

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРИВАЛОСТІ ВПОРСКУВАННЯ НА
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ВИСОКООБЕРТОВОГО ДВИГУНА ЗА РІЗНИХ
МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ

Спеціальність 142 – Енергетичне машинобудування

Для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

Керівник роботи



Борис ТИМОШЕВСЬКИЙ

Здобувач освіти



Павло АМПІЛОГОВ

Миколаїв 2024

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

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

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

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

Ампілогов Павло Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу тривалості впорскування на показники роботи високообертового двигуна за різних методів розрахунку характеристик тепловиділення

2. Керівник роботи д.т.н., проф. Тимошевський Б.Г.

(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 – 296 кВт; частота обертання колінчатого валу – 3000 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. Дослідження впливу тривалості впорскування на показники роботи високообертового двигуна. 4. Економічне обґрунтування. 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 автомобіля. 2. Повздовжній вигляд двигуна 8ЧН 10,3/9,9. 3. Поперечний вигляд двигуна 8ЧН 10,3/9,9. 4. Паливна система двигуна 8ЧН 10,3/9,9. 5. Форсунка.

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Економічний розділ</i>	<i>Тимошевський Б.Г.</i>		
<i>Розділ хорони праці</i>	<i>Тимошевський Б.Г.</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>Дослідження впливу тривалості впорскування на показники роботи високообертового двигуна</i>		
4.	<i>Економічне обґрунтування</i>		
5.	<i>Аналіз та розробка заходів охорони праці та навколишнього середовища при застосуванні двигуна</i>		

Здобувач освіти

(підпис)

Павло АМІЛОГОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Борис ТИМОШЕВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота пов'язана з дослідженням впливу тривалості впорскування на показники роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9 за різних методів розрахунку характеристик тепловиділення.

В магістерській роботі виконано стислий опис конструкції та основних систем двигуна 8ЧН 10,3/9,9, що застосовується на повнорозмірних пікапах великої вантажопідйомності (*HD*). Проведено розрахунок номінального режиму роботи за допомогою програмного комплексу Блиц-PRO.

Ввиконано аналіз різних методів розрахунку характеристик тепловиділення. Виділено дві основні методики визначення характеристик тепловиділення для розрахунку та оптимізації сучасних дизелів – методика Разлейцева та модель Вібе. Встановлено, що обидві методики розрахунку характеристик тепловиділення з високою точністю описують робочий процес дизельного двигуна. Встановлено, що за умов збільшення тривалості впорскування циклової дози палива (з 18 до 28° п.к.в.) відбувається знижені жорсткості роботи двигуна (з 2,5 до 0,71 МПа). Одночасно зі зниженням жорсткості роботи знижується і питома виділення NO (з 2,2 до 1,6 г/кВт·год). Визначено, що використання триступінчастого впорскування дозволяє забезпечити заданий рівень потужності у 296 кВт, зменшити жорсткість роботи, дещо покращити екологічні показники, а також знизити питому ефективну витрату палива на 2,2 г/(кВт·год).

Розроблено заходи з техніки безпеки при ремонті та ТО автотранспорту, а також проведено розрахунок рівня шуму та вібрації від модернізованого двигуна 8ЧН 10,3/9,9.

Робота виконана українською мовою на 71 аркушах розрахунково-пояснювальної записки з використанням 14 джерел. Графічна частина представлена п'ятьма кресленнями формату – А1.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, паливна система, характеристика тепловиділення, ефективні показники, екологічні показники.

					КРМ.142.6221м.01.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACTS

The qualification work is related to the study of the effect of injection duration on the performance of the 8CHN 10.3/9.9 engine using various methods of calculating heat release characteristics.

The master's thesis provides a brief description of the design and main systems of the 8CHN 10.3/9.9 engine used in full-size heavy-duty (HD) pickup trucks. The nominal operating mode was calculated using the Blitz-PRO software package.

An analysis of various methods for calculating the characteristics of heat dissipation is carried out. Two main methods for determining the characteristics of heat dissipation for the calculation and optimisation of modern diesel engines are allocated - the Razleitsev method and the Wiebe model. It is established that both methods of calculating the characteristics of heat emission describe the working process of a diesel engine with high accuracy. It was found that an increase in the duration of the injection of the cyclic fuel dose (from 18 to 280 p.c.v.) leads to a decrease in the rigidity of the engine operation (from 2.5 to 0.71 MPa). Simultaneously with the decrease in the rigidity of operation, the specific NO emission decreases (from 2.2 to 1.6 g/kWh). It was determined that the use of three-stage injection allows to provide a given power level of 296 kW, reduce the rigidity of operation, slightly improve environmental performance, and reduce the specific effective fuel consumption by 2.2 g/(kWh).

Safety measures have been developed for the repair and maintenance of vehicles, and the noise and vibration levels from the upgraded 8CHN 10.3/9.9 engine have been calculated.

The work is written in Ukrainian on 71 pages of calculation and explanatory notes using 14 sources. The graphical part is presented in five drawings of A1 format.

Key words: internal combustion engine, fuel system, heat emission characteristics, efficiency, environmental performance.

					<i>KPM.142.6221м.01.00.ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА 8ЧН 10,3/9,9

- 1.1. Загальна характеристика двигуна 8ЧН 10,3/9,9.....
1.2. Висновок до розділу.....

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК НОМІНАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ДВИГУНА 8ЧН 10,3/9,9

- Визначення вихідних даних для синтезу робочого процесу
двигуна 8ЧН 10,3/9,9 при його роботі на номінальному режи-
2.1. жи-
мі.....
2.2. Розрахунок номінального режиму двигуна-прототипу 8ЧН
10,3/9,9.....
2.3. Висновок до розділу.....

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРИВАЛОСТІ ВПОРСКУВАННЯ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ДВИГУНА 8ЧН 10,3/9,9 ЗА РІЗНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ

- 3.1. Аналіз методів розрахунку характеристик тепловиділення.....
3.2. Дослідження впливу тривалості впорскування на показники
роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9
3.3. Висновок до розділу.....

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДВИГУНА 8ЧН 10,3/9,9

РОЗДІЛ 5 АНАЛІЗ І РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

- 5.1. Розробка заходів з техніки безпеки при виконанні ремонту та

					КРМ.142.6221м.01.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- технічного обслуговування автомобільного транспорту.....
- 5.2. Охорона навколишнього середовища.....
- 5.3. Висновки до розділу.....

ВИСНОВОК ПО РОБОТІ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Додаток А. Загальний вигляд автомобіля.....
- Додаток Б. Повздовжній вигляд двигуна 8ЧН 10,3/9,9
- Додаток В. Поперечний вигляд двигуна 8ЧН 10,3/9,9
- Додаток Г. Паливна система двигуна 8ЧН 10,3/9,9
- Додаток Д. Форсунка.....

					<i>KPM.142.6221м.01.00.ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Нині, у зв'язку з посиленням конкурентної боротьби в умовах дедалі жорсткіших обмежень на шкідливі викиди дизелів, особливої актуальності для збільшення ефективності досліджень і доведення ДВЗ набуває завдання розроблення універсальної, точної і зручної для кінцевого користувача методики розрахунку процесу згоряння в дизелі. Ця методика має враховувати вплив конструктивних чинників і характеристики впорскування на процес згоряння і викиди шкідливих речовин.

Крім того, модель дизельного згоряння повинна бути адаптивною не тільки до традиційного способу організації робочого процесу дизеля, а й повинна описувати процеси, що перебувають зараз на стадії розроблення та впровадження передовими дослідницькими центрами – це процеси з багаторазовим упорскуванням, із високим ступенем рециркуляції ВГ, РССІ, і в перспективі НССІ процеси.

Ступінь деталізації процесів, що розглядаються, має бути таким, щоб за допомогою такої моделі дизельного згоряння можна було вирішувати питання конструювання паливної апаратури, профілювання форми камери згоряння, управління подачею пального, рециркуляцією ВГ, фазами газорозподілу та агрегатом наддуву. Аналіз та дослідження відомих моделей згоряння є одним із завдань цієї роботи.

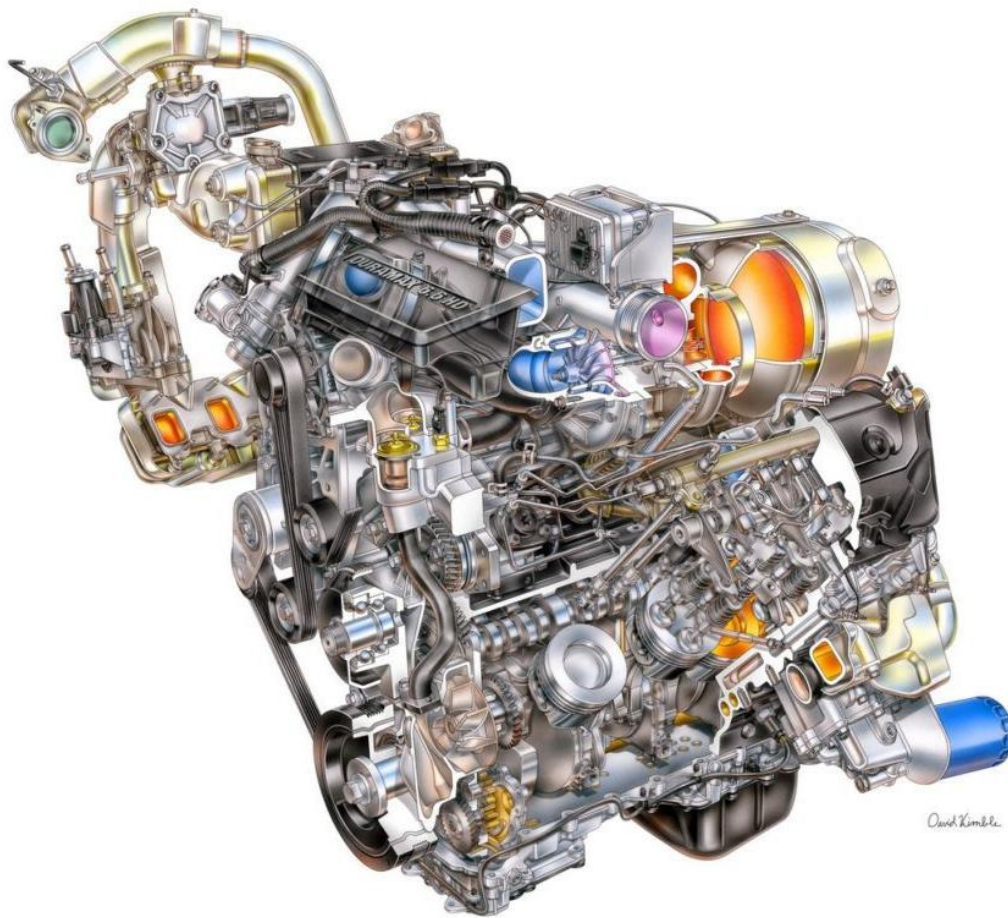
					<i>KPM.142.6221m.01.00.ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА 8ЧН 10,3/9,9

1.1. Загальна характеристика двигуна 8ЧН 10,3/9,9

Дизельний двигун 6.6L V8 Duramax LML (8ЧН 10,3/9,9) виробництва *General Motors* призначений для застосування на повнорозмірних пікапах великої вантажопідйомності (*HD*). Двигун 8ЧН 10,3/9,9 (рис. 1.1) має об'єм 6,6 літра та виготовляється у конфігурації V8, *LML*. Він є частиною сімейства важких робочих двигунів *Duramax*, що випускає *General Motors*.



**Рисунок 1.1 – Загальний вигляд автомобільного двигуна 8ЧН 10,3/9,9
(6.6L V8 Duramax LML)**

Дизельний двигун серії *LML* був здебільшого орієнтований на нові встановлені стандарти викидів, для яких головною відмінністю було значне зниження ви-

					КРМ.142.6221м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

кідів саме NO_x . Двигуни серії *LML* та *LGH* були першими, на яких використовується система селективного каталітичного відновлення (*SCR*).

Дизельний двигун серії *LML* отримав нову систему упорскування *Piezo*, турбонагнітач, поліпшену конструкцією блоку і декілька інших функцій. Це забезпечило лінійці двигунів *LML* підвищену потужність у порівнянні з серією *LMM*. Перший дизельний двигун *LML Duramax* був випущений у 2011р. для моделі *General Motors & Chevrolet HD*. У 2017 р. двигун був модернізований до покоління *Duramax L5P*.

Дизельні двигуни серії *LML* мають високі характеристики: максимальна потужність двигуна у серії *V8* з турбонаддувом досягає – 296 кВт (397 к.с.) при 3000 хв^{-1} і 1037 Н·м при 1600 хв^{-1} . Таким чином двигун отримав додаткові 24 кВт (32 к.с.) та 105 Н·м крутного моменту у порівнянні з його попередньою версією – *LMM*.

Блок циліндрів двигуна *Duramax* виконаний за допомогою лиття (рис. 1.2), має деякі технічні покращення для забезпечення більш плавної та тихої роботи двигуна у цілому.



Рисунок 1.2 – Блок циліндрів двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML)

					КРМ.142.6221м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На двигуні використовується чавунний фундамент, відомий своєю міцністю. Стінки циліндра індукційно загартовані. Двигун має п'ять підшипників з кулястого графіту. Нижній картер виготовлено з литого алюмінію також значно зміцнює блок циліндрів й служить нижньою кришкою дизеля, зменшуючи при цьому його загальну вагу.

Блок циліндрів двигуна 8ЧН 10,3/9,9 має 8 циліндрів діаметра 103 мм з робочою висотою у 99 мм, що обмежується ходом поршня. Загальний робочий об'єм дизеля 8ЧН 10,3/9,9, як і в попередній модифікації *Duramax LMM* складає 6,6 л. Кут розвалу циліндрів складає – 45°. У середині блоку робочих циліндрів розміщено елементи КШМ – колінчастий вал з кованої сталі, шатуни з кованої сталі та поршні з кованого алюмінію (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Елементи КШМ двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML)

Колінчастий вал дизеля 8ЧН 10,3/9,9 піддається поверхневому загартуванню та азотуванню. Ці процеси термічної та хімічної обробки колінвалу є найбільш ефективними засобами обмеження зносу і забезпечення довговічності поверхонь.

На двигуні використовується вдосконалений масляний контур з більш високою пропускною здатністю та спеціальної подачею змащувального масла до турбонагнітача. Нова система забезпечує підвищений тиск масла в турбіні й більш

					КРМ.142.6221м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

швидку його подачу. В нижній частині отворів циліндрів встановлено масляні форсунки для охолодження поршнів. Вони забезпечують вдвічі більше за кількість моторного масла розпилювання в масляні канали під головкою поршнів, що сприяє ефективному зниженню температури дизеля і збільшенню терміну його служби.

Новий масляний піддон, якій складається з двох окремих частин, сприяє більш тихій роботі дизеля. Піддон складається з багатошарової сталевї масляної частини та верхньої алюмінієвої секції. Алюмінієва секція забезпечує підвищену жорсткість дизеля, однак у разі виконання піддону повністю з алюмінію, він буде випромінювати більше шуму, тому було додано нижню секцію з ламінованої сталі для зниження шуму та вібрації.

Поршні спроектовано без втулок штифта, з метою зменшення зворотно-поступальний рухомих мас (рис 1.4). Така конструкція поршнів допомагає двигуну швидше обертатися та швидше реагувати на зміну навантаження.



Рисунок 1.4 – Поршень, поршневі кільця і палець двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML)

Шатуни (рис. 1.5), що застосовуються разом з поршнями, мають на своєму кінці отвір для штифта меншого діаметра для підтримки посилених поршнів. Шатуни зміцнені та мають нову конструкцію з кутом нахилу у 45°, який дозволяє підшипникам шатунів зі збільшеним діаметром проходити через отвори робочих

					КРМ.142.6221м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

циліндрів під час збирання та розбирання двигуна. Шатуни виготовляються з спеціального металевого сплаву.



**Рисунок 1.5 – Конструкція шатунів двигуна
8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML)**

Дизель 8ЧН 10,3/9,9 *Duramax* має алюмінієву кришку циліндрів з шістьма болтами і чотирма клапанами на циліндр (рис. 1.6). Алюмінієвий матеріал кришки циліндрів допомагає зменшити загальну масу двигуна, в той час як конструкція з шістьма болтами забезпечує виняткову міцність фіксації кришки циліндрів, що є обов'язковою умовою при високому наддуві.



**Рисунок 1.6 – Конструкція кришки робочих циліндрів двигуна
8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML)**

					КРМ.142.6221м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У конструкції кришки робочих циліндрів двигуна 8ЧН 10,3/9,9 використовується нова двошаровий конструкція водяного охолодження, яка розділяє та розміщує водяні порожнини в різних шарах, щоб створити більш жорстку структуру кришки з більш точним та ефективним контролем потоку охолоджуючої рідини. Повітряні канали також спрофільовано таким чином, щоб посилити потік повітря, сприяючи збільшенню потужності двигуна та його крутного моменту.

Дизель 8ЧН 10,3/9,9 *Duramax* має паливну систему розраховану на тиск у 2000 бар з пьезо-інжекторами (рис.1.7).

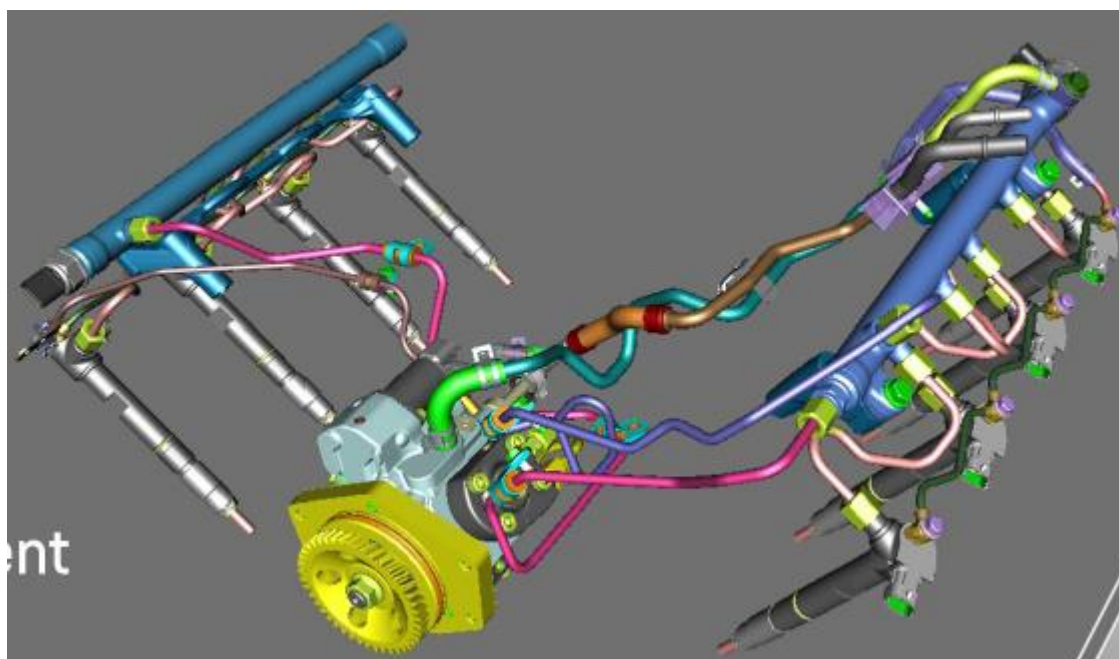


Рисунок 1.7 – Паливна система двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 *Duramax LML*)

На двигуні 8ЧН 10,3/9,9 використовується паливна система з безпосереднім вприскування палива Common-Rail з новими потужними паливними форсунками електромагнітного типу. Високий тиск уприскування палива, що складає 2000 бар або 200 МПа, сприяє якісному розпорошенню палива для більш ефективного згоряння, що також сприяє зниженню викидів твердих частинок. Нові паливні форсунки мають по сім отворів для розпилу. Також форсунки підтримують до семи тактів подачі палива на один робочий цикл дизеля, забезпечуючи зниження шуму, зменшенню жорсткості згоряння, підвищенню ефективності роботи та зниженню шкідливих викидів.

Система повітропостачання з турбонаддувом із змінною геометрією представлена на рис. 1.8.

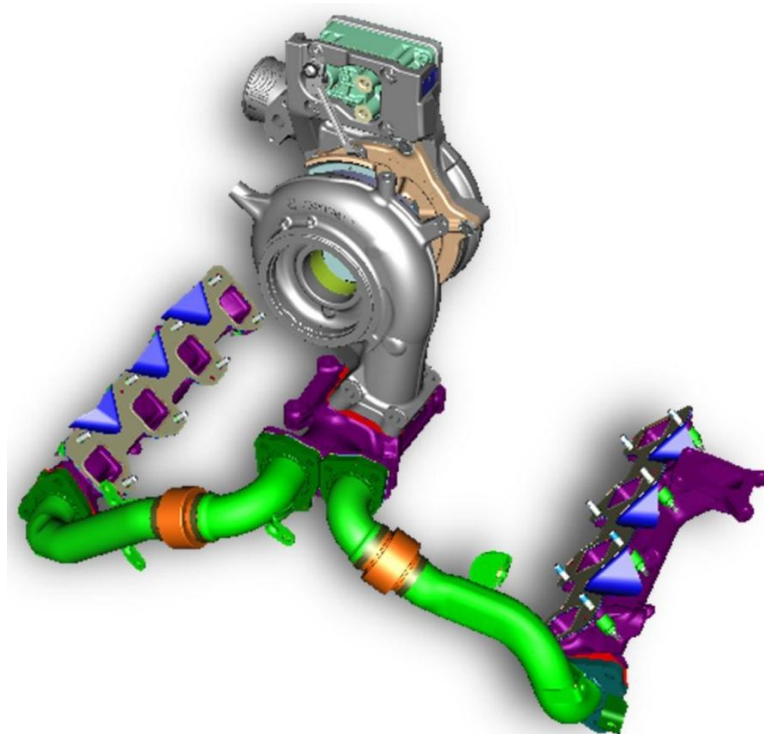


Рисунок 1.8 – Система повітропостачання з турбонаддувом із змінною геометрією двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML)

На двигуні 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) застосовується турбокомпресор *GARRETT GT3788VA* з регульованими лопатями (рис 1.9). Завдяки використанню турбокомпресора *GARRETT GT3788VA* із змінною геометрією дизель видає більшу потужність при менших викидах відпрацьованих газів і без зниження загальної ефективності використання енергії палива. Система турбонаддуву дає змогу видавати на виході з компресора тиск наддуву у $p_k = 0,195$ МПа. Система турбонаддуву застосовує саморегулюючі лопатки турбіни та складні електронні пристрої керування для автоматичного регулювання тиску наддуву двигуна й протитиску вихлопних газів.

Дизель 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) оснащений новітньою системою контролю шкідливих викидів, що робить його досить екологічно чистим двигуном, при цьому викиди NO_x знижуються як мінімум на 63 % в версії *LML*.

					КРМ.142.6221м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

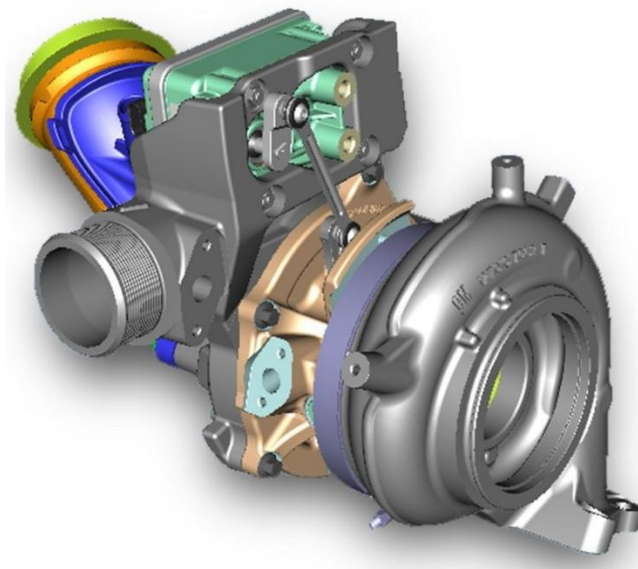


Рисунок 1.9 – Турбокомпресор GARRETT GT3788VA

LML-версія дизель 8ЧН 10,3/9,9 здатна працювати на біодизелі марки *B20*, що складається з 20 відсотків біодизеля та 80 відсотків звичайного дизельного палива. Використання пального *B20* допомагає знизити викиди вуглекислого газу і зменшує залежність від нафти та нафтопродуктів. Це поновлюване дизельне паливо, виготовлене в основному з рослинних речовин, здебільшого з соєвого масла.

1.2. Висновок до розділу

Автомобільний дизельний двигун типу – 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 *Duramax LML*) виробництва *General Motors* є досить сучасним та надійним дизельним двигуном, що відповідає високим вимогам екологічних нормативів, особливо щодо викидів NO_x . Дизельний двигун 6.6L V8 *Duramax LML* (8ЧН 10,3/9,9) призначений для застосування на повнорозмірних пікапах великої вантажопідйомності (*HD*). Одним з можливих напрямків подальшого вдосконалення двигуна 8ЧН 10,3/9,9 може бути проведення досліджень впливу тривалості впорскування на показники роботи з метою оптимізації параметрів роботи паливної системи.

