	Коефіцієнт використання тепла в точці z	–	$\xi_z = 0,73$
9	Коефіцієнт використання тепла в точці b	–	$\xi_b = 0,89$
10	Ступінь стиску	–	$\varepsilon = 16,4$
11	Ступінь підвищення тиску при згорянні	–	$\lambda = 1,56$
12	Підігрів заряду від стінок циліндру	К	$\Delta T_a = 15$
13	Частка ходу поршня втрачена на продувку	–	$\phi_n = 0$
14	Коефіцієнт скруглення індикаторної діаграми	–	$\zeta = 0,98$
15	Механічний ККД двигуна	–	$\eta_m = 0,87$
16	Адіабатний ККД компресора	–	$\eta_{k,ad} = 0,82$
17	Втрата тиску в повітроохолоджувачі	МПа	$\Delta P_{ox} = 0,004$
18	ККД повітроохолоджувача	–	$\eta_o = 0,87$
19	Температура залишкових газів	К	$T_r = 800$
20	Масовий склад палива (кг/кг)		$C = 0,87;$ $H = 0,126;$ $S = 0;$

			$O = 0,004$
21	Нижча теплота згоряння палива	кДж/кг	$Q_H = 42700$
22	Кількість циліндрів	—	$i = 6$
23	Діаметр циліндра	м	$D_c = 0,123$
24	Хід поршня	м	$S = 0,156$
25	Коефіцієнт тактності	—	$z = 0,5$
26	Коефіцієнт надлишку повітря для згоряння	—	$\alpha = 1,6$
27	Показник адіабати повітря	—	$k_B = 1,4$
28	Адіабатний ККД турбіни	—	$\eta_{t.ad} = 0,816$
29	Механічний ККД турбіни	—	$\eta_{t.m} = 0,83$
30	Коефіцієнт втрат тиску на впуску	—	$\xi_a = 0,91$
31	Відношення тиску перед турбіною агрегату наддуву до тиску за компресором	—	$\psi_t = 0,754$

Впуск свіжого повітря для реалізації наступного процесу згоряння відбувається після закінчення випуску з циліндра дизеля ВГ від попереднього циклу. Закінчується впуск повітря у момент повного закриття органів газообміну (впускних клапанів). При цьому досконалість процесу наповнення оцінюється так званим коефіцієнтом наповнення.

Розрахунок процесу наповнення свіжим повітрям

1. Температура повітря за компресором, К –

$$T_k = T_0 \cdot \left[1 + \frac{\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{0.286} - 1}{\eta_{kad}} \right] \quad T_k = 390,226.$$

2. Температура повітря перед дизелем, К –

$$T_s = T_k - \eta_o \cdot (T_k - T_w) \quad T_s = 305,639.$$

3. Температура заряду наприкінці процесу наповнення, К –

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T_a + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} \quad T_a = 334,601.$$

4. Тиск повітря у впускному ресивері двигуном, МПа –

$$P_s = P_k - \Delta P_{ox} \quad P_s = 0,231.$$

5. Тиск повітряного заряду наприкінці процесу наповнення, МПа –

$$P_a = \xi_a \cdot P_s \quad P_a = 0,21.$$

6. Коефіцієнт наповнення свіжим повітрям

$$\eta_H = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_s} \cdot \frac{T_s}{T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} \cdot (1 - \phi_n) \quad \eta_H = 0,859.$$

Стиснення чистого повітря відбувається при закритих клапанах двигуна ВОД 6ЧН 12,3/15,6 і переміщенні поршня від НМТ до ВМТ. Процес стиснення відбувається з одночасним процесом теплообміну між робочим тілом і стінками робочого простору (втулки циліндра, днища кришки циліндра і днища поршня), тобто за політропним процесом, середній показник якого – $n_1=1,23...1,38$.

Розрахунок процесу стиснення повітря

1. Регресійне рівняння для розрахунку середньої ізохорної мольної питомої теплоємності повітря, кДж/(кмоль·К) – $c'_v = 19.26 + 0.0025 \cdot T$.

2. Регресійне рівняння для розрахунку середньої ізохорної мольної питомої теплоємності газів, що відходять, кДж/(кмоль·К) – $c''_v = 20.47 + 0.0036 \cdot T$.

3. Визначення коефіцієнтів рівняння регресії для теплоємності суміші газів у циліндрі наприкінці процесу стиснення, кДж/(кмоль·К) –

$$c''_{vc} = \frac{\gamma_r \cdot c''_v + [\alpha \cdot (1 + \gamma_r) - \gamma_r] \cdot c'_v}{\alpha \cdot (1 + \gamma_r)} = a_{vc} - b_c \cdot T \quad b_c = 0,00252; \quad a_{vc} = 19,282.$$

4. Середній показник політропи стиснення повітря –

$$n_1 - 1 = \frac{8.13}{a_{vc} + b_c \cdot T_a \cdot (1 + \varepsilon^{n_1-1})} \quad n_1 = 1,362.$$

5. Тиск повітря наприкінці процесу стиску, МПа –

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} \quad P_c = 9,495.$$

6. Температура повітря наприкінці стиску, К –

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1-1} \quad T_c = 921,523.$$

У процесі згоряння циклової дози палива в циліндрі двигуна прихована хімічна енергія перетворюється на теплову. Основні вимоги до якості проходження процесу згоряння можуть бути сформульовані наступним чином:

– максимально можлива повнота згоряння палива;

					КРМ.142.6222м.12.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- найбільш краще використання кисню, що міститься у повітрі;
- оптимальний перебіг процесу згоряння у часі.

Такі вимоги обумовлені необхідністю отримати максимально високий ККД (малі питомі витрати палива двигуном) і максимальну ефективну потужність двигуна.

Крім цього, останній пункт обумовлений ще й тим, що перебіг згоряння в часі, впливає на максимальний тиск та швидкість наростання тиску $dp/d\phi$ газів у циліндрі, що у свою чергу також визначає максимальну величину, а також ступінь динаміки механічного навантаження основних деталей кривошипно-шатунного механізму дизеля. Тому реалізований у двигуні 6ЧН 12,3/15,6 характер проходження процесу згоряння повинен забезпечити мінімальну величину та ступінь динамічності механічного навантаження на основні деталі від дії газів за високого значення ККД.

Розрахунок процесу згоряння циклової дози палива

1. Кількість повітря, що надходить у циліндр, кмоль/кг –

$$L = \frac{\alpha}{0.21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) \quad L = 0,782.$$

2. Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни –

$$\beta_0 = 1 + \frac{8 \cdot H + O}{32 \cdot L} \quad \beta_0 = 1,0405.$$

3. Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни –

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} \quad \beta = 1,0393.$$

4. Частка палива згоріла в точці z

$$x_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} \quad x_z = 0,82.$$

5. Коефіцієнт молекулярної зміни у точці z –

$$\beta_z = 1 + \left(\frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_r} \right) \cdot x_z \quad \beta_z = 1,032.$$

6. Питома ізохорна середня теплоємність у точці z кДж/(моль·К) –

					КРМ.142.6222м.12.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$c''_{vz} = \frac{(m \cdot x_z + \gamma_r) \cdot c''_v + [\alpha \cdot (1 + \gamma_r) - (x_z + \gamma_r)] \cdot c'_v}{\alpha \cdot (1 + \gamma_r) + (m - 1) \cdot x_z} = a_{vz} + b_z \cdot T$$

$$\text{де } \Delta M = \left(\frac{H}{4} + \frac{O}{32} \right); \Delta M = 0,0316; L_0 = 0,495 \frac{\text{кМоль}}{\text{кг}}; \text{ } m = 1 + \frac{\Delta M}{L_0} \quad m = 1,064;$$

$$a_{vz} = 19,91018; b_z = 0,00309.$$

7. Визначення коефіцієнтів рівняння регресії для теплоємності робочого тіла в точці, b кДж/(моль·К)

$$c_{vb} = \frac{(m + \gamma_r) \cdot c''_v + (\alpha - 1) \cdot (1 + \gamma_r) \cdot c'_v}{\alpha \cdot (1 + \gamma_r) + (m - 1)} = a_{vb} + b_b \cdot T$$

$$a_{vb} = 19,90624; b_b = 0,003087.$$

8. Визначення температури в точці z за відповідним рівнянням, К –

$$\frac{\xi_z \cdot Q_H}{\alpha \cdot L_0} + [c'_v + 8,314 \cdot \lambda + \gamma_r \cdot (c''_v + 8,314 \cdot \lambda)] \cdot T_c = \beta_z \cdot (1 + \gamma_r) \cdot c''_{pz} \cdot T_z$$

$$\text{звідки: } T_z = 1980 \text{ К.}$$

9. Максимальний тиск згоряння у циліндрі, МПа –

$$P_z = \lambda \cdot P_c \quad P_z = 14,812.$$

Розширення робочого тіла відбувається під час руху поршня двигуна від ВМТ до НМТ. Гази при розширенні здійснюють корисну роботу у двигуні. Процес розширення робочого тіла протікає за досить інтенсивного теплообміну між газами та стінками робочого простору (головкою, днищем поршня та циліндрами). Робоче тіло у процесі розширення віддає теплоту стінкам, тобто розширення відбувається за політропним процесом, показник якого становить $n_2=1,23...1,31$. У реальному двигуні процес розширення фактично закінчується в момент відкриття випускних клапанів.

Процес розширення газів у циліндрі

1. Ступінь попереднього розширення –

$$\rho = \frac{\beta_z}{\lambda} \cdot \frac{T_z}{T_c} \quad \rho = 1,428.$$

2. Ступінь наступного розширення

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} \quad \delta = 11,482.$$

3. Визначення показника політропи розширення і температури робочого тіла в точці b , К. (виконується з наступної системи рівнянь, методом послідовних наближень):

$$n_2 = \frac{8.314 \cdot \left(\frac{\beta_z}{\beta} \cdot T_z - T_b \right)}{\frac{Q_H \cdot (\xi_b - \xi_z)}{L \cdot (1 + \gamma_r) \cdot \beta} + \frac{\beta_z}{\beta} \cdot (a_{vz} + b_z \cdot T_z) \cdot T_z - (a_{vb} + b_b \cdot T_b) \cdot T_b} + 1 \quad n_2 = 1,209;$$

$$T_b = T_z \cdot \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \quad T_b = 1196.$$

4. Тиск газів наприкінці процесу розширення, МПа –

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} \quad P_b = 0,775.$$

Визначення індикаторних показників циклу

1. Середній теоретичний індикаторний тиск, МПа –

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[\lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] \quad P'_i = 1,86.$$

2. Середній дійсний індикаторний тиск, МПа –

$$P_i = P'_i \cdot \zeta \cdot (1 - \phi_n) \quad P_i = 1,82.$$

6.3. Питома індикаторна витрата палива, кг/(кВт·год) –

$$b_i = 433 \cdot \frac{P_s \cdot \eta_H}{\alpha \cdot L_0 \cdot T_s \cdot P_i} \quad g_i = 0,196.$$

4. Індикаторний ККД циклу

$$\eta_i = \frac{3600}{b_i \cdot Q_H} \quad \eta_i = 0,42.$$

Визначення ефективних показників циклу

1. Ефективний середній тиск, МПа –

$$P_e = P_i \cdot \eta_m \quad P_e = 1,61.$$

2. Ефективний ККД двигуна –

					КРМ.142.6222м.12.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \quad \eta_e = 0,365.$$

3. Ефективна питома витрата палива, кг/(кВт·год) –

$$b_e = \frac{b_i}{\eta_m} \quad g_e = 0,225.$$

4. Ефективна потужність дизеля, кВт –

$$N_e = 13.1 \cdot D_c^2 \cdot S_c \cdot z \cdot P_e \cdot n \cdot i \quad N_e = 303,939 \text{ кВт}.$$

5. Похибка визначення ефективної потужності дизеля –

$$\Delta N = \frac{N_e - N'_e}{N_e} \quad \Delta N = 0,309 \text{ \%}.$$

Розрахунок балансу потужності турбіни і компресора, а також визначення дійсного Π_k

1. Визначення витрати повітря двигуном, кг/с –

$$G = \left(\frac{\pi \cdot D_c^2}{4} \right) \cdot S_c \cdot \left(\frac{P_s \cdot 10^6}{R \cdot T_s} \right) \cdot \eta_H \cdot i \cdot z \cdot \left(\frac{n}{60} \right) \cdot \phi_a \quad G = 0,418.$$

де – $R = 287$ Дж/(кг·К) – повітряна газова постійна.

2. Витрата відпрацьованих газів через турбіну, кг/с –

$$G_t = G + b_e \cdot \frac{N_e}{3600} \quad G_t = 0,436.$$

3. Тиск відпрацьованих газів перед турбіною, МПа –

$$P_r = \psi_t \cdot P_k \quad P_r = 0,177.$$

4. Температура відпрацьованих газів перед турбіною, К –

$$T_t = T_b \cdot \left(\frac{P_r}{P_b} \right)^{\frac{n_2-1}{n_2}} \quad T_t = 926,781.$$

5. Загальна кількість робочого тіла, кмоль –

$$M_s = \left(\frac{C}{12} \right) + \left(\frac{H}{2} \right) + [0.21 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0] + (0.79 \cdot \alpha \cdot L_0) \quad M_s = 0,814.$$

6. Постійна універсальна газова для відпрацьованих газів, Дж/(кг·К) –

					КРМ.142.6222м.12.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_t = \frac{1}{\frac{C}{12 \cdot M_s \cdot 189} + \frac{H}{2 \cdot M_s \cdot 461.6} + \frac{0.21 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0}{M_s \cdot 259.8} + \frac{0.79 \cdot \alpha \cdot L_0}{M_s \cdot 296.8}} \quad R_t = 287,115.$$

7. Показник адіабати розширення відпрацьованих газів у турбіні –

$$k_t = \frac{(a_{vb} + b_b \cdot T_t) + 8.314}{a_{vb} + b_b \cdot T_t} \quad k_t = 1,361.$$

8. Дійсний ступінь підвищення тиску в компресорі –

$$\Pi_k = \left[1 + \frac{\left(\frac{k_t}{k_t - 1} \right) \cdot R_t \cdot T_t \cdot \left[1 - \frac{1}{\frac{k_t - 1}{k_t}} \right] \cdot \eta_{t.m} \cdot \eta_{t.ad} \cdot G_t}{G \cdot R \cdot T_0 \cdot \left(\frac{k_B}{k_B - 1} \right) \cdot \frac{1}{\eta_{kad}}} \right]^{\frac{1}{0.286}} \quad \Pi_k = 2,32.$$

9. Дійсний тиск наддуву двигуна, МПа –

$$P_{kd} = \Pi_k \cdot P_0 \quad P_{kd} = 0,235.$$

10. Похибка визначення тиску наддуву –

$$\Delta P_k = \frac{P_{kd} - P_k}{P_{kd}} \quad \Delta P_k = -0,058 \, \%.$$

2.4. Побудова індикаторної діаграми номінального режиму роботи двигуна 6ЧН 12,3/15,6

Теоретичну індикаторну діаграму номінального режиму роботи двигуна 6ЧН 12,3/15,6 будується за даними розрахунку робочого циклу. Побудова виконується аналітичним способом, оскільки графічні методи побудови дають значні помилки.

Ординати точок політропи стиснення і розширення індикаторної діаграми в системі координат $p - V/V_c$ обчислюємо за такими відомими формулами:

$$\text{– для процесу стиснення: } p = \frac{p_c}{\left(\frac{V}{V_c} \right)^{n_1}};$$

– для процесу розширення:
$$P = \frac{P_z \cdot \rho^{n_2}}{\left(\frac{V}{V_c}\right)^{n_2}},$$

де $V/V_c = \varepsilon_x$ – відношення об'ємів, що по факту являє собою поточне значення ступеня стиснення двигуна; P_c – тиск наприкінці стиснення; P_z – максимальний тиск; n_1 – показник політропи стиснення; n_2 – показник політропи розширення; ρ – ступінь попереднього розширення.

Вихідні данні та результати наведено у таблиці 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Вихідні данні для побудови діаграми

P_r , МПа	P_a , МПа	P_s , МПа	P_k , МПа	P_b , МПа	P_c , МПа	P_z , МПа	n_1	n_2	ρ
0,177	0,210	0,231	0,235	0,775	9,495	14,812	1,362	1,209	1,428

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку

V/V_c	$P_{сж}$, МПа	$P_{расш}$, МПа
1,00	14,81	
1,00	9,50	14,81
1,43	5,84	14,81
2,18	3,29	8,90
2,93	2,20	6,22
3,67	1,61	4,73
4,42	1,25	3,78
5,17	1,01	3,13
5,92	0,84	2,65
6,67	0,72	2,30
7,42	0,62	2,02
8,17	0,54	1,80
8,91	0,48	1,62
9,66	0,43	1,47
10,41	0,39	1,34
11,16	0,36	1,23
11,91	0,33	1,14
12,66	0,30	1,06
13,41	0,28	0,99
14,15	0,26	0,93
14,90	0,24	0,87
15,65	0,22	0,82
16,40	0,21	0,77
16,40		0,21

Після розрахунку усіх необхідних величин будуємо теоретичну індикаторну діаграму робочого циклу ВОД 6ЧН 12,3/15,6 і представляємо її в системі координат $p - V/V_c$ безрозмірною в напрямку осі об'ємів. Теоретична індикаторна діаграма в системі координат $p - V/V_c$ подана на рис. 2.1.

