Лабораторна робота № 7

Визначення впливу параметрів газообміну на показники роботи поршневого ДВЗ

Мета: дослідити вплив тиску випускній систем на експлуатаційні характеристики ДВЗ.

Обладнання: двигун M10 BMW, витратомір рідини, пірометр лазерний GM300 (-50 +380°C) ,термометри 0-150 °C (два), витратомір палива, ваги, датчик Хола, датчик тиску (розрідження) ; пристрої для створення наддуву та розрідження .

Параметри що змінюються: тиск наддуву; розрідження у системі випуску; режими роботи двигуна (холостий хід, середні оберти: 0,8 від максимальних обертів колінчастого валу).

Теоретичні відомості

У теплових двигунах процеси згоряння палива, виділення теплоти й перетворення її в механічну енергію відбуваються безпосередньо у середині двигуна. Перетворення теплової енергії в механічну роботу в чотиритактному ДВЗ супроводжується такими періодичними (циклічними) процесами:

- впуск свіжого заряду;
- стискання робочого тіла поршнем в циліндрі двигуна;
- згоряння робочої суміші й розширення продуктів згоряння – робочий хід, під час якого здійснюється корисна робота;
- випуск відпрацьованих газів.

Отже, підвищення основних показників ДВЗ, включаючи потужність і економічність, полягає у покращенні основних процесів двигуна, зокрема процесу газообміну, який складається із впуску свіжого заряду та випуску відпрацьованих газів.

В сучасному автомобілі на систему випуску відпрацьованих газів (ВГ) покладається декілька важливих функцій:

- глушення шуму при випуску ВГ до рівня, що не перевищує встановлених санітарних норм;

- зменшення кількості токсичних компонентів в ВГ до значень, що не перевищують гранично допустимих концентрацій;
- якісне очищення і продування циліндрів двигуна;
- мінімальні втрати енергії ВГ на шляху від випускних клапанів;

Зменшення опору випускної системи викликає зниження тиску в циліндрах двигуна в період випуску й призводить:

• до зменшення коефіцієнта залишкових газів γr;

• до зниження температури кінця наповнення *Та* через зменшення γr;

• до зменшення роботи, затрачуваної на видалення газів із циліндра двигуна;

• до збільшення вагового заряду повітря.

За рахунок опору у випускній системі двигуна втрачається до 12% потужності. Таким чином при зміні параметрів процесу випуску можна значно покращити ефективність роботи двигуна. На даний час дана задача вирішується зміною конструкції випускної системи (встановлення прямоточних глушників) та зміною характеристик процесів газообміну . В першому випадку змінюється опір випускної системи, а, отже, і тиск наприкінці процесу випуску. Проте це призводить до збільшення шумності роботи двигуна, а, отже, зміна опору випускної системи можлива лише в певному, вузькому діапазоні, що обумовлено необхідністю забезпечення нормативних значень шумності.

Процес газообміну в двигуні, головним чином, залежить від співвідношення параметрів газів у циліндрі та випускній трубі в процесі їхнього витікання. На початковій стадії випуску тиск газів у циліндрі є надкритичним, тому швидкість їх витікання дорівнює місцевій швидкості звуку. При наближенні поршня до НМТ витікання газів переходить у докритичний режим і далі гази виштовхуються поршнем. На цій ділянці газообміну протитиск газів у випускній трубі спричиняє підвищення тиску залишкових газів у циліндрі, що призводить до їхнього збільшення й затримки початку наповнення циліндра свіжою сумішшю, а отже зниженню ефективних показників двигуна. Окрім того, на виштовхування газів витрачається механічна робота, що знижує механічний ККД двигуна

1.4. Процес газообміну в дійсному циклі

У чотиритактних двигунах початком процесу газообміну служить відкриття випускного клапана з випередженням до н.м.т. У цей момент тиск газів в циліндрі буде 0,3-0,8 МПа/м2 (3-8 кгс/см2) і температура 1000-1500 ° К.