					KPM.142.6221м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2
РОЗРАХУНОК НОМІНАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ
ДВИГУНА 8ЧН 10,3/9,9

2.1. Визначення вихідних даних для синтезу робочого процесу двигуна 8ЧН 10,3/9,9 при його роботі на номінальному режимі

Для виконання розрахунку в програмному комплексі Blitz Pro робочого процесу двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) на номінальному режимі були визначені вихідні дані, що подано в табл. 2.1.

Обґрунтування вибору початкових даних для розрахунку робочого циклу двигуна 8ЧН 10,3/9,9 для номінального режиму за допомогою програмного комплексу Блиц-PRO:

- тиск повітря навколишнього середовища – $P_0 = 100$ кПа;
- температура повітря навколишнього середовища – $T_0 = 20^\circ \text{C}$;
- номінальна ефективна потужність N_e , частота обертання колінчатого валу n – обираються згідно із завданням магістерської роботи;
- тиск наддуву двигуна 8ЧН 10,3/9,9 P_k – обирається із паспортної характеристики;
- степінь стискування ε – обирається із паспортної характеристики;
- кількість циліндрів $i_{\text{ц}}$, діаметр циліндра $D_{\text{ц}}$ і хід поршня $S_{\text{п}}$ – відомі з маркування двигуна (8ЧН 10,3/9,9);
- маси рухомих деталей (зворотно-поступово та обертово) – відомі з опису конструкції дизеля;
- нижча теплота згоряння палива Q_H та його елементарний склад – обираємо за характеристикам використовуваного на двигуні палива;
- ККД ОНП η_0 , втрати тиску в ОНП $\Delta P_{\text{ох}}$, коефіцієнт надлишку повітря α – обираються відповідно до значень двигунів аналогів;
- характеристики турбокомпресора марки GARRETT GT3788VA – обираються на базі модифікованих характеристик подібного нагнітача GARRETT GT2871R.

					KPM.142.6221м.01.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Початкові дані для розрахунку робочого циклу номінального режиму двигуна 8ЧН 10,3/9,9 за допомогою програмного комплексу Блиц-PRO

№ з.п.	Познач.	Значення	Одиниця вимір.	Параметр
1	N_e	296	кВт	Ефективна потужність
2	n	3000	об/хв	Частота обертання
3	P_0	0,1	МПа	Тиск навколишнього середовища
4	T_0	20	К	Температура навколишнього середовища
5	P_k	0,287	МПа	Тиск повітря за компресором
6	ε	16	–	Ступень стискання
7	ΔP_{ox}	0,002	МПа	Втрати тиску в охолоднику повітря
8	η_o	0,8	–	ККД охолодника повітря
9	i	8	–	Число циліндрів
10	D_c	103	мм	Діаметр циліндра
11	S_c	99	мм	Хід поршня
12	λ	0,607	–	Кривошипно-шатунне відношення
13	m_s	1,8	кг	Маса деталей, що рухаються зворотно-поступово
14	m_r	4,2	кг	Маса деталей, що рухаються обертально
15	α	1,943	–	Коефіцієнт надлишку повітря при згорянні
16	Q_H	42800	кДж/кг	Нижча теплота згоряння палива
17	g_c	0,873	кг/кг	Масовий склад палива
18	g_h	0,127	кг/кг	Діаметр впускного клапану
19	g_s	0	кг/кг	
20	g_o	0	кг/кг	
21	$D_{int.v.}$	27,7	мм	
22	$d_{int.s}$	24,5	мм	Діаметр впускного каналу
23	$N_{int.v.}$	2	–	Кількість впускних клапанів
24	$h_{int.v}$	8	мм	Максимальний підйом впускного клапану
25	φ_{IVO}	15	град. п.к.в	Відкриття впускного клапану перед ВМТ
26	φ_{IVC}	55	град. п.к.в	Закриття впускного клапану після НМТ
27	$D_{exh.v.}$	26,2	мм	Діаметр випускного клапану
28	$d_{exh.s}$	23,5	мм	Діаметр випускного каналу
29	$N_{exh.v.}$	2	–	Кількість випускних клапанів
30	$h_{exh.v}$	7,5	мм	Максимальний підйом випускного клапану
31	φ_{EVO}	55	град. п.к.в	Відкриття випускного клапану перед НМТ
32	φ_{EVC}	25	град. п.к.в	Закриття випускного клапану після ВМТ

2.2. Розрахунок номінального режиму двигуна-прототипу 8ЧН 10,3/9,9

За результатами виконаного розрахунку у програмному середовищі Блиц-PRO були отримані наступні параметри двигуна 8ЧН 10,3/9,9 на номінальному режимі роботи, що подані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку робочого циклу номінального режиму двигуна 8ЧН 10,3/9,9 за допомогою програмного комплексу Блиц-PRO

№ з.п.	Познач.	Значення	Одиниця вимір.	Параметр
1	P_b	296,02	кВт	Ефективна потужність
2	n_{crank}	3000,00	об/хв	Частота обертів
3	α	1,94		Коефіцієнт надлишку повітря
4	q_f	0,09	г/цикл	Циклова доза палива
5	P_{fr}	51,46	кВт	Потужність, що втрачається на тертя
6	T_b	942,28	Н*м	Крутний момент
7	p_b	1794,31	кПа	Середній ефективний тиск
8	p_{fr}	311,89	кПа	Втрати середнього ефективного тиску
9	η_b	38,92	%	Ефективний ККД
10	η_m	83,49	%	Механічний ККД
11	b_b	218,38	г/(кВт*год)	Ефективна витрата пального
12	$P_{i.g}$	354,58	кВт	Індикаторна потужність
13	P_{pump}	-7,10	кВт	Насосна потужність
14	$p_{i.g}$	2149,21	кПа	Середній індикаторний тиск
15	η_i	46,62	%	індикаторна ефективність
16	b_i	180,43	г/(кВт*год)	індикаторна витрата пального
17	η_v	98,96	%	Об'ємний ККД
18	γ_r	1,89	%	Доля залишкових газів
19	p_{max}	16377,71	кПа	Максимальний тиск циклу
20	t_{max}	1586,17	С	Максимальна температура циклу
21	$t_{max, burned}$	2759,49	С	Максимальна температура циліндру в зоні згорівших газів
22	$t_{max, fresh}$	810,39	С	Максимальна температура циліндру в зоні свіжого заряду
23	p_c	13794,21	кПа	Тиск горіння
24	t_c	1039,18	С	Температура горіння
25	$p_{exh.op}$	1082,47	кПа	Тиск під час випуску
26	$t_{exh.op}$	1173,99	С	Температура під час випуску
27	p_k	287,83	кПа	Тиск за компресором
28	t_k	173,46	С	Температура за компресором
29	p_s	284,02	кПа	Тиск в ресивері
30	t_s	56,90	С	Температура в ресивері
31	p_t	291,89	кПа	Тиск вихлопних газів
32	t_t	649,65	С	Температура вихлопних газів
33	$\Delta p_{res.fr}$	0,81	кПа	Втрати тиску в ресивері
34	$\Delta p_{exh.fr}$	1,99	кПа	Втрати тиску в випускному колекторі
35	p_{zt}	105,03	кПа	Тиск за турбіною
36	t_{zt}	511,82	С	Температура газів за турбіною
37	$\Phi_{comb.start}$	360,80	п.к.в.	Початок горіння палива
38	Φ_{comb}	131,82	п.к.в.	Тривалість горіння палива
39	$dp/d\Phi_{max}$	1195,83	кПа/п.к.в.	Жорсткість горіння
40	$\Phi_{inj.dur}$	18,8	п.к.в.	Тривалість впорскування палива
41	$\Phi_{inj.start}$	357,00	п.к.в.	Початок впорскування палива
42	d_{32}	7,12	мкм	Розмір крапель пального в струмені
43	Φ_i	3,77	п.к.в.	Затримка займання палива

44	p_{inj}	196,42	МПа	Тиск впорскування пального
45	$[CO]_{cyl}$	67,68	ppm	Концентрація СО на випускному каналі
46	$[CO]_{exh}$	67,65	ppm	Концентрація СО в випускному колекторі
47	$[NO]_{cyl}$	502,23	ppm	Концентрація NO на випускному каналі
48	$[NO]_{exh}$	502,01	ppm	Концентрація NO в випускному колекторі
49	g_{NO}	3,23	г/(кВт*год)	Питома кількість NOx в випускних газах
50	$[C]_{cyl}$	0,002	г/м ³	Концентрація сажі на випускному каналі
51	$[C]_{n.cyl}$	0,0003	г/м ³	Концентрація сажі на випускному каналі відносно н. у.
52	$[C]_{n.cyl.Bosch}$	0,01	bosch units	Концентрація сажі при н. у.
53	$[C]_{n.cyl.Hartrige}$	0,14	HSU (%)	Концентрація сажі на випускному каналі відносно н. у.
54	G_{int}	0,49	кг/с	Масова витрата повітря через впускні канали
55	G_{exh}	0,49	кг/с	Масова витрата повітря через випускні канали
56	G_{turb}	0,49	кг/с	Масова витрата газів на турбіні
57	$t_{w.head}$	330,10	С	Температура стінки кришки циліндра
58	$t_{w.pist}$	481,17	С	Температура гарячої поверхні поршня
59	$t_{w.pist.cool}$	392,42	С	Температура холодної поверхні поршня
60	$t_{w.liner}$	199,98	С	Температура стінки циліндру
61	$[C]_{n.cyl}$	0,00	г/м ³	Концентрація сажі на випускному каналі відносно н. у.
62	$[C]_{n.cyl.Bosch}$	0,01	bosch units	Концентрація сажі при н. у.
63	$[C]_{n.cyl.Hartrige}$	0,14	HSU (%)	Концентрація сажі на випускному каналі відносно н. у.
64	G_{int}	0,49	кг/с	Масова витрата повітря через впускні канали
65	G_{exh}	0,49	кг/с	Масова витрата повітря через випускні канали
66	G_{turb}	0,49	кг/с	Масова витрата газів на турбіні
67	$t_{w.head}$	330,10	С	Температура стінки кришки циліндра
68	$t_{w.pist}$	481,17	С	Температура гарячої поверхні поршня
69	$t_{w.pist.cool}$	392,42	С	Температура холодної поверхні поршня
70	$t_{w.liner}$	199,98	С	Температура стінки циліндру
71	$t_{w.int}$	66,37	С	Температура стінки ресиверу
72	$t_{w.exh}$	648,91	С	Температура стінки випускного колектору
73	t_{result}	756,96	С	Внутрициліндрова результуюча температура
74	$t_{exh.result}$	661,33	С	Результуюча температура випускного колектору
75	$\alpha_{m.gas}$	0,88	кВт/(м ² *К)	Коефіцієнт тепловіддачі циліндру
76	$\alpha_{m.exh}$	2,22	кВт/(м ² *К)	Результуючий коефіцієнт тепловіддачі випускного колектору
77	Π_{turb}	2,73		Коефіцієнт падіння тиску в турбіні
78	$G_{cmpr.ref}$	0,47	кг/с	Витрата повітря на компресорі
79	$n_{cmpr.ref}$	141238,37	об/хв	Частота обертання компресору
80	ϵ_{act}	14,37		Фактичний ступінь стиснення
81	P_{cmpr}	74,22	кВт	Потужність компресору
82	P_{turb}	73,28	кВт	Потужність турбіни

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6221м.01.02.ПЗ

Аркуш

83	$\eta_{cmpr.ad}$	68,85	%	Адіабатний ККД компресора
84	$\eta_{e.t}$	63,99	%	ККД турбіни
85	n_{cmpr}	139616,59	об/хв	Частота обертання турбокомпресору
86	μ_{Ft}	862,00	мм ²	Еквівалентний прохідний перетин турбіни
87	Q_{fuel}	768,51	кВт	Теплота, що виділяється при згорянні палива
88	Q_{fuel}	61,50	кВт	Тепло, що відводиться водою зі стінок циліндру
89	$Q_{w.fr}$	38,59	кВт	Тепло від тертя, що відводиться водою
90	Q_w	100,09	кВт	Сумарна кількість тепла, що відводиться охолоджуючою водою
91	$Q_{oil.ht}$	18,52	кВт	Тепло що відводиться в мастило від стінок циліндра
92	$Q_{oil.fr}$	12,86	кВт	Тепло від тертя, що відводиться мастилом
93	Q_{oil}	31,38	кВт	Сумарна кількість тепла, що відводиться мастилом
94	Q_{CAC}	60,90	кВт	Тепло, відхилене в заряді охолоджувача повітря
95	Q_{EG}	270,25	кВт	Теплота відхідних газів
96	Q_{exh}	4,34	кВт	Охолодження випускного колектора
97	Q_{res}	-0,32	кВт	Охолодження ресиверу
98	Q_{sum}	763,31	кВт	Загальна кількість теплоти

За результатами виконаних розрахунків будується індикаторна діаграма роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) на номінальному режимі – рис. 2.1.

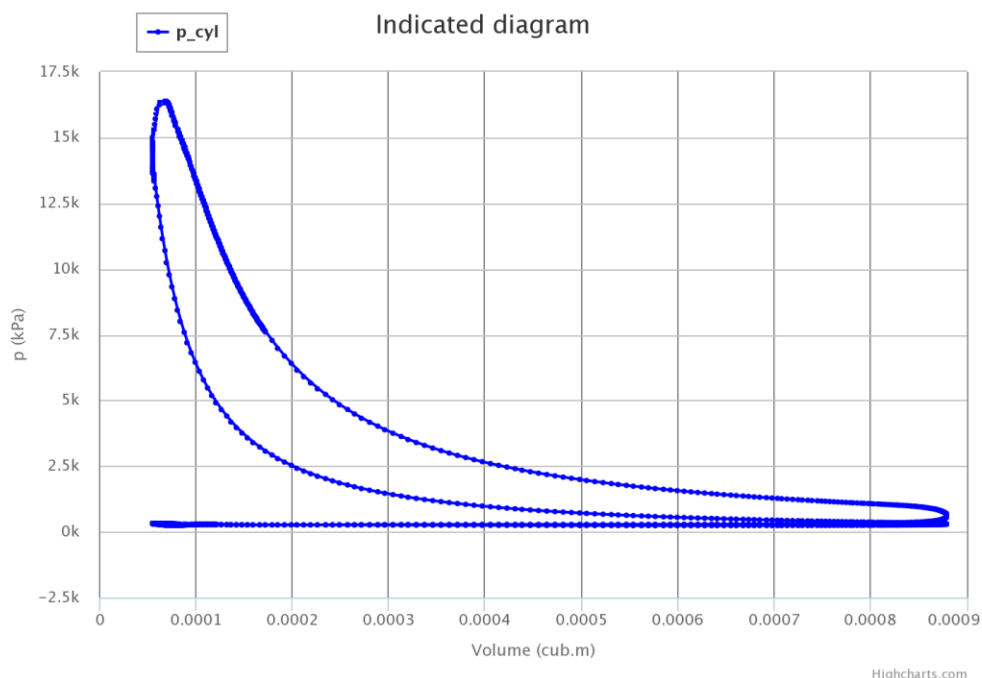


Рисунок 2.1 – Згорнута індикаторна діаграма робочого циклу (номінальний режим роботи) у P – V координатах двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML)

2.3. Висновок до розділу

У розділі виконано моделювання номінального режиму роботи високообертового двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) у програмному комплексі Блиц-PRO. Усі отримані під час розрахунків дані (табл. 2.2), які потребують контролювання входять у допустимі межі та цілком відповідають роботі даного типу двигуна на номінальному режимі.

					<i>KPM.142.6221м.01.02.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРИВАЛОСТІ ВПОРСКУВАННЯ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ДВИГУНА 8ЧН 10,3/9,9 ЗА РІЗНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ

3.1. Аналіз методів розрахунку характеристик тепловиділення

В зворотних термодинамічних циклах двигунів внутрішнього згоряння у цілому розглядають три способи підведення теплоти до робочого тіла:

- за постійного об'єму;
- за постійного тиску;
- змішаний підвід теплоти.

Саме закон підведення теплоти у циліндрі двигуна визначає вид процесу, від нього залежить й термодинамічна ефективність усього циклу.

У реальному циклі ДВЗ до робочого тіла підводиться та використовується на змінення внутрішньої енергії і здійснення роботи $Q_{\text{вик}}$ не вся теплота, що виділилася під час згоряння циклової дози палива $Q_{\text{вид}}$, а певна частина теплоти Q_w віддається в стінки циліндра:

$$Q_{\text{вик}} = Q_{\text{вид}} - Q_w.$$

Таким чином, теплоту, що підводиться до робочого тіла, називають використаною теплотою, а залежність виду $Q_{\text{вик}}(V)$ або $Q_{\text{вик}}(\varphi)$ – характеристикою використання теплоти, або характеристикою активного тепловиділення. Є очевидним, що вигляд характеристик тепловиділення обумовлюється закономірностями процесу згоряння циклової дози палива в робочому циліндрі та законом переміщення поршня.

З другої сторони, термодинамічна ефективність робочого циклу та його ККД напряму пов'язані із законом підведення теплоти до робочого тіла. Характеристики тепловиділення надають змогу оцінити та удосконалити процес згоряння з погляду термодинамічної ефективності робочого циклу. *У цьому і полягає головна причина широкого застосування характеристик тепловиділення у дослідженнях та під час доведення циклу двигуна.*

					КРМ.142.6221м.01.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У здебільшого у дослідженнях використовують не абсолютні характеристики тепловиділення, порівняння яких є малоефективним та малопоказовим, а відносні. Відносні характеристики отримують за допомогою ділення теплоти в довільній точці абсолютної характеристики тепловиділення на теплоту, що виділилася в результаті згоряння циклової дози палива $g_{т.ц.}$

Для вирішення завдань комп'ютерного моделювання процесів згоряння в дизелях наразі було розроблено та використовують три базові класи математичних моделей згоряння:

- 0-вимірні, однозонні моделі;
- квазі- багатовимірні, багатозонні моделі (феноменологічні);
- багатовимірні моделі.

У 0-вимірних моделях зміну параметрів робочого тіла розглядають тільки за часом τ , тобто $dx/dt = f(t)$ – швидкість тепловиділення є функцією тільки часу. Прикладами таких моделей є модель професора Вібе, що здобула найбільшу популярність та розповсюдженість, а також найперша розрахункова модель Гриневецького-Мазинга.

Серед відомих 0-вимірних моделей також слід згадати моделі:

– Ватсона (Watson), що використовує для опису швидкості тепловиділення алгебраїчні рівняння з емпіричними коефіцієнтами, які залежать від режиму роботи двигуна;

– Остена та Ліня (Austen & Lyn), яка використовує швидкість уприскування для розрахунку dx/dt ;

– методику Вошні (Woschni), що використовує для розрахунку індикаторної діаграми так званий фактор форми, що є відносною порцією палива, вприскуваного в циліндр за період затримки самозаймання;

– методики Шипінського (Shipinski) та Вайтхауза-Бея (Whitehouse & Way), що використовують закономірності випаровування палива для опису процесу згоряння.

Недоліками 0-вимірних моделей є неможливість врахування важливих чинників, які впливають на процес згоряння – форми КС, характеристики впорску-

					КРМ.142.6221м.01.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вання тощо, а також необхідність ідентифікації за експериментальними даними, яка має виконуватися перед тим, як виконувати розрахункові дослідження.

Квазі-багатовимірні, багатозонні (феноменологічні) моделі займають проміжну в плані обчислювальних ресурсів позицію, але забезпечують максимальну точність, що робить їх найперспективнішими для розв'язання оптимізаційних задач і параметричних досліджень.

Багатовимірні моделі дають змогу максимально повно описати процес, з огляду на його нестационарність, 3-х мірність, турбулентність, дифузію і випаровування тощо. Багатовимірні моделі закладені в таких програмних комплексах, як FIRE, KIVA, VECTIS, Star-CD. Недоліком багатовимірних моделей є їхня потреба у великих обчислювальних ресурсах, трудомісткість введення вихідних даних і недостатня опрацьованість (низька точність), що ускладнює параметричні дослідження та унеможлиблює розв'язування оптимізаційних задач.

На сьогоднішній день з існуючих багатозонних феноменологічних моделей згоряння в дизелі, найбільшу популярність здобула модель, запропонована Хіроясу. Схему поділу струменя на зони, або пакети, як їх називає сам Хіроясу, представлено на рис. 3.1. Струмінь ділиться на безліч зон, що мають свої характерні значення температури, об'єму, маси палива і повітря. Рух кожної зони описується рівняннями збереження імпульсу. Поздовжній поділ на зони здійснюється в міру впорскування нових елементарних порцій палива – L , у поперечному перерізі зони утворюються за умови рівномірного ділення тілесного кута в радіальному напрямку – M .

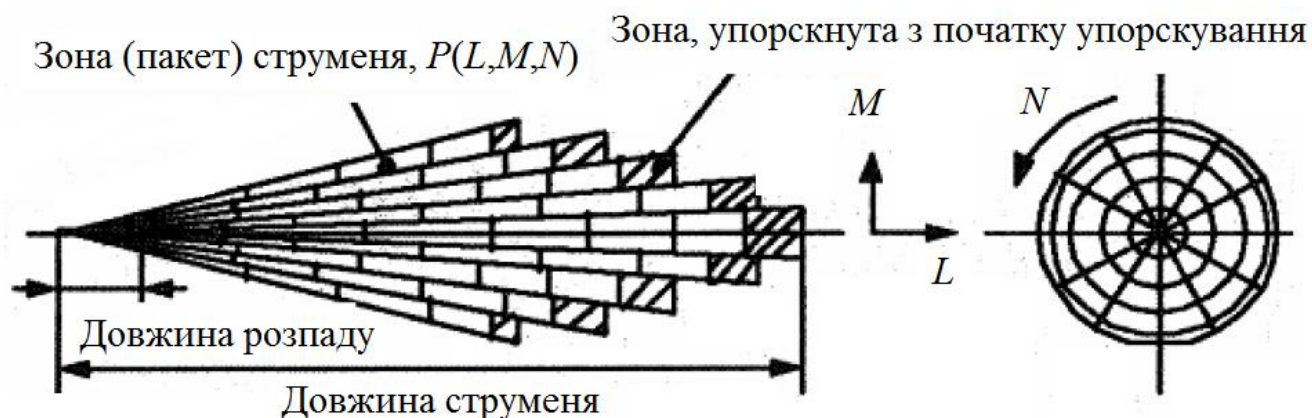


Рисунок 3.1 – Модель розвитку вільного струменя Хіроясу

Аналізуючи можливості моделі Хіроясу порівняно з можливостями моделей інших зарубіжних авторів, а також таку обставину, що модель Хіроясу де-факто витримала випробування часом й знайшла застосування в комерційних програмних продуктах, можна зробити висновок, що це найдосконаліша та найшвидкодійніша феноменологічна модель згоряння в дизелі з тих, що існують на сьогоднішній день. Конкуренцію їй може скласти лише модель Разлейцева.

Порівняльний аналіз двох моделей згоряння в дизелі показує наявність цілої низки переваг і недоліків у кожній із них.

1. Відсутність урахування впливу вихору на траєкторію руху струменя в моделі Разлейцева є серйозним недоліком, що обмежує сферу застосування моделі лише середньооборотними дизелями.

2. Знання локальних температур і концентрацій палива необхідне для коректного розрахунку емісії оксидів азоту і сажі, проте такі припущення моделі Хіроясу, як рівність маси палива в кожному пакеті та відсутність обміну краплями між пакетами ставлять під сумнів коректність розрахунку випаровування в пакетах переднього фронту струменя. Відомо, що передній фронт постійно оновлюється краплями, що підлітають із ядра струменя і були впорснуті пізніше, а частина раніше впорснутих крапель відстає, розсіюючись у розрідженій оболонці струменя.

3. Модель Разлейцева абстрагується від питання обміну краплями між зонами і приймає оціночний метод його розрахунку.

4. Форма пристінкового потоку сильно залежить від конфігурації стінок камери в поршні, і припущення про його круглу форму, обмежує застосування моделі Хіроясу для оптимізації форми КЗ.

5. Структурування ПП дає змогу врахувати значну різницю в умовах випаровування крапель, що летять високо від поверхні і близько до неї, а також врахувати осідання палива на поверхнях кришки циліндра і на дзеркалі. Детальне врахування структури пристінкового потоку є перевагою моделі Разлейцева.

6. Температура поршня дуже сильно впливає на умови випаровування ПП. Врахування впливу температури стінок на умови випаровування пристінкового потоку є сильною стороною моделі Разлейцева.

					<i>КРМ.142.6221м.01.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

7. Взаємодія струменів у тісних умовах КЗ за високих рівнів форсування істотно погіршує умови випаровування ПП. Неврахування цього ефекту звужує сферу застосовності обох моделей.

8. Інтенсивний вихор у КЗ продовжує свій вплив на ПП, який має суттєву товщину. Якщо це явище не враховувати, то форма ПП буде визначатися неправильно і взаємодія струменів також буде оцінена обома моделями неправильно.

9. Відсутність врахування ходу поршня обома моделями під час визначення місця зіткнення струменя зі стінкою може призвести до суттєвих помилок, якщо впорскування здійснюється дуже рано (РССІ процес), або навпаки дуже пізно, як це робиться в сучасних дизелях для зниження емісії оксидів азоту.