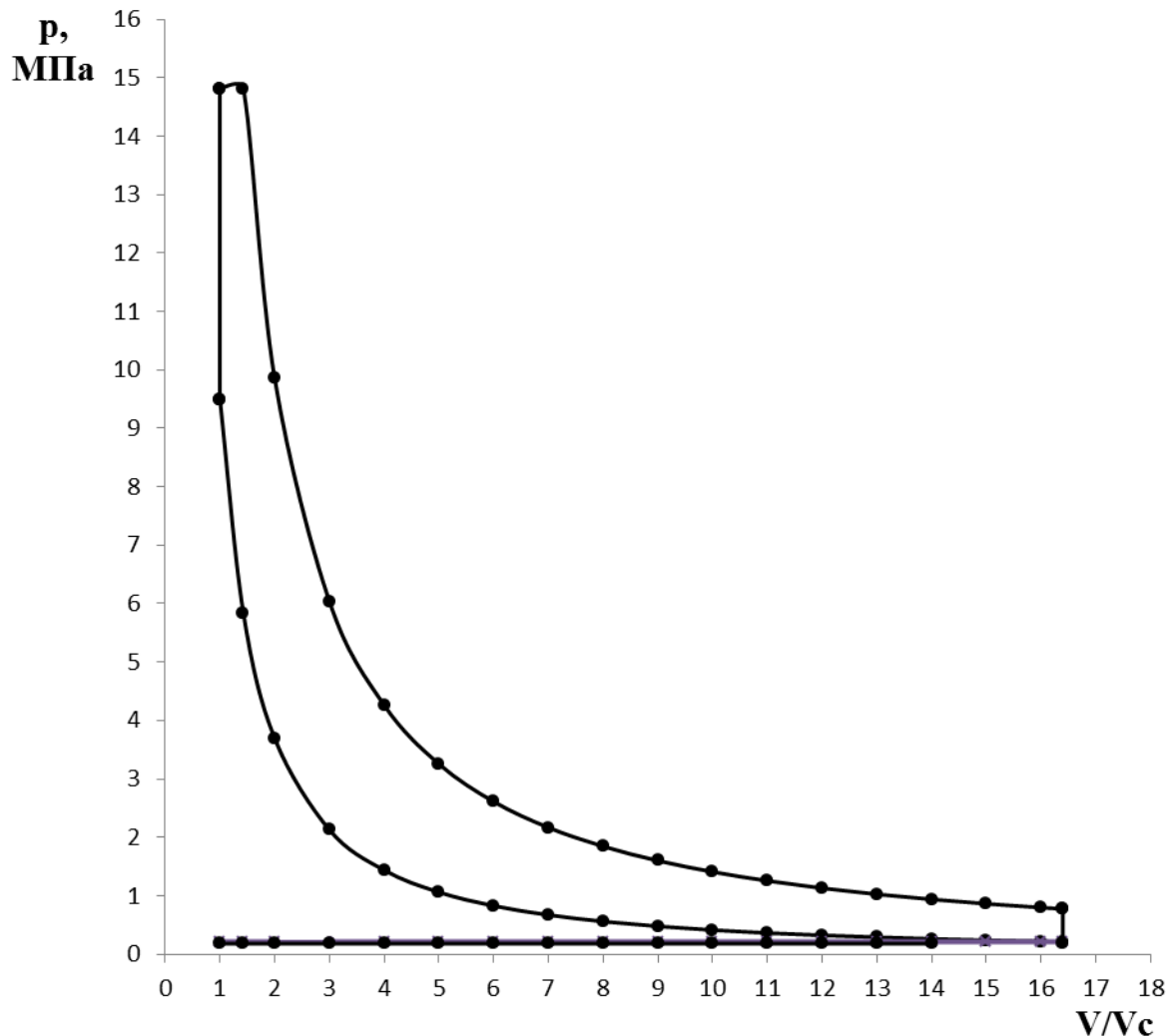


Рисунок 2.1 – Теоретична індикаторна діаграма робочого циклу ВОД 6ЧН 12,3/15,6 у системі координат $p - V/V_c$

Ординати точок політропи температури стиснення і температури розширення індикаторної діаграми в системі координат $T - V/V_c$ обчислюємо за такими відомими формулами:

– для процесу стиснення:
$$T = \frac{T_c}{\left(\frac{V}{V_c}\right)^{n_1-1}};$$

– для процесу розширення: $T = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$,

де T_c – температура наприкінці стиснення; T_z – максимальна температура в циліндрі; δ – ступінь подальшого розширення, що визначається з наступного виразу:

$$\delta = \frac{V}{V_c} \cdot \frac{1}{\rho}$$

де ρ – ступінь попереднього розширення.

Температура в точці у визначається за формулою:

$$T_y = T_c \cdot \lambda$$

де λ – ступінь підвищення тиску під час згоряння.

Вихідні данні та результати наведено у таблиці 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.4 – Вихідні данні для побудови діаграми

T_r , К	T_a , К	T_s , К	T_k , К	T_b , К	T_c , К	T_z , К	λ
926,781	334,6	305,639	400,84	1196	921,523	1980	1,56

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку

V/V_c	$T_{сж}$, К	$T_{расш}$, К
1	921,523	1419,15
1,428	810,018	1980
2	717,023	1845,39
3	619,139	1695,45
4	557,905	1596,51
5	514,611	1523,77
6	481,743	1466,8
7	455,597	1420,29
8	434,098	1381,2
9	415,978	1347,62
10	400,411	1318,27
11	386,832	1292,27
12	374,837	1268,98
13	364,132	1247,93
14	354,493	1228,75
15	345,749	1211,16
16	337,765	1194,93
16,4	334,759	1188,78

Після розрахунку усіх необхідних величин будуємо теоретичну температурну індикаторну діаграму робочого циклу ВОД 6ЧН 12,3/15,6 і представляємо її в системі координат $T - V/V_c$ безрозмірною в напрямку осі об'ємів. Теоретична індикаторна діаграма в системі координат $T - V/V_c$ подана на рис. 2.2.

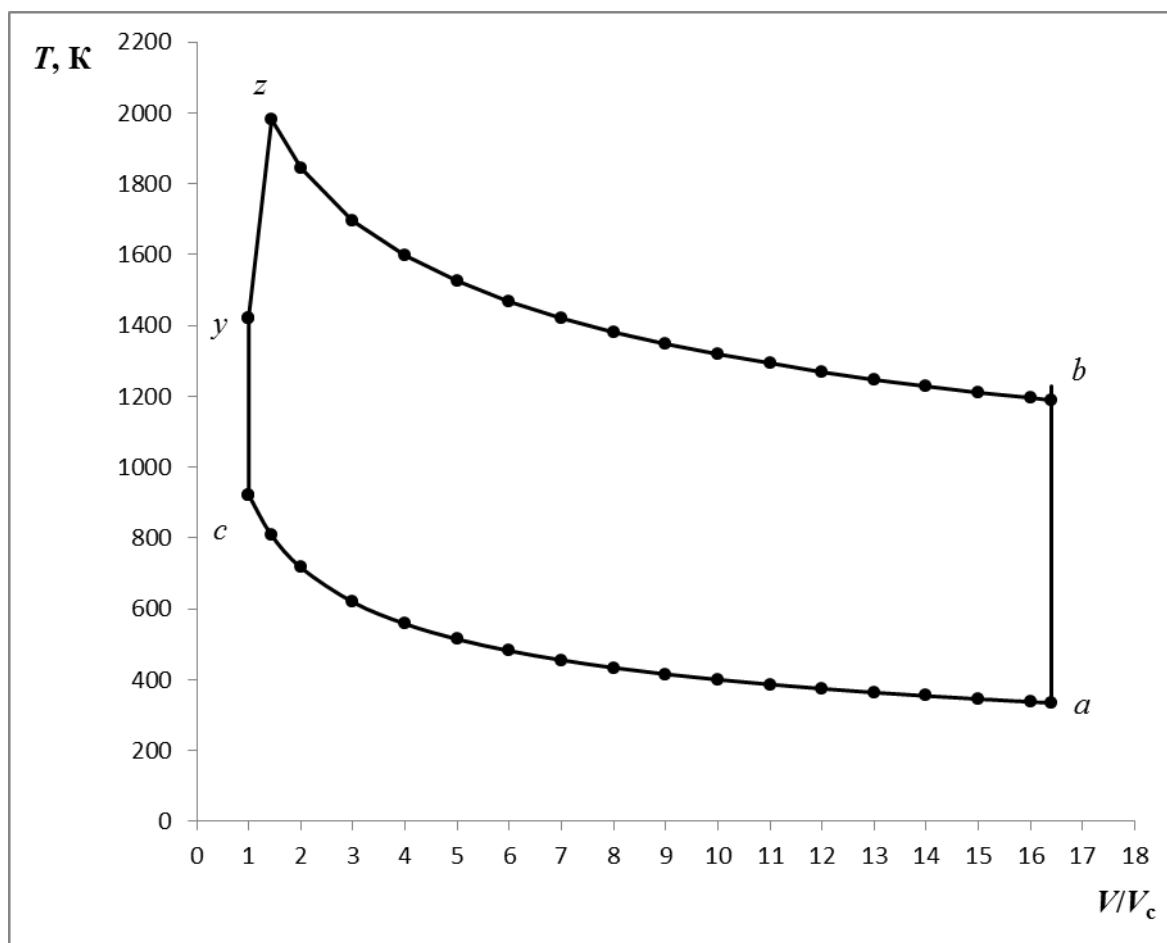


Рисунок 2.2 – Теоретична індикаторна діаграма робочого циклу ВОД 6ЧН 12,3/15,6 у системі координат $T - V/V_c$

Для визначення ентропії використовуємо формулу:

$$S = \left[c_p \cdot \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) - R \cdot \ln\left(\frac{p}{p_0}\right) \right]$$

де c_p – ізобарна теплоємність газової суміші; R – газова стала ($R = 8,314$ кДж/кг·К); T_0 – температура навколишнього середовища; P_0 – тиск навколишнього середовища;

$$c_p = f(T)$$

$$c_p = c_v + R$$

де c_v – ізохорна теплоємність газової суміші.

Поточну ізохорну теплоємність визначають за формулою:

$$c_{vi} = a_{vi} + b_i \cdot T_i$$

де a_{vi} , b_i – коефіцієнти рівняння регресії для визначення теплоємності газової суміші; T_i – поточна температура.

Індикаторна діаграма в системі координат $T - S$:

– для процесу стиснення:
$$S = \left[c_{pi} \cdot \ln \left(\frac{T_{сж}}{T_0} \right) - R \cdot \ln \left(\frac{p_{сж}}{p_0} \right) \right];$$

– для процесу розширення:
$$S = \left[c_{pi} \cdot \ln \left(\frac{T_{расш}}{T_0} \right) - R \cdot \ln \left(\frac{p_{расш}}{p_0} \right) \right].$$

Вихідні данні та результати наведено у таблиці 2.6 та 2.7.

Таблиця 2.6 – Вихідні данні для побудови діаграми

$a_{vb},$ кДж (кг·К)	$b_b,$ кДж (кг·К)	$a_{vc},$ кДж (кг·К)	$b_c,$ кДж (кг·К)	$a_{vz},$ кДж (кг·К)	$b_z,$ кДж (кг·К)	$a_{vy},$ кДж (кг·К)	$b_y,$ кДж (кг·К)	$R,$ кДж (кг·К)
19,9062	0,00308	19,27	0,0025	19,8472	0,0030	19,376	0,0026	8,314

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку

V/V_C	$P_{сж}, \text{ МПа}$	$P_{расш}, \text{ МПа}$	$T_{сж}, \text{ К}$	$T_{расш}, \text{ К}$	$S_{сжатие}$	$S_{расшир.}$
1	9,495	14,812	921,523	1419,15	-5,8634	7,73097
1,396	5,8446048	14,812	810,018	1980	-5,4466	24,1699
2	3,6939594	9,85677496	717,023	1845,39	-5,0429	24,3728
3	2,1264532	6,03726875	619,139	1695,45	-4,5469	24,7601
4	1,4371075	4,26372884	557,905	1596,51	-4,1892	25,1216
5	1,0604686	3,2555575	514,611	1523,77	-3,909	25,4477
6	0,8272808	2,61153135	481,743	1466,8	-3,6784	25,7419
7	0,6706122	2,16748737	455,597	1420,29	-3,4824	26,0093
8	0,559096	1,84435413	434,098	1381,2	-3,3119	26,2541
9	0,4762299	1,59956139	415,978	1347,62	-3,161	26,4799
10	0,4125675	1,40825112	400,411	1318,27	-3,0256	26,6894
11	0,3623415	1,25497869	386,832	1292,27	-2,9029	26,8849

12	0,3218475	1,1296658	374,837	1268,98	-2,7906	27,0681
13	0,2886052	1,02546913	364,132	1247,93	-2,6871	27,2407
14	0,2608967	0,93758643	354,493	1228,75	-2,5912	27,4038
15	0,2374973	0,86255297	345,749	1211,16	-2,5017	27,5584
16	0,2175122	0,79780921	337,765	1194,93	-2,4179	27,7055
16,4	0,2103186	0,77434392	334,759	1188,78	-2,3858	27,7624

Після розрахунку усіх необхідних величин будуюмо теоретичну температурну індикаторну діаграму робочого циклу ВОД 6ЧН 12,3/15,6 і представляємо її в системі координат $T - S$ безрозмірною в напрямку осі об'ємів. Теоретична індикаторна діаграма в системі координат $T - S$ подана на рис. 2.3.

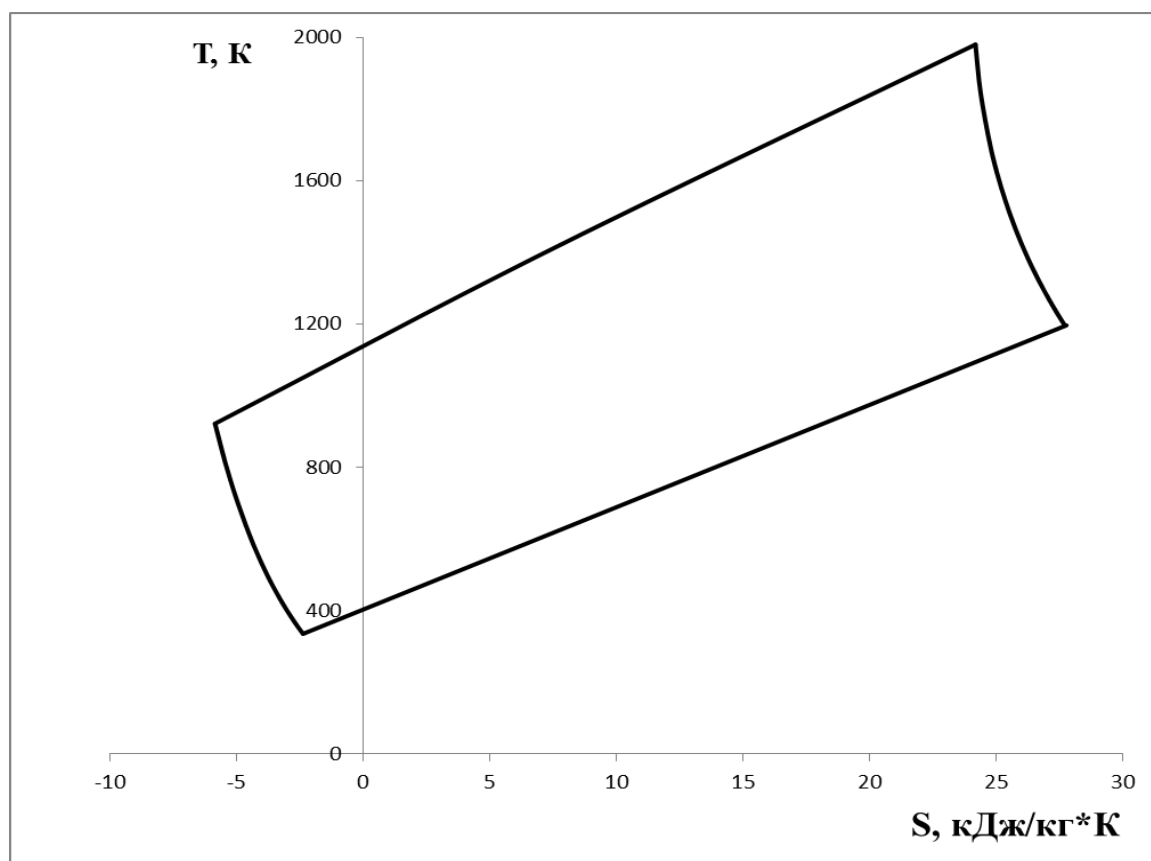


Рисунок 2.3 – Теоретична індикаторна діаграма робочого циклу ВОД 6ЧН 12,3/15,6 у системі координат $T - S$

2.5. Висновок до розділу

У розділі проекту було виконано моделювання номінального режиму роботи транспортного високообертового дизеля 6ЧН 12,3/15,6. При цьому у результаті було отримано усі потрібні базові складові робочого циклу, а також побудовано діаграми у координатах $p - V/V_c$, $T - V/V_c$ та $T - S$.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6222м.12.02.ПЗ

Аркуш

РОЗДІЛ 3
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ
АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА 6ЧН 12,3/15,6

3.1. Основне призначення та загальна характеристика паливної апаратури дизелів

Паливна система дизельного двигуна перш за все повинна забезпечувати:

- дозування чітко встановленої порції пального на кожний цикл двигуна відповідно до його навантаження;
- найбільш оптимальну характеристику впорскування порції пального в чітко встановлений у часі момент;
- найбільш оптимальний розподіл порції пального по камері згоряння двигуна (згідно з її типом, формою та способом сумішоутворення) для досягнення максимально можливої економічності процесу згоряння.

Крім зазначеного вище, паливна апаратура дизельного двигуна повинна забезпечити ідентичні умови впорскування й подачі циклової порції палива в усіх циліндрах двигуна, так як нерівномірність циклових подач та кутів початку впорскування циклової дози палива сприяє перевантаженню чи недовантаженню окремих робочих циліндрів й недопустиму відмінність значень максимальних тисків згоряння і температури ВГ у циліндрах двигуна; стабільну та сталу за параметрами впорскування циклової дози палива; надійну та безвідмовну роботу паливних форсунок протягом 2.500...10.000 годин роботи та плунжерних пар паливного насоса високого тиску (ПНВТ) протягом 6.000...20.000 годин роботи; відведення витоків і залишків палива з розпилювача паливної форсунки й через плунжерну пару ПНВТ у витратний бак; можливість вилучення повітря з паливної системи двигуна; максимальну простоту у обслуговуванні, ремонті та регулюванні.

Паливна система дизельного двигуна складається з ПНВТ, форсунок, паливопроводів високого тиску, що поєднує ПНВТ з форсункою і підсистемою низького

					<i>КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

тиску, до складу якої відноситься паливний бак, перепускний клапан, різні фільтри та насос для забезпечення підкачування.

У дизелях здебільшого застосовують ПНВТ із золотниковим керуванням, які мають регулювання за кінцем подачі пального (рис. 3.1, *а*) чи регулювання одночасно кінцем та початком (рис. 3.1, *б*) завдяки перепуску частини пального коли відбувається нагнітальний хід плунжера, тобто фактично зміною його геометрично-активного ходу.