У перший період випуску під дією високого тиску відбувається витікання газів з циліндра. Процес витікання можна розглядати як адіабатний. Закінчується цей період після того, як поршень пройде н.м.т. і тиск в циліндрі зменшиться до величини, близької до тиску навколишнього середовища.

Велика частина газів (60-80%) видаляється з циліндра в результаті вільного витікання під час першого періоду випуску .

Під час другого періоду випуску продукти згоряння виштовхуються поршнем. У циліндрі встановлюється приблизно постійний тиск більший, ніж тиск у випускному трубопроводі. Різниця цих тисків залежить від опору руху газів в клапанах і головним чином від швидкості газів. Температура газів протягом другого періоду випуску знижується приблизно на 10-30° внаслідок відводу теплоти в охолоджуюче середовище.

Фазу початку відкриття випускного клапана слід вибирати так, щоб сума втрат від неповного розширення газів і на подолання гідравлічних опорів при виштовхуванні була найменшою.

Наприкінці ходу випуску починає відкриватися впускний клапан.

Вплив параметрів процесу випуску на газообмін

Потрібно, щоб випуск відбувався з найменшими втратами на його здійснення. Для цього в перший момент випуску відпрацьовані гази повинні витікати із найбільшою швидкістю. Тому випускний клапан починає відкриватися за 40...80° п.к.в. до в.м.т. (рис. 1. точка 3). Момент відкриття випускного клапана вибирають експериментально, щоб забезпечити найменшу втрату корисної площі індикаторної діаграми порівняно з розрахунковою (нескругленою).

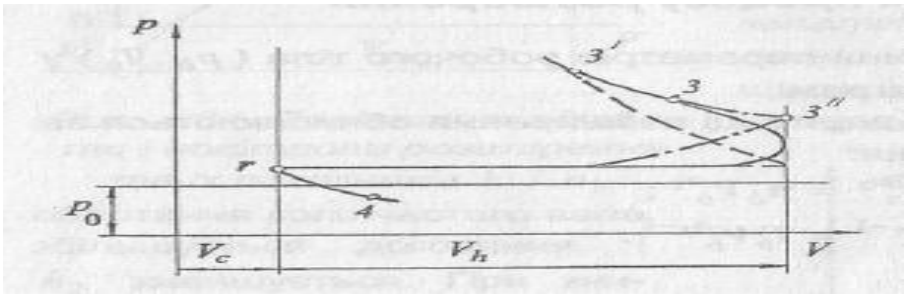


Рис1. Вплив моменту відкриття випускного клапана на індикаторну діаграму

3′-клапан відкривається рано

3″-клапан відкривається пізно

3- нормальний момент відкриття клапана

4-закриття випускного клапана

На рис.1 показано вплив моменту відкриття клапана на повноту індикаторної діаграми в ділянці початку випуску. Видно, що перевагу має оптимальний момент відкриття клапана.

Закривається випускний клапан через 15...60° п.к.в. після в.м.т. (рис. 1. точка 4) для підвищення якості очищення циліндра за рахунок продування у період перекриття клапанів.

Розрізняють три стадії випуску :

1. Надкритична ділянка витікання. Тиск відпрацьованих газів у циліндрі ще високий. Швидкість витікання стала й дорівнює швидкості звуку у відпрацьованих газах (порядку 500...700 м/с) у залежності від температури газів.

2. Підкритична ділянка витікання. Швидкість витікання газів поступово зменшується в міру зниження тиску в циліндрі.

3. Виштовхування газів поршнем. Швидкість витікання визначається швидкістю поршня.