Наведений аналіз дає змогу зробити висновок про переваги моделі Разлейцева для розрахунку та оптимізації сучасних дизелів. Таким чином можна виділити дві основні методики визначення характеристик тепловиділення – це модель Разлейцева та Вібе на базі яких і буде проведено дослідження впливу тривалості впорскування на показники роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9.

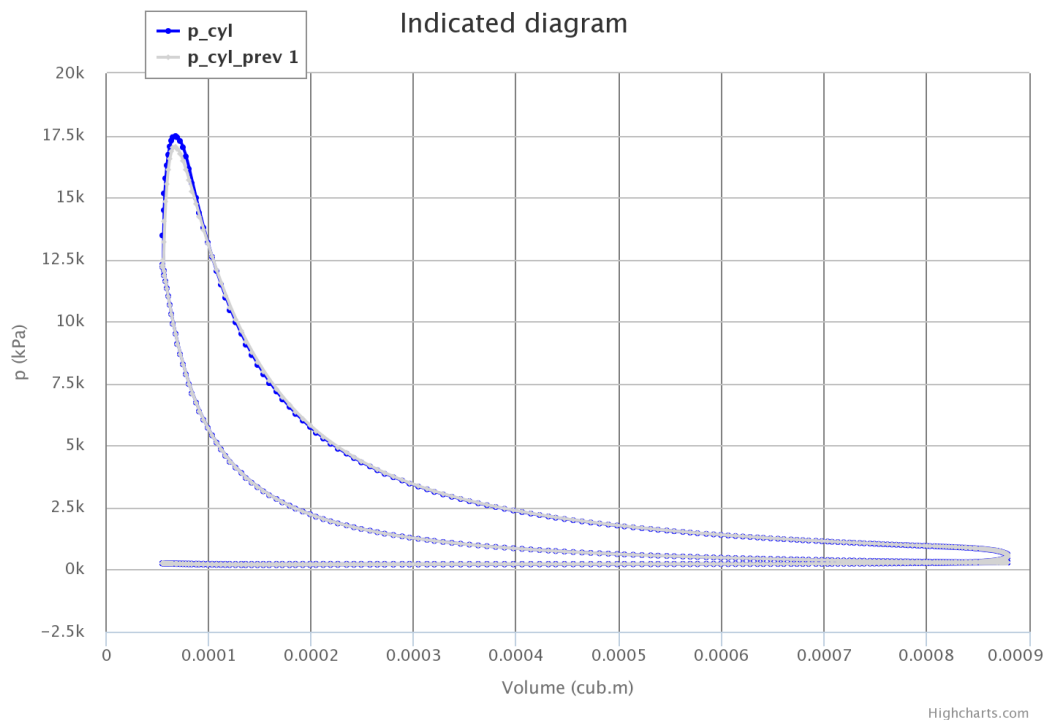
3.2. Дослідження впливу тривалості впорскування на показники роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9

Дослідження впливу тривалості впорскування на показники роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва *General Motors* виконується за допомогою програмного комплексу Blitz-Pro. Одночасно з визначенням раціонального значення тривалості впорскування пального розрахунки ведуться за допомогою різних методів – методом Вібе та за методикою Разлейцева. Для встановлення різниці результатів було проведено розрахунки номінального режиму роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9 за різною тривалістю впорскування палива. Діапазон тривалості впорскування пального у робочий циліндр обрано з 18° до 28° п.к.в. з інтервалом у 2° п.к.в.

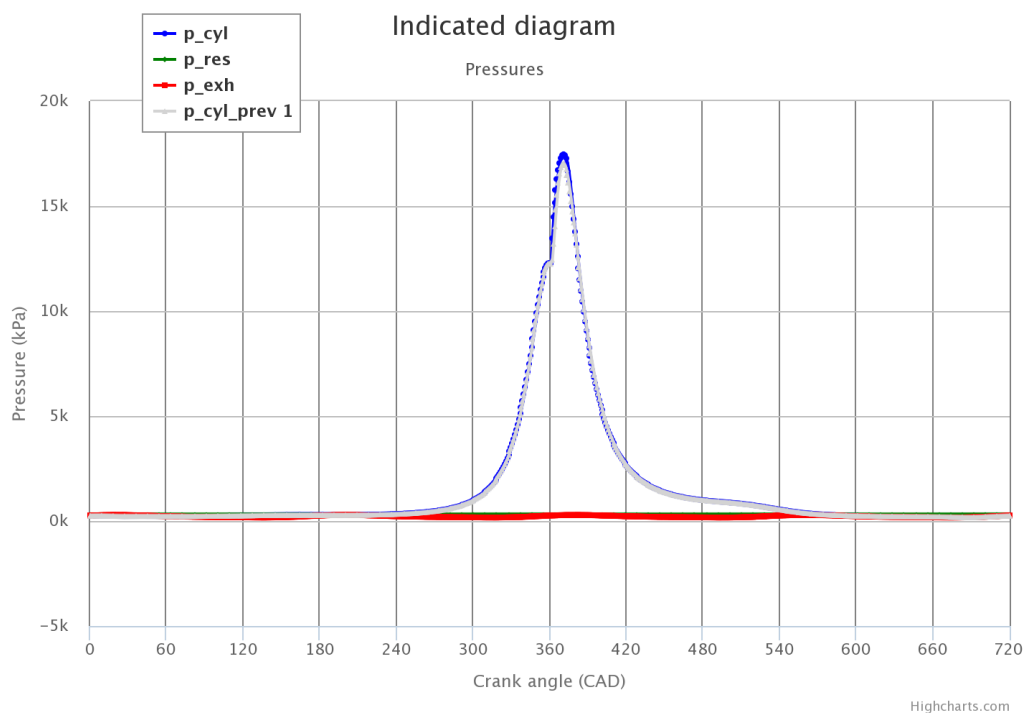
За результатами розрахунків двигуна 8ЧН 10,3/9,9 було отримано ряд індикаторних згорнутих і розгорнутих діаграм, залежностей тепловиділення та концентрації NO_x у відпрацьованих газах.

					<i>KPM.142.6221м.01.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Далі на залежностях рис. 3.2–3.15 результати отримані за методом Вібе вказані **сірим** (позначки з індексом **prev1**) кольором, а за методикою Разлейцева – **синім або чорним**.

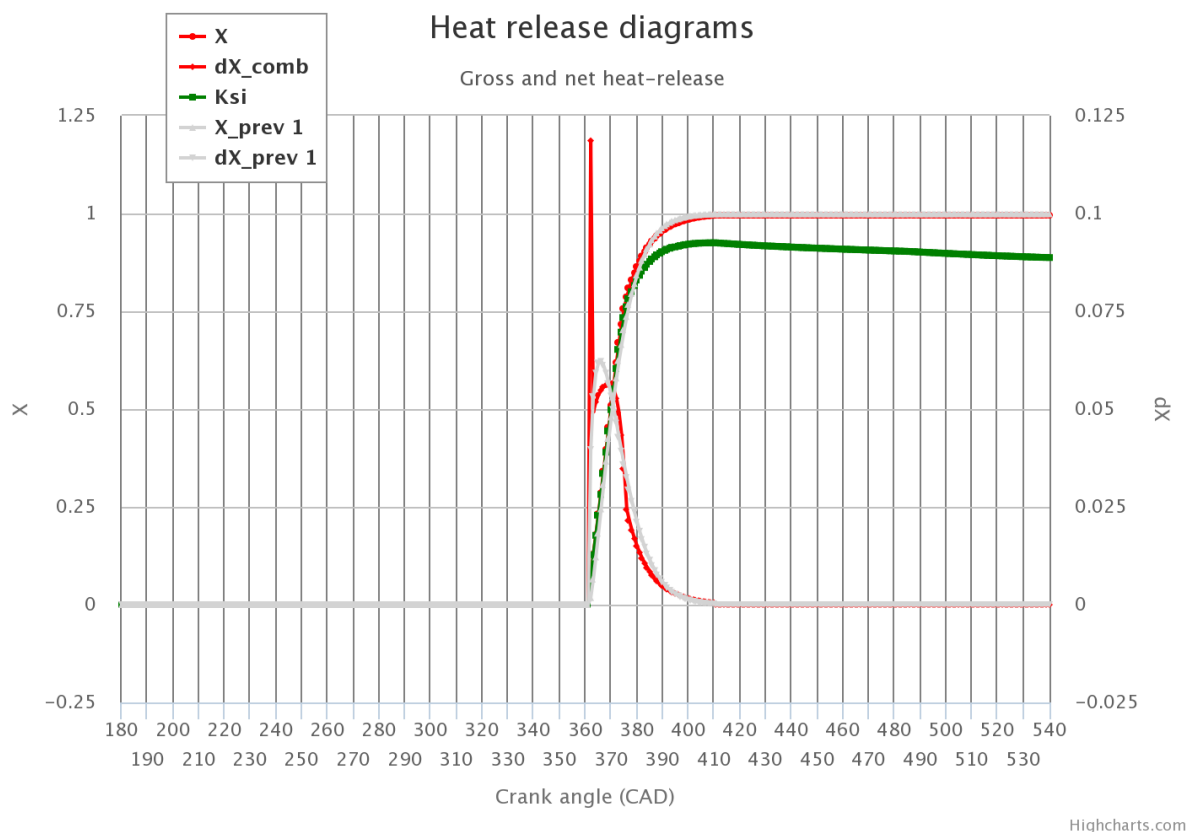


a

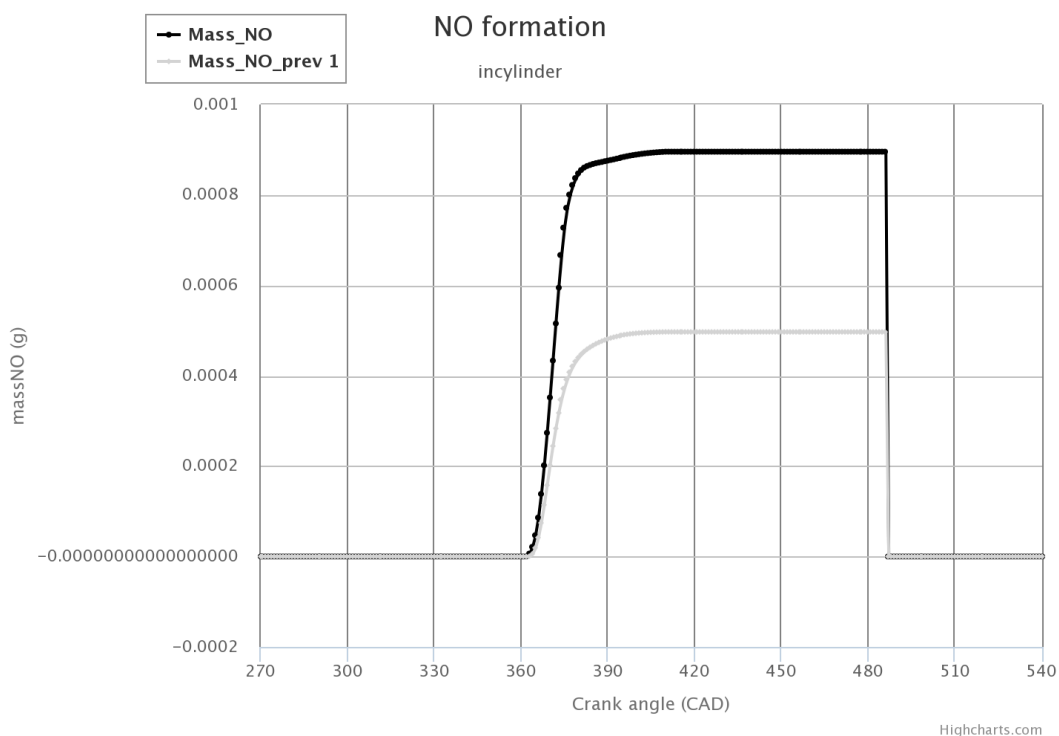


б

Рисунок 3.2 – Порівняння згорнутої (а) і розгорнутої (б) індикаторних діаграм, за методом Вібе та Разлейцева при тривалості впорскування – 18° п.к.в.



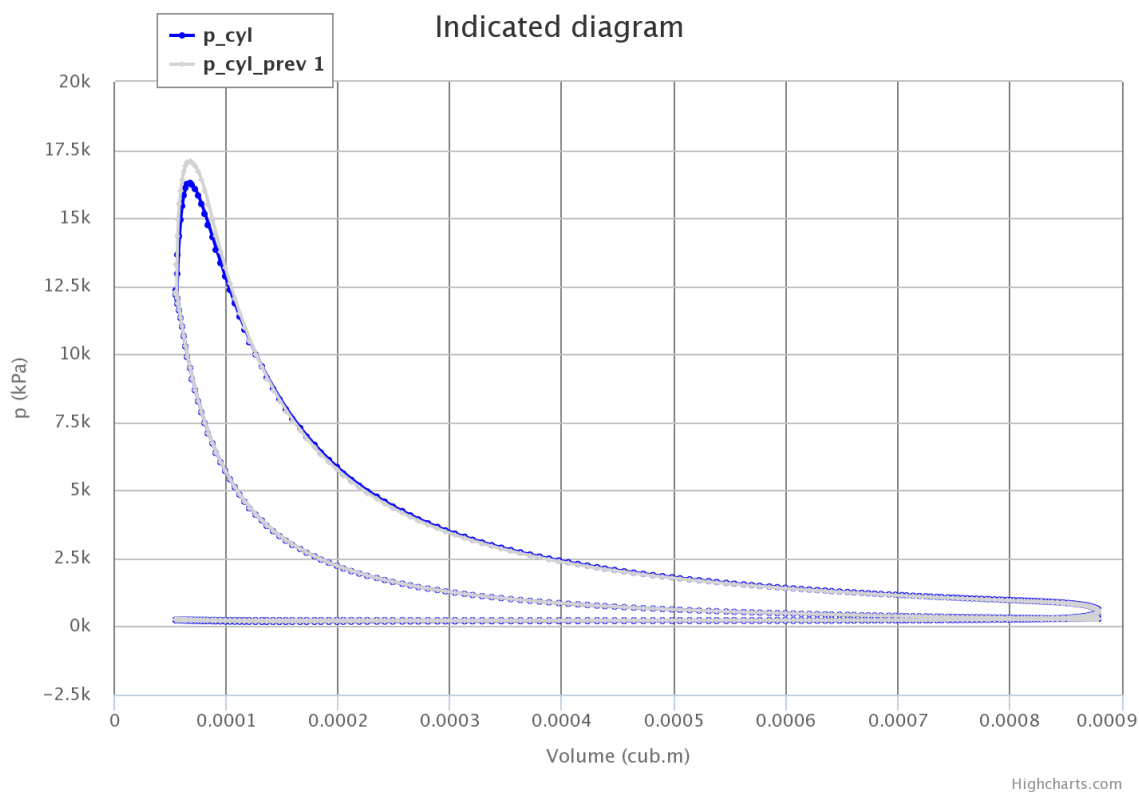
a



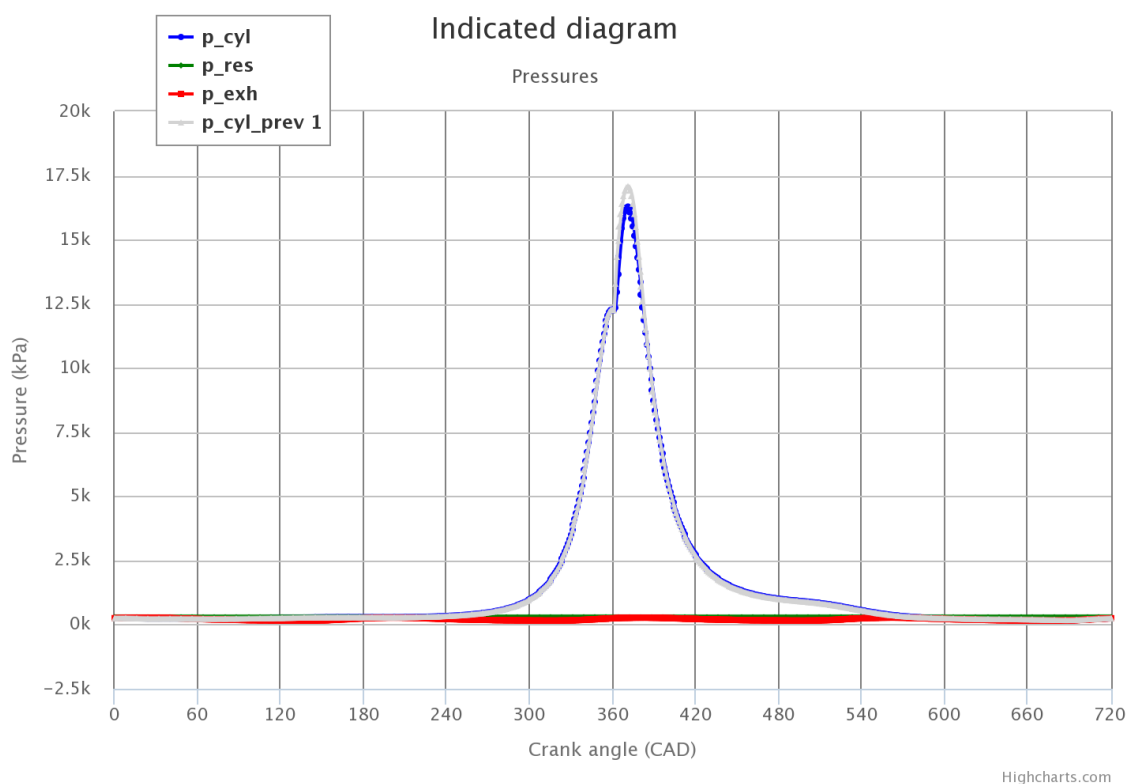
б

Рисунок 3.3 – Порівняння характеристик тепловиділення (*a*) і концентрації NO_x у відпрацьованих газах (*б*), за результатами розрахунків методом Вібе та методикою Разлейцева при тривалості впорскування 18° п.к.в.

					<i>KPM.142.6221м.01.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



a



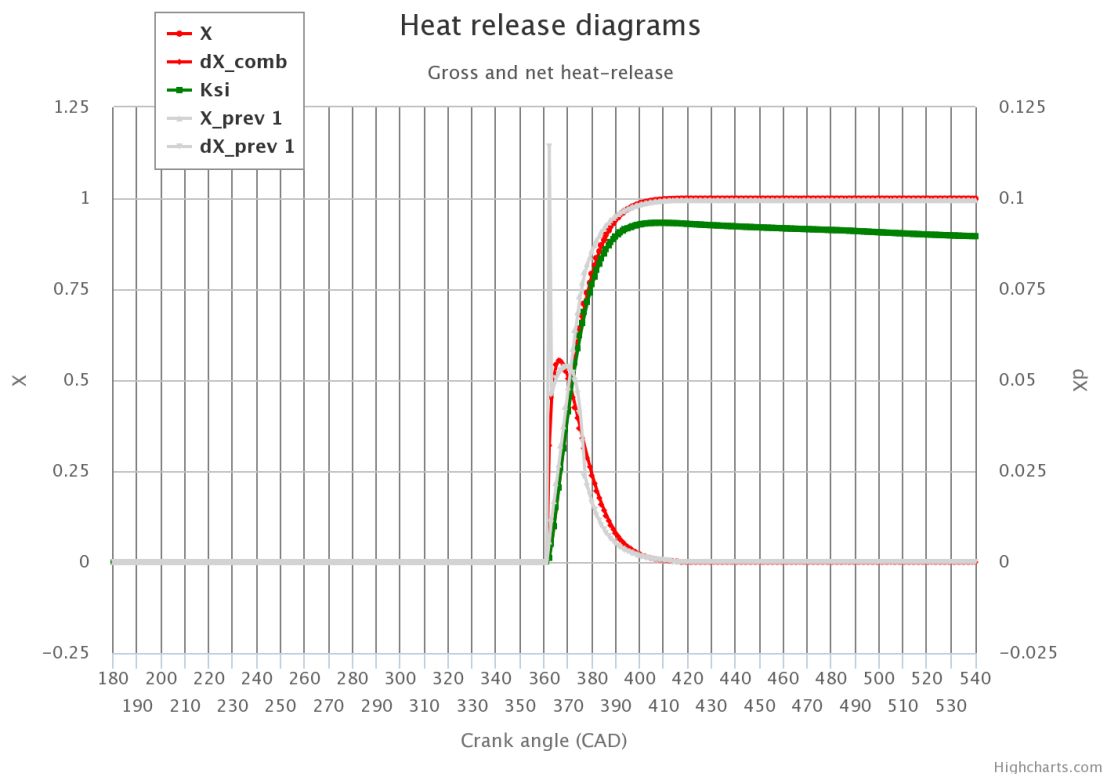
б

Рисунок 3.4 – Порівняння згорнутої (а) і розгорнутої (б) індикаторних діаграм, за методом Вібе та Разлейцева при тривалості впорскування – 20° п.к.в.

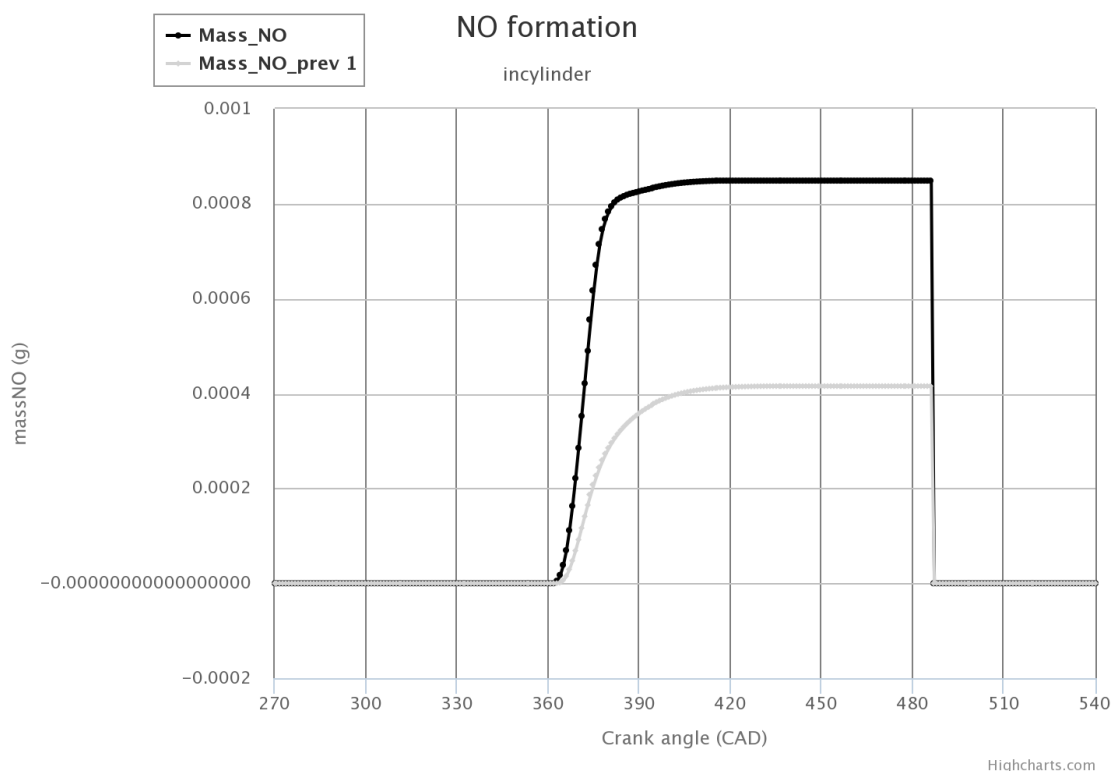
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6221м.01.03.ПЗ