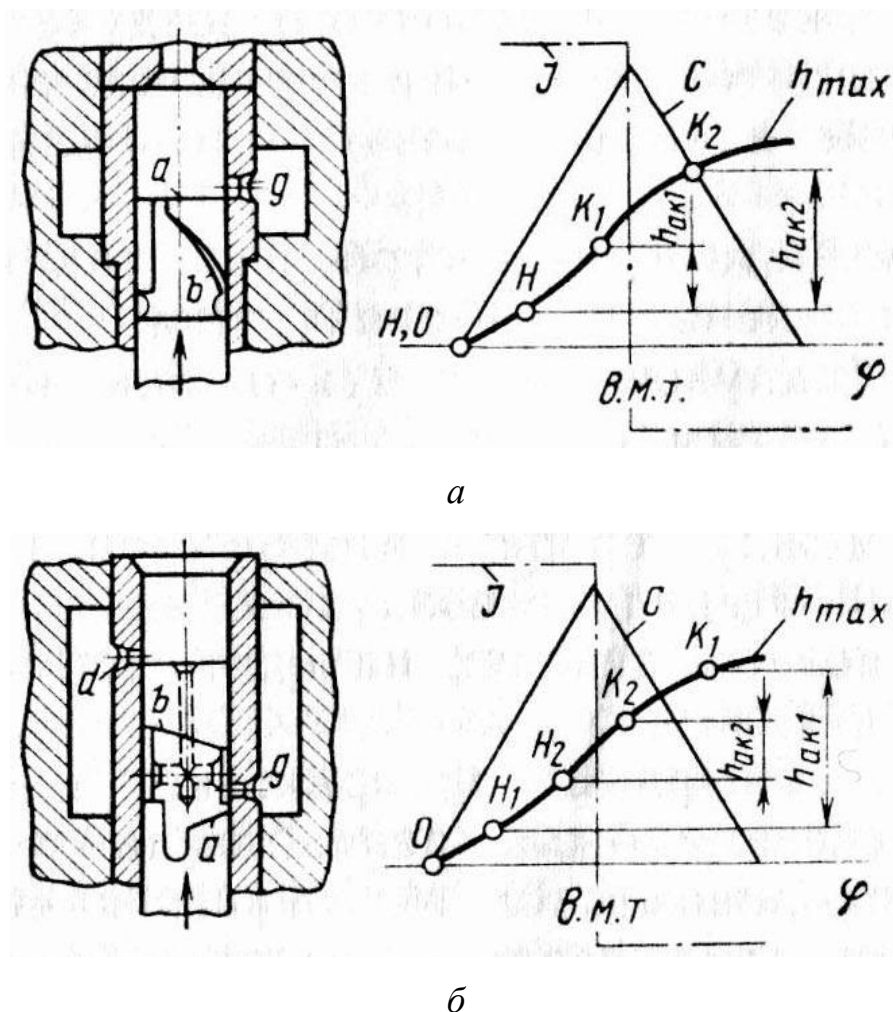


Рисунок 3.1 – Базові схеми ПНВТ та діаграми, що представляють способи їх регулювання:

а – регулювання подачі наприкінці; *б* – регулювання подачі на початку та наприкінці; *h* – хід плунжера; *C* – швидкість плунжера; *J* – прискорення плунжера

На рисунку 3.1 суцільними лініями умовно показано траєкторію переміщення центру ролика штовхача плунжера, штрихові лінії – швидкість руху *C*, а штрих-

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ

Аркуш

пунктирними лініями – відповідні прискорення J . Точка O на графіку (рис. 3.1) відповідає моменту набігання ролика штовхача на відповідний виступ кулачкової шайби. Геометричний початок нагнітання циклової дози палива на графіку позначено буквою H , а кінець – буквою K . Геометричний активний хід плунжера ПНВТ позначено як $h_{\text{акт}}$. Геометричне начало нагнітання циклової дози палива відповідає моменту закривання впускного каналу g кромкою a плунжера ПНВТ, а геометричний кінець обумовлюється моментом відкриття отвору відсічення d кромкою b плунжера ПНВТ. У схемі представлений на рис. 3.1, a отвір g виступає у ролі відсічного.

3.2. Технічна реалізація модернізації паливної системи автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6

У роботі пропонується замінити штатну паливну систему автомобільного двигуна 6ЧН 12,3/15,6 (розподілена система) на сучасну систему упорскування акумуляторного типу *Common Rail System (CRS)* з електронним керуванням подачею палива та модернізацією елементів паливної апаратури (паливної форсунки).

Паливна система акумуляторного типу – *Common Rail System (CRS)* з електронним керуванням подачею циклової дози палива на двигуні 6ЧН 12,3/15,6 забезпечить:

- точну дозу циклової подачі пального для кожного робочого режиму автомобільного двигуна;
- можливість регулювання кута випередження впорскування циклової дози пального залежно від оборотів дизеля, його навантаження та температури;
- легкий пуск автомобіля з якомога мінімальним викидом шкідливих речовин в навколишнє середовище при будь-яких температурних умовах;
- можливість коригування процесу паливоподачі на двигуні у залежності від умов навколишнього середовища з метою забезпечення зниження викидів шкідливих речовин у атмосферу;

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– сумісність з електронним блоком управління вантажного автомобіля (ABS, ASR, круїз-контроль та ін.).

Паливна система двигуна працюватиме наступним чином: дизельне паливо з паливного бака через фільтр-відстійник грубого очищення та охолоджувач електронного блоку керування (рис. 3.2) засмоктується насосом підкачування палива та під тиском 700...800 кПа подається до фільтра тонкого очищення з дуже високим ступенем очищення, так як система «*Common Rail*» досить чутлива до забруднення, ніж системи зі звичайним плунжерним паливним насосом.

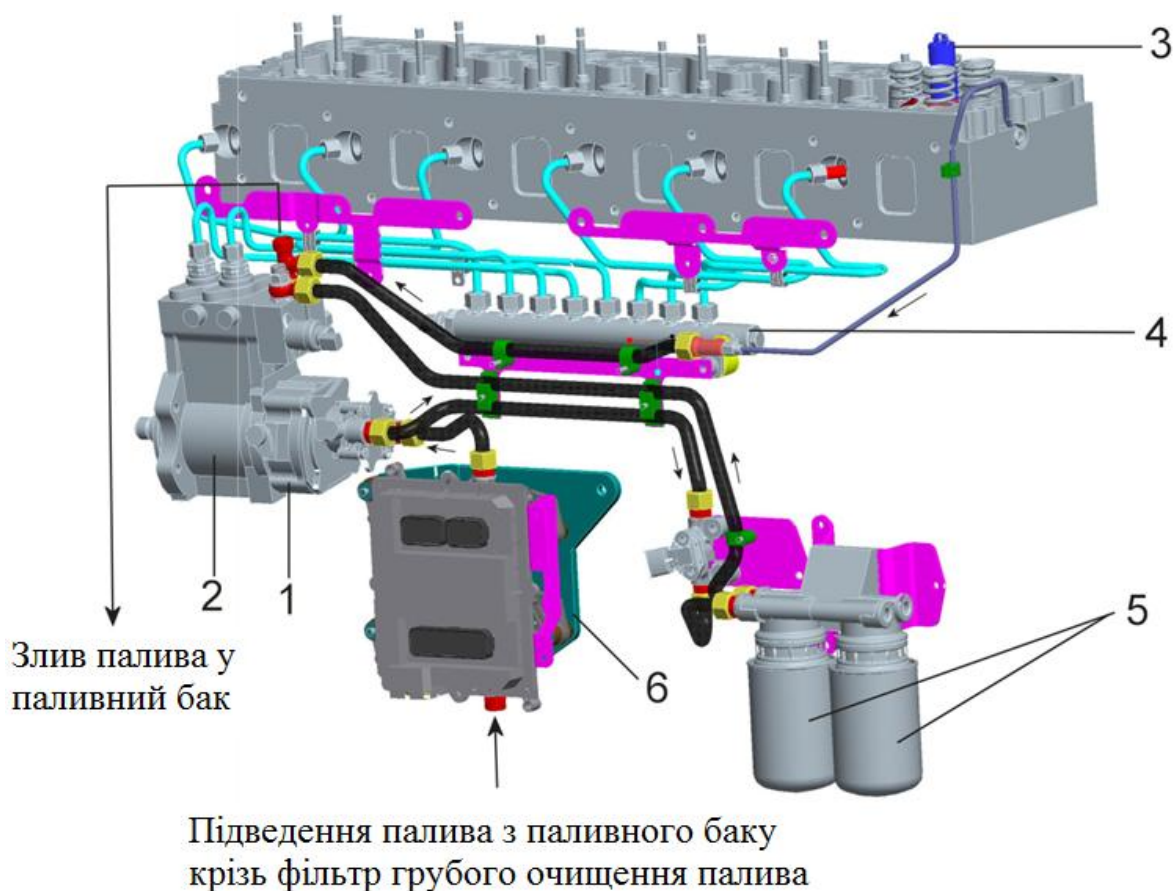


Рисунок 3.2 – Паливна система «Common Rail»:

1 – насос підкачування дизельного палива; 2 – паливний насос високого тиску; 3 – паливна електрокерована форсунка; 4 – паливна рампа; 5 – фільтр тонкого очищення дизельного палива; 6 – охолоджувач електронного блоку керування

Далі дизельне паливо поступає до ПНВТ, який має дві секції, кожна з яких живиться через дозуючий пристрій з електроклапаном. З ПНВТ паливо під високим тиском надходить у загальний паливопровід – накопичувач (рампу) і далі по

індивідуальному паливо проводу високого тиску підводиться до кожної паливної форсунки двигуна 6ЧН 12,3/15,6.

Паливна форсунка подає циклову дозу під високим тиском у камеру згоряння, тривалість впорскування визначається тривалістю електричного імпульсу від електронного блока керування двигуна 6ЧН 12,3/15,6. Піковий електроімпульс на форсунку характеризується напругою до 80 В і струмом 20 А. Впорскування палива здійснюється ступінчасто:

- пілотне впорскування (1...3 %) при ранніх кутах випередження для зниження шуму дизеля;
- основне впорскування (94...96 %);
- додаткове впорскування після основного для зниження димності відпрацьованих газів двигуна (1...5 %).

Потрібний баланс палива, що впорскується у циліндр визначається режимом роботи двигуна 6ЧН 12,3/15,6. Електроклапани дають змогу регулювати тиск палива, що надходить у надплунжерний простір паливного насоса високого тиску.

У штуцерах паливної рампи на вході в трубопроводи високого тиску розміщені гідравлічні обмежувачі витрати палива (по одному на кожний робочий циліндр), які перекривають подачу дизельного палива до форсунок за перевищення заданої тривалості впорскування (наприклад, засмічення форсунки). Після усунення відмови форсунки нормальна працездатність обмежувача відновлюється автоматично.

Датчики, що розташовані на двигуні 6ЧН 12,3/15,6, передають інформацію на електронний блок керування про роботу усіх систем. Електронний блок керування використовує цю інформацію для керування впорскуванням і подачею сигналу про роботу інших систем на приладовий щиток та керування виконавчими механізмами, що забезпечують роботу двигуна у цілому. Ця інформація надходить від наступних датчиків дизеля 6ЧН 12,3/15,6:

- датчик тиску палива у рампі;
- датчик кута повороту кулачкового валу паливного насоса;
- датчик температури та тиску надувного повітря;

					<i>КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- датчик частоти обертання колінчастого вала (розташовано на картері маховика);
- датчик дозуючого пристрою паливного насоса;
- датчик тиску масла;
- датчик температури охолоджувальної рідини;
- датчик температури і тиску палива;
- датчик засмічення фільтрів тонкого очищення палива;
- датчик режиму роботи вентилятора.

3.3. Оцінка застосування модернізованої паливної системи на автомобільному двигуні 6ЧН 12,3/15,6 за допомогою програмного комплексу Блиц-Про

Програма розрахунку Блиц-Про, яка розроблена на кафедрі ДВЗ, У та ТЕ НУК під керівництвом Мінчева Д. С., реалізована в середовищі *Microsoft Excel* з використанням програмного забезпечення *Visual Basic*.

Блиц-Про вміщує декілька методик розрахунку, дає змогу розраховувати цикл різних двигунів на основі 1 з 3 параметрів, розраховувати ДВЗ з урахуванням реальної характеристики компресора агрегату наддуву, виконувати розрахунки теплових навантажень на втулку будь якої конфігурації і та будь-якого матеріалу. Через те, що розроблена програма Блиц-Про має досить широкі можливості, вона є об'ємною й тому розрахунок (в залежності від параметрів комп'ютера) може відбуватися від декількох секунд до декількох хвилин.

Складність виконання розрахунків в програмі також пов'язана з значно великою кількістю вихідних даних, які, нажаль, не регламентуються для всіх типів двигунів, тому багато їх потрібно вводити у межах рекомендованих (наближених) значень, що також може вести до некоректного розрахунку чи збою розрахунку.

Результати розрахунку автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6 з системою упорскування акумуляторного типу *Common Rail System* представлено у табличній формі (табл. 3.1).

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Результати моделювання номінального режиму роботи автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6 з системою упорскування акумуляторного типу
Common Rail System

№ з/п	Позн.	Один. вим.	Значення	Найм. параметру
1.	N_e	кВт	302,86	Ефективна потужність
2.	g_e	кг/(кВт·год)	0,218	Питома ефективна витрата палива
3.	Π_k		2,38	Ступінь підвищення тиску в компресорі
4.	$\varphi_{зг.}$	град.	73,49	Тривалість видимого згоряння
5.	$\varphi_{з.восп.}$	град.	3	Кут затримки займання
6.	$\varphi_{н.сгор.}$	град.	357	Кут початку видимого згоряння
7.	P_{inj}	МПа	138,95	Середній тиск упорскування всієї порції палива
8.	d_{32}	мкм	10,394	Середній діаметр крапель
9.	φ_{wall}	град.	22	Кут за який факел досягає стінок камери згоряння
10.	φ_{fr}	град.	9	Тривалість взаємодії факела зі стінками камери згоряння
11.	P_z	кПа	14573,79	Максимальний тиск згоряння
12.	T_z	К	1758,74	Максимальна температура згоряння
13.	P_i	кПа	1869,44	Середній індикаторний тиск
14.	P_e	кПа	1719,89	Середній ефективний тиск
15.	P_s	кПа	236,45	Тиск повітря в ресивері
16.	T_s	К	319,24	Температура повітря в ресивері
17.	P_c	кПа	7612,22	Тиск суміші наприкінці стиснення
18.	T_c	К	654,12	Температура суміші наприкінці стиснення
19.	T_t	К	636,7	Середня температура газів перед турбіною
20.	P_t	кПа	205,9	Середній тиск газів перед турбіною
21.	T_{3t}	К	562,7	Середня температура газів за турбіною
22.	T_b	К	863,0	Температура газів у момент відкриття випускного клапана
23.	P_b	кПа	714,7	Тиск газів у момент відкриття випускного клапана
24.	T_k	К	391,0473	Температура наддувного повітря
25.	T_r	К	344,23	Температура залишкових газів
26.	Q_w	кВт	39,5	Тепло, відведене у воду
27.	Q_m	кВт	7,5	Тепло, відведене в масло
28.	Q_{wOHV}	кВт	34,1	Тепло, що відводиться в ОНП від повітря
29.	Q_{wOG}	кВт	137,6	Тепло, що виноситься з ВГ
30.	G_k	кг/с	0,4525	Витрата повітря через компресор
31.	G_t	кг/с	0,4717	Витрата газу через турбіну
32.	N_{et}	кВт	44,5672	Потужність турбіни
33.	N_{ek}	кВт	44,6070	Потужність компресора
34.	γ_r	—	0,0315	Коефіцієнт залишкових газів
35.	a	—	1,58	Коефіцієнт надлишку повітря
36.	φ_a	—	1,003	Коефіцієнт продувки

3.4. Вдосконалення елементів паливної системи автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6

Дотримання гранично допустимих показників викиду шкідливих речовин із відпрацьованими газами має під час розроблення ДВЗ найвищий пріоритет. Саме розробка і впровадження системи «Common Rail» зробили вирішальний внесок у зниження викиду шкідливих речовин. Перевага системи «Common Rail» полягає в незалежності тиску впорскування палива від частоти обертання вала двигуна та його навантаження.

Однак для дотримання майбутніх норм на показники токсичності ВГ саме в дизельних двигунах необхідне значне підвищення тиску впорскування палива. Найсучасніші паливні форсунки виконані герметичними, практично не допускають просочування палива, для чого відмовляються від застосування ступені низького тиску на клапанному елементі, що керує впорскуванням. Різні деталі паливної форсунки, такі, наприклад, як її корпус (корпусна деталь), по великій площі навантажуються високим тиском, у зв'язку з чим доводиться стикатися з навантаженням абсолютного іншого порівняно з паливними форсунками більш ранніх конструкцій роду. Саме за винятково високого тиску в загальній паливній магістралі, що становить з боку паливних форсунок 2000 бар, проблематичним є не тільки сполучення різних деталей форсунки між собою, а й наявність дефектів, а й наявність дефектів матеріалів у непомітних місцях, наприклад, у центральному отворі в корпусі паливної форсунки, що призводять до поломок або відмов паливних форсунок. Такі поломки або відмови паливних форсунок зумовлені статистичними причинами. Саме при навантаженні деталі тиском по великій площі завжди підвищується ймовірність виходу такої деталі з ладу під впливом обумовлених тиском високих навантажень через дефект структури її матеріалу.

Подібний тип відмов лише насилу піддається аналізу звичайними методами розрахунку, оскільки поломка відбувається не в тих місцях, які характеризуються піком механічної напруги, а скоріше в тих місцях, які менш критичні щодо розподілу механічних напружень.

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Із-за зазначених причин для виготовлення паливних форсунок, розрахованих на впорскування палива під особливо високим тиском, який суттєво перевищує 2000 бар, необхідно використовувати досить дорогі спеціальні матеріали, при цьому високі витрати обумовлені не тільки самими цими матеріалами, а й їхньою обробкою. Виходячи з цього доцільним є розробка паливної форсунки, розрахованої на впорскування палива під особливо високим тиском. При цьому така паливна форсунка переважно повинна допускати можливість її виготовлення (виготовлення окремих її деталей) зі звичайних матеріалів, таких, наприклад, як сталь марки С45.

Відповідно у проекті, для паливної форсунки (рис. 3.3) автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6 пропонується використати цілісний або складений клапанний елемент, що керує впорскуванням, встановлений з можливістю переміщення між своїм відкритим і закритим положеннями і частково розташованого у передбаченій у корпусі паливної форсунки порожнині високого тиску. При цьому радіально між порожниною високого тиску і корпусом паливної форсунки розташована ще одна кільцева порожнина, тиск палива в якій у процесі роботи паливної форсунки щонайменше періодично нижчий, ніж у порожнині високого тиску, і вищий, ніж у приєднаному зливному паливопроводі. Порожнина високого тиску гідравлічно з'єднана з кільцевою порожниною щонайменше одним вхідним дроселем, що веде в неї, а кільцева порожнина щонайменше одним зливним дроселем, що веде з неї, з'єднана із зоною паливної форсунки, що перебуває під низьким тиском.