Зі збільшенням міри стиску ε, температури залишкових газів T_r і використання наддуву значення коефіцієнта γ_r зменшується, а при збільшенні тиску залишкових газів p_r і частоти обертання колінчастого вала γ_r зростає:

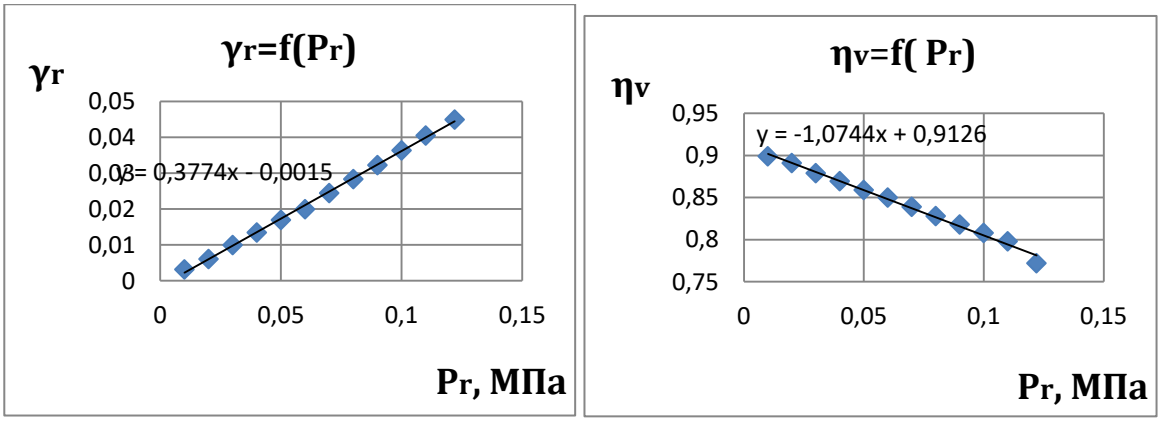


Рис.2. Залежність коефіцієнта залишкових газів γr і коефіцієнту наповнення *ηv* від тиску відпрацьованих газів *Pr.*

Залежність (рис.2) підтверджує, що зі збільшенням тиску залишкових газів зростає коефіцієнт залишкових газів.

Значення коефіцієнта наповнювання зростає зі збільшенням тиску в кінці впуску і знижується з наростанням тиску випуску і температури підігріву горючої суміші.

З даної залежності (рис.2) видно, що при збільшенні коефіцієнта наповнення, тиск залишкових газів зменшується.

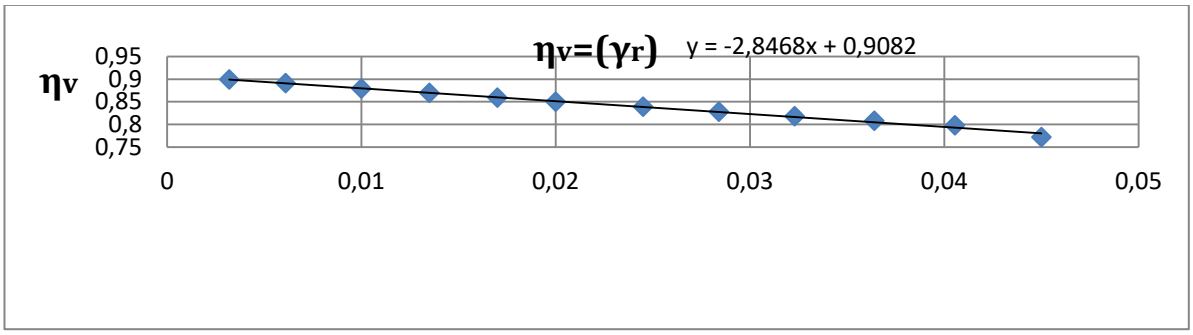


Рис.3. Залежність коефіцієнту ηv від коефіцієнту γr.

Залежність (рис.3) показує, що при збільшенні коефіцієнта наповнення, коефіцієнт залишкових газів зменшується.

Аналіз свідчить, що на коефіцієнт наповнення ηv головним чином впливають підігрів заряду, тиск в кінці впуску, параметри залишкових газів *Pr*, *Tr* .