Аркуш



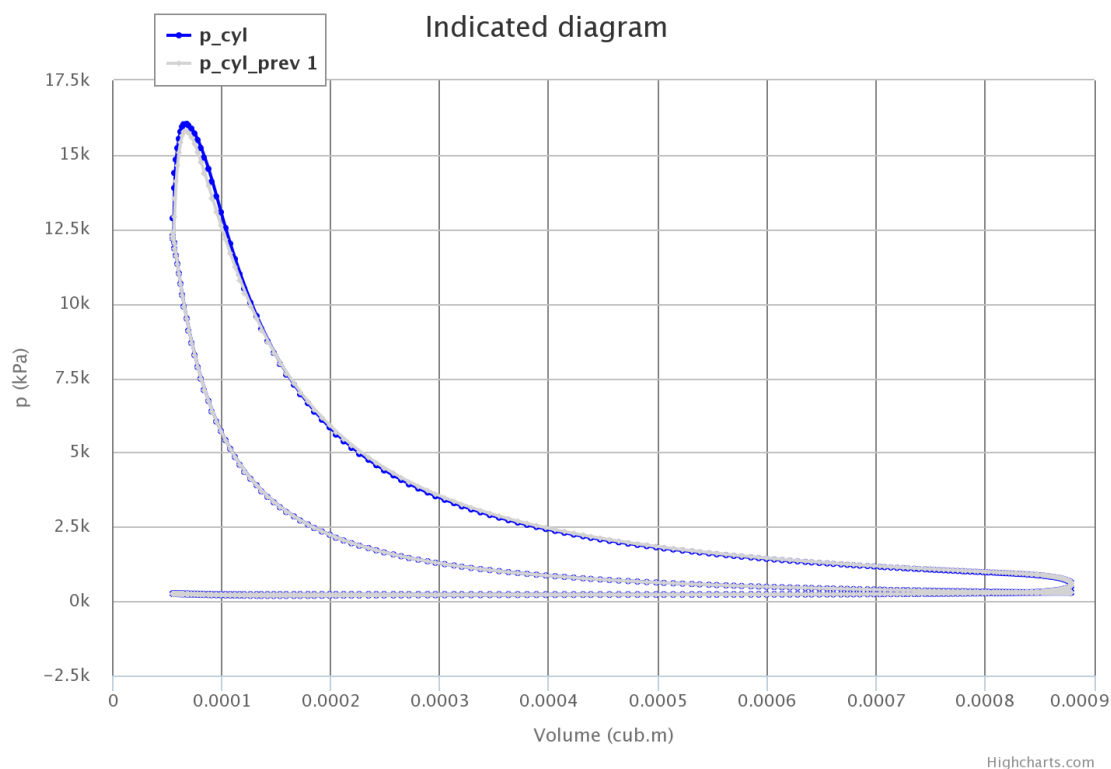
a



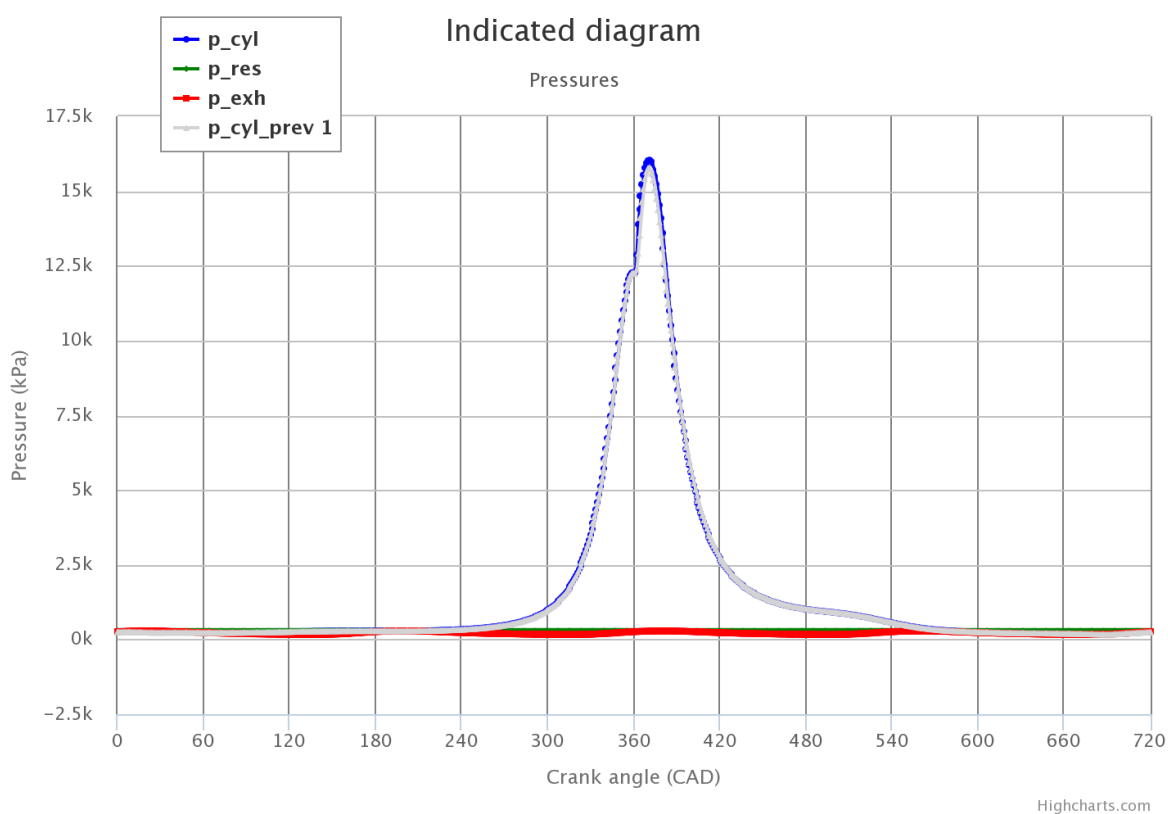
б

Рисунок 3.5 – Порівняння характеристик тепловиділення (*a*) і концентрації NO_x у відпрацьованих газах (*б*), за результатами розрахунків методом Вібе та методикою Разлейцева при тривалості впорскування 20° п.к.в.

					<i>KPM.142.6221м.01.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



a)



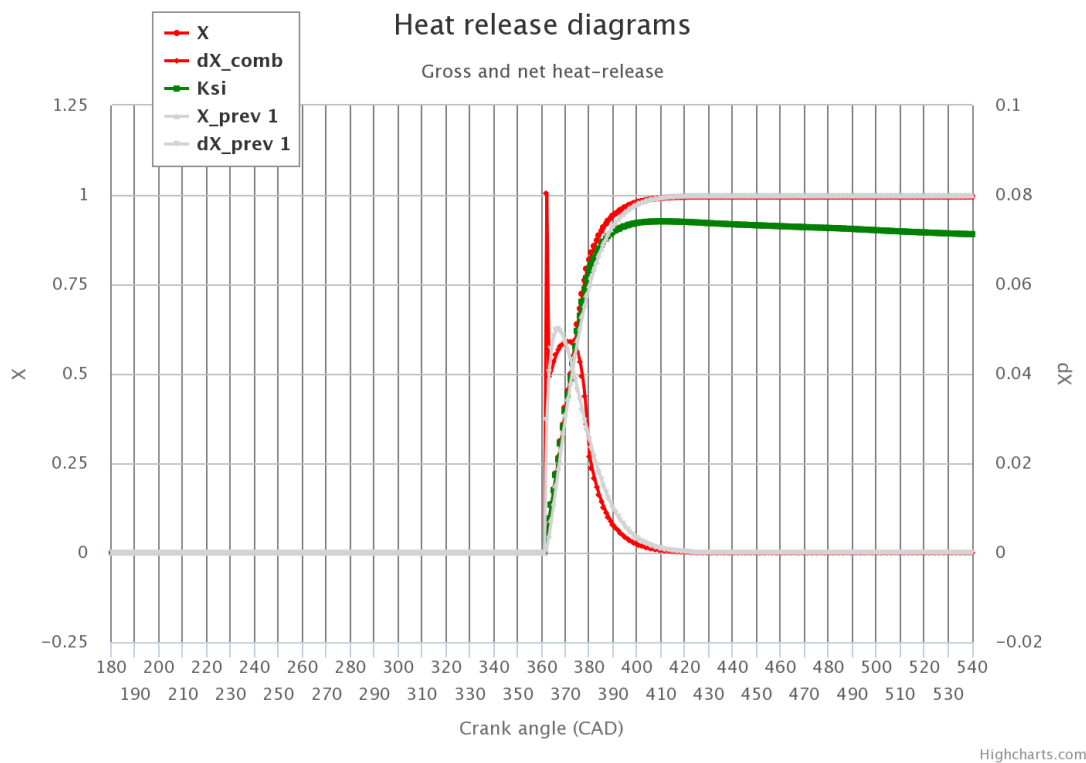
б

Рисунок 3.6 – Порівняння згорнутої (а) і розгорнутої (б) індикаторних діаграм, за методом Вібе та Разлейцева при тривалості впорскування – 22° п.к.в.

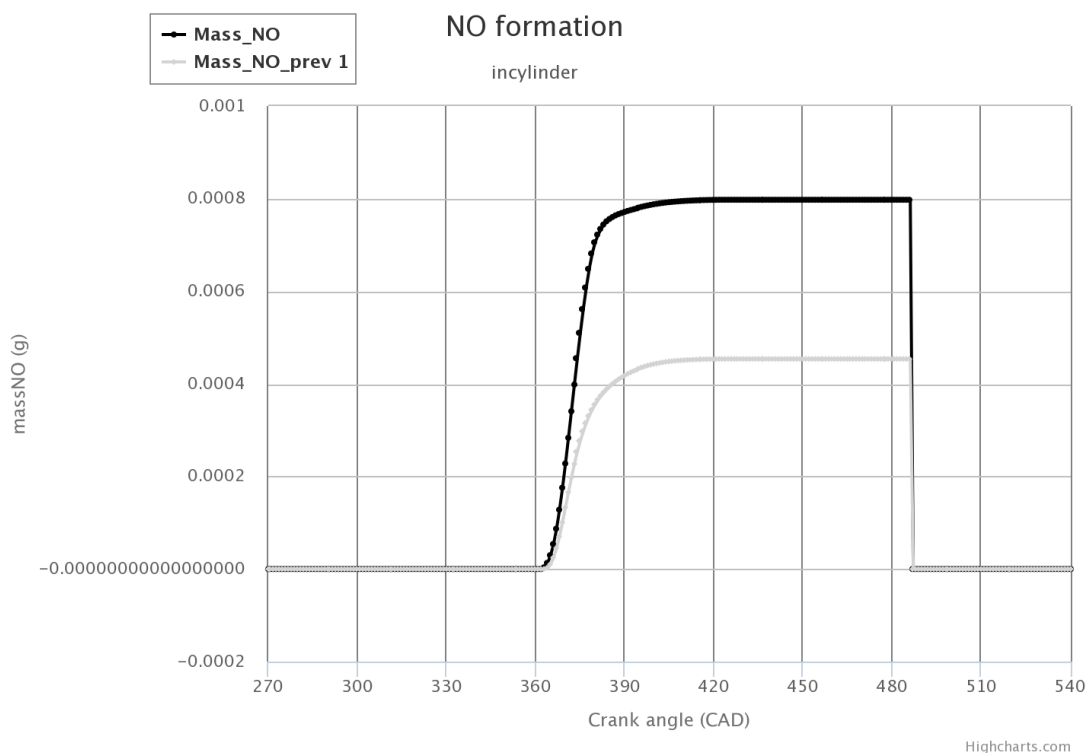
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6221м.01.03.ПЗ

Аркуш

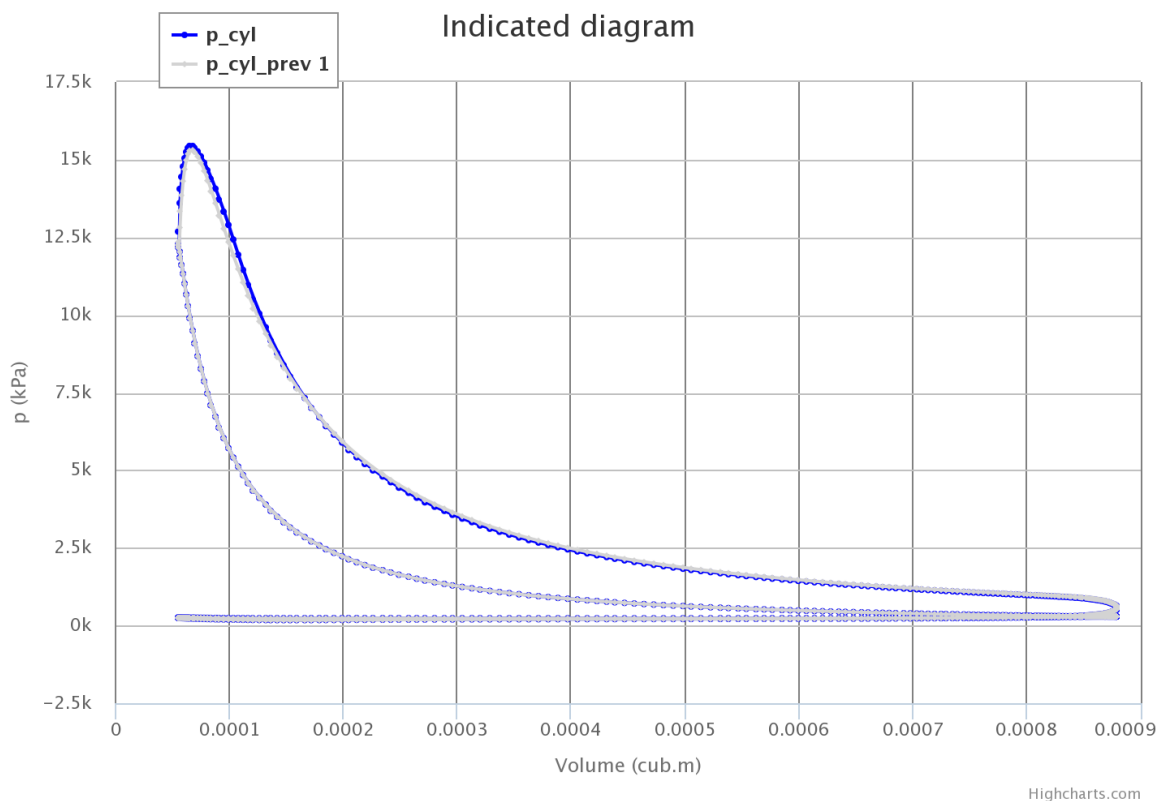


a

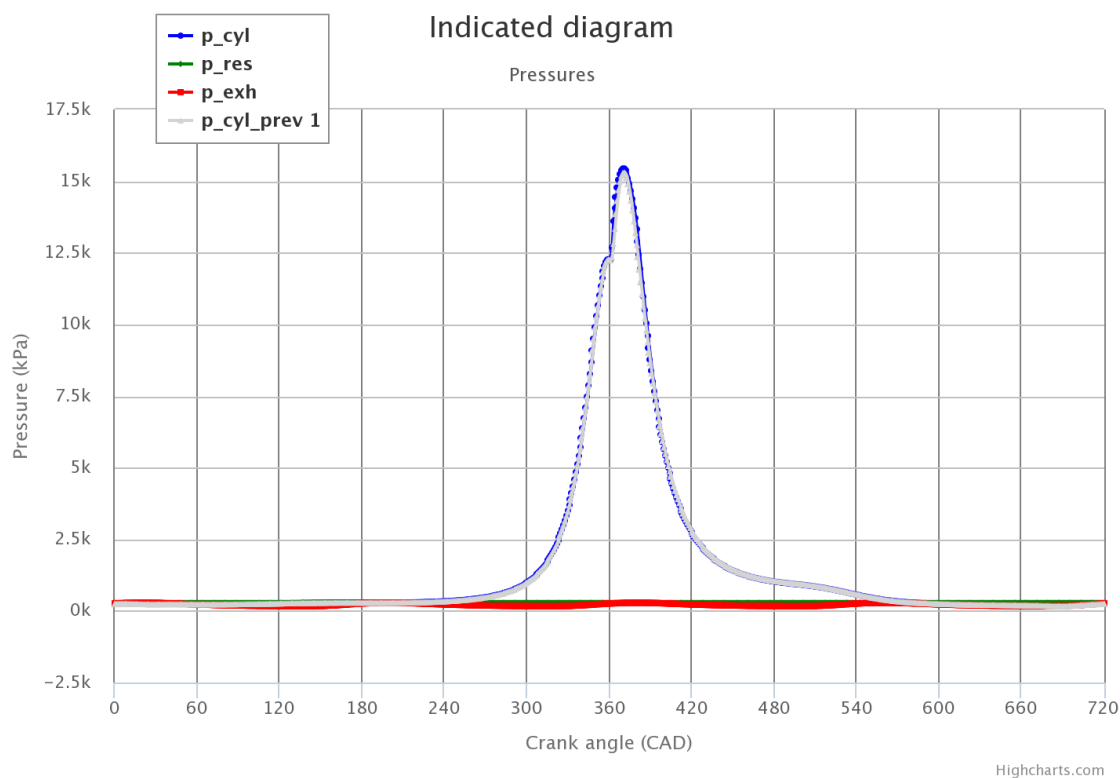


б

Рисунок 3.7 – Порівняння характеристик тепловиділення (*a*) і концентрації NO_x у відпрацьованих газах (*б*), за результатами розрахунків методом Вібе та методикою Разлейцева при тривалості впорскування 22° п.к.в.



a



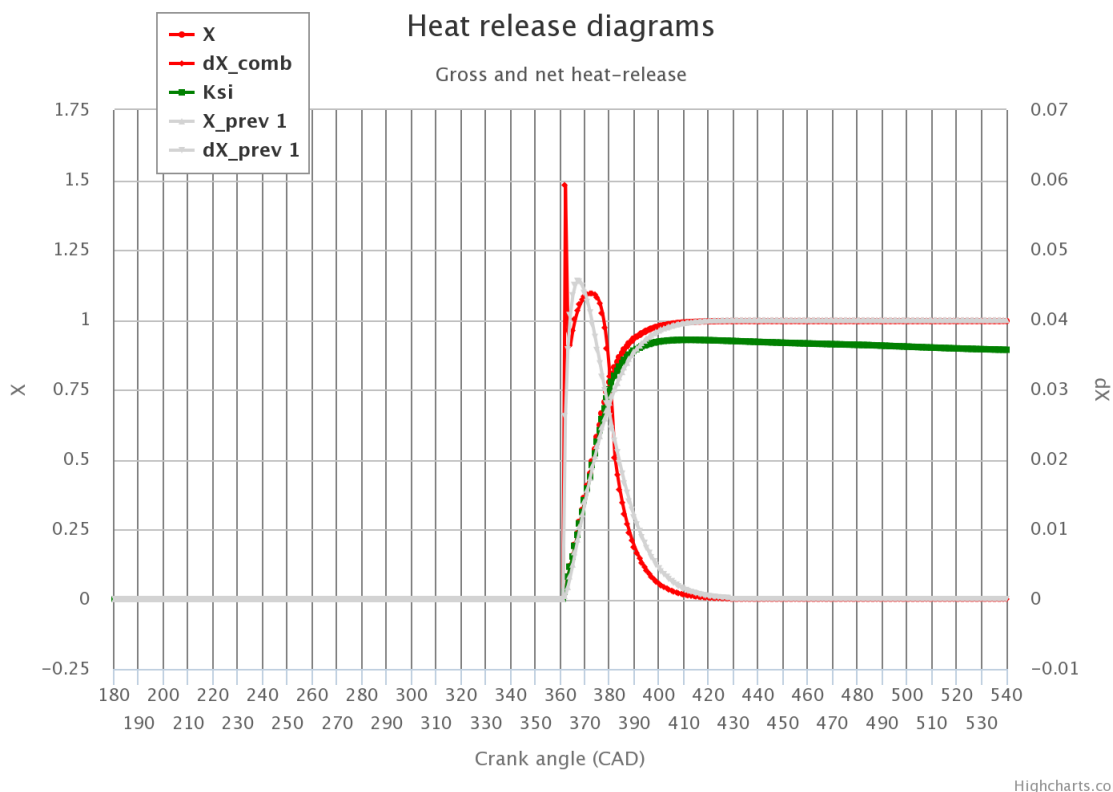
б

Рисунок 3.8 – Порівняння згорнутої (а) і розгорнутої (б) індикаторних діаграм, за методом Вібе та Разлейцева при тривалості впорскування – 24° п.к.в.

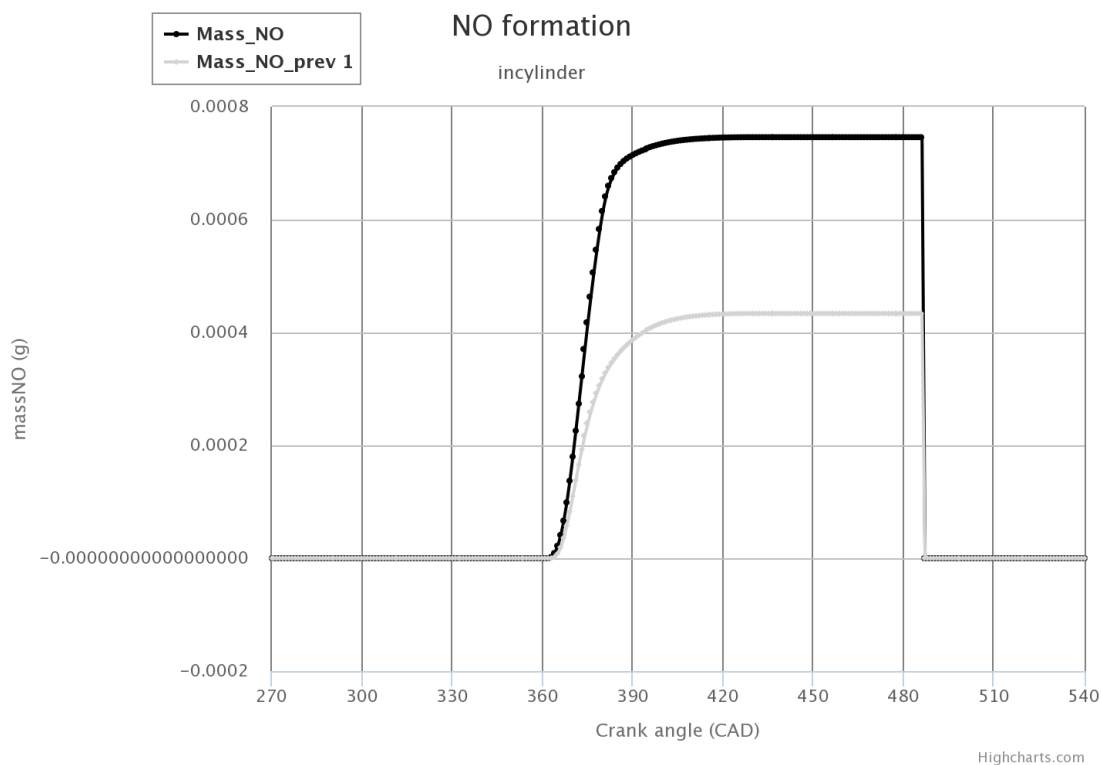
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6221м.01.03.ПЗ

Аркуш



a



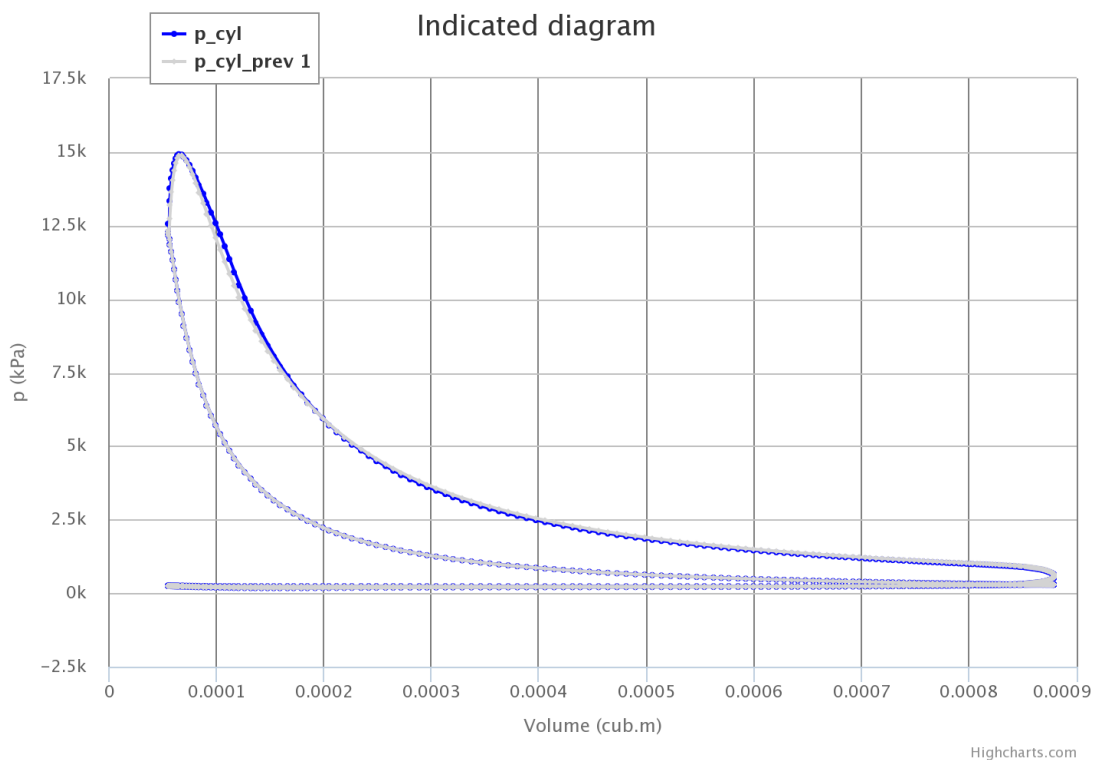
б

Рисунок 3.9 – Порівняння характеристик тепловиділення (*a*) і концентрації NO_x у відпрацьованих газах (*б*), за результатами розрахунків методом Вібе та методикою Разлейцева при тривалості впорскування 24° п.к.в.