Основна ідея полягає у тому, щоб радіально між корпусом паливної форсунки (корпусною деталлю) і порожниною високого тиску, яка переважно виконана у вигляді розташованого з боку форсунки паливного акумулятора високого тиску (паливного мініакумулятора високого тиску), розташовувати кільцеву порожнину, в якій постійно або періодично переважає тиск палива, який нижчий, ніж у порожнині високого тиску, і вищий, ніж у зоні паливної форсунки, що перебуває під низьким тиском, відповідно вище, ніж у приєднанні зливного паливопроводу. Завдяки цьому на кільцеву порожнину, що обмежує кільцеву порожнину радіально всередині, окружну стінку впливає тільки різниця між тиском палива в порожнині

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

високого тиску і тиском палива в кільцевій порожнині. На розташований зовні корпус паливної форсунки також діє менше навантаження, оскільки він піддається тільки впливу тиску палива в кільцевій порожнині. Завдяки наявності кільцевої порожнини, гідравлічний тиск у якій нижчий, ніж у порожнині високого тиску, тиск, таким чином, ступінчасто знижується в напрямку радіально зсередини назовні, що дає змогу уникнути впливу критичних навантажень на матеріал. Завдяки цьому навіть корпуси паливних форсунок, розрахованих на впорскування палива під тиском, що значно перевищує 2000 бар, можна виконувати зі звичайних матеріалів, таких як зі звичайних матеріалів, таких, наприклад, як сталь марки С45, і насамперед у тому випадку, коли тиск палива в кільцевій порожнині не перевищує приблизно 1800 бар. У тому разі, коли тиск палива в порожнині високого тиску, наявній у паливної форсунки, має становити, наприклад, максимум 2000 бар, зазвичай цілком достатньо, щоб різниця між тиском у кільцевій порожнині та тиском у порожнині високого тиску становила приблизно 200 бар.

Особливо кращим є варіант коли тиск у кільцевій порожнині в процесі роботи паливної форсунки щонайменше вдвічі нижчий, ніж у порожнині високого тиску, завдяки чому вдається уникнути навантаження перегородки, що розділяє між собою кільцеву порожнину і порожнину високого тиску, понад міру.

Також одним з можливих варіантів удосконалення форсунки є такий, у якому паливо, що надходить із приєднаного паливопроводу, яке підводиться від зовнішньої загальної паливної магістралі високого тиску, надходить безпосередньо в порожнину високого тиску. З цією метою бажано передбачити канал, що проходить через кільцеву порожнину в радіальному напрямку, утворений, наприклад, форсунковою деталлю, що обмежує радіально всередині кільцеву порожнину. Таким чином матимемо герметичну форсунку, що не допускає просочування палива, переважно без ступені низького тиску, що постійно впливає на цілісний або складений клапанний елемент, що керує впорскуванням, і створює прикладене до нього гідравлічне зусилля, що закриває. Подібні паливні форсунки переважно виконують з довгим клапанним елементом, що керує впорскуванням клапанним елементом, осьова протяжність якого становить щонайменше 50%, а бажано навіть 60%

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

чи 70%, від загальної осьової протяжності всієї паливної форсунки. Особливо кращий при цьому варіант, у якому порожнина високого тиску, що охоплює розташований у ній клапанний елемент, що керує впорскуванням, проходить в осьовому напрямку аж до системи розпилювальних отворів у розпилювачі паливної форсунки, при цьому порожнину високого тиску можна за необхідності розділити на дві сусідні в осьовому напрямку частини з розташованим між ними і таким, що з'єднує їх між собою закриваючим дроселем, призначеним для невеликого, наприклад на 100...200 бар, зниження тиску палива в зоні вершини керуючого впорскуванням клапанного елемента і для створення таким шляхом гідравлічного зусилля, що закриває. Особливо кращим є варіант, у якому порожнина високого тиску продовжується в осьовому напрямку в примикаючий до корпусу паливної форсунки в осьовому напрямку розпилювач, при цьому і в цьому випадку можлива реалізація варіанта, у якому утворена між корпусом паливної форсунки і порожниною високого тиску, кільцева порожнина, що знижує тиск, продовжується в осьовому напрямку в розпилювач.

Для забезпечення необхідного зниження тиску в кільцевій порожнині можна використовувати систему з послідовно з'єднаних дроселів, а саме з щонайменше одного вхідного дроселя, що веде в кільцеву порожнину, і щонайменше одного зливного дроселя, що веде з кільцевої порожнини, водночас через вхідний дросель, що веде у кільцеву порожнину вхідний дросель паливо, що перебуває під високим тиском, щонайменше приблизно рівним тиску в загальній паливній магістралі високого тиску, може надходити в кільцеву порожнину.

Зі свого боку через зливний дросель, що веде з кільцевої порожнини дросель паливо може виходити з кільцевої порожнини в напрямку зони паливної магістралі високого тиску, що знаходиться під низьким тиском зони паливної форсунки, при цьому прохідні перерізи щонайменше одного ведучого в кільцеву порожнину вхідного дроселя, і щонайменше одного зливного дроселя, що веде з кільцевої порожнини, мають такі розміри, що встановлюється необхідна різниця тисків між кільцевою порожниною і порожниною високого тиску. Такий механізм зниження тиску можна порівняти з відомим механізмом зниження тиску в керівній порож-

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

нині, відомим за паливними форсунками із сервоуправлінням. Істотна відмінність між обома цими механізмами полягає в тому, що тиск у кільцевій порожнині не впливає порівняно з тиском у керуючій порожнині на характеристику впорскування палива паливною форсункою, і тому до щонайменше одному вхідному дроселю, який веде в кільцеву порожнину, і щонайменше одному зливному дроселю, який веде з кільцевої порожнини, можуть висуватися нижчі вимоги щодо точності їхнього виготовлення.

Особливо бажаним є, щоб щонайменше один вхідний дросель, що веде в кільцеву порожнину, та/або щонайменше один зливний дросель, що веде з кільцевої порожнини, конструктивно були/був реалізовані/реалізовано направляючою та/або дренажною щілиною, що дає змогу уникнути необхідності у виконанні додаткових робочих операцій з виготовлення дросельних отворів. Очевидно, що щонайменше один із дроселів можна також виконуватися у вигляді дросельного отвору. Щонайменше один зливний дросель, що веде з кільцевої порожнини, може бути також замінений на більш детально розглянутий нижче запобіжний клапан, відповідно може бути утворений ним.

Особливо кращім варіантом виконання пропонованої модернізації паливної форсунки двигуна 6ЧН 12,3/15,6 є такий, в якому тиск у кільцевій порожнині підтримують нижчим за тиску в порожнині високого тиску не протягом усього часу роботи паливної форсунки, а знижується тільки на ті періоди часу, у які тиск у порожнині високого тиску перевищує деякий критичний рівень. Зазвичай це має місце тільки під час роботи ДВЗ із повним навантаженням. Іншими словами, кращий варіант, у якому тиск у кільцевій порожнині нижчий, відповідно зменшують до тиску нижчого, ніж у порожнині високого тиску, тільки за умови перевищення мінімального тиску, що становить насамперед приблизно 1800 бар. Конструктивно подібну вимогу можна реалізувати, передбачивши в напрямку потоку палива між кільцевою порожниною і зоною паливної форсунки, що перебуває під низьким тиском щонайменше один запобіжний клапан, який бажано виконувати у вигляді зворотного клапана. Особливо кращий при цьому варіант, у якому запобіжний клапан виконаний таким чином, що у своєму відкритому стані він утворює

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зливний дросель, що веде з кільцевої порожнини, у результаті чого в кільцевій порожнині встановлюється необхідний тиск. Завдяки лише періодичному відкриттю запобіжного клапана вдається скоротити паразитну кількість палива, що зливається, до абсолютного мінімуму.

У кращому варіанті запобіжний клапан має пружину і рухомий клапанний елемент, що підтискається її зусиллям. В особливо бажаному варіанті пружина являє собою листову пружину, і/або клапанний елемент у вигляді кульки, насамперед сталеві. Конструктивно простим є варіант, у якому клапанний елемент запобіжного клапана притискається зусиллям зазначеної пружини до свого сидла, виконаного на форсунковій деталі, що обмежує в осьовому напрямку зону паливної форсунки, що перебуває під низьким тиском. Листова пружина може при цьому затискатися, наприклад, в осьовому напрямку між затискним гвинтом, призначеним для закріплення форсункової деталі в корпусі паливної форсунки, і форсуновою деталлю.

Альтернативним можливий варіант, у якому рухливий клапанний елемент запобіжного клапана утворений форсунковою деталлю, яка обмежує в осьовому напрямку зону паливної форсунки, що перебуває під низьким тиском, і яка в цьому разі зусиллям пружини, наприклад, зусиллям пружної розпірної втулки або тарілчастої пружини, підтискається до корпусу паливної форсунки. Найбільш кращим при цьому є варіант, у якому при відкритому запобіжному клапані паливо перетікає з кільцевої порожнини в зону паливної форсунки, що перебуває під низьким тиском зону паливної форсунки через кільцеву дренажну щілину, яка при цьому утворена, переважно в осьовому напрямку, між форсунковою деталлю і корпусом паливної форсунки, при цьому для забезпечення достатньої герметичності закритого запобіжного клапана в корпусі паливної форсунки та/або у форсунковій деталі в переважному варіанті виконана щонайменше одна відсічна кромка.

Пружину запобіжного клапана бажано розташовувати таким чином, щоб величину її попереднього стиснення, а тим самим і максимальний тиск у кільцевій порожнині можна було регулювати затискним гвинтом, який при цьому в бажаному варіанті являє собою засіб осьової фіксації форсункової деталі, що обмежує

					<i>КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

в осьовому положенні деталі, зону паливної форсунки, яка перебуває під низьким тиском.

На рис. 3.3 показано паливну форсунку 1 для системи «Common rail» і призначену для впорскування палива камеру згоряння в ДВЗ 6ЧН 12,3/15,6 вантажного автомобіля. З паливного бака 3 паливо подається насосом 2 високого тиску в загальну паливну магістраль 4 високого тиску, яку ще також називають паливним акумулятором високого тиску. У цій загальній паливній магістралі паливо акумулюється під високим тиском, який у нашому випадку становитиме близько 2500 бар.

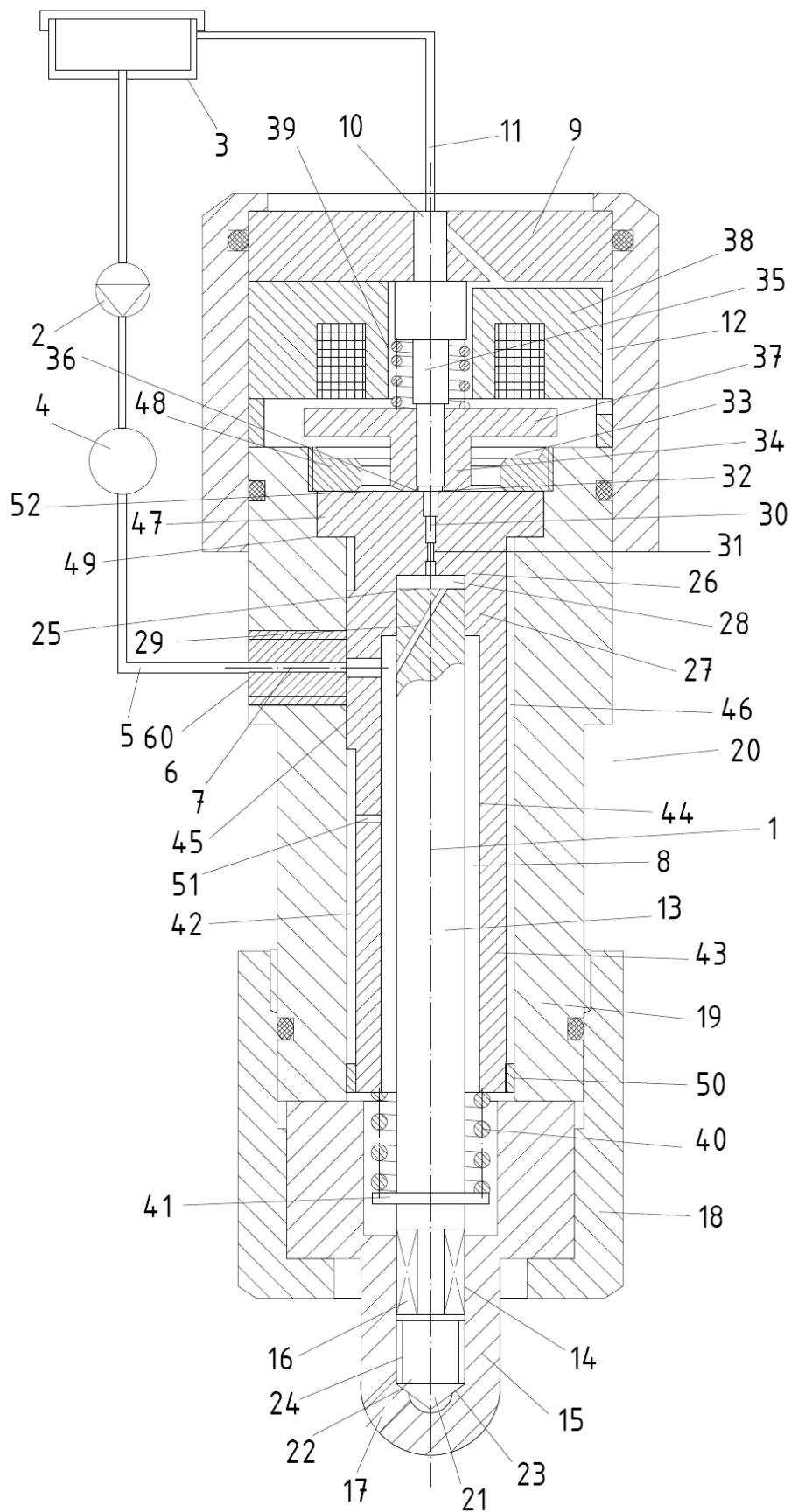
З паливною магістраллю 4 високого тиску форсунка 1 поряд з іншими, не показаними на кресленні паливними форсунками з'єднана підвідним паливопроводом 5. Цей паливопровід 5 веде до призначеного для нього приєднання 6 паливної форсунки 1, яке через паливопідвідний канал 7 веде до розташованої по центру порожнини 8 високого тиску, що виконує функцію свого роду паливного мініакумулятора високого тиску. У цій порожнині 8 високого тиску переважає в основному той самий тиск, що і в загальній паливній магістралі високого тиску, що становить близько 2500 бар.

На кришці 9 форсунки передбачено приєднання 10 зливного паливопроводу 11. Через це приєднання 10 і приєднаний до нього зливний паливопровід 11 із зони 12 паливної форсунки, що перебуває під низьким тиском, у паливний бак 3, що також перебуває під низьким тиском, який становить приблизно від 1 до 10 бар, може відводитися керуюча кількість палива, а також паливо, що просочується.

У порожнині 8 високого тиску рухомо в осьовому напрямку встановлено керуючий впорскуванням клапанний елемент 13, який у показаному на кресленні варіанті виконаний цілісним. В іншому варіанті керуючий впорскуванням клапанний елемент 13 виконаний складеним і складається, наприклад, із верхнього керуючого стрижня і нижньої голки, розташованої в розпилювачі форсунки.

Клапанний елемент 13, що керує впорскуванням, рухомо у своєму поздовжньому або осьовому напрямку встановлений у направляючому отворі 14 у нижньому в площині креслення розпилювачі 15, відповідно в його корпусі.

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



**Рисунок 3.3 – Конструкція запропонованої форсунки для
автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6**

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6222м.12.03.ПЗ

Аркуш

При цьому на зовнішній бічній поверхні клапанного елемента 13, що керує впорскуванням, у зоні його нижньої направляючої виконані осьові канали 16 у вигляді лисок або плоских ділянок, через які при відкритому клапанному елементі 13, що керує впорскуванням, паливо може надходити в осьовому напрямку вниз до системи розпилювальних отворів 17 у розпилювачі форсунки. Розпилювач 15 накидною або стяжною гайкою 18 закріплений на корпусі 19 паливної форсунки. У показаному на кресленні варіанті корпус 19 паливної форсунки утворює велику корпусну деталь корпусу 20.

Клапанний елемент 13, що керує впорскуванням, має на своїй вершині 21 запірну поверхню 22, якою він може по щільній посадці прилягати до свого виконаного в розпилювачі 15 сидла 23. Клапанний елемент 13, що керує впорскуванням, коли він прилягає до свого сидла 23, тобто перебуває у своєму закритому положенні, перекриває систему розпилювальних отворів 17, не допускаючи виходу з них палива. При знаходженні ж керуючого впорскуванням клапанного елемента у піднятому з його сидла 23 положенні паливо може протікати в осьовому напрямку осьовими каналами 16 з порожнини 8 високого тиску в нижню, виконану у вигляді кільцевої порожнини порожнину 24 розпилювача і з неї вздовж сидла 23 керуючого впорскуванням клапанного елемента до системи розпилювальних отворів 17 і впорскуватися через них здебільшого під високим тиском (рівним тиску в загальній паливній магістралі) в камеру згоряння.

Клапанний елемент 13, що керує впорскуванням, зі свого верхнього торцевого боку 25 і частина 26 форсункової деталі 27 обмежують між собою керуючу порожнину 28, у яку через виконаний у клапанному елементі 13, що керує впорскуванням, вхідний дросель 29 елементі 13 вхідний дросель 29 з порожнини 8 високого тиску надходить паливо.

Управляюча порожнина 28 проходить у форсунковій деталі 27 в осьовому напрямку зливним каналом 30 зі зливним дроселем 31 з'єднана з клапанною камерою 32 керівного клапана 33 (сервоклапана). Радіально зовні ця клапанна камера 32 обмежена втулкоподібним клапанним елементом 34 керуючого клапана 26.

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У своєму закритому положенні втулкоподібний клапанний елемент 34 керуючого клапана здебільшого врівноважений за тиском в осьовому напрямку. Клапанна камера 32 в осьовому напрямку зверху обмежена стрижнем, який працює на стиснення 35, який в осьовому напрямку спирається на кришку 9 паливної форсунки і який виконаний у вигляді деталі, окремої від форсункової деталі 27. На форсунковій деталі 27 виконано сидло 36 (у даному випадку плоске сидло), з яким взаємодіє втулкоподібний клапанний елемент 34 керуючого клапана.

Втулкоподібний клапанний елемент 34 керуючого клапана виконаний за одне ціле з плоским якорем 37, який взаємодіє з електромагнітним приводом 38. Під час подавання на нього електричного струму клапанний елемент 34 керівного клапана підводиться в осьовому напрямку від свого сидла 36, унаслідок чого пальне може перетікати з клапанної камери 32 і тим самим із керівної порожнини 28 до зони 12 низького тиску та далі з неї через приєднання 10 зливного паливопроводу і зливний паливопровід 11 до паливного баку 3. Прохідні перерізи вхідного дроселя 29, який в іншому варіанті може бути також виконаний, наприклад, у форсунковій деталі 27, і зливного дроселя 31 взаємно узгоджені таким чином, що при відкритому керуючому клапані 33 відбувається злив практично всього палива з керівної порожнини 28, унаслідок чого тиск у керівній порожнині 33 швидко падає, а на клапанний елемент 13, що керує впорскуванням, починає тим самим діяти спрямований елемент 13, спрямована в напрямку його відкриття гідравлічна сила, під дією якої він піднімається зі свого сидла 23 і відкриває розпилювальні отвори 17, через які паливо впорскується в камеру згоряння.