Величина p_i для поршневих двигунів змінюється в межах :

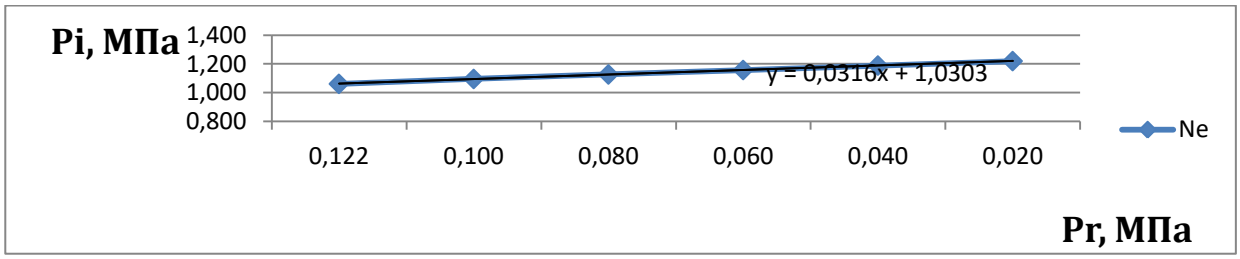


Рис3. Залежність індикаторного тиску Pi, від тиску залишкових газів Pr

Графік (рис.3) показує, що при знижені тиску залишкових газів індикаторний тиск зростає.

За результатами розрахунків побудовані згорнуті індикаторні діаграми та діаграми газообміну (рис. 4 – 5). Аналіз діаграм підтверджує попередні розрахунки індикаторних показників. При створенні розрідження Рг =0,06 МПа ми спостерігаємо підвищення індикаторної роботи на 10% та суттєве зменшення механічних втрат на газообмін (рис. 4)

При використанні наддуву (рис. 5) також спостерігається підвищення індикаторного тиску та корисної роботи на 10% в порівнянні з атмосферним двигуном. Але якщо порівнювати режим з наддувом з режимом розрідження, бачимо підвищення втрат на газообмін на 6%.

Використання наддуву разом з розрідженням у випускній системі показує остання індикаторна діаграма (рис5). Ми бачимо підвищення індикаторної роботи в

порівнянні з атмосферним двигуном (рис. 2.4) на 16%, а також зменшення втрат на газообмін, що складають 18%.

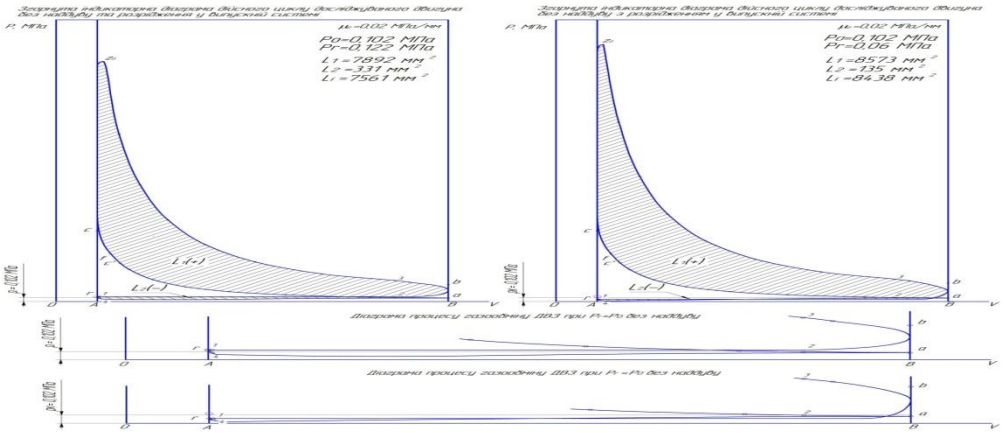


Рис. 4. Згорнуті індикаторні діаграми та діаграми газообміну дійсного циклу досліджуваного двигуна Ро = 0,102 МПа при Рг > Ро та Рг < Ро.