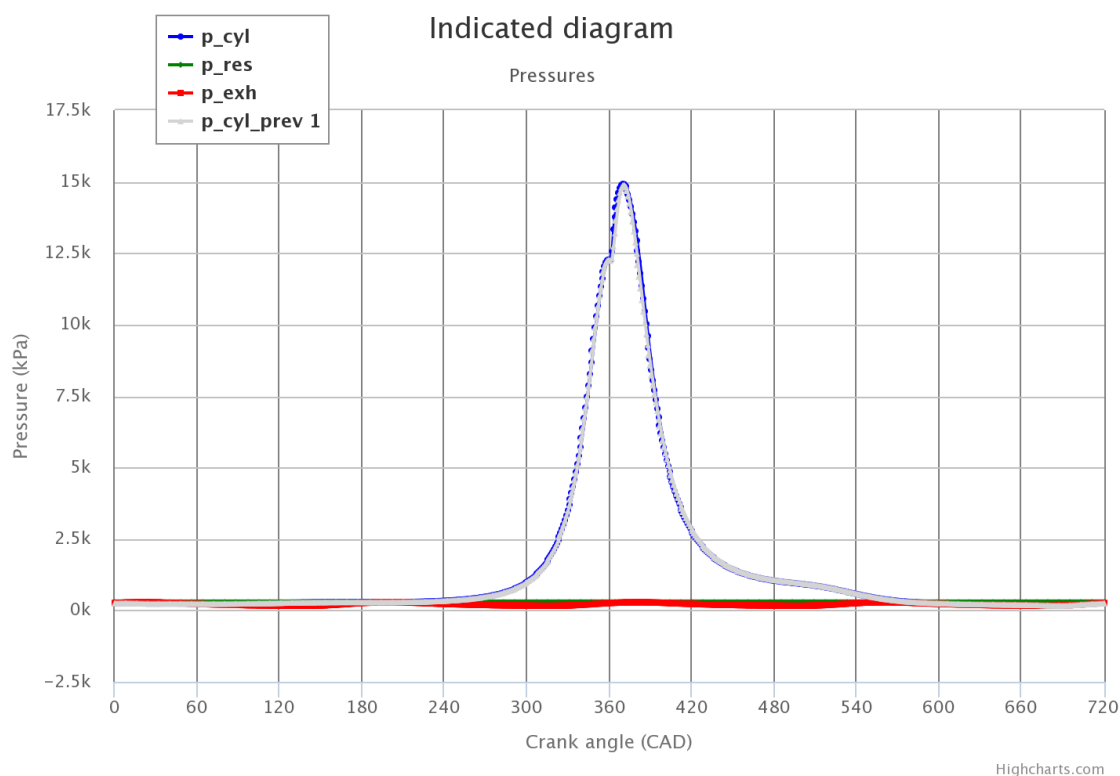
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6221м.01.03.ПЗ

Аркуш



a



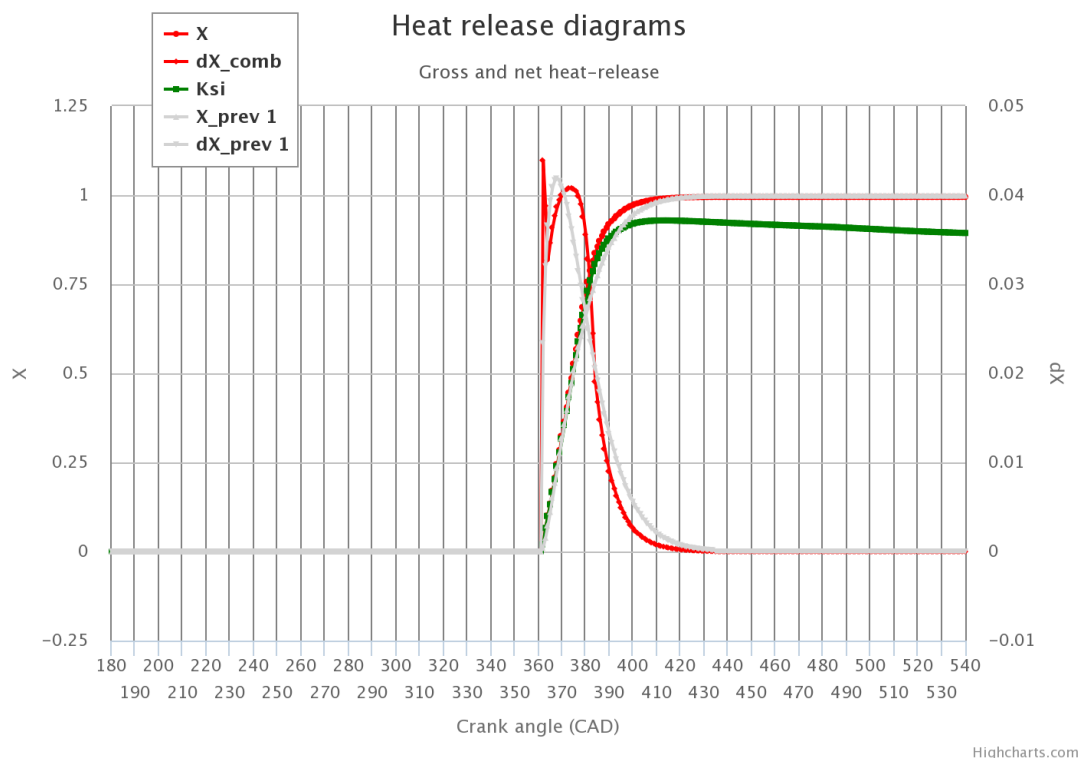
б

Рисунок 3.10 – Порівняння згорнутої (а) і розгорнутої (б) індикаторних діаграм, за методом Вібе та Разлейцева при тривалості впорскування – 26° п.к.в.

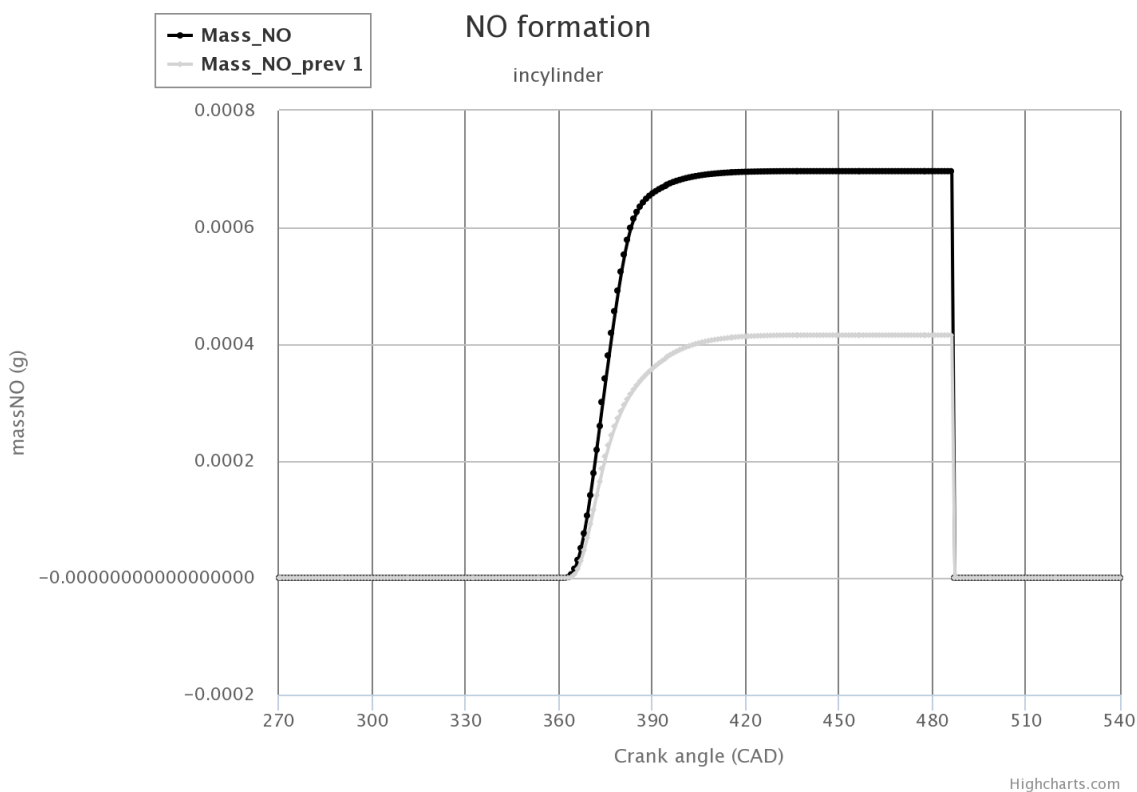
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6221м.01.03.ПЗ

Аркуш



a



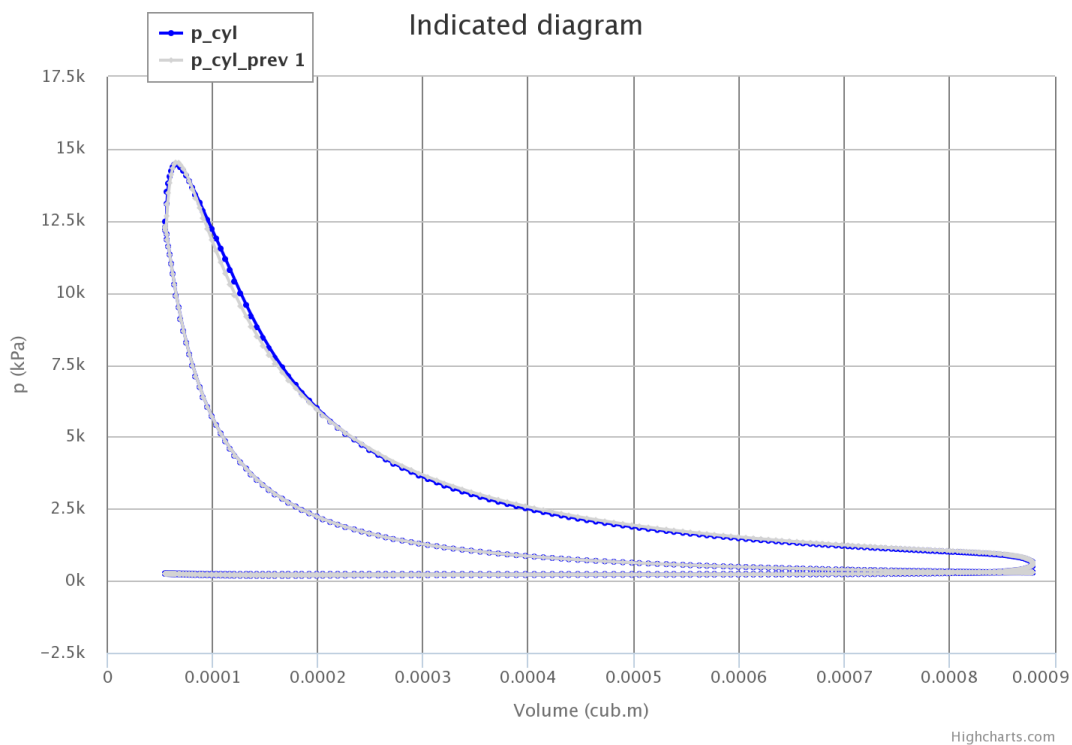
б

Рисунок 3.11 – Порівняння характеристик тепловиділення (а) і концентрації NO_x у відпрацьованих газах (б), за результатами розрахунків методом Вібе та методикою Разлейцева при тривалості впорскування 26° п.к.в.

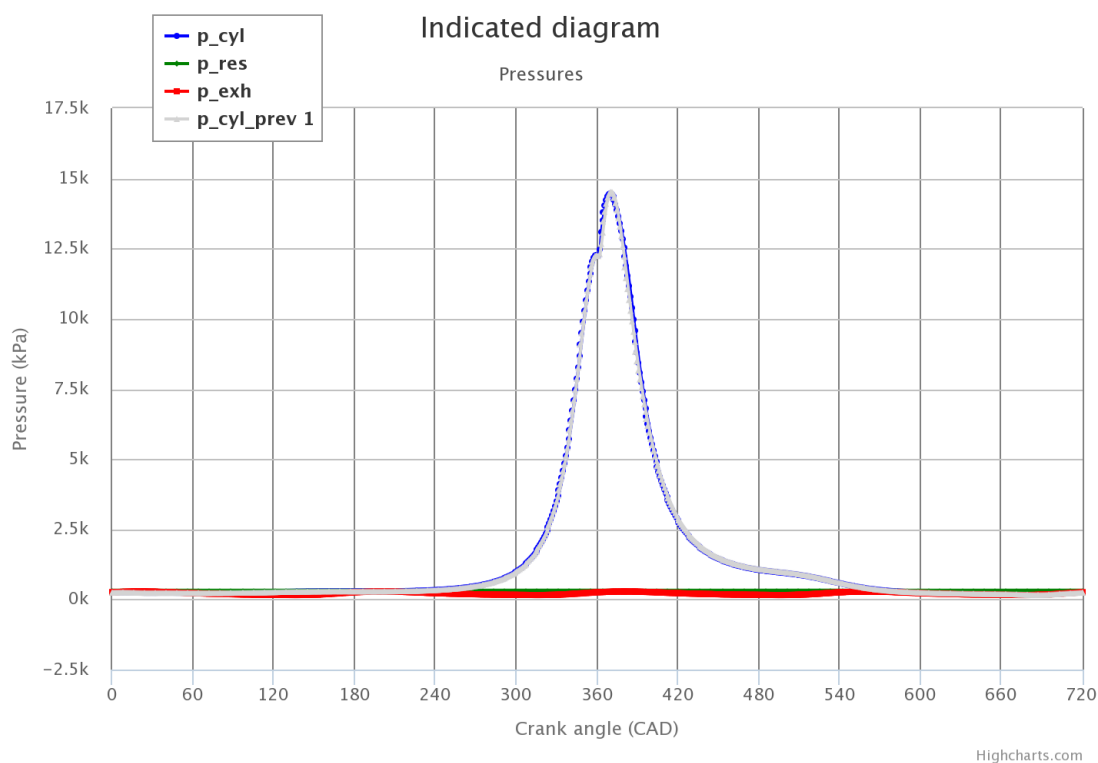
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6221м.01.03.ПЗ

Аркуш



a



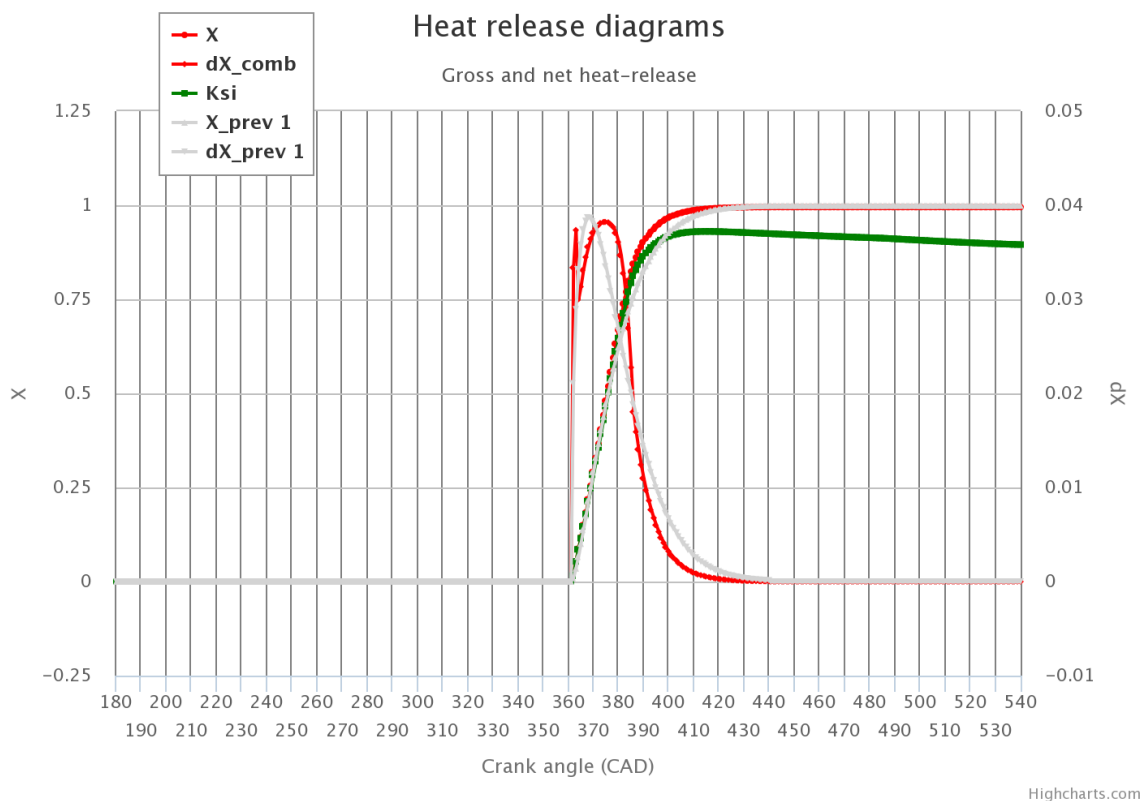
б

Рисунок 3.12 – Порівняння згорнутої (а) і розгорнутої (б) індикаторних діаграм, за методом Вібе та Разлейцева при тривалості впорскування – 28° п.к.в.

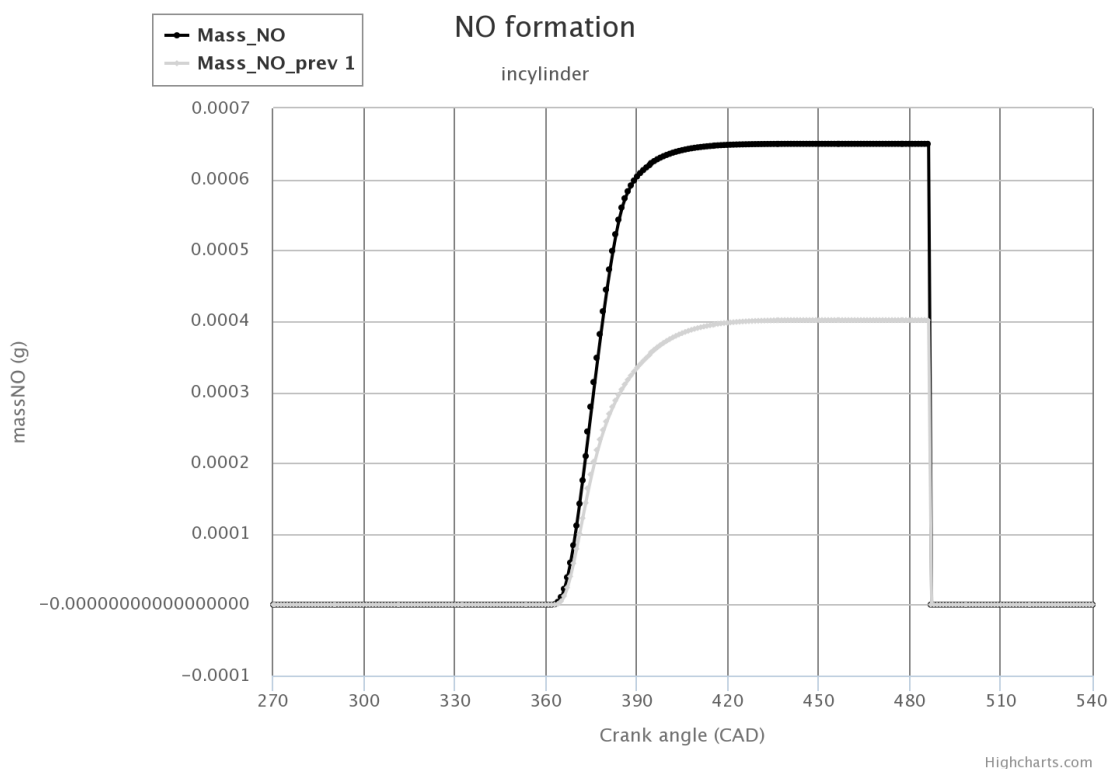
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6221м.01.03.ПЗ

Аркуш



a



б

Рисунок 3.13 – Порівняння характеристик тепловиділення (а) і концентрації NO_x у відпрацьованих газах (б), за результатами розрахунків методом Вібе та методикою Разлейцева при тривалості впорскування 28° п.к.в.

					<i>KPM.142.6221м.01.03.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На рис. 3.14 представлено порівняння жорсткості згоряння циклової дози палива в залежності від тривалості впорскування. Так можна зробити висновок о знижені жорсткості роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва *General Motors* за умов збільшення тривалості впорскування циклової дози палива. Одночасно зі зниженням жорсткості роботи знижується і питоме виділення NO (рис. 3.15).

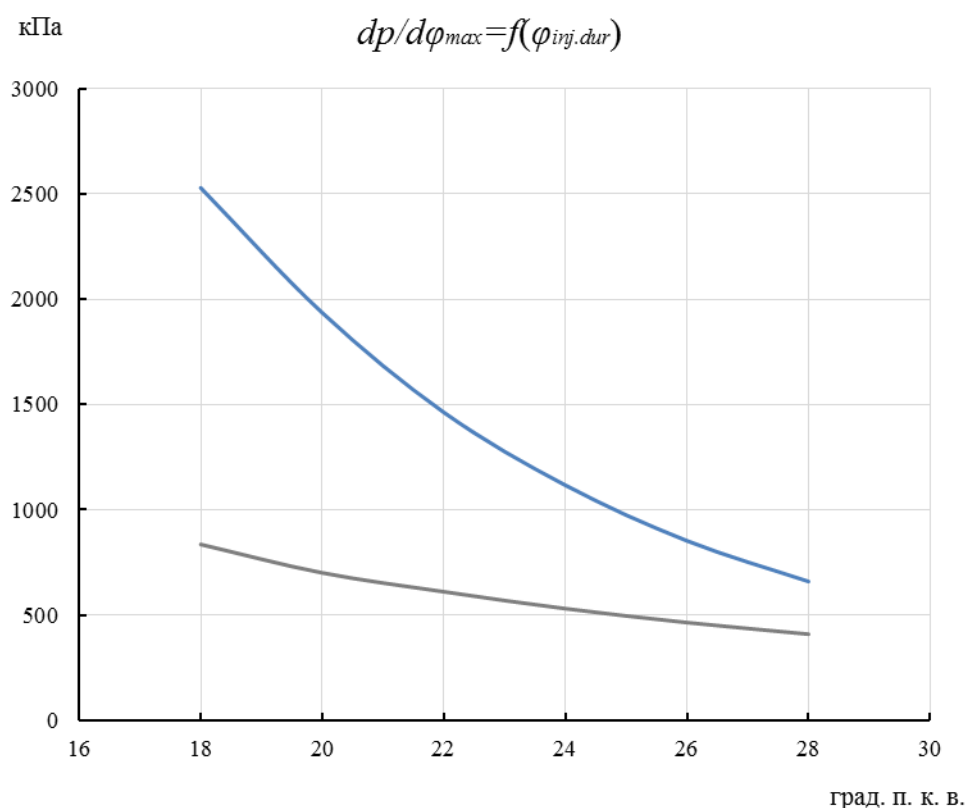


Рисунок 3.14 – Порівняння жорсткості згоряння циклової дози палива, за результатами розрахунків методом Вібе та методикою Разлейцева в залежності від тривалості впорскування

Збільшення тривалості впорскування циклової дози палива в значній мірі впливає на процес згоряння одночасно з позитивним ефектом у вигляді покращення екологічних показників та зниження жорсткості роботи знижується і потужність двигуна до 17 % (з 296 до 245 кВт). Таким чином при проектуванні двигуна необхідно варіювати між забезпеченням енергетичних і економічних показників двигуна та встановлених екологічних норм.

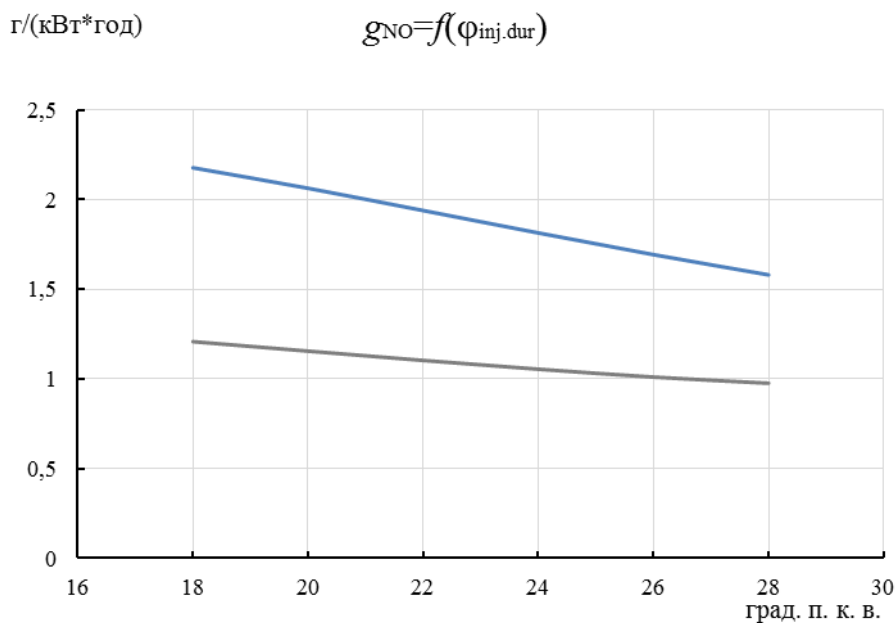


Рисунок 3.15 – Порівняння питомого виділення NO, за результатами розрахунків методом Вібе та методикою Разлейцева в залежності від тривалості впорскування

Також, за отриманими результатами дослідження можна зробити висновок, що обидві методики розрахунку характеристик тепловиділення досить точно описують робочий процес дизельного двигуна. Єдиною відмінністю є те, що жорсткість згоряння отримана за методикою Разлейцева є майже вдвічі більшою, ніж жорсткість за методом Вібе. Це обумовлене тим, що за методикою Разлейцева більш детально описується початок займання суміші, що і дає такі високі показники жорсткості, а також відповідно впливає на подальші розрахунки викидів NO_x у відпрацьованих газах, які за методикою Разлейцева майже вдвічі перевищують отримані результати розрахунків за методом Вібе.