Для завершення процесу впорскування палива припиняють подачу електричного струму на електромагнітний привід 38. При цьому втулкоподібний клапанний елемент 34 керуючого клапана керуючою закривальною пружиною 39, яка одним кінцем спирається на уступ стрижня 35, який працює на стиск, а іншим кінцем – на верхній торець плоского якоря 37, переміщається назад до свого сидла 36. У результаті триваючого надходження палива через вхідний дросель 29 у керуючу порожнину 28 тиск у ній зростає, унаслідок чого керуючий впорскуванням клапанний елемент 13, додатково навантажений зусиллям пружини, що

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

закриває 40, переміщується назад у напрямку свого сидла 23. Пружина 40, що закриває, при цьому розташована в порожнині 8 високого тиску, що продовжується в розпилювачі 15 тиску й одним кінцем спирається на нижній торець форсункової деталі 27, а іншим кінцем – на круговий буртик 41 клапанного елемента, що керує впорскуванням, клапанного елемента 13. Для створення досить високого зусилля, що закриває, поздовжні канали 16 можуть бути виконані у вигляді дросельних каналів для деякого зниження таким чином тиску в порожнині 24 розпилювача порівняно з тиском у порожнині 8 високого тиску.

Переважно, знижувати тиск у порожнині розпилювача потрібно лише приблизно на 100...200 бар, і тому порожнину 24 розпилювача та порожнину 8 високого тиску можна розглядати як єдину порожнину. У результаті зумовленого закриттям клапанного елемента 13, що керує впорскуванням, різкого зниження швидкості витікання палива, що впорскується, у порожнині 24 розпилювача і насамперед у порожнині 8 високого тиску відбувається стрибок тиску (гідравлічний удар за Жуковським), що відбивається на загальній паливній магістралі 4. Такі об'ємні хвилі призводять до пульсації тиску. Обумовлені цим пікові рівні тиску можуть на кілька сотень бар перевищувати максимальний тиск у загальній паливній магістралі, через що паливна форсунка 1, а також система живлення відповідно мають бути розраховані на витримування подібних пікових рівнів тиску.

З метою унеможливити навантаження корпусу 19 паливної форсунки тиском понад міру та з метою забезпечити можливість його виготовлення зі сталі звичайних марок, таких, наприклад, як сталь марки С45, у показаній на рис. 3.1 паливній форсунці передбачено кільцеву порожнину 42, що розташована радіально між порожниною 8 високого тиску та корпусом 19 паливної форсунки. Така кільцева порожнина 42 займає в осьовому напрямку переважну частину осьової протяжності корпусу 19 паливної форсунки і за необхідності може навіть продовжуватися в осьовому напрямку в розпилювачі 15.

Кільцева порожнина 42 радіально всередині обмежена відносно порожнини 8 високого тиску трубчастою ділянкою 43 форсункової деталі 27. З цією метою у

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

форсунковій деталі 27 виконано ступінчастий отвір 44, верхній у площині креслення кінець якого утворює керуючу порожнину 28. У кільцевій порожнині 42 постійно переважає менший тиск палива порівняно з його тиском у порожнині 8 високого тиску та постійно переважає більший тиск палива порівняно із зоною 12 паливної форсунки 1, що перебуває під низьким тиском. Тиск у кільцевій порожнині 42 підтримують на меншому рівні, ніж у порожнині 8 високого тиску, завдяки більш детально розглянутій нижче дроселювальній системі. Прохідні перерізи більш детально описаних нижче дроселів при цьому взаємно узгоджені таким чином, що тиск у кільцевій порожнині 42 не перевищує 1800 бар. Завдяки цьому знижується створюване тиском палива навантаження на корпус 19 паливної форсунки, щонайменше в його чутливих до впливу тиску частинах на більшій частині його осьової протяжності.

З наведеного на рис. 3.3 зображення випливає, що канал 7, який підводить паливо, частково виконаний у вигляді отвору у втулкоподібній приєднувальній деталі 60, пригвинченій до корпусу 19 паливної форсунки, і триває при цьому в радіальному напрямі в порожнину 8 високого тиску, проходячи в радіальному напрямі через кільцеву порожнину 42 та будучи ущільненим відносно неї. З цією метою форсункова деталь 22 у зоні паливопідвідного каналу 7 виконана зі ступінчасто-збільшеною в діаметрі частиною 45 (з круговим буртиком), у якій із відступом від паливопідвідного каналу 7 виконано виїмки 46, що проходять в осьовому напрямку, якими паливо може безперешкодно та бажано без дроселювання перетікати з нижньої частини кільцевої порожнини 42 в її верхню частину.

Показана на рис. 3.3 форсункова деталь 27 не обов'язково повинна мати цілісне виконання. Так, наприклад, для обмеження кільцевої порожнини 42 можна використовувати окремий трубчастий елемент, який у цьому разі утворено трубчастою ділянкою 43 форсункової деталі та який в осьовому напрямі спирається на окрему деталь, яка обмежує зону 12 низького тиску, яка в цьому разі мала б вигляд пластинчастої ділянки 47 форсункової деталі 27.

Зверху в осьовому напрямку кільцева порожнина 42 обмежена пластинчастою ділянкою 47 форсункової деталі 27, яка, як уже зазначалося вище, може бути

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

також утворена окремою деталлю. Форсункова деталь затискним гвинтом 48 притиснута до кільцевого уступу 49 на корпусі 19 паливної форсунки. Знизу в осьовому напрямку кільцева порожнина 42 обмежена елементом ущільнювача 50, який розташований радіально між нижньою частиною трубчастої ділянки 43 форсункової деталі 27 і корпусом 19 паливної форсунки.

З наведеного на рис. 3.3 зображення випливає далі, що пальне, яке перебуває під високим тиском, який становить 2500 бар, може надходити в радіальному напрямі в кільцеву порожнину 42 через вхідний дросель 51, який веде в неї. З кільцевої порожнини паливо по зливному дроселю 52, який веде з неї, передбаченому у форсунковій деталі 27, надходить у зону 12 паливної форсунки 1, яка перебуває під низьким тиском.

Прохідні перерізи вхідного дроселя 51, що веде в кільцеву порожнину, і зливного дроселя 52, що веде з кільцевої порожнини, водночас взаємно узгоджені таким чином, що тиск у кільцевій порожнині 42 не перевищує, як уже зазначалося вище, максимального тиску, що становить 1800 бар, завдяки чому значно знижується створюване тиском палива навантаження на корпус 19 паливної форсунки. Як показано на рис. 3.3, вхідний дросель 51, який веде в кільцеву порожнину, і зливний дросель 52, який веде з кільцевої порожнини, виконані у вигляді просвердлених дросельних отворів, при цьому існують також інші можливості виготовлення таких дроселів. Оскільки тиск у кільцевій порожнині 42 не чинить жодного впливу на характеристику впорскування палива паливною форсункою 1, вхідний дросель 51, який веде в кільцеву порожнину, і зливний дросель 52, який веде з кільцевої порожнини, можна виконувати дуже малих розмірів, завдяки чому необхідна для зниження тиску паразитна кількість палива, що зливається, залишається малою.

З іншого боку, тиск у кільцевій порожнині 42 не реагує на високодинамічні зміни тиску в порожнині 8 високого тиску, що слугує паливним мініакумулятором високого тиску, а реагує тільки на функціонально зумовлені зміни тиску в загальній паливній магістралі високого тиску.

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.5. Розрахунок паливної форсунки з електронним керуванням двигуна

Модернізована у розділі форсунка з електронним керуванням (рис. 3.3) паливної системи акумуляторного типу *Common Rail System (CRS)* автомобільного двигуна 6ЧН 12,3/15,6 має певні, відмінні від базової, параметри конструкції. Тому вкрай необхідно виконати розрахунки її основних елементів. Розрахунок ведеться у табличній формі – табл. 3.2 – 3.4.

Таблиця 3.2 – Розрахунок пружини паливної форсунки

№ з/п	Позначення	Спосіб визначення або вибору	Значення	Найменування
1.	$D_{\text{оф}}$, мм	—	8	Середній діаметр пружини паливної форсунки
2.	$d_{\text{оф}}$, мм	—		Діаметр проволочи форсунки
3.	$C_{\text{пр}}$	$C_{\text{пр}} = \frac{D_{\text{оф}}}{d_{\text{пф}}}$	4	Індекс пружини форсунки
4.	$K_{\text{ж}}$, кН/м	$K_{\text{ж}} = \frac{G \cdot d_{\text{пф}}^4}{8 \cdot D_{\text{оф}}^3 \cdot K_{\text{п2}} \cdot i_{\text{р}}}$	378,71	Жорсткість пружини
5.	$I_{\text{р}}$	$I_{\text{р}} = \frac{G \cdot d_{\text{пф}}^4}{8 \cdot D_{\text{оф}}^3 \cdot K_{\text{п2}} \cdot K_{\text{ж}}}$	12	Число робочих витків пружини паливної форсунки
6.	$I_{\text{п}}$	$I_{\text{п}} = I_{\text{р}} + I_{\text{оп}}$	14	Повне число витків пружини
7.	P_1 , Н	$P_1 = P_{\text{нв}} \cdot F_{\text{д}}$	525	Сила попереднього затягування пружини паливної форсунки
8.	$P_{\text{то}} + P_{\text{г}}$, Н	$P_{\text{то}} + P_{\text{г}} = 0,785 \cdot [0,5 \cdot (P_{\text{з}} + P_{\text{сж}}) \cdot d_{\text{к}}^2 + P_{\text{то}} \cdot (d_{\text{н}}^2 + d_{\text{к}}^2)]$	359,728	Сумарне значення тиску
9.	$\frac{P_1}{P_{\text{то}} + P_{\text{г}}}$	$\frac{P_1}{P_{\text{то}} + P_{\text{г}}} \geq 1,3$	1,459	Оцінка можливості прориву робочих газів через запірний конус розпилювача форсунки дизеля
10.	$P_{\text{уп}}$, Н	$P_{\text{уп}} = P_1 + K_{\text{ж}} \cdot h_{\text{г}}$	714,35	Сила, що стискає пружину при підйомі голки форсунки до свого упору
11.	$t_{\text{н}}$, с	$t_{\text{н}} = \frac{\alpha_{\text{п}}}{6 \cdot n}$	$0,439 \cdot 10^{-3}$	Час відриву від замикаючого конусу розпилювача
12.	V_{MAX} , м/с	$V_{\text{MAX}} = \frac{2 \cdot h_{\text{н}}}{t_{\text{н}}}$	2,286	Швидкість відриву від замикаючого конусу розпилювача
13.	$m_{\text{п}}$, кг	$m_{\text{п}} = 6,45 \cdot 10^{-6} \cdot D_{\text{оф}} \cdot d_{\text{пф}}^2 \cdot i_{\text{п}}$	0,00289	Маса пружини

14.	$M, \text{ кг}$	$M = m_{\text{и}} + m_{\text{ш}} + m_{\text{п}} / 3$	0,05796	Маса рухомих деталей
15.	$P_2, \text{ Н}$	$P_2 = \sqrt{P_1^2 + M \cdot V_{\text{MAX}}^2 \cdot K_{\text{ж}}}$	624,288	Сила, що діє на пружину форсунки у момент відри- ву від замикаючого кону- су розпилювача. Так як $P_{\text{уп}} > P_2$, то для по- дальших розрахунків приймаємо $P_{\text{п}} = P_{\text{уп}}$.
16.	δ_3	—	0,25	Відносний інерційний за- зор
17.	$P_3, \text{ Н}$	$P_3 = \frac{P_{\text{п}}}{1 - \delta_3}$	952,473	Максимальна сила, що стискає пружину форсун- ки до можливого дотику витків пружини
18.	$\tau, \text{ Па}$	$\tau = \frac{2,55 \cdot D_{\text{оф}} \cdot K_{\text{п1}} \cdot P}{d_{\text{пф}}^3}$	$402900 \cdot P$	Визначення напруг від кручення матеріалу пружини форсунки
19.	$\tau_1, \text{ МПа}$	$\tau_1 = R \cdot P_1$	211,52	При попередньому зтя- гуванні пружини форсун- ки дизеля
20.	$\tau_2, \text{ МПа}$	$\tau_2 = R \cdot P_{\text{р}}$ ($\tau_2 < 675 \text{ МПа}$)	115,96	При попередньому зтя- гуванні пружини форсун- ки (при дійсній робочій силі)
21.	$\tau_3, \text{ МПа}$	$\tau_3 = R \cdot P_3$ ($\tau_3 < 940 \text{ МПа}$)	154,61	При попередньому зтя- гуванні пружини форсун- ки (при стискуванні пружини форсунки дизеля до можливого дотику витків)
22.	$\alpha_{\text{д}}, \text{ МПа}$	$\alpha_{\text{д}} = 240 \cdot 10^6 - 0,51 \cdot 10^{-9} \cdot (\tau_2 - 98 \cdot 10^6)^2$	239,835	Допустимий розмір коли- вань пружини форсунки
23.	$\alpha_{\text{т}}, \text{ МПа}$	$\alpha_{\text{т}} = \tau_1 - \tau_2$	95,562	Дійсний розмах коливань
24.	$K_{\text{п}}$	$K_{\text{п}} = \frac{\alpha_{\text{д}}}{\alpha_{\text{т}}} > 1,2$	2,51	Визначення відносного фактору запасу міцності
25.	$V_{\text{кр}}, \text{ м/с}$	$V_{\text{кр}} = \frac{\tau_3 \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{р}}}{P_2}\right)}{\sqrt{2 \cdot G \cdot \rho}}$	2,39	Критична швидкість
26.	$\frac{V_{\text{MAX}}}{V_{\text{кр}}}$	$\frac{V_{\text{MAX}}}{V_{\text{кр}}} < 1$	0,952	Перевірка відсутності мо- жливого зіткнення витків пружини форсунки
27.	$F_1, \text{ м}$	$F_1 = \frac{P_1}{K_{\text{ж}}}$	0,001386	Попередня деформація пружини паливної форсу- нки
28.	$F_{\text{р}}, \text{ м}$	$F_{\text{р}} = \frac{P_{\text{р}}}{K_{\text{ж}}}$	0,001886	Робоча деформація пружини паливної форсунки
29.	$F_3, \text{ м}$	$F_3 = \frac{P_3}{K_{\text{жс}}}$	0,002515	Максимальна деформація пружини паливної форсу- нки до зіткнення витків

30.	$f_3, \text{ м}$	$f_3 = \frac{8 \cdot D_{\text{оф}}^3 \cdot K_{\text{п2}} \cdot P_3}{G \cdot d_{\text{пф}}^4}$	$4,19 \cdot 10^{-7}$	Максимальна деформація одного витка пружини паливної форсунки
31.	$n_c, \text{ хв}^{-1}$	$n_c = 2,17 \cdot 10^7 \cdot \frac{d_{\text{пф}}}{i_p \cdot D_{\text{оф}}^2}$	56510,4	Нижча власна частота коливань пружини паливної форсунки
32.	$\frac{n_c}{n_k}$	$\frac{n_c}{n_k} \succ 10$	118,9	Перевірка пружини паливної форсунки на резонанс
33.	$H_3, \text{ мм}$	$H_3 = (i_p + 2) \cdot d_{\phi}$	28	Висота пружини форсунки, у разі стиснутих до дотику витків
34.	$H_0, \text{ мм}$	$H_0 = H_3 + F_3$	38	Висота пружини форсунки у своєму вільному стані
35.	$\frac{H_0}{D_{\text{оф}}}$	$\frac{H_0}{D_{\text{оф}}} \prec 8$	4,75	Перевірка пружини форсунки на стійкість
36.	$H_1, \text{ мм}$	$H_1 = H_0 - F_1$	36,6	Визначення висоти пружини форсунки при попередній деформації
37.	$H_2, \text{ мм}$	$H_2 = H_0 - F_p$	36,1	Визначення висоти пружини форсунки при робочій деформації
38.	$t, \text{ мм}$	$t = f_3 + d_{\text{пф}}$	2	Крок пружини форсунки дизеля
39.	$L, \text{ мм}$	$L = 3,2 \cdot D_{\text{оф}} \cdot I_{\text{п}}$	358,4	Довжина розгорнутої пружини форсунки дизеля

Таблиця 3.3 – Розрахунок корпусу розпилювача паливної форсунки з електронним керуванням

№ з/п	Позначення	Спосіб визначення або вибору	Значення	Найменування
1.	$l_3, \text{ м}$	—	0,012	Довжина частини корпусу розпилювача форсунки, яка затискається гайкою
2.	$F_3, \text{ м}^2$	—	$8,564 \cdot 10^{-5}$	площа поперечного розрізу частини корпусу розпилювача форсунки, яка затискається гайкою
3.	$q, \text{ МПа}$	(50...200 МПа)	200	питомий тиск на торці розпилювача форсунки, що забезпечує ущільнення каналу високого тиску
4.	$P_3, \text{ МН}$	$P_3 = q \cdot F_3$	0,0171	осьове зусилля затяжки накидної гайки форсунки дизеля

5.	$\delta_{ДЕ}$, мкм	$\delta_{ДЕ} = \frac{10^6 \cdot P_3 \cdot l_3}{F_3 \cdot E}$	10,9	Деформація корпусу розпилювача паливної форсунки від зусилля затяжки гайки
----	---------------------	--	------	--

Таблиця 3.4 – Розрахунок стрижня штанги паливної форсунки з електронним керуванням

№ з/п	Позначення	Спосіб визначення або вибору	Значення	Найменування
1.	$d_{шт}$, м	—	0,0035	Найменший діаметр стрижня штанги форсунки дизеля
2.	$\sigma_{СЖ}$, МПа	$\sigma_{СЖ} = \frac{4 \cdot P_{уп}}{\pi \cdot d_{шт}^2}$	74,25	Напруження стиску в мінімальному перерізі штанги форсунки дизеля Напруження стиску в мінімальному перетині стрижня штанги форсунки дизеля не перевищує допустимого значення у $[\sigma_{СЖ}] = 300$ МПа
3.	$l_{шт}$, м	—	0,053	Довжина штанги форсунки
4.	$I_{шт}$, м ⁴	$I_{шт} = \frac{\pi \cdot d_{шт}^4}{64}$	$7,36 \cdot 10^{-12}$	Момент інерції мінімального поперечного перетину штанги форсунки дизеля
5.	n_y , МПа	$n_y = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{шт}}{P_{уп} \cdot l_{шт}^2},$	7,96	Запас стійкості штанги форсунки дизеля від поздовжнього вигину. Розрахований запас стійкості штанги форсунки від вигину набагато більше ніж допустиме значення у $[n_y] = 2,5$ МПа

3.6. Висновок до розділу

У розділі запропонована нова паливна система автомобільного дизельного двигуна типу 6ЧН 12,3/15,6 як забезпечила значно вищий тиск упорскування. Розроблено принципову схему паливної системи двигуна 6ЧН 12,3/15,6, спроектовано паливну форсунку з електронним керуванням елементи, а також розраховано основні її елементи. Запропоновані технічні рішення дозволили при збереженні потужності та інших параметрів роботи двигуна значно знизити питому ефектив-

					КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ну витрату палива. Так питома витрата палива знизилася на 7 г/кВт·год, що є досить суттєвим показником. Результати розділу також відображені кресленнями формату А-1 (креслення нової паливної системи та паливної форсунки з електронним керуванням).