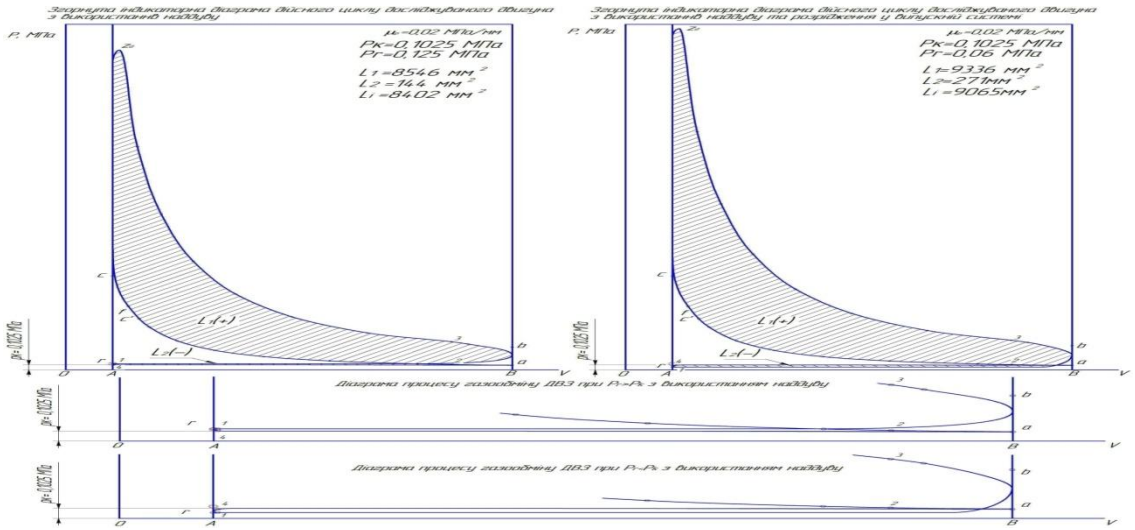


Рис. 5. Згорнуті індикаторні діаграми та діаграми газообміну дійсного циклу досліджуваного двигуна Рк = 0,1025 МПа при Рг > Ро та Рг < Ро.

Дослідна установка

Випробування двигунів проводять на спеціальних стендах. Стенд має пристосування для установки і закріплення на ньому двигуна (рис.6), пристрій, що призначений для поглинання потужності, що розвивається двигуном, пристосування для живлення двигуна, його охолодження, відводу відпрацьованих газів і органи керування двигуном. Крім того, стенд облаштовується вимірювальними приладами та додатковим обладнанням.

Експериментальний комплекс складається з:

- рами для розміщення вузлів та агрегатів;
- двигуна;
- зчеплення;
- коробки передач;
- пристрою для навантаження;
- системи наддуву;
- випускної системи;
- системи відбору відпрацьованих газів;
- пульта керування;
- системи живлення;
- іншого обладнання;



Рис.6. Загальний вигляд двигуна автомобіля «BMW 316»

Система випуску відпрацьованих газів

Відпрацьовані і картерні гази містять шкідливі для здоров'я людини речовини і повинні бути цілком відведені за межі приміщення, де знаходиться дослідна установка. Гази відводяться через загальний для всієї дослідної установки колектор, до якого прикріплені глушники (рис.7). Відповідно до ГОСТ 4846-69 система для відводу відпрацьованих газів не має створювати протитиск у вихідному отворі випускного трубопроводу двигуна більше 20 мм. рт. ст.



Рис.7. Система випуску відпрацьованих газів і система наддуву

Система живлення двигуна

Живлення повітрям здійснюється через повітряний фільтр випробовуваного двигуна з використанням нагнітача повітря (рис.7), що має регулятор потужності, розташований на пульті керування (рис.9).