Таким чином можна зробити загальний висновок, що методика Разлейцева є більш точною для розрахунку характеристик тепловиділення в робочому циклі двигунів з самозайманням.

Для забезпечення заданої потужності, зниження жорсткості згоряння та одночасного зменшення викидів NO_x у відпрацьованих газах можна використати триступеневе впорскування циклової дози палива. Розрахунки виконуються за ме-

тодікою Разлейцева програмним комплексом Blitz-Pro. Вихідні дані та результати розрахунків представлено у таблиці 3.1 та 3.2 відповідно.

Таблиця 3.1 – Початкові дані для розрахунку робочого циклу номінального режиму двигуна 8ЧН 10,3/9,9 за умов триступінчастого впорскування

№ з.п.	Познач.	Значення	Одиниця вимір.	Параметр
1	N_e	296	кВт	Ефективна потужність
2	n	3000	об/хв	Частота обертання
3	P_0	0,1	МПа	Тиск навколишнього середовища
4	T_0	20	К	Температура навколишнього середовища
5	P_k	0,287	МПа	Тиск повітря за компресором
6	ε	16	–	Ступень стискування
7	ΔP_{ox}	0,002	МПа	Втрати тиску в охолоднику повітря
8	η_o	0,8	–	ККД охолодника повітря
9	i	8	–	Число циліндрів
10	D_c	103	мм	Діаметр циліндра
11	S_c	99	мм	Хід поршня
12	λ	0,607	–	Кривошипно-шатунне відношення
13	m_s	1,8	кг	Маса деталей, що рухаються зворотно-поступово
14	m_r	4,2	кг	Маса деталей, що рухаються оберально
15	α	1,943	–	Коефіцієнт надлишку повітря при згорянні
16	Q_H	42800	кДж/кг	Нижча теплота згоряння палива
17	g_c	0,873	кг/кг	Масовий склад палива
18	g_h	0,127	кг/кг	Діаметр впускного клапану
19	g_s	0	кг/кг	
20	g_o	0	кг/кг	
21	$D_{int.v.}$	27,7	мм	
22	$d_{int.s}$	24,5	мм	Діаметр впускного каналу
23	$N_{int.v.}$	2	–	Кількість впускних клапанів
24	$h_{int.v}$	8	мм	Максимальний підйом впускного клапану
25	φ_{IVO}	15	град. п.к.в	Відкриття впускного клапану перед ВМТ
26	φ_{IVC}	55	град. п.к.в	Закриття впускного клапану після НМТ
27	$D_{exh.v.}$	26,2	мм	Діаметр випускного клапану
28	$d_{exh.s}$	23,5	мм	Діаметр випускного каналу
29	$N_{exh.v.}$	2	–	Кількість випускних клапанів
30	$h_{exh.v}$	7,5	мм	Максимальний підйом випускного клапану
31	φ_{EVO}	55	град. п.к.в	Відкриття випускного клапану перед НМТ
32	φ_{EVC}	25	град. п.к.в	Закриття випускного клапану після ВМТ

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку робочого циклу номінального режиму двигуна 8ЧН 10,3/9,9 за умов триступінчастого впорскування

№ з.п.	Познач.	Значення	Одиниця вимір.	Параметр
1	P_b	296,02	кВт	Ефективна потужність
2	n_{crank}	3000,00	об/хв	Частота обертів
3	α	1,94		Коефіцієнт надлишку повітря
4	q_f	0,09	г/цикл	Циклова доза палива
5	P_{fr}	51,46	кВт	Потужність, що втрачається на тертя
6	T_b	942,28	Н*м	Крутний момент
7	p_b	1794,31	кПа	Середній ефективний тиск
8	p_{fr}	311,89	кПа	Втрати середнього ефективного тиску
9	η_b	38,92	%	Ефективний ККД
10	η_m	83,49	%	Механічний ККД
11	b_b	216,12	г/(кВт·год)	Ефективна витрата пального
12	$P_{i.g}$	354,58	кВт	Індикаторна потужність
13	P_{pump}	-7,10	кВт	Насосна потужність
14	$p_{i.g}$	2149,21	кПа	Середній індикаторний тиск
15	η_i	46,62	%	індикаторна ефективність
16	b_i	180,43	г/(кВт·год)	індикаторна витрата пального
17	η_v	98,96	%	Об'ємний ККД
18	γ_r	1,89	%	Доля залишкових газів
19	p_{max}	16377,71	кПа	Максимальний тиск циклу
20	t_{max}	1586,17	С	Максимальна температура циклу
21	$t_{max, burned}$	2759,49	С	Максимальна температура циліндру в зоні згорівших газів
22	$t_{max, fresh}$	810,39	С	Максимальна температура циліндру в зоні свіжого заряду
23	p_c	13794,21	кПа	Тиск горіння
24	t_c	1039,18	С	Температура горіння
25	$p_{exh.op}$	1082,47	кПа	Тиск під час випуску
26	$t_{exh.op}$	1173,99	С	Температура під час випуску
27	p_k	287,83	кПа	Тиск за компресором
28	t_k	173,46	С	Температура за компресором
29	p_s	284,02	кПа	Тиск в ресивері
30	t_s	56,90	С	Температура в ресивері
31	p_t	291,89	кПа	Тиск вихлопних газів
32	t_t	649,65	С	Температура вихлопних газів
33	$\Delta p_{res.fr}$	0,81	кПа	Втрати тиску в ресивері
34	$\Delta p_{exh.fr}$	1,99	кПа	Втрати тиску в випускному колекторі
35	p_{zt}	105,03	кПа	Тиск за турбіною
36	t_{zt}	511,82	С	Температура газів за турбіною
37	$\varphi_{comb.start1}$	360,80	п.к.в.	Початок горіння палива
38	φ_{comb1}	37,31	п.к.в.	Тривалість горіння палива
39	$\varphi_{comb.start2}$	366,80	п.к.в.	Початок горіння для другого впорскування палива
40	φ_{comb2}	47,82	п.к.в.	Тривалість горіння для другого впорскування палива
41	$\varphi_{comb.start3}$	375,80	п.к.в.	Початок горіння для третього впорскування

				палива
42	φ_{comb3}	46,69	п.к.в.	Тривалість горіння для третього впорскування палива
43	$dp/d\varphi_{max}$	1195,83	кПа/п.к.в.	Жосткість горіння
44	$\varphi_{inj,dur}$	4,50	п.к.в.	Тривалість впорскування палива на першій фазі
45	$\varphi_{inj,start}$	357,00	п.к.в.	Початок впорскування палива на першій фазі
46	d_{32}	7,12	мкм	Розмір крапель пального в струмені
47	φ_i	3,77	п.к.в.	Затримка займання палива
48	p_{inj}	196,42	кПа	Тиск впорскування пального на першій фазі
49	$\varphi_{inj,dur}$	9,20	п.к.в.	Тривалість впорскування палива на другій фазі
50	$\varphi_{inj,start}$	364,00	п.к.в.	Початок впорскування палива на другій фазі
51	d_{33}	7,12	мкм	Розмір крапель пального в струмені
52	φ_i	2,77	п.к.в.	Затримка займання палива
53	p_{inj}	197,63	кПа	Тиск впорскування пального на другій фазі
54	$\varphi_{inj,dur}$	5,10	п.к.в.	Тривалість впорскування палива на третій фазі
55	$\varphi_{inj,start}$	374,00	п.к.в.	Початок впорскування палива на третій фазі
56	d_{34}	7,15	мкм	Розмір крапель пального в струмені
57	φ_i	1,76	п.к.в.	Затримка займання палива
58	p_{inj}	194,76	кПа	Тиск впорскування пального на третій фазі
59	$[CO]_{cyl}$	67,68	ppm	Концентрація СО на випускному каналі
60	$[CO]_{exh}$	67,65	ppm	Концентрація СО в випускному колекторі
61	$[NO]_{cyl}$	502,23	ppm	Концентрація NO на випускному каналі
62	$[NO]_{exh}$	502,01	ppm	Концентрація NO в випускному колекторі
63	g_{NO}	3,23	г/(кВт*год)	Питома кількість NOx в випускних газах
64	$[C]_{cyl}$	0,002	г/м ³	Концентрація сажі на випускному каналі
65	$[C]_{n.cyl}$	0,0003	г/м ³	Концентрація сажі на випускному каналі відносно н. у.
66	$[C]_{n.cyl.Bosch}$	0,01	bosch units	Концентрація сажі при н. у.
67	$[C]_{n.cyl.Hartrige}$	0,14	HSU (%)	Концентрація сажі на випускному каналі відносно н. у.
68	G_{int}	0,49	кг/с	Масова витрата повітря через впускні канали
69	G_{exh}	0,49	кг/с	Масова витрата повітря через випускні канали
70	G_{turb}	0,49	кг/с	Масова витрата газів на турбіні
71	$t_{w.head}$	330,10	С	Температура стінки кришки циліндра
72	$t_{w.pist}$	481,17	С	Температура гарячої поверхні поршня
73	$t_{w.pist.cool}$	392,42	С	Температура холодної поверхні поршня
74	$t_{w.liner}$	199,98	С	Температура стінки циліндру
75	$[C]_{n.cyl}$	0,00	г/м ³	Концентрація сажі на випускному каналі відносно н. у.
76	$[C]_{n.cyl.Bosch}$	0,01	bosch units	Концентрація сажі при н. у.
77	$[C]_{n.cyl.Hartrige}$	0,14	HSU (%)	Концентрація сажі на випускному каналі відносно н. у.
78	G_{int}	0,49	кг/с	Масова витрата повітря через впускні канали
79	G_{exh}	0,49	кг/с	Масова витрата повітря через випускні канали
80	G_{turb}	0,49	кг/с	Масова витрата газів на турбіні

81	$t_{w.head}$	330,10	С	Температура стінки кришки циліндра
82	$t_{w.pist}$	481,17	С	Температура гарячої поверхні поршня
83	$t_{w.pist.cool}$	392,42	С	Температура холодної поверхні поршня
84	$t_{w.liner}$	199,98	С	Температура стінки циліндру
85	$t_{w.int}$	66,37	С	Температура стінки ресиверу
86	$t_{w.exh}$	648,91	С	Температура стінки випускного колектору
87	t_{result}	756,96	С	Внутрициліндрова результуюча температура
88	$t_{exh.result}$	661,33	С	Результуюча температура випускного колектору
89	$\alpha_{m.gas}$	0,88	кВт/(м ² ·К)	Коефіцієнт тепловіддачі циліндру
90	$\alpha_{m.exh}$	2,22	кВт/(м ² ·К)	Результуючий коефіцієнт тепловіддачі випускного колектору
91	Π_{turb}	2,73		Коефіцієнт падіння тиску в турбіні
92	$G_{cmpr.ref}$	0,47	кг/с	Витрата повітря на компресорі
93	$n_{cmpr.ref}$	141238,37	об/хв	Частота обертання компресору
94	ε_{act}	14,37		Фактичний ступінь стиснення
95	P_{cmpr}	74,22	кВт	Потужність компресору
96	P_{turb}	73,28	кВт	Потужність турбіни
97	$\eta_{cmpr.ad}$	68,85	%	Адіабатний ККД компресора
98	$\eta_{e.t}$	63,99	%	ККД турбіни
99	n_{cmpr}	139616,59	об/хв	Частота обертання турбокомпресору
100	μ_{Ft}	862,00	мм ²	Еквівалентний прохідний перетин турбіни
101	Q_{fuel}	760,82	кВт	Теплота, що виділяється при згорянні палива
102	Q_{fuel}	61,50	кВт	Тепло, що відводиться водою зі стінок циліндру
103	$Q_{w.fr}$	38,59	кВт	Тепло від тертя, що відводиться водою
104	Q_w	100,09	кВт	Сумарна кількість тепла, що відводиться охолоджуючою водою
105	$Q_{oil.ht}$	18,52	кВт	Тепло що відводиться в мастило від стінок циліндра
106	$Q_{oil.fr}$	12,86	кВт	Тепло від тертя, що відводиться мастилом
107	Q_{oil}	31,38	кВт	Сумарна кількість тепла, що відводиться мастилом
108	Q_{CAC}	60,90	кВт	Тепло, відхилене в заряді охолоджувача повітря
109	Q_{EG}	270,25	кВт	Теплота відхідних газів
110	Q_{exh}	4,34	кВт	Охолодження випускного колектора
111	Q_{res}	-0,32	кВт	Охолодження ресиверу
112	Q_{sum}	763,31	кВт	Загальна кількість теплоти

Виходячи з отриманих результатів розрахунку робочого циклу номінального режиму двигуна 8ЧН 10,3/9,9 за умов триступінчастого впорскування забезпечується заданий рівень потужності, зменшується жорсткість роботи, дещо покращуються екологічні показники, а також знижується питома ефективна витрата палива на 2,2 г/(кВт·год).

3.3. Висновок до розділу

У розділі виконано аналіз різних методів розрахунку характеристик тепловиділення. Виділено дві основні методики визначення характеристик тепловиділення для розрахунку та оптимізації сучасних дизелів – модель Разлейцева та Вібе.

Проведено дослідження впливу тривалості впорскування на показники роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва General Motors за різних методів розрахунку характеристик тепловиділення.

Встановлено, що обидві досліджувані методики розрахунку характеристик тепловиділення досить точно описують робочий процес дизельного двигуна. Визначено, що головною відмінністю є те, що жорсткість згоряння отримана за методикою Разлейцева є майже вдвічі більшою, ніж жорсткість за методом Вібе. Такий результат обумовлений тим, що за методика Разлейцева більш детально описує початок займання суміші, що і обумовлює такі високі показники жорсткості, а також відповідно впливає на подальші розрахунки викидів NO_x у ВГ, які за методикою Разлейцева майже вдвічі перевищують отримані результати розрахунків за методом Вібе. Відповідно методика Разлейцева є більш точною для розрахунку характеристик тепловиділення дизелів.

Встановлено, що за умов збільшення тривалості впорскування циклової дози палива (з 18 до 28° п.к.в.) відбувається знижені жорсткості роботи двигуна (з 2,5 до 0,71 МПа). Одночасно зі зниженням жорсткості роботи знижується і питоме виділення NO (з 2,2 до 1,6 г/кВт·год). Однак одночасно з позитивним ефектом у вигляді покращення екологічних показників та зниження жорсткості роботи знижується і потужність двигуна до 17 % (з 296 до 245 кВт).

Для забезпечення заданої потужності, зниження жорсткості згоряння та одночасного зменшення викидів NO_x у ВГ запропоновано застосувати на двигуні триступінчасте впорскування.

Визначено, що використання на двигуні 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) триступінчастого впорскування дозволяє забезпечити заданий рівень потужності (296 кВт), зменшити жорсткість роботи, дещо покращити екологічні показники, а також знизити питому ефективну витрату палива на 2,2 г/(кВт·год).

					КРМ.142.6221м.01.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

ДВИГУНА 8ЧН 10,3/9,9

У результаті проведених досліджень параметрів впорскування на показники роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва General Motors було запропоновано використання триступінчастого впорскування, яке дозволило забезпечити заданий рівень потужності у 296 кВт, зменшити жорсткість його роботи, покращити екологічні показники, а також знизити питому ефективну витрату палива на 2,2 г/(кВт·год).

Таким чином, метою розділу є аналіз та розрахунок економічної доцільності від застосування на двигуні 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) триступінчастого впорскування, а також визначення приблизного часу окупності модернізованого двигуна.

У таблиці 4.1 наведено базові техніко-економічні показники високообертового дизеля 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва General Motors та його модернізованої версії зі триступінчастим впорскуванням.

Таблиця 4.1 – Базові техніко-економічні показники та параметри двигуна прототипу та модернізованого дизеля 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML)

Найменування показників	Позначення	Розмірність	Базовий двигун	Модернізований двигун
Потужність	Ne	кВт	296	296
Частота обертання	n	хв ⁻¹	3000	3000
Діаметр циліндра	D	м	0,103	0,11
Хід поршня	S	м	0,099	0,125
Питома витрата палива	g _e	кг/кВт·год	0,21838	0,21619
Механічний ккд	η _м	-	0,8349	0,8349
Питома витрата масла	g _м	кг/кВт·год	0,000218	0,00021619
Вага	G	кг	379	379
Габарити	L	м	0,807	0,807
	B	м	0,9	0,9
	H	м	0,992	0,992
Ціна двигуна	Ц	грн	1341400	1368500
Ціна палива	Ц _п	грн/кВт·год	13,96616	13,82610465
Ціна масла	Ц _м	грн/кг	9,5	9,5

Час роботи за рік	t	год	2150	2150
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	1000	1000
Ресурс двигуна до капітального ремонту	$t_{\kappa.p}$	-	10000	10000
Нормативний коефіцієнт порівняння економічної ефективності	E	кВт	0,15	0,15

Можливий позитивний економічний ефект від застосування на двигуні 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва *General Motors* триступінчастого впорскування, а також визначення приблизного часу окупності модернізованого двигуна виконується за наступними методичними вказівками: «Методика використання в народному господарстві нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій».

Метод техніко-економічне обґрунтування призначено для забезпечення:

1. Техніко-економічне обґрунтування обрання оптимального шляху виробництва (модернізації) та впровадження у виробництво новітніх зразків техніки.
2. Відображення в відповідних нормах і нормативах базових показників економічності та ефективності нових або модернізованих зразків техніки.
3. Встановлення, відповідно, теоретичної й фактичної ефективності від реалізації у практику нових або модернізованих зразків техніки.

Оцінка економічного ефекту та визначення приблизного часу окупності капіталовкладень на модернізацію двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва *General Motors* виконується у табличній формі (табл. 4.2).

					КРМ.142.6221м.01.04.ПЗ 3	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Розрахунки економічної доцільності від застосування на двигуні 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) триступінчастого впорскування

Найменування	Позначення	Спосіб визначення	Базовий двигун	Модернізований двигун
Річна продуктивність	N, кВт·год в рік	$N = K_{\Pi} \cdot N_{\varepsilon} \cdot t$	604580	604580
Термін служби	T, рік	$T = \frac{t_{\text{кп}}}{t}$	4,65	4,65
Річні поточні витрати на паливо	З _п , грн	$З_{\text{п}} = N \cdot \Pi_{\text{п}} \cdot g_{\varepsilon}$	1843927,06	1807129,259
Річні поточні витрати на масло	З _м , грн	$З_{\text{м}} = g_{\text{м}} \cdot N \cdot \Pi_{\text{м}}$	1254,267714	1241,689427
Річні витрати на поточний ремонт	З _{п.р} , грн	$З_{\text{п.р}} = \frac{b \cdot t \cdot \Pi}{t_{\text{неп}}}$	144200,5	147113,75
Річні витрати на капітальний ремонт	З _{к.р} , грн	$З_{\text{к.р}} = \frac{K_{\text{к.р}} \cdot t \cdot \Pi}{t_{\text{к.р}} \cdot \varepsilon_{\text{min}}}$	78654,82	80243,86
Річний економічний ефект у споживача	U ₁ , грн	$U_1 = З_{\text{п}} + З_{\text{м}} + З_{\text{к.р}} + З_{\text{п.р}}$	2068036,65	2035728,56
	U ₁ ^{1б} , грн	$U_1^{1б} = \frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon}} \cdot U_1^{\varepsilon}$	2068036,646	–
Річний економічний ефект у споживача від використання спроектованого двигуна	E _к , грн	$E_{\text{к}} = \left[\Pi_{\varepsilon} \cdot \frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon}} \cdot \left(\frac{\frac{1}{T_{\varepsilon}} + E_{\varepsilon}}{\frac{1}{T_{\varepsilon}} + E_{\varepsilon}} \right) + \frac{U_1^{1б} - U_1^{\varepsilon}}{\frac{1}{T_{\varepsilon}} + E_{\varepsilon}} \right] - \Pi_{\varepsilon}$	61415,299	
Додаткові одnorазові витрати на модернізацію двигуна	ΔK, грн	–	27100	
Річна економія при експлуатації модернізованого двигуна	ΔS, грн	$\Delta S = U_1^{1б} - U_1^{\varepsilon}$	32308,08	
Час окупності модернізованого двигуна	T _{окуп} , рік/ місяць	$T_{\text{окуп}} = \frac{\Delta K}{\Delta S}$	0,84/ 10,1	

Висновки до розділу

У розділі виконано розрахунки економічної доцільності, а також приблизного часу окупності від застосування на двигуні 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax L-ML) виробництва *General Motors* триступінчастого впорскування.

Встановлено, що річний економічний ефект для власника транспортного засобу з модернізованим двигуном 8ЧН 10,3/9,9, у порівнянні з використанням серійного може становити 61415,3 грн, а кошти вкладені на реалізацію модернізації повернуться протягом 10,1 місяця.

					КРМ.142.6221м.01.04.ПЗ 3	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 виконанні ремонту та технічного обслуговування автомобільного транспорту

Модернізований високообертовий автомобільний двигун 6.6L V8 Duramax LML (8ЧН 10,3/9,9) виробництва *General Motors* призначений для застосування на повнорозмірних пікапах великої вантажопідйомності (HD). Саме тому головним завданням цього розділу є розробка заходів з ремонту та технічного обслуговування автомобільного транспорту з дизельними двигунами даного типу.

При реалізації робіт з виконання ремонту та технічного обслуговування автомобільного транспорту з ДВЗ обов'язково потрібно остерігатися наступних шкідливих і небезпечних виробничих факторів:

1. Рухомі елементи та механізми.
2. Можливе падіння автомобіля чи вузла або деталей, що піднімаються та знімаються для виконання ремонтних робіт.
3. Висока напруга у електричному контурі.
4. Підвищена (знижена) температура повітря у зоні виконання робіт з ремонту та обслуговування.
5. Загострені кромки поверхонь деталей, задири та шорсткість.
6. Недостатнє (надлишкове) освітлення робочого місця.
7. Використання етилованого бензину (для двигунів з примусовим запаленням) або інші шкідливі та небезпечні речовини.
8. Наявність в робочій зоні вибухових, пожежонебезпечних та отруйних газоподібних або рідких речовин.

Загальні вимоги щодо виконання вимог охорони праці при технічному обслуговуванні та ремонті автомобілів з ДВЗ:

1. До самостійного проведення ремонтних робіт та заходів з технічного обслуговування автомобілів допускаються лише особи, що мають необхідний рівень

					КРМ.142.6221м.01.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

кваліфікації, обов'язково медичний огляд, вступний та первинний інструктаж спеціальне базове навчання та практичне стажування, а також перевірку своїх вмінь та знань щодо вимог охорони праці.

2. При виконанні робіт з ремонту та технічного обслуговування автомобіля працівник зобов'язаний виконувати:

- лише і тільки ту роботу, що чітко визначена у робочій інструкції;
- суворо дотримуватися усі встановлених правил внутрішнього трудового розпорядку;
- використовувати різні засоби індивідуального або колективного захисту тільки за призначенням;
- сумлінно та жорстко дотримуватися усіх вимог щодо охорони праці;
- миттєво доповідати своєму керівнику (у разі відсутності – керівнику вищого рівня) про будь-яку ймовірну ситуацію, що особливо є, загрозою життю або здоров'ю людини. Повідомляти про кожний наявний нещасний випадок на виробництві, чи про ймовірне погіршення свого самопочуття, у тому числі й про можливі випадки виникнення проявів гострого професійного захворювання;
- на постійній основі проходити спеціальні навчання новим безпечним методикам та технологічним прийомам виконання робіт, а також наданню первинної безвіткладної допомоги постраждалим на виробництві людям;
- регулярно проходити перевірку знань та вмінь, а також інструктажу щодо вимог охорони праці;
- систематично проходити обов'язкові (періодичні або планові) медичні огляди, а за потреби позачергові за можливим направленням керівництва у випадках передбачених «Трудовим кодексом України» або іншими законами (законодавчими актами);
- вміти надавати усю потрібну та якісну долікарську першу допомогу потерпілому у разі нещасних випадках;
- вміти належно та за потребою використовувати засоби первинного пожежогашіння.

					<i>KPM.142.6221м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3. При здійсненні усіх необхідних робіт з ремонту та технічного обслуговування автомобіля людина має бути забезпечена відповідним спецодягом та взуттям, а також усіма іншими необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до положень типових галузевих норм безоплатного надання спецодягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту.

4. У разі виникнення травмування чи будь-якого нездужання потрібно одразу припинити роботу, проінформувати керівника та безвіткладно звернутися до медичної установи пункту надання допомоги.

5. За будь-яке невиконання чи можливе порушення цієї інструкції винні особи обов'язково притягаються до відповідальності згідно з чинним законодавством України.