					<i>КРМ.142.6222м.12.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 **ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ** **ПАЛИВНОЇ СТЕМИ ДВИГУНА 6ЧН 12,3/15,6** **ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ**

У результаті виконаної модернізації паливної системи автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6 при якій було замінено стандартну на сучасну систему упорскування акумуляторного типу *Common Rail System (CRS)* з електронним керуванням подачею палива, а також вдосконалення паливної форсунки було отримане суттєве зниження питомої ефективної витрати палива на 7 г/кВт·год. Цей показник є досить суттєвим та дає змогу економії коштів автовласнику.

Відповідно до отриманого результату головною метою у цьому розділі є аналітичне обґрунтування економічної доцільності та позитивного значення від впровадження у виробництва таких модернізованих двигунів 6ЧН 12,3/15,6.

У таблиці 4.1, що подається нижче, наведено базові техніко-економічні показники автомобільного високообертового дизеля 6ЧН 12,3/15,6 та модернізованого базуючись на результатах розділу 3.

Таблиця 4.1 – Головні базові техніко-економічні параметри заводського та модернізованого автомобільного високообертового дизеля 6ЧН 12,3/15,6

Найменування показників	Позначення	Розмірність	Базовий двигун	Модернізований двигун
Потужність	Ne	кВт	303	303
Частота обертання	n	хв ⁻¹	1900	1900
Діаметр циліндра	D	м	0,123	0,123
Хід поршня	S	м	0,156	0,156
Питома витрата палива	g _e	кг/кВт·год	0,225	0,218
Механічний ккд	η _м	-	0,87	0,87
Питома витрата масла	g _м	кг/кВт·год	0,000225	0,000218
Вага	G	кг	970	970
Габарити	L	м	1,286	1,286
	B	м	0,935	0,935
	H	м	1,126	1,126
Ціна двигуна	Ц	грн	445400	465200
Ціна палива	Ц _п	грн/кВт·год	13,08	12,67
Ціна масла	Ц _м	грн/кг	9,5	9,5

					<i>KPM.142.6222м.12.04.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Час роботи за рік	t	год	4380	4380
Число контрольних ремонтів	η	-	1	1
Сумарний коефіцієнт по капітальних ремонтах	$\epsilon_{\min}$	-	1,1	1,1
Коефіцієнт частини вартості роботи	b	-	0,05	0,05
Коефіцієнт використання потужності	K_{Π}	-	0,95	0,95
Коефіцієнт частини вартості капітального ремонту	$K_{\kappa, p}$	-	0,3	0,3
Час безперервної роботи	$t_{н,р}$	год	24	24
Ресурс двигуна до першого перебирання	$t_{\text{пер}}$	год	12000	12000
Ресурс двигуна до капітального ремонту	$t_{\kappa,р}$	-	72000	72000
Нормативний коефіцієнт порівняння економічної ефективності	E	кВт	0,15	0,15

Можливий позитивний економічний ефект від проведення модернізації паливної системи високообертового дизеля 6ЧН 12,3/15,6 та його впровадження у серійне виробництво проводиться за відповідними методичними вказівками – «Методика використання в народному господарстві нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій».

Призначенням методу техніко-економічне обґрунтування є:

1. Техніко-економічне затвердження вибору найвигідніших варіантів виробництва та впровадження у господарство новітніх зразків техніки.
2. Відображення в відповідних нормах і нормативах базових (головних) показників економічності та ефективності.
3. Визначення теоретичної та фактичної ефективності від здійснення впровадження нових зразків техніки.

Оцінка економічного ефекту та розрахунок періоду окупності капіталовкладень на модернізацію паливної системи автомобільного високообертового дизеля 6ЧН 12,3/15,6 виконано у табличній формі (табл. 4.2).

					КРМ.142.6222м.12.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Розрахунки економічної доцільності від модернізації автомобільного високообертового дизеля 6ЧН 12,3/15,6

Найменування	Позначення	Спосіб визначення	Базовий двигун	Модернізований двигун
Річна продуктивність	N, кВт·год в рік	$N = K_{\Pi} \cdot N_{\varepsilon} \cdot t$	1260783	1260783
Термін служби	T, рік	$T = \frac{t_{\kappa p}}{t}$	16,44	16,44
Річні поточні витрати на паливо	З _п , грн	$З_{\pi} = N \cdot \Pi_{\pi} \cdot g_{\varepsilon}$	3710484,369	3482358,293
Річні поточні витрати на масло	З _м , грн	$З_{\text{м}} = g_{\text{м}} \cdot N \cdot \Pi_{\text{м}}$	2694,923663	2611,081593
Річні витрати на поточний ремонт	З _{п.р} , грн	$З_{\pi.p} = \frac{b \cdot t \cdot \Pi}{t_{\text{неp}}}$	8128,55	8489,9
Річні витрати на капітальний ремонт	З _{к.р} , грн	$З_{\kappa.p} = \frac{K_{\kappa.p} \cdot t \cdot \Pi}{t_{\kappa.p} \cdot \varepsilon_{\text{min}}}$	7389,59	7718,09
Річний економічний ефект у споживача	U ₁ , грн	$U_1 = З_{\pi} + З_{\text{м}} + З_{\kappa.p} + З_{\pi.p}$	3728697,43	3501177,37
	U ₁ ^{1б} , грн	$U_1^{1б} = \frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon}} \cdot U_1^{\varepsilon}$	3728697,434	-
Річний економічний ефект у споживача від використання спроектованого двигуна	E _к , грн	$E_{\kappa} = \left[\Pi_{\varepsilon} \cdot \frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon}} \cdot \left(\frac{\frac{1}{T_{\varepsilon}} + E_{\varepsilon}}{\frac{1}{T_{\varepsilon}} + E_{\varepsilon}} \right) + \frac{U_1^{1б} - U_1^{\varepsilon}}{\frac{1}{T_{\varepsilon}} + E_{\varepsilon}} \right] - \Pi_{\varepsilon}$		1059346,6
Додаткові одnorазові витрати на модернізацію двигуна	ΔK, грн	–	19800	
Річна економія при експлуатації модернізованого двигуна	ΔS, грн	$\Delta S = U_1^{1б} - U_1^{\varepsilon}$	227520,1	
Час окупності модернізованого двигуна	T _{окуп} , рік/місяць	$T_{\text{окуп}} = \frac{\Delta K}{\Delta S}$	0,09/ 1,0	

Висновки до розділу

У розділі подано результати розрахунків економічної доцільності модернізації автомобільного високообертового дизеля 6ЧН 12,3/15,6. Було встановлено, що річний економічний ефект для власника транспортного засобу від модернізації паливної системи дизеля, у порівнянні з використанням серійного двигуна може становити 1059346,6 грн, а кошти потрачені на модернізацію повернуться протягом місяця.

					КРМ.142.6222м.12.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ І РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Розробка заходів з техніки безпеки при ремонті та технічному обслуговуванні автотранспорту

Модернізований високо обертовий дизельний двигун 6ЧН 12,3/15,6 використовується у складі енергетичних установок автомобільного транспорту. Тому метою даного розділу є саме розробка заходів з ремонту та технічного обслуговування автотранспорту з двигунами даного типу.

При виконанні робіт з ремонту і технічного обслуговування автотранспорту з ДВЗ треба остерігатися наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- машин і механізмів, що рухаються;
- падіння вивішеного автомобіля або вузлів та деталей, що знімаються для ремонту з нього;
- підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- недостатня або надлишкова освітленість робочих місць;
- етилований бензин та інші небезпечні і токсичні рідини;
- поява в зоні роботи вибухонебезпечних, пожежонебезпечних газів та рідин;
- шкідливі речовини (етилований бензин, що спричиняє отруєння в разі вдихання його парів, забруднення ним тіла, одягу, потрапляння в організм з їжею або питною водою).

Загальні вимоги охорони праці при ремонті та технічному обслуговуванні автотранспорту:

					КРМ.142.6222м.12.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1. До самостійної роботи з ремонту і технічного обслуговування автотранспорту допускаються особи, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд, вступний інструктаж, первинний інструктаж, навчання і стажування на робочому місці, перевірку знань вимог охорони праці, вимог щодо керування вантажопідіймальними механізмами.

2. Під час робіт з ремонту і технічного обслуговування автотранспорту працівник зобов'язаний:

- виконувати тільки ту роботу, яка визначена робочою інструкцією;
- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- правильно застосовувати засоби індивідуального та колективного захисту;
- дотримуватися вимог охорони праці;
- негайно сповіщати свого безпосереднього або керівника вищого рівня про будь-яку ситуацію, що загрожує життю і здоров'ю людей, про кожний нещасний випадок, який стався на виробництві, або про погіршення стану свого здоров'я, у тому числі про прояв ознак гострого професійного захворювання (отруєння);
- проходити навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт та наданню першої допомоги потерпілим на виробництві, інструктаж з охорони праці, перевірку знань вимог охорони праці;
- проходити обов'язкові періодичні (протягом трудової діяльності) медичні огляди (обстеження), а також проходити позачергові медичні огляди (обстеження) за направленням роботодавця у випадках, передбачених Трудовим кодексом та іншими законами;
- уміти надавати першу долікарську допомогу потерпілим від електричного струму та при інших нещасних випадках;
- уміти застосовувати засоби первинного пожежогашіння.

3. При роботах з ремонту і технічного обслуговування автотранспорту працівник повинен бути забезпечений спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до Типових галузевих норм безоплатної

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту і Колективного договору.

4. У випадках травмування або нездужання необхідно припинити роботу, сповістити про це керівника робіт і звернутися до медичного закладу.

5. За невиконання цієї інструкції винні притягаються до відповідальності згідно із законодавством України.

Вимоги охорони праці перед початком роботи:

1. Упорядкувати робочий одяг: застебнути обшлага рукавів; заправити одяг так, щоб не було звисаючих кінців; прибрати волосся під головний убір, що щільно облягає. Під час ремонту автомобілів, що працюють на етилованому бензині, надіти гумові чоботи, нарукавники, гумові рукавички. Працювати в легкому взутті (капцях, сандалях тощо) забороняється.

2. Перевірити наявність і справність ручного інструменту, пристосувань і засобів індивідуального захисту, а саме:

– гайкові ключі повинні відповідати розмірам гайок і не мати тріщин і забоїн, губки ключів повинні бути строго паралельні і не закатані;

– розсувні ключі не повинні бути ослаблені в рухомих частинах;

– класти підкладки між губками ключів і головкою болта, а також подовжувати рукоятки ключів за допомогою труб і болтів або інших предметів забороняється;

– слюсарні молотки і кувалди повинні мати злегка опуклу, не косу і не збиту, без тріщин поверхню бойка, мають бути надійно закріплені на руків'ях шляхом розклинювання завершеними клинами;

– рукоятки молотків і кувалд повинні мати гладку поверхню і бути зроблені з деревини твердих і в'язких порід;

– ударні інструменти (зубила, крейцмейселі, борідки, просічки, кернери та ін.) не повинні мати тріщин, задирок і наклепу. Зубила повинні мати довжину не менше 150 мм;

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– напилки, стамески та інші інструменти не повинні мати загострену неробочу поверхню, повинні бути надійно закріплені на дерев'яній ручці з металевим кінцем на ній;

– електроінструмент повинен мати справну ізоляцію струмоведучих частин і надійне заземлення.

3. Уважно оглянути робоче місце, привести його в належний порядок. Прибрати всі сторонні предмети, що заважають роботі. Перевірити стан підлоги на робочому місці. Підлога має бути сухою і чистою. Якщо підлога мокра або слизька, витерти її або посипати тирсою.

4. Переконатися в тому, що робоче місце достатньо освітлене і світло не сліпить очі.

5. Приготувати підстилку для роботи під автомобілем (лежаки або спеціальні візки).

6. Не допускати до свого робочого місця сторонніх осіб.

7. Приступаючи до ремонту автомобіля, переконатися, що бензобаки і бензопроводи звільнені від залишків палива.

8. Перед використанням переносного світильника перевірити, чи є на лампі захисна сітка, чи справні шнур та ізоляційна гумова трубка. Переносні світильники повинні включатися в електромережу з напругою не вище 42 В.

Вимоги охорони праці під час роботи:

1. Під час роботи з ремонту і технічного обслуговування автотранспорту працівник повинен:

– усі види технічного обслуговування і ремонту автомобілів на території підприємства виконувати тільки на спеціально призначених для цієї мети місцях (постах);

– приступати до технічного обслуговування і ремонту автомобіля тільки після того, як він буде очищений від бруду, снігу і вимитий;

– після постановки автомобіля на пост технічного обслуговування або ремонту обов'язково перевірити, чи загальмований він стоянковим гальмом, чи вимкнене запалювання (чи перекрита подача палива в автомобілі з дизельним

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

двигуном), чи встановлений важіль перемикання передач (контролера) в нейтральне положення, чи перекриті витратні та магістральний вентиля на газобалонних автомобілях, чи підкладено спеціальні протиковзні упори (башмаки) (не менше двох) під колеса (у разі невиконання зазначених заходів безпеки зробити це самому);

– на рульове колесо повісити табличку «Двигун не пускати – працюють люди!». На автомобілі, що має дублюючий пристрій для пуску двигуна, повісити аналогічну табличку біля цього пристрою;

– після підйому автомобіля підіймачем на пульті керування підіймачем повісити табличку «Не чіпати – під автомобілем працюють люди!», а під час підйому гідравлічним підіймачем після його підняття зафіксувати підіймач упором від мимовільного опускання;

– ремонт автомобіля знизу поза оглядовою канавою, естакадою або підйомником проводити тільки на лежаку;

– для безпечного переходу через оглядові канави, а також для роботи спереду і ззаду автомобіля користуватися перехідними містками, а для спуску в оглядову канаву - спеціально встановленими для цієї мети драбинами;

– знімати або ставити колесо разом з гальмівним барабаном за допомогою спеціального візка; якщо зняття маточин ускладнене, застосовувати для їх зняття спеціальні знімачі;

– усі роботи з технічного обслуговування і ремонту автомобіля виконувати при непрацюючому двигуні, за винятком робіт, технологія проведення яких вимагає пуску двигуна (такі роботи проводити на спеціальних постах, де передбачено відсмоктування відпрацьованих газів);

– для пуску двигуна і пересування автомобіля звернутися до водія, перегонщика, бригадира або слюсаря, призначеного наказом для виконання цієї роботи;

– перед пуском двигуна переконатися, що важіль перемикання передач (контролера) перебуває в нейтральному положенні та що під автомобілем і поблизу обертових частин двигуна немає людей;

					КРМ.142.6222м.12.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- огляд автомобіля знизу проводити тільки при непрацюючому двигуні;
- перед повертанням карданного вала перевірити, чи вимкнено запалювання, а для дизельного двигуна – відсутність подачі палива (важіль перемикачів передач установити в нейтральне положення, а стоянкове гальмо звільнити; після виконання необхідних робіт знову затягнути стоянкове гальмо);
- повертати карданний вал тільки за допомогою спеціального пристосування;
- знімати двигун з автомобіля і встановлювати на нього тільки тоді, коли автомобіль перебуває на колесах або на спеціальних підставках – козелках;
- перед зняттям коліс підставити під вивішену частину автомобіля, причепа, напівпричепа козелки відповідної вантажопідйомності та опустити на них вивішену частину, а під колеса, що не підіймаються, установити спеціальні противідкаткові упори (башмаки) в кількості не менше двох;
- для перегонки автомобіля на стоянку усередині підприємства і перевірки гальм на ходу викликати чергового або закріпленого водія;
- під час розбирально-складальних та інших кріпильних операцій, що вимагають великих фізичних зусиль, застосовувати знімачі, гайковерти тощо;
- гайки, що важко відвертаються, за необхідності попередньо змащувати гасом або спеціальною сумішшю;
- перед початком роботи з вантажопідіймальним механізмом переконатися в його справності та відповідності ваги агрегату, що піднімається, вантажопідйомності, зазначеної на трафареті вантажопідіймального механізму, чи не прострочено термін його випробування, а на знімних вантажозахоплюючих пристосуваннях перевірити наявність бирок із зазначенням допустимої маси вантажу, що піднімається;
- для зняття і встановлення вузлів і агрегатів вагою 20 кг і більше (для жінок 10 кг) користуватися підйомними механізмами, обладнаними спеціальними пристосуваннями (захватами), іншими допоміжними засобами механізації;

					КРМ.142.6222м.12.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– під час переміщення деталей вручну дотримуватися обережності, тому що деталь (агрегат) може заважати огляду шляху руху, відволікати від спостереження за рухом і створювати нестійке положення тіла;

– перед зняттям вузлів і агрегатів, пов'язаних із системами живлення, охолодження та змащування, коли можливе витікання рідини, спочатку злити з них пальне, мастило або охолоджувальну рідину в спеціальну тару;

– перед зняттям газової апаратури, балонів або підтягуванням гайок з'єднань переконатися у відсутності в них газу;

– перед зняттям ресори обов'язково розвантажити її від ваги автомобіля шляхом підняття передньої або задньої частини автомобіля з наступним встановленням рами на козелки;

– під час роботи на поворотному стенді-перекидачі надійно укріпити автомобіль, попередньо зливши пальне та охолоджувальну рідину, закрити щільно маслозаливну горловину і зняти акумуляторну батарею;

– під час ремонту та обслуговування автобусів і вантажних автомобілів з високими кузовами користуватися риштуваннями або драбинами-стрем'янками;

– для проведення робіт під піднятим кузовом автомобіля-самоскида або самоскидного причепа та при роботах із заміни або ремонту підйомного механізму чи його агрегатів попередньо звільнити кузов від вантажу, обов'язково встановити додаткове інвентарне пристосування (упор, фіксатор, штангу);

– перед ремонтом автомобілі-цистерни для перевезення легкозаймистих, вибухонебезпечних, токсичних тощо вантажів, а також резервуари для їх зберігання повністю очистити від залишків вищевказаних продуктів;

– проводити очищення або ремонт усередині цистерни або резервуара з-під етилованого бензину, легкозаймистих і отруйних рідин у спеціальному одязі, зі шланговим протигазом, рятувальним поясом із мотузкою; поза резервуаром повинен перебувати спеціально проінструктований помічник. Шланг протигазу має бути виведений назовні через люк (лаз) і закріплений з навітряного боку. До пояса робітника всередині резервуара прикріплюється міцна мотузка, вільний кінець якої повинен бути виведений через люк (лаз) назовні і надійно закрі-