Рис.8. Система для визначення витрати палива ваговим методом



Рис.9. Пульт керування дослідною установкою

Вимірювальне обладнання

Було використано датчик Холла SS413A фірми - виробника Honeywell.

Принцип дії датчика оснований на ефекті Холла. Ефект Холла виникає в плоскій напівпровідниковій пластині внесеній в магнітне поле при пропусканні через неї електричного струму.

Датчик тиску. Було використано датчик абсолютного тиску MPXHZ6400AC6T1 фірми–виробника Freescale (рис.10). Даний датчик п'єзоелектричного типу, тобто чутливим елементом датчиків цього типу є пьезоелемент - матеріал, що виділяє еклектричний сигнал при деформації (прямий п'єзоефект). П'єзоелемент знаходиться в вимірюваному середовищі, він буде виділяти струм пропорційний величині зміни тиску. Так як електричний

сигнал у п'єзоматеріалах виділяється тільки при деформації, а при постійному тиску деформування не відбувається, то цей датчик придатний тільки для вимірювання швидкомінливого тиску (рис.10).

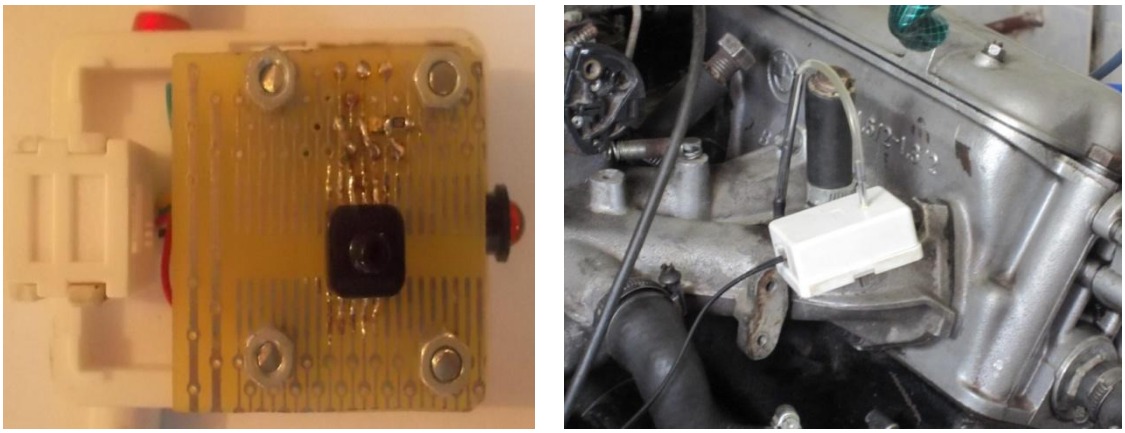


Рис.10. Загальний вигляд датчика тиску

Застосування мікроконтролера значно покращує показники точності та сприяє подальшому розширенню функціональних можливостей програмно-апаратного комплексу.

Експериментально встановлено вплив тиску наддуву на наступні показники:

- частоту обертання колінчастого вала;
- витрату палива;
- температуру відпрацьованих газів;

Також при проведенні досліджень виміряно шумність двигуна.

Значення тиску у впускному колекторі вимірювались за допомогою термокомпенсованого датчика тиску MPXHZ6400AC6T1 (рис.10) і через модуль програмно – апаратного комплексу МК ATmega16 (рис.11) синхронізувались за часом з параметрами обертів колінчастого вала двигуна, отриманими від датчика Холла Honeywell SS413A. Отримані дані виводилися на ПК за допомогою програми MoRoS_SW_20130429_v2