Основні вимоги щодо охорони праці на початку виконання роботи з автомобільним транспортом:

1. На початку виконання робіт необхідно привести себе у порядок та упорядкувати робочий одяг, а саме: заправити одягу таким чином, щоб прибрати різні звисаючі кінці; обов'язково застебнути рукава; за наявності прибрати виступаюче волосся під головний убір; наявний головний убір повинен щільно облягати голову. Під час ремонтування автомобіля, що працює на етилованому бензині, обов'язково необхідно вдягти гумові чоботи, рукавички та нарукавники. Суворо забороняється працювати у легкому взутті, наприклад, сандалях чи капцях.

2. На початку виконання робіт потрібно обов'язково перевірити наявність та працездатність необхідного ручного інструменту, різних спец пристосувань та засобів індивідуального захисту:

– набір застосованих гайкових ключів повинен відповідати необхідним розмірам гайок та не мати на своїх робочих поверхнях тріщин й забоїн, губки гайкових ключів з набору повинні бути строго паралельні одна одній, а також не повинні бути закатані;

– розсувні гайкові ключі, що застосовуються при виконанні робіт не повинні бути ослаблені чи мати будь-який люфт в своїх рухомих частинах;

					<i>KPM.142.6221м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– суворо забороняється вставляти підкладки між губками гайкового ключа та головкою болта, а також подовжувати рукоятки ключів використовуючі різні трубки або інших різноманітні предмети;

– молотки та кувалди для слюсарних робіт повинні бути трохи опуклими та не збитими, поверхня не повинна мати нахил, тріщин бойка;

– молотки та кувалди мають бути надійно зафіксовані на руків'ях шляхом фіксуючого розклинювання;

– руків'я кувалд та молотків повинно мати гладку, рівну поверхню та бути виготовленим з в'язких й твердих порід деревини;

– ударні інструменти, що застосовуються, наприклад, борідки, крейцмейсєлі, зубила, просічки, кернери на своїх робочих поверхнях не повинні мати тріщин, різного наклепу чи задирок;

– зубила або інші роблячи інструменти повинні бути завдовжки не менш ніж 150 мм;

– електроінструмент, що застосовується, повинен обов'язково мати надійну та справну ізоляцію струмоведучих кабелів та частин, а також мати заземлення.

3. На початку виконання робіт потрібно ретельно роздивитися своє робоче місце та привести його у належний стан. Потрібно прибрати всі зайві та непотрібні речі, що можуть у подальшому заважати виконанню роботи. Обов'язково ретельно перевірити стан підлоги на предмет, щоб вона була сухою та чистою. Якщо підлога є мокрою або слизькою, за можливості її обов'язково потрібно витерти насухо або посипати тирсою.

4. На початку виконання робіт потрібно переконатися, у тому що робоче місце має потрібне освітлення, а потік світла не осліплює очей.

5. На початку робіт потрібно приготувати підстилку для реалізації робіт під автомобілем замість підстилки також можуть використовуватися лежаки чи візки.

6. Без зайвої потреби не потрібно допускати до свого робочого місця різних сторонніх осіб не пов'язаних з виконанням робочого процесу.

					<i>KPM.142.6221м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

7. Приступаючи до виконання ремонтних робіт або обслуговування автомобіля потрібно переконатися, що бензобак та паливопроводи системи звільнені від будь-яких залишків пального.

8. При застосуванні переносних освітлюючих приладів потрібно перевірити, наявність захисної сітки лампи, справність шнура й ізоляційної гумової трубки. Додаткове переносне освітлення повинно живитися від електромережі з напругою не вище за 42 В.

Основні вимоги щодо охорони праці під час виконання робіт з ремонтування або технічного обслуговування автомобіля:

1. Під час здійснення робіт з ремонту й ТО автомобіля виконавець повинен:

– виконувати усі потрібні за регламентом види ремонту та ТО автомобіля на території підприємства;

– виконувати роботи тільки на спеціально відведених місцях або постах;

– працівник повинен приступати до виконання роботи тільки після очищення автомобіля від бруду, снігу та ретельно вимитого;

– після постановки автомобіля на ТО або ремонт необхідно обов'язково перевірити встановлення перемикача передач у нейтральне положення; загальмованість його стоянковим гальмом; відсутність ввімкненого запалювання (на дизелях – перекритої подачі палива); закриття магістрального та витратного вентилів на газобалонному обладнанні автомобілів, що працюють на газу; встановлення під колесами автомобіля упорів (не менше двох);

– на рульове колесо необхідно розмістити табличку – «Двигун не вмикати – працюють люди!!!»;

– після підймання автомобіля на потрібну висоту на пульті підіймача розмістити табличку – «Не чіпати – під автомобілем працюють люди!!!»,

– у разі підймання автомобіля гідравлічним підіймачем його потрібно зафіксувати спеціальним упором від самовільного опускання;

– ремонт нижньої частини автомобіля за межами оглядової ями, естакади або підйомника необхідно проводити за допомогою лежачка;

					<i>KPM.142.6221м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- роботи з виконання ремонту та ТО автомобіля потрібно здійснювати при вимкненому двигуні, за винятком дій виконання яких вимагає роботи двигуна;
- для пуску двигуна у роботу та пересування автомобіля необхідно звертатися до водія цього автомобіля або спеціально визначеного перегонщика, призначено наказом для виконання цих дій;
- перед увімкненням двигуна необхідно впевнитися у тому, що перемикач передач знаходиться у нейтральному стані, а також у тому, що під автомобілем та біля обертових частин відсутні люди;
- огляд та ремонт автомобіля знизу здійснювати тільки при заглушеному двигуні;
- перед виконанням повороту карданного валу необхідно впевнитися, що запалювання двигуна вимкнене, а для дизелів – перекрита подача палива;
- поворот карданного валу потрібно виконувати спеціальним пристосуванням;
- демонтувати двигун з автомобіля та встановлювати на місце потрібно тільки у випадку знаходження транспортного засобу на колесах або підставках;
- перед зняттям коліс з автомобіля необхідно підставити під нього підставки потрібної вантажопідйомності, а також розмістити під колесами упори;
- для перегону автомобіля на стоянку та перевірки роботи гальмівної системи на ходу потрібно визивати чергового водія закріпленого за автомобілем;
- під час розбирально-складальних операцій, що потребують досить значних зусиль, потрібно використовувати необхідні для цього знімачі, гайковерти та інше обладнання;
- гайки та болти, які важко відкручуються, за необхідності попередньо змащують гасом або спеціальною для цього рідиною;
- перед початком робіт з підйомним механізмом попередньо необхідно впевнитися у його працездатності та відповідності потрібній вазі двигуна, що підіймається;

					<i>KPM.142.6221м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– для демонтажу та встановлення двигуна або вузла вага якого починається з 20 кг або більше необхідно застосовувати підйомник, обладнаний спеціальними захватами;

– при виконанні переміщення вузлів, деталей та інших вантажів вручну необхідно бути обережним, так, як це може обмежувати огляд шлях, відволікати від інших небезпечних чинників;

– перед виконанням робіт з обслуговуванням та ремонтом систем двигуна потрібно злити в спеціальну тару відповідні рідини;

– перед демонтажем газобалонної апаратури, підтягування гайок з'єднань обов'язково потрібно переконатися у відсутності залишків газу;

– перед зніманням ресор або пружин з підвіски автомобіля обов'язково необхідно розвантажити їх від ваги автомобіля за рахунок підйому передньої або задньої частини з наступним встановленням рами на підставку;

– ремонтувати паливні баки потрібно тільки після того, як з нього повністю видалено можливі залишки палива;

– роботи на автомобілях з ГБО виконують тільки після провітрювання підкапотного простору;

– перевірка герметичність ГБО автомобіля здійснюється лише стисненням повітрям або іншими будь-якими інертними газом;

– усі шланги на штуцерах фіксуються лише хомутиками;

– розлите масло, паливо або іншу рідину нафтового походження потрібно видаляти за допомогою тирси чи піску;

– під час робіт розміщений інструмент повинен бути на такому місці до якого не потрібно було би тягнутися;

– при виконанні робіт намагатися здебільшого використовувати накидні та торцеві ключі, а у специфічних та важкодоступних місцях – ключі з тріскачками або з головкою у вигляді шарніру;

– впресовувати та випресовувати втулки, пальці, підшипники потрібно тільки за допомогою оправок й пристосувань;

					<i>KPM.142.6221м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– демонтовані вузли та агрегати з автомобіля необхідно скласти на підготовлені стелажі;

– перевірка співвісності здійснюється конусною оправкою;

– при відключенні електропостачання або перерві в процесі виконання роботи необхідно від'єднувати від живлення електроінструмент та інше електричне обладнання;

2. Робітнику, що виконує ремонт та ТО суворо забороняється:

– проводити будь-які роботи під автомобілем який, вивішено лише на підйімальному механізмі без використання елементів страхування;

– здійснювати будь-які дії за умов використання пошкоджених чи невірно встановлених упорів;

– забороняється проводити будь-які роботи на ГБО чи газових балонах, що перебувають під надлишковим тиском;

– піднімати вантаж при косому натягу троса механізму підйому;

– брати електричні інструменти та рухати їх за кабель, а також зупиняти руками обертові частини;

– промивати елементи двигуна легкозаймистими рідинами;

– використовувати кріпильні деталі зі зім'ятими або пошкодженими поверхнями;

– вивішені на підйомниках деталі, двигуни, агрегати або інші вантажі штовхати або тягнути.

Основні вимоги охорони праці у разі виникнення позаштатних аварійних ситуацій:

1. У разі виникнення позаштатної аварійної ситуації, що може спричинити травмування, нещасний випадок або навіть смерть людини, потрібно:

– негайно припинити роботи з ремонту або ТО та сповістити свого керівника;

– під безпосереднім наглядом керівника швидко вжити усіх заходів щодо усунення ймовірних причин аварійної ситуації.

2. У разі виникнення пожежі або навіть задимлення:

					КРМ.142.6221м.01.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– потрібно негайно сповістити про це за телефоном «101» (або на пост охорони), усіх працівників довести до відома керівника;

– відкрити запасний вихід, знеструмити електромережу, зачинити вікна і двері для зменшення притоку повітря;

– без ризику для життя, по можливості приступити до гасіння осередка займання;

– особисто зустріти пожежну команду;

– покинути приміщення де трапилось займання та знаходитися в зоні евакуації персоналу.

3. У разі нещасного випадку:

– по можливості забезпечити першу допомогу потерпілій людині та за потреби доставку до медзакладу;

– виконати невідкладні заходи щодо забезпечення запобігання розповсюдження позаштатної аварійної ситуації та по можливості невілювати вплив травмуючих факторів на інших людей;

– до початку слідчих дій щодо нещасного випадку зберегти усе як є (у разі відсутності загрози життю чи здоров'ю людей), а у разі неспроможності – все зафіксувати.

Основні вимоги охорони праці після закінчення виконання ремонтних робіт або ТО автомобіля:

– наприкінці робіт відімкнути від мережі живлення електрообладнання та місцеву вентиляцію;

– прибрати робоче місце;

– прибрати інструмент та інші речі на свої місця місця;

– у разі залишення автомобілю на підставках, обов'язково перевірити надійність розміщення;

– зняти усі засоби індивідуального захисту та прибрати їх на місце зберігання;

– вимити відкриті поверхні тіла з милом;

– про наявні недоліки, під час робіт з ремонту та ТО, сповістити керівника.

					<i>KPM.142.6221м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5.2. Охорона навколишнього середовища

Автомобілі відіграють досить важливу роль, як у роботі так і у побуті людини. Крім позитивного ефекта від використання автомобілів є і багато негативних, зокрема це забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами з відпрацьованими газами, а також шум від роботи двигунів.

Шум є невід'ємною частиною сучасного життя пов'язаного з використанням автомобільного транспорту й він оточує нас усюди. Постійний вплив шуму може чинити серйозний вплив на організм людини і викликати різні проблеми зі здоров'ям. Сучасні дослідження показують, що експозиція шуму може призвести до розвитку різних захворювань і порушень.

Одним із найпоширеніших наслідків постійного впливу шуму на організм є підвищений рівень стресу. Постійна шумлива обстановка викликає постійну напругу в людей, що збільшує ймовірність розвитку стресових станів і психологічних проблем. Унаслідок цього люди стають дратівливими, втомленими і відчують труднощі зі сном.

Крім стресу, постійний шум може викликати проблеми зі слухом. Тривалий час, проведений у галасливій обстановці, може призвести до поступового погіршення слуху. Постійна експозиція до шумів на робочому місці, у транспорті або на вулиці може призвести до утворення шумової непереносимості та навіть до втрати слуху. Тому важливо вживати заходів для захисту слуху.

Існують різні способи захисту від шуму, які дають змогу знизити його вплив на організм людини. Одним із найпоширеніших і найпростіших способів є використання спеціальних навушників або берушів, які допомагають загасити звуки довкілля та захистити слух від шкідливого впливу шуму.

Загалом, шум може мати серйозний вплив на організм людини та спричиняти різні проблеми зі здоров'ям. Тому важливо вжити заходів для захисту від шкідливого впливу шуму та звернути увагу на свій фізичний і психологічний стан у ситуаціях, пов'язаних із високим рівнем шуму.

					<i>KPM.142.6221м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунки рівня шуму та вібрації модернізованого високообертового автомобільного двигуна 6.6L V8 Duramax LML (8ЧН 10,3/9,9) виробництва General Motors

Рівень шуму від модернізованого високообертового автомобільного двигуна 6.6L V8 Duramax LML можна визначити наступним виразом:

$$L = \left[54 + 10 \cdot \lg(n_n + Ne^{0,55}) + 30 \lg\left(\frac{n}{n_n}\right) \right]$$

де n_n – номінальна частота, $n_n = 3000$ об/хв; n – робоча частота, $n = 1600$ об/хв; N_e – номінальна ефективна потужність, $N_e = 296$ кВт.

$$L = \left[54 + 10 \cdot \lg(3000 + 296^{0,55}) + 30 \lg\left(\frac{1600}{3000}\right) \right] = 80,61 \text{ дБ}$$

Рівень шуму від модернізованого високообертового автомобільного двигуна 6.6L V8 Duramax LML згідно з рис. 5.1 вкладається у припустимі значення.

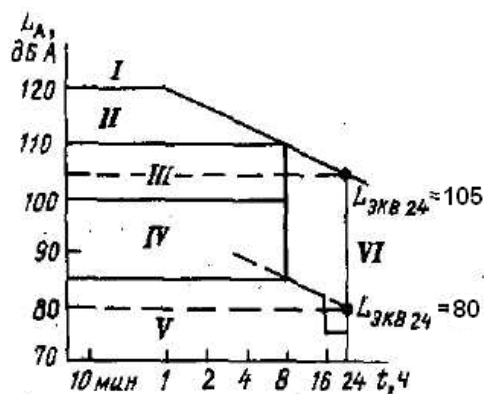


Рисунок 5.1 – Зони припустимих норм дії шуму

Рівень вібрації від модернізованого високообертового автомобільного двигуна 6.6L V8 Duramax LML можна визначити наступним виразом:

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

де m – маса дизеля 6.6L V8 Duramax LML, $m = 379$ кг.

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{3000 \cdot 296^{0,55} \cdot \left(\frac{1+296}{379} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{379}{296}} + 30 \lg \left(\frac{1600}{3000} \right) \right) = 91,3 \text{ дБ}$$

Рівень вібрації від модернізованого високообертового автомобільного двигуна 6.6L V8 Duramax LML не перевищує встановленої норм.

5.3. Висновки до розділу

У розділі розроблено загальні заходи з техніки безпеки персоналу при виконанні ремонту та ТО автомобільного транспорту з ДВЗ. Визначено, що рівень вібрації та шуму від модернізованого високообертового автомобільного двигуна 6.6L V8 Duramax LML, який застосовується на повнорозмірних пікапах великої вантажопідйомності не перевищує встановлених норм та складають відповідно 80,61 і 91,3 дБ відповідно.

					КРМ.142.6221м.01.05.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК ПО РОБОТІ

Кваліфікаційна робота на тему: «*Дослідження впливу тривалості впорскування на показники роботи високообертового двигуна за різних методів розрахунку характеристик тепловиділення*» містить усі рекомендовані кафедрою ДВЗ, У та ТЕ розділи та креслення.

У першому розділі виконано узагальнений опис особливостей конструкції та роботи автомобільного дизельного двигуна 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва *General Motors* призначений для застосування на повнорозмірних пікапах великої вантажопідйомності (*HD*).

У другому розділі виконано розрахунок робочого циклу для номінального режиму роботи високообертового автомобільного дизельного двигуна 8ЧН 10,3/9,9 використовуючи програмний комплексі Блиц-PRO. Встановлено, що усі отримані при моделюванні результати входять у допустимі межі своїх значень та відповідають роботі даного двигуна на його номінальному режимі.

У третьому розділі виконано аналіз різних методів розрахунку характеристик тепловиділення. Виділено дві основні методики визначення характеристик тепловиділення для розрахунку та оптимізації сучасних дизелів – методика Разлейцева та модель Вібе. Виконано дослідження впливу тривалості впорскування циклової дози палива на показники роботи двигуна 8ЧН 10,3/9,9 за різних методів розрахунку характеристик тепловиділення.

Встановлено, що обидві методики розрахунку характеристик тепловиділення з високою точністю описують робочий процес дизельного двигуна. Визначено, що головною відмінністю є те, що жорсткість згоряння отримана за методикою Разлейцева є майже вдвічі більшою, ніж жорсткість за методом Вібе. Отриманий результат обумовлений тим, що за методика Разлейцева більш детально описує початок займання суміші, що і обумовлює такі високі показники жорсткості, а також відповідно впливає на подальші розрахунки викидів NO_x у ВГ, які за методикою Разлейцева майже вдвічі перевищують отримані

					КРМ.142.6221м.01.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

результати розрахунків за методом Вібе. Відповідно методика Разлейцева є більш точною для розрахунку характеристик тепловиділення дизелів.

Встановлено, що за умов збільшення тривалості впорскування циклової дози палива (з 18 до 28° п.к.в.) відбувається знижені жорсткості роботи двигуна (з 2,5 до 0,71 МПа). Одночасно зі зниженням жорсткості роботи знижується і питоме виділення NO (з 2,2 до 1,6 г/кВт·год). При цьому одночасно з позитивним ефектом у вигляді покращення екологічних показників та зниження жорсткості роботи знижується і потужність двигуна до 17 % (з 296 до 245 кВт).

Для забезпечення заданої потужності, зниження жорсткості згоряння та одночасного зменшення викидів NO_x у ВГ запропоновано застосувати на двигуні 8ЧН 10,3/9,9 триступінчасте впорскування. Визначено, що використання триступінчастого впорскування дозволяє забезпечити заданий рівень потужності у 296 кВт, зменшити жорсткість роботи, дещо покращити екологічні показники, а також знизити питому ефективну витрату палива на 2,2 г/(кВт·год).

У четвертому розділі виконано розрахунки економічної доцільності, а також приблизного часу окупності від застосування на двигуні 8ЧН 10,3/9,9 (6.6L V8 Duramax LML) виробництва *General Motors* триступінчастого впорскування. Встановлено, що річний економічний ефект для власника транспортного засобу з модернізованим двигуном 8ЧН 10,3/9,9, у порівнянні з використанням серійного може становити 61415,3 грн, а кошти вкладені на реалізацію модернізації повернуться протягом 10,1 місяця.

У п'ятому розділі розроблено загальні заходи з техніки безпеки робочого персоналу при виконанні ремонту та ТО автомобільного транспорту з ДВЗ. Визначено, що рівень вібрації та шуму від модернізованого високообертового автомобільного двигуна 8ЧН 10,3/9,9, який застосовується на повнорозмірних пікапах великої вантажопідйомності не перевищує встановлених норм.

Узагальнюючи результати роботи, можна зробити висновок щодо актуальності й доцільності проведених у роботі досліджень.