					КРМ.142.6222м.12.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

плений. Помічник, що знаходиться нагорі, повинен спостерігати за працюючим, тримати за мотузку, страхуючи працюючого в резервуарі;

- ремонтувати паливні баки тільки після повного видалення залишків палива і знешкодження;

- перед проведенням робіт з технічного обслуговування і ремонту автомобілів, що працюють на газовому паливі, попередньо підняти капот для провітрювання підкапотного простору;

- злити (випустити) газ з балонів автомобіля, на якому повинні проводитися роботи, пов'язані з усуненням несправностей газової системи живлення або її зняттям, на спеціально відведеному місці (посту), а балони продути стиснутим повітрям, азотом або іншим інертним газом;

- роботи по зняттю, установці і ремонту газової апаратури виконувати тільки за допомогою спеціальних пристосувань, інструменту і устаткування;

- перевірити герметичність газової системи стисненим повітрям, азотом або іншими інертними газами при закритих витратних і відкритому магістральному вентилях;

- шланги на штуцерах кріпити хомутиками;

- видаляти розлите мастило або паливо за допомогою піску або тирси, які після використання слід зсипати в металеві ящики з кришками, що встановлюються поза приміщенням;

- під час роботи розташовувати інструмент так, щоб не виникала необхідність тягнутися за ним;

- правильно підбирати розмір гайкового ключа, переважно користуватися накидними і торцевими ключами, а у важкодоступних місцях – ключами з тріскачками або з шарнірною головкою;

- правильно накладати ключ на гайку, не підтискати гайку ривком;

- під час роботи зубилом або іншим інструментом, що рубає, користуватися захисними окулярами для запобігання очам від ураження металевими частинками, а також надягати на зубило захисну шайбу для захисту рук;

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- випресовувати пальці і втулки, які туго сидять, тільки за допомогою спеціальних пристосувань;
- зняті з автомобіля вузли та агрегати складати на спеціальні стійкі підставки, а довгі деталі класти тільки горизонтально;
- перевіряти співвісність отворів конусною оправкою;
- під час роботи на свердлильних верстатах установлювати дрібні деталі в лещата або спеціальні пристосування;
- видаляти стружку з просвердлених отворів тільки після відведення інструмента і зупинки верстата;
- під час роботи на заточувальному верстаті слід стояти збоку, а не проти абразивного круга, що обертається, при цьому використовувати захисні окуляри або екрани. Зазор між підручником і абразивним кругом не повинен перевищувати 3 мм;
- під час роботи електроінструментом напругою понад 42 В користуватися захисними засобами (діелектричними гумовими рукавичками, калошами, килимками), що видаються разом з електроінструментом;
- підключати електроінструмент до мережі тільки за наявності справного штепсельного роз'єму;
- при припиненні подачі електроенергії або перерві в роботі від'єднувати електроінструмент від електромережі;
- видаляти пил і стружку з верстата, устаткування або деталі щіткою-зміткою чи металевим гачком;
- використаний обтиральний матеріал прибирати в спеціально встановлені для цієї мети металеві ящики і закривати кришкою;
- якщо на тіло і засоби індивідуального захисту потрапив бензин або інша легкозаймиста рідина, не підходити до джерела відкритого вогню, не палити і не запалювати сірники;
- переміщати вивішені на підйомно-транспортних механізмах агрегати за допомогою гаків і розчалок;

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– під час роботи з етилованим бензином або деталями двигуна, що працює на етилованому бензині, дотримуватися таких вимог: знешкодити деталі гасом; негайно видаляти пролитий бензин, а це місце знешкоджувати розчином хлорного вапна; перелити етилований бензин за допомогою спеціального пристосування.

2. Працівнику забороняється:

– виконувати роботи під автомобілем або агрегатом, вивішеним тільки на підйимальному механізмі (крім стаціонарних електропідйимачів) без підставки козелків або інших страхувальних пристроїв;

– піднімати агрегати при косому натягу троса або ланцюга підйимального механізму, а також зачалювати агрегати стропом, дротом тощо;

– працювати під піднятим кузовом автомобіля-самоскида, самоскидного причепа без спеціального інвентарного фіксуючого пристосування;

– використовувати випадкові підставки і підкладки замість спеціального додаткового упору;

– працювати з пошкодженими або неправильно встановленими упорами;

– виконувати будь-які роботи на газовій апаратурі або балонах, що перебувають під тиском;

– переносити електричний інструмент, тримаючи його за кабель, а також торкатися рукою обертових частин до їхнього зупинення;

– здувати пил і стружку стисненим повітрям, направляти струмінь повітря на людей, що стоять поруч, або на себе;

– зберігати на робочому місці промаслені обтиральні матеріали і зберігати чисті обтиральні матеріали разом з використаними;

– застосовувати етилований бензин для миття деталей, рук тощо;

– засмоктувати бензин ротом через шланг;

– мити агрегати, вузли і деталі тощо легкозаймистими рідинами, що легкозаймисті;

– захаращувати проходи між стелажми і виходи з приміщень матеріалами, обладнанням, тарою, знятими агрегатами тощо;

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- зберігати відпрацьоване мастило, порожню тару з-під палива і мастильних матеріалів;
- виносити спеціальний одяг, забруднений етилованим бензином, з підприємства, а також входити в ньому в їдальню і службові приміщення;
- застосовувати приставні драбини;
- випускати стиснений газ в атмосферу або зливати зріджений газ на землю;
- під час відкривання і закривання магістрального і витратного вентилів застосовувати додаткові важелі;
- використовувати для кріплення шлангів дріт або інші предмети;
- скручувати, сплющувати і перегинати шланги і трубки, використовувати замаслені шланги;
- використовувати гайки і болти зі зім'ятими гранями;
- тримати дрібні деталі руками при їх свердлінні;
- встановлювати прокладки між зівом ключа і гранями гайок, болтів, а також нарощувати ключі трубами або іншими предметами;
- застосовувати сухе хлорне вапно для знешкодження листа, облитого етилованим бензином;
- вивішені на підйомних механізмах агрегати штовхати або тягнути руками;
- працювати при отриманні сигналу про переміщення конвеєра.

Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях:

1. У разі виникнення аварій і ситуацій, що можуть призвести до аварій і нещасних випадків, необхідно:
 - негайно припинити роботи і сповістити керівника робіт;
 - під керівництвом керівника робіт оперативно вжити заходів щодо усунення причин аварій або ситуацій, що можуть призвести до аварій або нещасних випадків;
2. У разі виникнення пожежі, задимлення:

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– негайно повідомити за телефоном «101» у пожежну охорону, сповістити працюючих, довести до відома керівника підрозділу, повідомити про загоряння на пост охорони;

– відкрити запасні виходи з будівлі, знеструмити електроживлення, закрити вікна і прикрити двері;

– приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння, якщо це не пов'язано з ризиком для життя;

– організувати зустріч пожежної команди;

– покинути будівлю і перебувати в зоні евакуації;

3. У разі нещасного випадку:

– негайно організувати першу допомогу потерпілому і за необхідності доставку його до медичної організації;

– вжити невідкладних заходів щодо запобігання розвитку аварійної чи іншої надзвичайної ситуації та впливу травмуючих факторів на інших осіб;

– зберегти до початку розслідування нещасного випадку обстановку, якою вона була на момент події, якщо це не загрожує життю і здоров'ю інших осіб і не призводить до катастрофи, аварії або виникнення інших надзвичайних обставин, а в разі неможливості її збереження - зафіксувати обстановку, що склалася (скласти схеми, провести інші заходи).

Вимоги охорони праці після закінчення роботи:

– відключити від електромережі електрообладнання, вимкнути місцеву вентиляцію;

– привести в порядок робоче місце. Прибрати пристосування, інструмент у відведене для них місце;

– якщо автомобіль залишається на спеціальних підставках (козелках), перевірити надійність його встановлення. Забороняється залишати автомобіль, агрегат вивішеним тільки підйомним механізмом;

– зняти засоби індивідуального захисту і прибрати їх у призначене для них місце;

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- вимити руки з милом, а після роботи з деталями і вузлами двигуна, що працює на етилованому бензині, необхідно попередньо мити руки гасом;
- про всі недоліки, виявлені під час роботи, сповістити свого безпосереднього керівника.

5.2. Охорона навколишнього середовища

Транспорт відіграє важливу роль у сучасному суспільстві, забезпечуючи зв'язок між людьми та організаціями, а також сприяючи економічному розвитку. Однак його діяльність також призводить до низки екологічних проблем, таких як забруднення повітря, шум, споживання енергії та використання природних ресурсів.

Організація доставки матеріальних предметів і речовин з однієї точки в іншу за оптимальним маршрутом – це ключове завдання транспортної логістики. Транспортно-дорожній сектор становить серйозну загрозу для екології, оскільки є основним джерелом забруднення навколишнього середовища. На автомобільний транспорт і підприємства дорожньо-будівельної галузі припадає 89% усіх шкідливих викидів, що становить 35 мільйонів тонн. Фахівці стверджують, що різні види транспорту мають різний вплив на забруднення атмосфери. Наприклад, автомобілі відповідальні за 85% забруднень, морський і річковий транспорт – за 5,3%, повітряний транспорт – за 3,7%, залізничний транспорт – за 3,5%, а сільськогосподарський транспорт – за 2,5%.

Відпрацьовані гази двигунів містять понад 200 видів шкідливих речовин, включно з канцерогенами. Нафтопродукти, зношені шини і гальмівні колодки, сипучі і пилові матеріали, а також хлориди, які використовують для обробки доріг, забруднюють узбіччя і водні об'єкти.

У боротьбі за збереження здорового довкілля наша країна значно відстає від західних держав. Вітчизняні автомобілі викидають у три-п'ять разів більше шкідливих речовин на кілометр шляху порівняно із зарубіжними аналогами. Кожен п'ятий автомобіль експлуатується з підвищеним рівнем токсичності або димності вихлопних газів. На думку медиків та екологів, автомобілі негативно

					КРМ.142.6222м.12.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

впливають на середню тривалість життя населення. Забруднення ґрунту транспортними і дорожніми викидами відбувається поступово і залежить від інтенсивності руху транспортних засобів.

Шум, поряд із забрудненням повітря, став серйозною проблемою, викликану технічним прогресом і розвитком транспортної інфраструктури. Транспортний шум чинить негативний вплив на навколишнє середовище і особливо на середовище проживання людини. Згідно зі статистикою, велика кількість жителів України відчувають шумові незручності, причому половина з них зазнає впливу шуму понад 65 дБ.

Шум в автомобілі, що рухається, виникає через різні джерела, такі як силовий агрегат, системи впуску і випуску, трансмісія, колеса, підвіска і кузов, а також взаємодія кузова з повітряним потоком. Поверхня ДВЗ може генерувати рівень шумової потужності 90...115 дБ на відстані у один метр. Загалом рівень акустичної потужності на відстані у один метр від працюючого ДВЗ може становити до 104...120 дБ.

Шляхи вирішення: Одним із найефективніших методів захисту навколишнього середовища від негативного впливу транспорту є створення зелених насаджень уздовж доріг. Густа стіна з листяних дерев, чагарників та молодого лісу створює захисний бар'єр, знижує рівень шуму та покращує якість повітря; застосування нових видів автотранспорту, які використовують екологічно чисті продукти (електромобілі); застосування досконалих систем – каталізаторів палива та систем шумоглушення – глушників шуму.

Розрахунки рівня шуму та вібрації двигун 6ЧН 12,3/15,6

Рівень шуму від автомобільного дизельного двигуна типу 6ЧН 12,3/15,6 можна розрахувати за відомою формулою:

$$L = \left[54 + 10 \cdot \lg(n_n + Ne^{0.55}) + 30 \lg\left(\frac{n}{n_n}\right) \right], \text{ дБ}$$

де n_n – номінальна частота, $n_n = 1900$ об/хв; n – робоча частота, $n = 1300$ об/хв; N_e – номінальна ефективна потужність, $N_e = 303$ кВт.

					КРМ.142.6222м.12.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$L = \left[54 + 10 \cdot \lg(1900 + 303^{0,55}) + 30 \lg\left(\frac{1300}{1900}\right) \right] = 81,9 \text{ дБ}$$

Рівень шуму двигуна типу 6ЧН 12,3/15,6 згідно зі рис. 5.1 має припустимі значення.

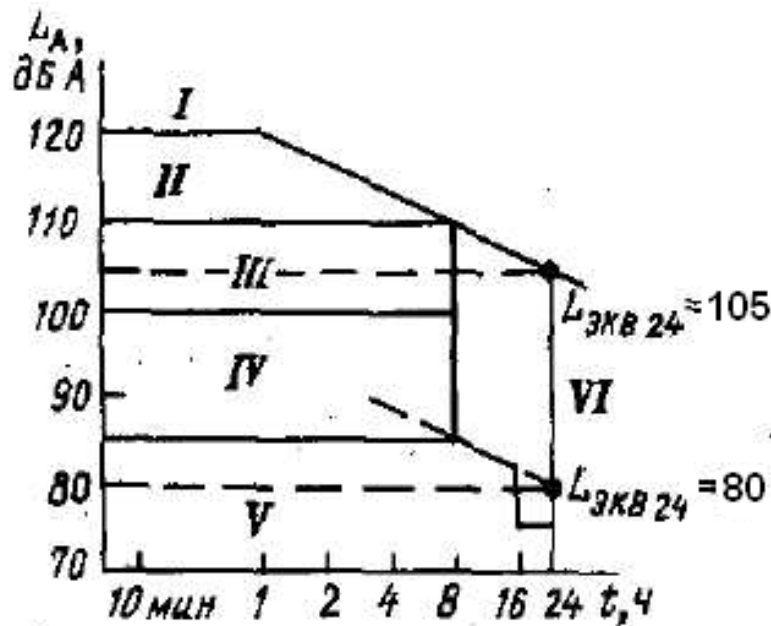


Рисунок 5.1 – Зони припустимої дії шуму

Рівень вібрації від автомобільного дизельного двигуна типу 6ЧН 12,3/15,6 можна розрахувати за відомою формулою:

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{n_{\kappa} \cdot Ne^{0,55} \cdot \left(\frac{1 + Ne}{m} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{m}{Ne}} \right) + 30 \lg \left(\frac{n}{n_{\kappa}} \right), \text{ дБ}$$

де m – маса дизеля (без генератора), $m = 970$ кг.

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{1900 \cdot 303^{0,55} \cdot \left(\frac{1 + 303}{970} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{970}{303}} \right) + 30 \lg \left(\frac{1300}{1900} \right) = 85,39 \text{ дБ}$$

Рівень вібрації від автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6 не перевищує норм.

					КРМ.142.6222м.12.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5.3. Висновки до розділу

У даному розділі кваліфікаційної роботи було розроблено низьку заходів з техніки безпеки при ремонті та технічному обслуговуванні автотранспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння.

Визначено рівень вібрації та шуму від дизельного високообертового двигуна 6ЧН 12,3/15,6, який застосовується на вантажних автомобілях різного призначення. Встановлено, що рівень шуму та вібрації від двигуна має допустимі межі і складають відповідно 81,9 дБ і 85,39 дБ.

					<i>KPM.142.6222м.12.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК ПО РОБОТІ

Магістерська робота на тему: «**Вдосконалення паливної системи автомобільного двигуна**» має усі рекомендовані кафедрою ДВЗ У та ТЕ розділи й відповідні їм креслення.

У першому розділі виконано короткий опис конструкції та особливостей роботи автомобільного високообертового дизельного двигуна 6ЧН 12,3/15,6, що застосовується у складі силової установки вантажного автомобілю.

У другому розділі проведено моделювання робочого циклу для номінального режиму його роботи. При цьому отримано усі основні параметри робочого циклу, а також розраховано та побудовано діаграми у координатах $p - V/V_c$, $T - V/V_c$ та $T - S$.

У третьому розділі виконано стислий аналіз основного призначення та представлена загальна характеристика паливної апаратури дизелів. Було запропоновано технічну реалізацію можливої модернізації паливної системи автомобільного дизеля 6ЧН 12,3/15,6 на базі використання сучасної системи упорскування акумуляторного типу *Common Rail System (CRS)* з електронним керуванням подачею палива. Модернізовано паливну форсунку з електронним керуванням упорскування, а також розроблено та розраховано основні її елементи конструкції. Така модернізація автомобільного двигуна 6ЧН 12,3/15,6 дала змогу знизити питому ефективну витрату палива на 7 г/кВт·год, що є досить суттєвим показником паливної економії.

У четвертому розділі визначено, що у результаті модернізації, можна отримати річний економічний ефект від впровадження нового двигуна у розмірі 1059346,6 грн, а капітальні вкладення коштів окупляться вже за місяць.

У п'ятому розділі було розроблено заходи з техніки безпеки при ремонті та технічному обслуговуванні автотранспорту, а також проведено розрахунок рівня шуму та вібрації від двигуна. Встановлено, що рівень шуму та вібрації від високообертового дизельного двигуна 6ЧН 12,3/15,6 має припустимі значення і складають 81,9 дБ і 85,4 дБ відповідно.

					КРМ.142.6222м.12.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Так, підсумовуючи результати роботи, можна зробити загальний висновок щодо актуальності та доцільності виконання запропонованої модернізації автомобільного двигуна 6ЧН 12,3/15,6.