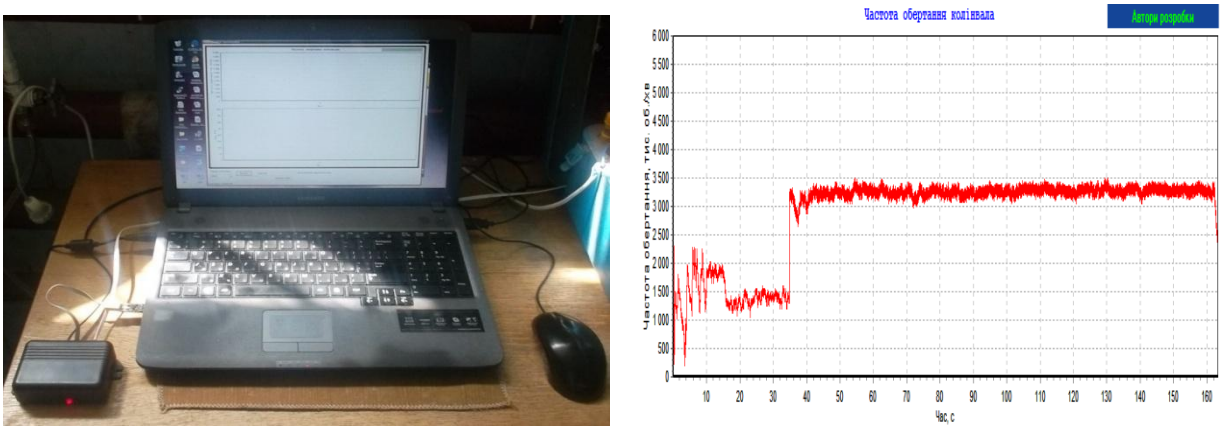


Рис.11. Загальний вигляд програмного комплексу і типової осцилограми.

Експериментальні дослідження проводилися на трьох режимах роботи двигуна (режим холостого ходу, середніх обертів та номінальному режимі), при трьох режимах наддуву.

Експеримент проводився в три етапи:

I – Режим холостого ходу (n=1200 об/хв). Двигун працював на протязі 60 с на кожному режимі наддуву: Рк=0 МПа, Рк=0,00022 МПа, Рк=0,00041МПа, Рк=0,00052МПа.

Тиск наддуву виміряно у впускному колекторі при закритій та відкритій випускній системі для трьох режимів роботи нагнітача повітря. Отримані дані занесено до табл. 3.8.

II – Режим середніх обертів (n=2200 об/хв). Експеримент проводився аналогічно попередньому режиму.

III – Номінальний режим (n=3200 об/хв). Експеримент проводився аналогічно попереднім режимам.

Результати досліджень заносилися до протоколу. Зразок протоколу наведено нижче.

Табл. 1

Результати вимірювань тиску наддуву

Закрита випускна система		Відкрита випускна система	
Режим	Тиск	Режим	Тиск
I	0,00023 МПа	I	0,00022 МПа
II	0,00042 МПа	II	0,00041 МПа
III	0,00055 МПа	III	0,00052 МПа

Результати експерименту дають можливість дослідити динаміку процесу зміни обертів колінчастого вала при різних значення тиску наддуву.

Зразок протоколу

	T, °C		Gt, г/хв	Шумність
	Термопара	Пірометр		
P0				
P1				
P2				
P3				

Аналіз отриманих даних дозволив визначити середні значення експлуатаційних показників та їх залежність від тиску наддуву. За ними було побудовано графіки приведені нижче.

Табл.2

Результати дослідження, проведеного на режимі холостого ходу

n, об/хв	*Gt, кг/год*	*T, °K*
1282,68	1,2	463
1374,31	1,26	483
1388,84	1,32	493
1398,84	1,32	503

Табл.3

Результати дослідження, проведеного на режимі середніх обертів

n, об/хв	*Gt, кг/год*	*T, °K*	*Шумність, дБ*
2164	1,98	583	90,3
2136,44	1,8	643	91,2
2189,8	1,74	693	89,5
2214,84	1,56	703	89,9