					КРМ.142.6221м.01.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

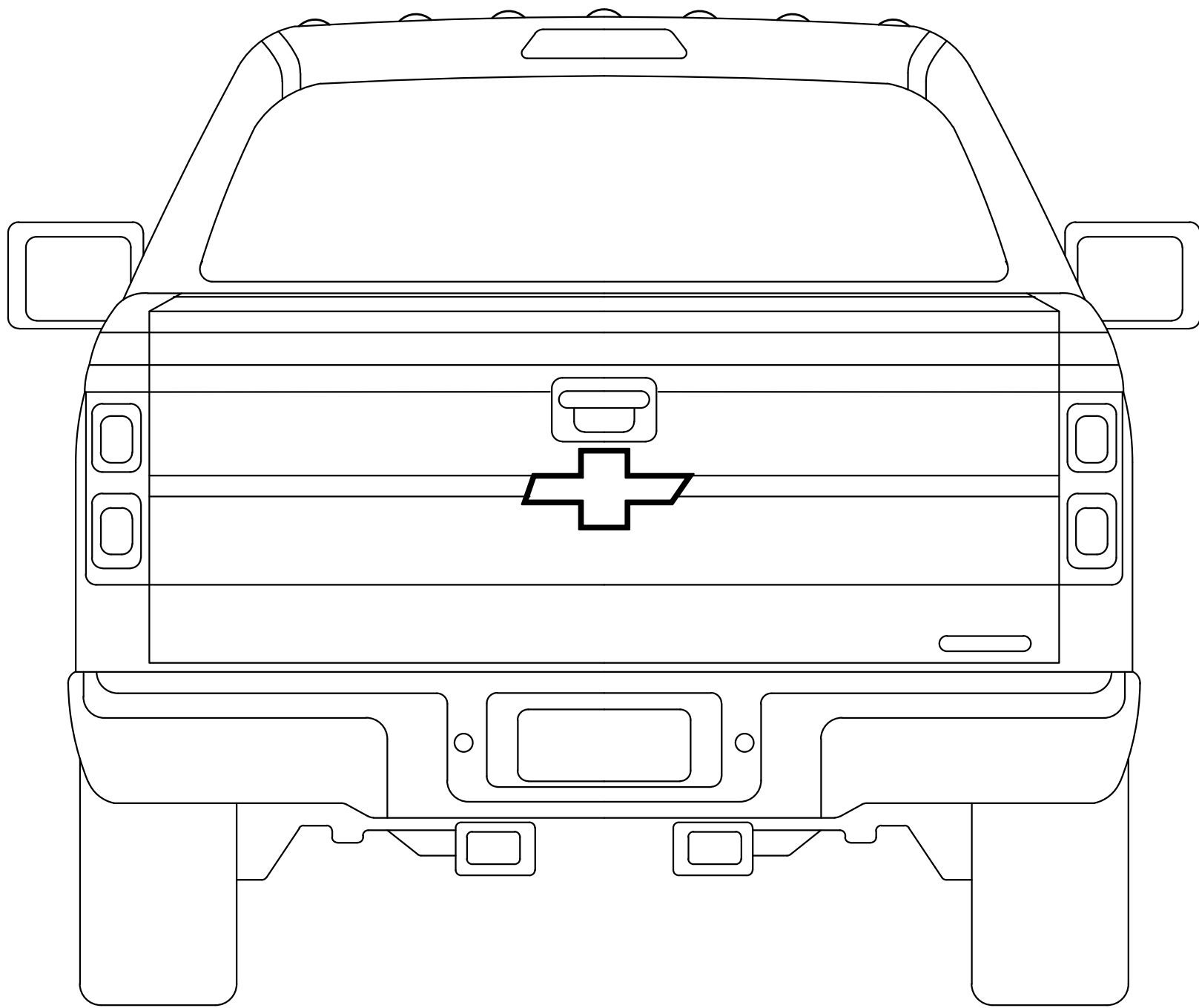
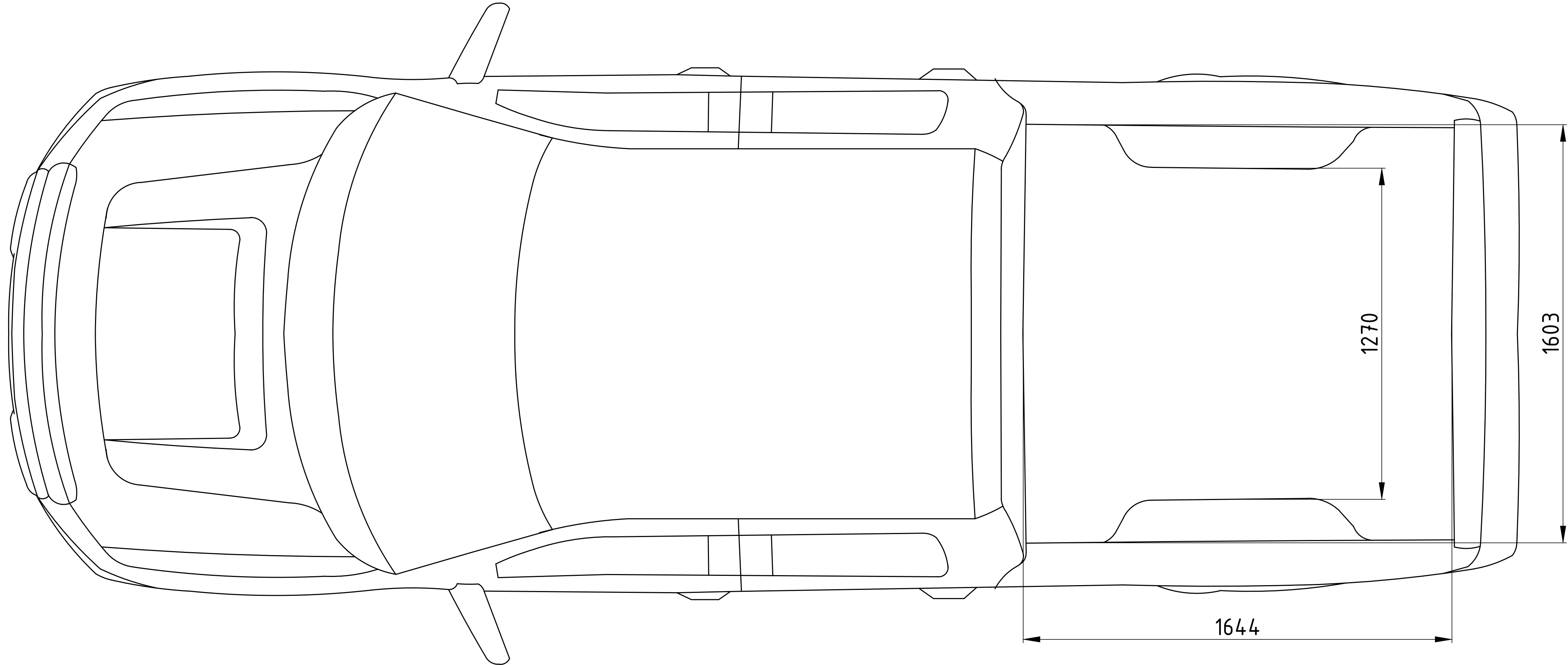
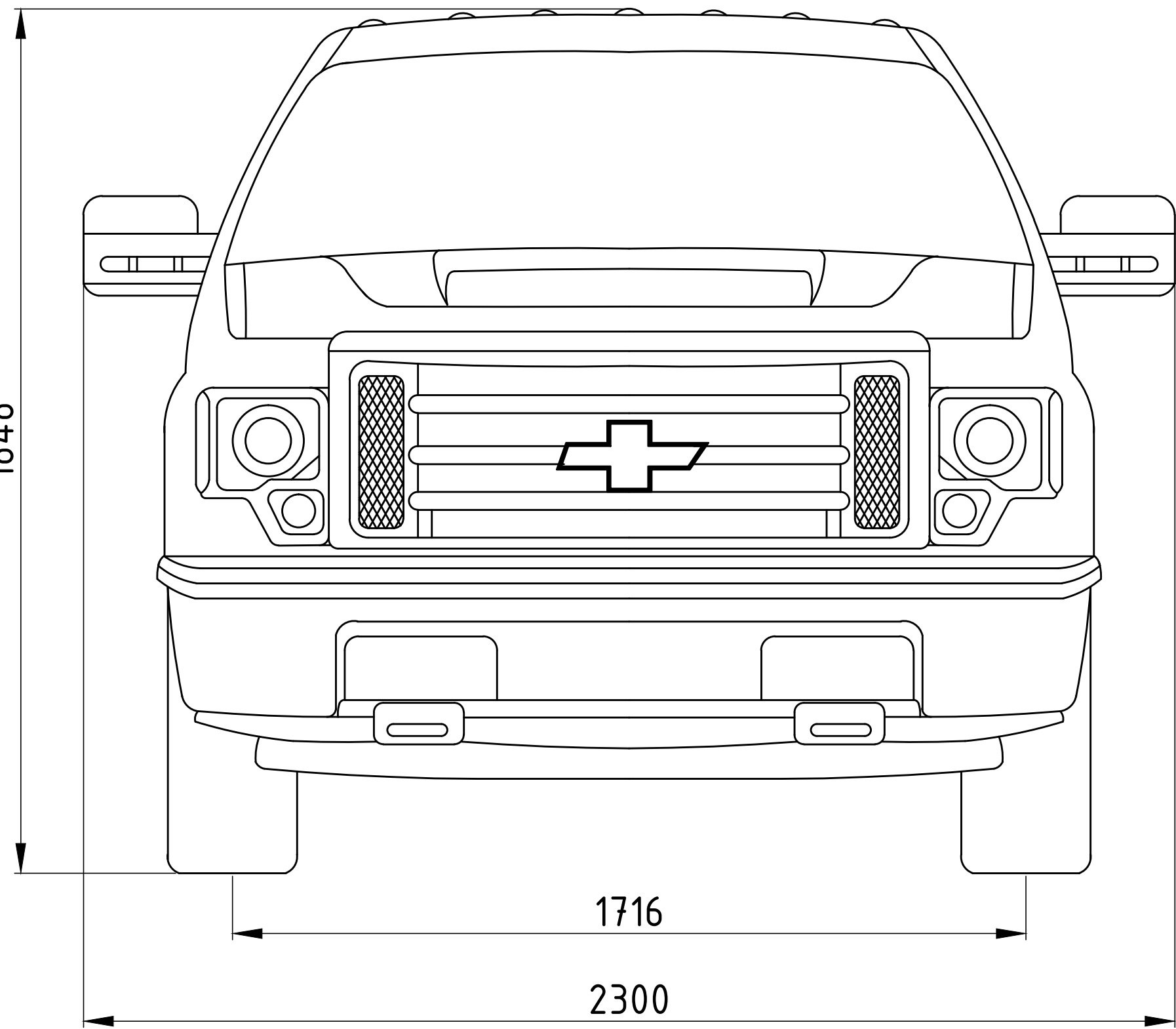
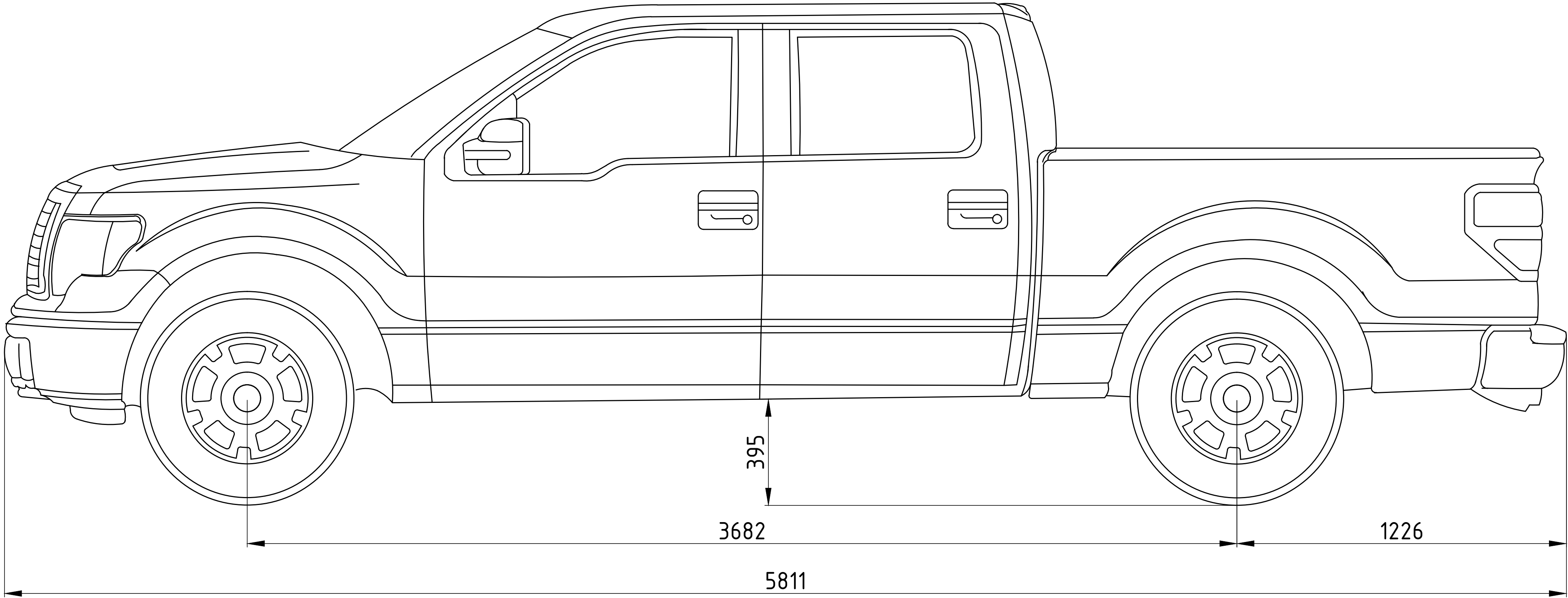
1. DuramaxHub 6.6L Duramax Diesel Resource; інтернет ресурс – <http://www.duramaxhub.com/lml.html>
2. GM Authority: General Motors Engines; інтернет ресурс – <http://gmauthority.com/blog/gm/gm-engines>
3. GMC Pressroom; інтернет ресурс – <https://media.gmc.com/media/us/en/gmc/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2016/sep/0929-duramax-sierra.html>
4. <http://blitzpro.zeddmalam.com/application/index/signin>
5. Разлейцев Н. Ф. Моделирование та оптимізація процесу згоряння в дизелях. - Харків. Вища школа, 1980. – 169 с.
6. Дяченко, В. Г. Теорія двигунів внутрішнього згоряння. Підручник для вузів [текст] - Х.: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
7. Austen A.E.W., Lyn W.T. Relation between Fuel Injection and Heat Release in a Direct Injection Engine and the Nature of the Combustion Process// Proc. Inst. Mech. Eng. – 1960-1961. – N 1. – P. 47-62.
8. Woschni G., Anisits F. Experimental Investigation and Mathematical presentation of Rate of Heat Release in Diesel Engines Dependent upon Engine Operating Conditions // SAE Tech. Pap. Ser. – 1974. – N 740086. – P. 1–18.
9. Shipinski J., Myers P.S., Uyehara O. A Spray-Droplet Model for Diesel Combustion // Proc. Inst. Mech. Engrs. – 1969–1970. – V. 184, Part 3J. – P. 28–35.
10. Whitehouse N.D., Way R.J.B. A Simple Method for Calculation of Heat Release in Diesel Engines Based on Fuel Injection Rate // SAE Tech. Pap. Ser. – 1971. – N 710134. – P. 1-19.
11. Experiments and Modeling on Spray Distributions in the Combustion Chamber of a Direct Injection Diesel Engine / Takuo Yoshizaki [et al.] // SAE Tech. Pap. Ser. – 1996. – N 961820. – P. 1–15.
12. Three-Dimensional Spray Distributions in a Direct Injection Diesel Engine/ Takuo Yoshizaki [et al.] // SAE Tech. Pap. Ser. – 1994. – N 941693. – P. 45–56.

					КРМ.142.6221м.01.00.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Rakopoulos C.D., Hountalas D.T. Development and validation of a 3-D Multi-Zone Combustion Model for the Prediction of DI Diesel Engines Performance and Pollutants Emissions // SAE Tech. Pap. Ser. – 1998. – N 981021. – P. 1–17.

14. Hiroyasu H., Arai M. Fuel Spray Penetration and Spray Angle of Diesel Engines // Trans. of JSAE. – 180. – Vol. 21. – P. 5–11.

					<i>KPM.142.6221м.01.00.ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

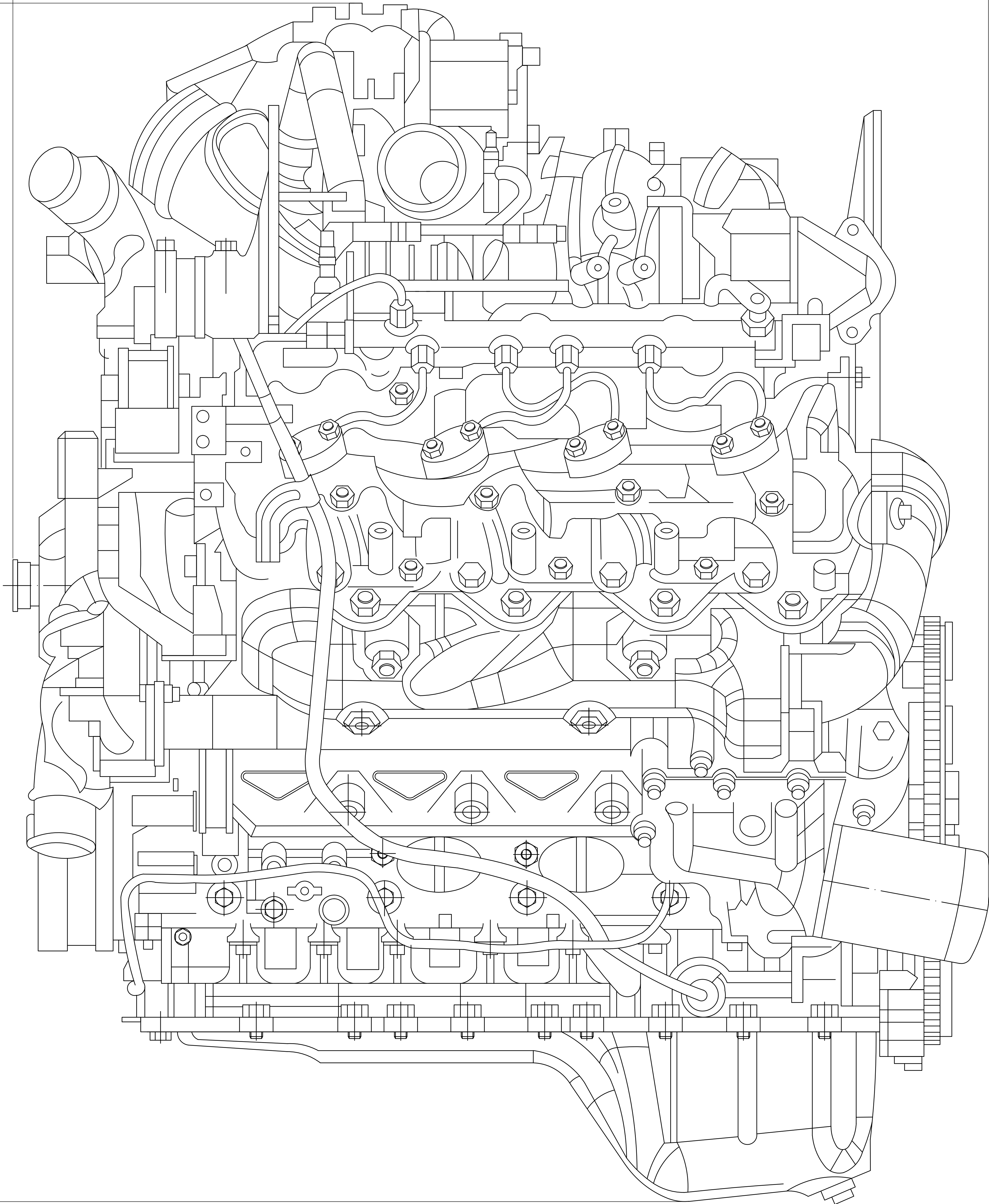


- Основні характеристики пікапа:
- 1. Двигун – 6.6L V8 Duramax LML (8ЧН 10,3/9,9):
 - потужність 296 кВт;
 - частота обертання 3000 об/хв.;
 - максимальний крутний момент 1037 Нм при 1600 об/хв.
 - 2. Маса пікапа – 2700 кг.
 - 3. Максимальна повна маса автомобіля – 4100 кг.
 - 4. Об'єм топливного бака – 136 л.
 - 5. Максимальна буксирувальна здатність – 4500 кг.
 - 6. Вантажна платформа – від 1730 мм до 2500 мм у довжину та до 1585 мм у ширину.

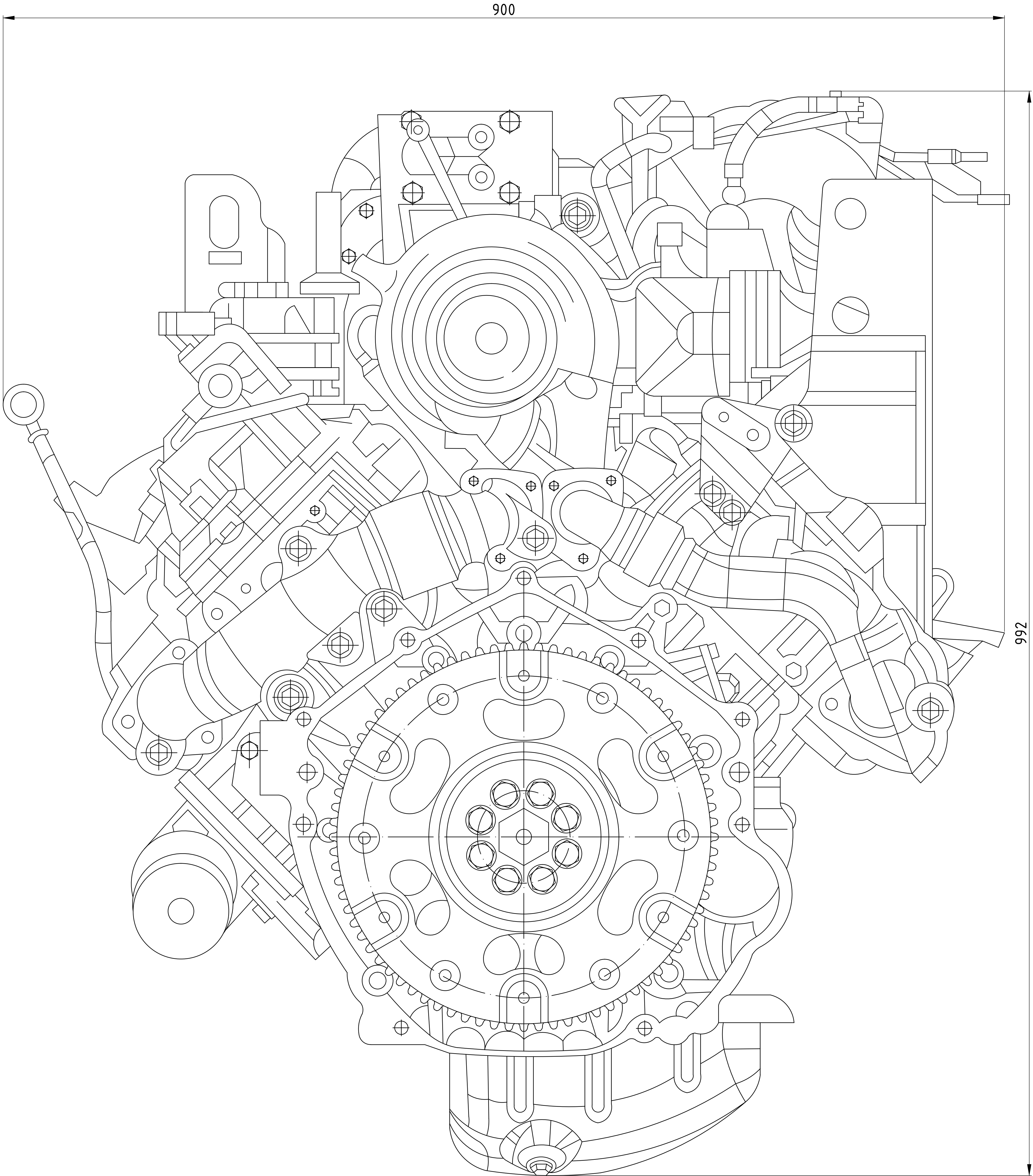
						KPM.14.2.6221m.01.01				
						Загальний вигляд автомобіля	Літ.		Маса	Масштаб
										1:10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
	Співзвіт	Антілюбов П.О.								
	Керівник	Тимошевський Б.Г.								
Заб. каф.	Гогоренко О. А.						Лист		Листов	
							НУК ім. адм. Макарова			

807

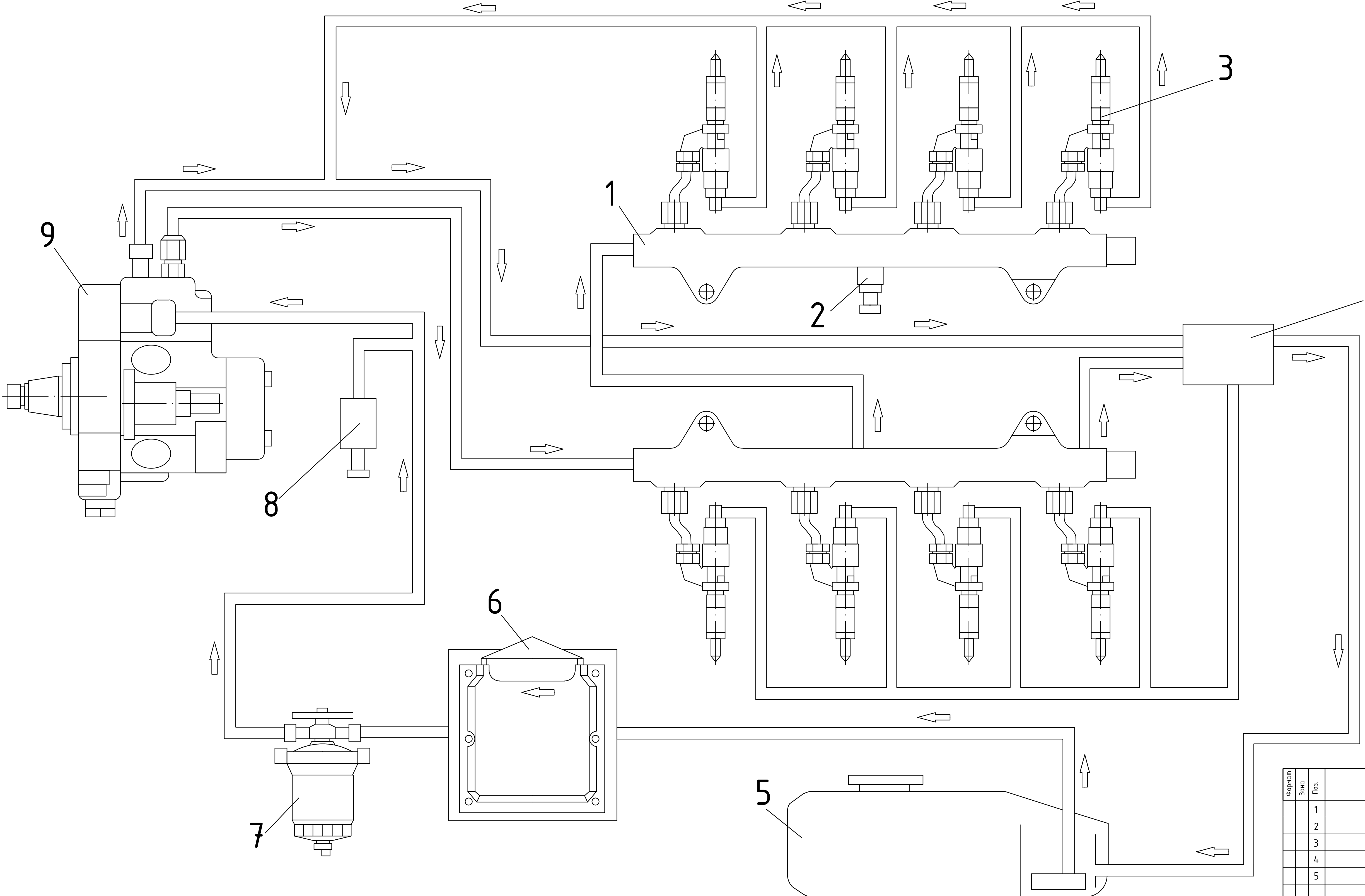
992



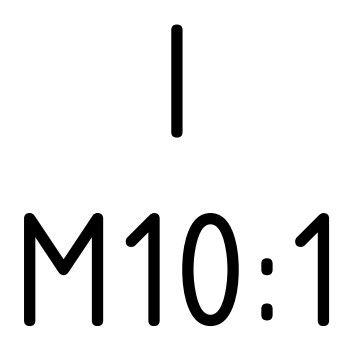
						KPM.142.6221m.01.02					
						Повздовжній вигляд двигуна 8CH 10,3/9,9			Літ.	Маса	Масштаб
											1:2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					Лист	Листов	
	Студент	Антілюк П.О.									
	Керівник	Тимошецький Б.Г									
	Зав. каф.	Гозаренко О. А.									
</											



					KPM.142.6221м.01.03					
					Поперечний вигляд двигуна 8ЧН 10,3/9,9			Літ.	Маса	Масштаб
										1:2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				Лист	Листов	
	Студент	Амільгов П.О.								
	Керівник	Тимошецький Б.Г.								
	Заб. каф.	Гозаренко О. А.						НЧК		
								ім. адм. Макарова		



	Формат	Знак	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
			1		Акумулятор палива високого тиску		
			2		Датчик тиску палива в акумуляторі		
			3		Форсунка		
			4		Охолоджувач паливної систем		
			5		Паливний бак із фільтром- паливозабірником та насосом для підкачки палива ЕБУ 7 8 9 ПНВТ		
			6				
			7				
			8				
			9				



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Позначення		
		1		Полий корпус		
		2		Керувачий стрижень		
		3		Сопло		
		4		Пластинка		
		5		Отвір виходу палива		
		6		Палець		
		7		Патрубок		
		8		Впускний штуцер		
		9		Канал		
		10		Камера упорскування		
		11		Канал		
		12		Поясок		
		13		Пружина стиснення		
		14		Електромагніт		
		15		Випускний штуцер		

						KPM.142.6221m.01.05
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
Студент		Ампілогов П.О.				
Керівник		Гимошебський Б.Г.				
Зав. каф.		Гогоренко О. А.				

4:1

НУК

ім. адм. Макарова