					<i>КРМ.142.6222м.12.00.ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

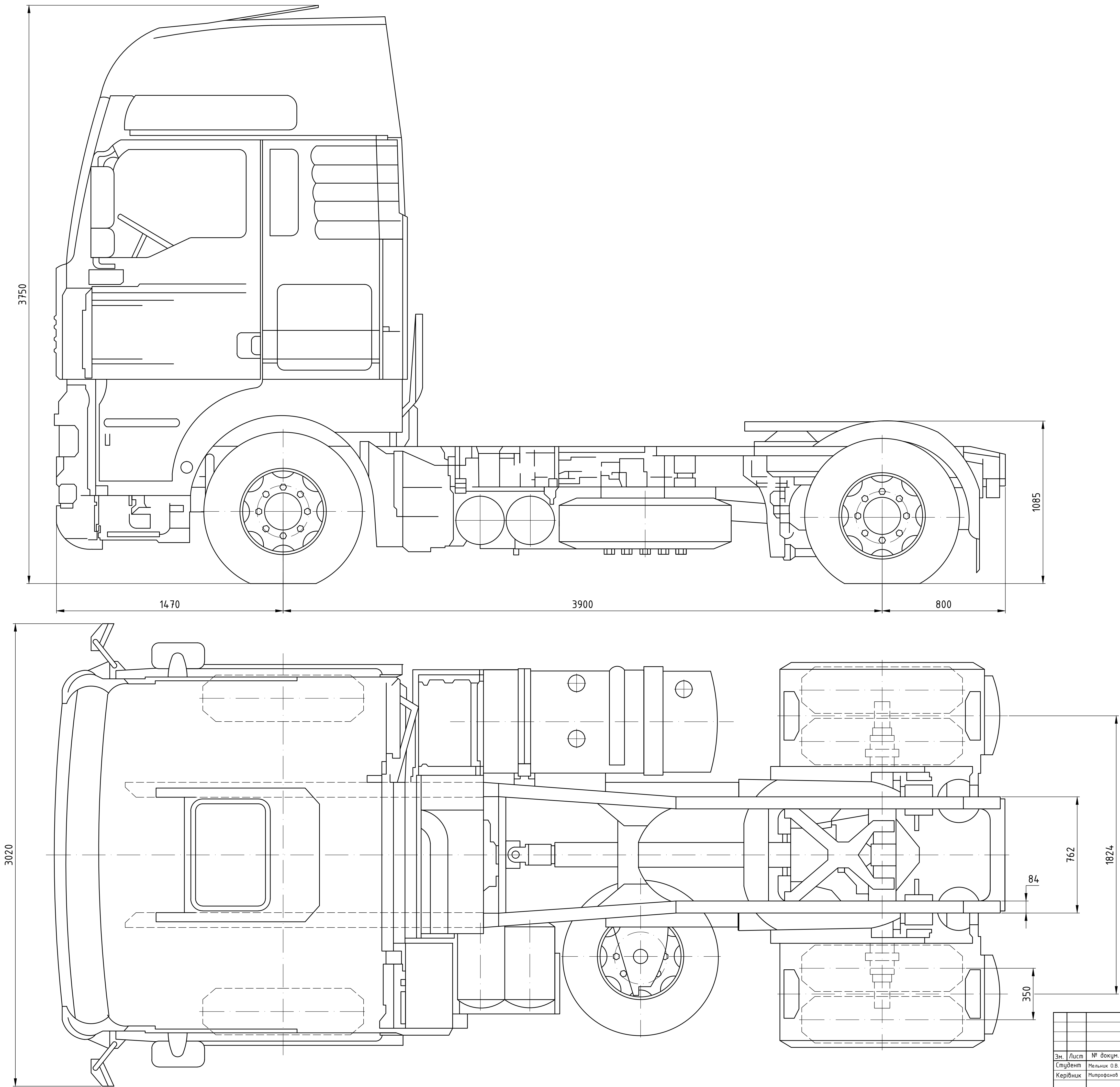
1. Суднові двигуни внутрішнього згоряння: Підручник / В.С. Наливайко, Б.Г. Тимошевський, С. Г. Ткаченко. Миколаїв : видавець Торубара В. В., 2015. – 332 с.
2. Наливайко В. С., Ткаченко С. Г., Хоменко В. С. Конструкція і динаміка двигунів внутрішнього згоряння. Програма, методичні вказівки та контрольні завдання для студентів заочної форми навчання. – Миколаїв: НУК, 2008. – 64 с.
3. Наливайко В. С. Суднові двигуни внутрішнього згоряння: Методичні вказівки до виконання графіко-розрахункових робіт / В. С. Наливайко, С. Г. Ткаченко, В.С. Хоменко. – Миколаїв: НУК, 2012. – 72 с.
4. Наливайко В.С. Конструктивні вузли та системи суднових двигунів внутрішнього згоряння : навчальний посібник / В.С. Наливайко, Б.Г. Тимошевський. – Миколаїв : Нук, 2013. – 100 с.
5. Митрофанов О.С., Проскурін А.Ю. Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. Миколаїв : НУК, 2018. 151 с.
6. Марченко А. П., Рязанцев М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 1. Розробка конструкції форсованих двигунів наземних транспортних машин / ред. проф. А. П. Марченко та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Прапор, 2004. –384 с.
7. Heywood John B. Internal Combustion Engine Fundamentals / John B. Heywood. - New York.: McGraw Hill New York, 1988. – 930 –. – ISBN 0-07-100499-8
8. Realizing Future Trends in Diesel Engine Development / B. Georgi, S. Hunkert, J. Liang, M. Willmann // SAE Papers. – 1997. – 972686. – P. 2133–2145.
9. An Innovative 3D-CFD-Approach towards Virtual Development of Internal Combustion Engines. / Chiodi M./ Stuttgart. 2011. 275 pp.
10. ДСТУ 7239:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

					КРМ.142.6222м.12.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

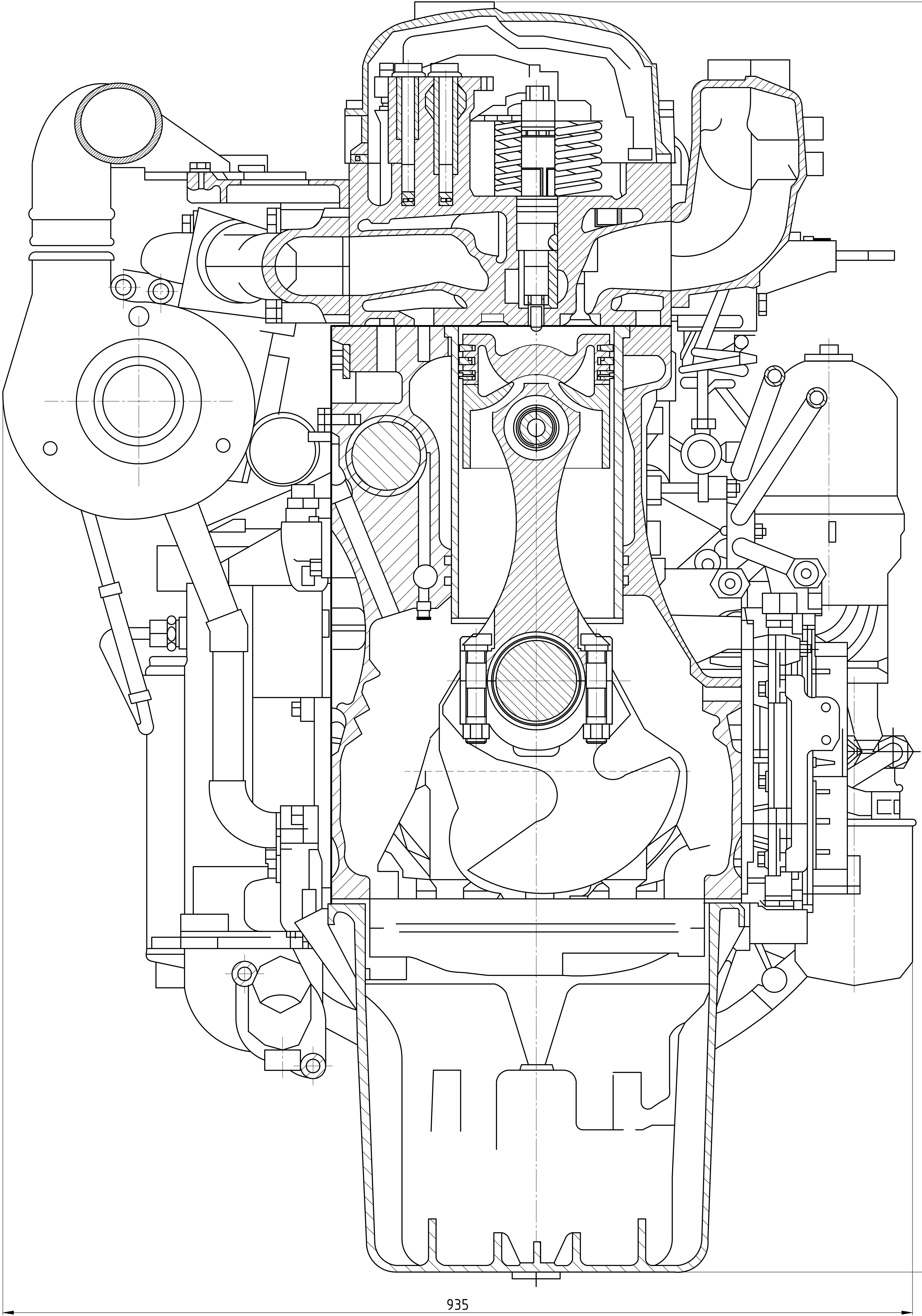
11. Інформаційні основи систем автоматизованого проектування двигунів внутрішнього згоряння: планування та обробка результатів експерименту : навчальний посібник. / Мінчев Д.С., Нагірний А.В. , Миколаїв: НУК, 2012. 100 с.

12. Mollenhauer, K. Hanbbook of diesel engines / K. Mollenhauer, H. Tschoeke. – Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. –634 p.

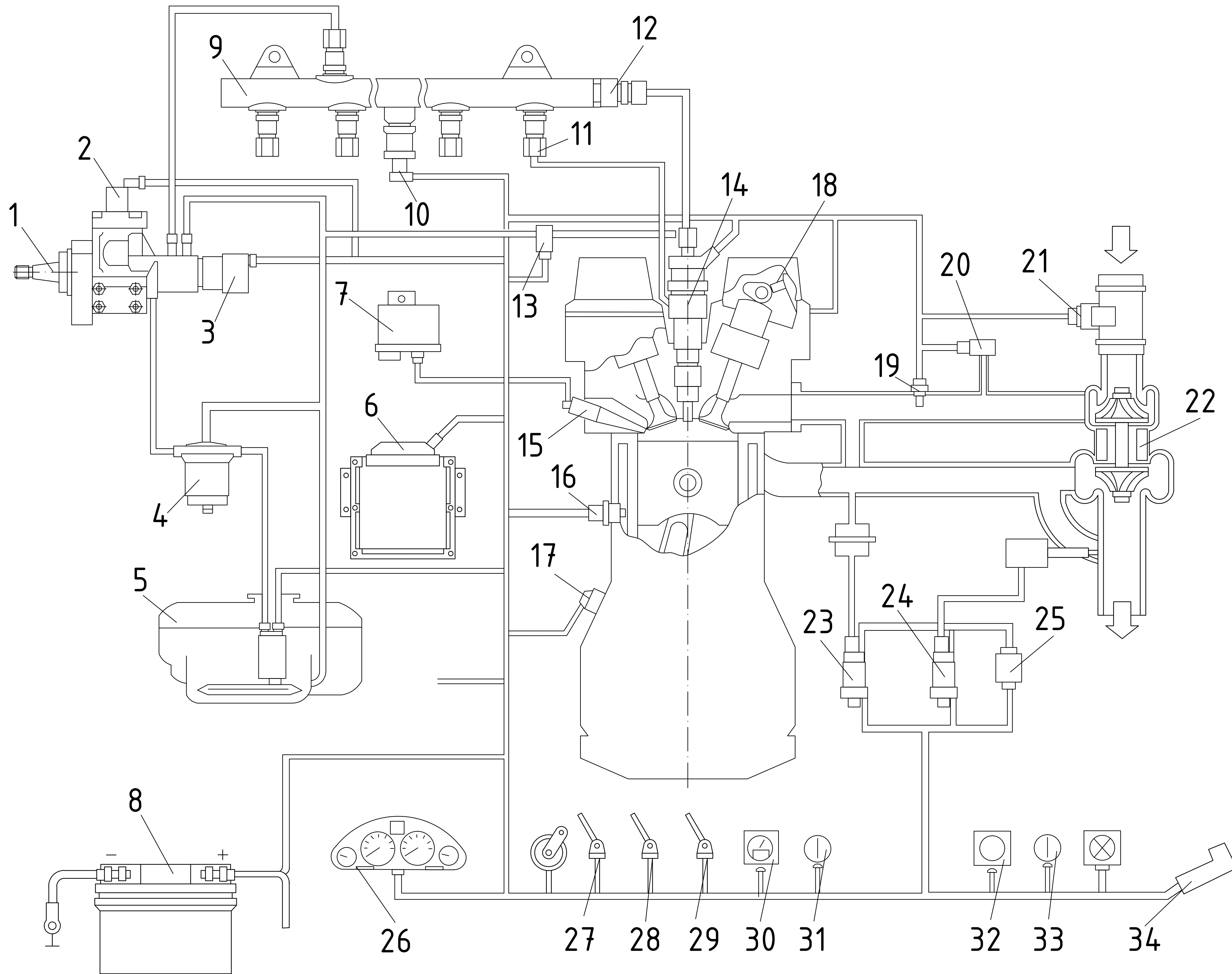
					<i>KPM.142.6222м.12.00.ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



					KPM.142.6222m.12.01					
					Загальний вигляд вантажного автомобіля	Літ.		Маса	Масштаб	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					1:15	
Студент		Мельник О.В.								
Керівник		Митрофанов О.С.								
Зав. каф.		Гогаренко О. А.				Лист		Листов		
						НУК ім. адм. Макарова				



						KPM.142.6222м.12.02							
						Поперечний розріз двигуна 6ЧН 12,3/15,6				Лит.		Маса	Масштаб
Зм. Лист		№ докум.		Підпис	Дата					Лист		Листов	
Студент		Мельник О.В.											
Керівник		Митрофанов О.С.											
Заб. каф.		Гогоренко О. А.											
										НЧК ім. адм. Макарова			



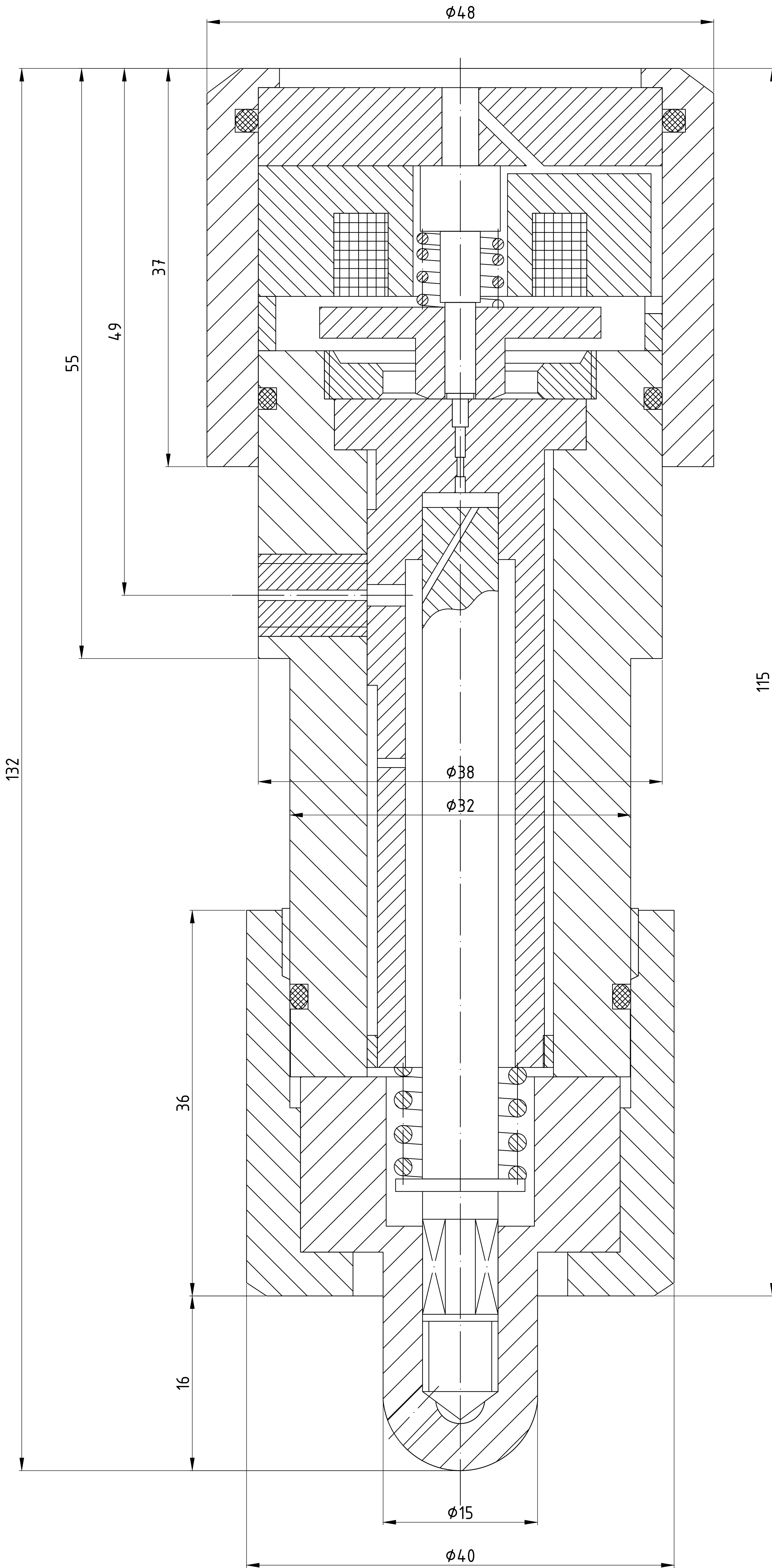
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
		1		ПНВТ		
		2		Електромагнітний клапан вимкнення подачі		
		3		Редукційний клапан ПНВТ		
		4		Фільтр тонкого очищення палива		
		5		Паливний бак із фільтром-паливозабірником та насосом для підкачки палива		
		6		ЕБУ		
		7		Блок керування свічками розжарювання		
		8		Акумуляторна батарея		
		9		Акумулятор палива високого тиску		
		10		Датчик тиску палива в акумуляторі		
		11		Обмежувач подачі палива		
		12		Регулятор тиску		
		13		Датчик температури палива		
		14		Форсунка		
		15		Свічка розжарювання із закритим нагрівальним елементом		
		16		Датчик температури охолоджувальної рідини		
		17		Датчик частоти обертання колінчастого вала		
		18		Датчик частоти обертання розподільного вала		
		19		Датчик температури повітря на впуску		
		20		Датчик тиску наддуву		
		21		Масовий витратомір повітря		
		22		Турбокомпресор		
		23		Привід клапана системи рециркуляції ВГ		
		24		Привід клапана перепуску ВГ		
		25		Вакуумний насос		
		26		Панель приладів		
		27		Датчик положення педалі акселератора		
		28		Датчик положення педалі гальма		
		29		Кінцевий вимикач на педалі зчеплення		
		30		Датчик швидкості автомобіля		
		31		Електронний блок керування системою підтримання швидкості автомобіля		
		32		Компресор кондиціонера		
		33		Блок керування компресором		
		34		Дисплей системи діагностики з діагностичним роз'ємом		

KPM.14.2.6222M.12.03

				Паливна система двигуна 6ЧН 12,3/15,6			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Студент		Мельник О.В.					
Керівник		Митрофанов О.С.					
Зав. каф.		Газаренко О. А.			Лист	Листов	
					НУК ім. адм. Макарова		



НУК
ім. адм. Макарова



						KPM.142.6222м.12.05					
						Форсунка двигуна 6ЧН 12,3/15,6			Лит.	Маса	Масштаб
											5:1
									Лист	Листов	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					НУК		
	Студент	Мельник О.В.							ім. адм. Макарова		
	Керівник	Митрофанов О.С.									
	Зав. каф.	Гозаренко О.А.									