Табл.4

Результати дослідження, проведеного на номінальному режимі

n, об/хв	*Gt, кг/год*	*T, °K*	*Шумність, дБ*
3235,35	3,36	743	95,9
3276,11	3,06	773	96,7
3283,34	2,88	793	96,7

3293,97	2,88	803	95,9

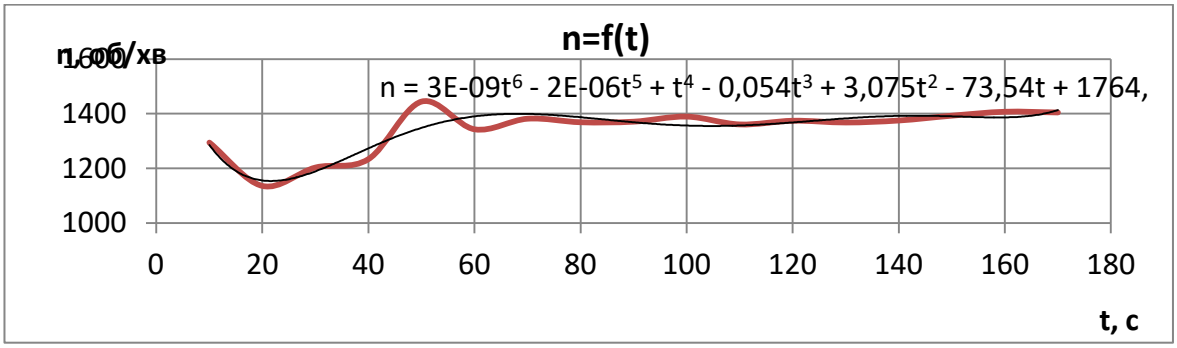


Рис.12 Залежність частоти обертання колінчастого валу на режимі холостого ходу від часу t

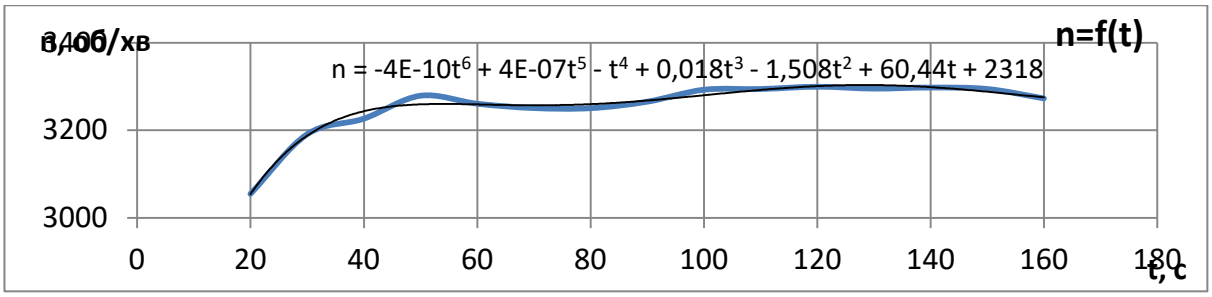


Рис.13. Залежність частоти обертання колінчастого валу n на номінальному режимі від часу t

Залежність показує, що до ввімкнення наддуву спостерігається нестійка робота двигуна. Після ввімкнення наддуву робота двигуна стає стійкою та еластичною, що підтверджують покази шумоміра, а також спостерігається підвищення частоти обертання колінчастого вала на 120 об/хв на режимі холостого ходу, що складає 8% від початкових обертів.

На режимі середніх обертів чітко видно сходинки перемикання режимів наддуву починаючи з 70-ї секунди. При роботі двигуна на першому режимі наддуву знижується частота обертання колінчастого валу та підвищується шумність. Це пояснюється тим, що нагнітач працює незалежно від двигуна і ми спостерігаємо неузгоджений вплив І режиму наддуву на цих обертах двигуна. З переходом на наступні режими наддуву спостерігається еластична робота та підвищення обертів колінчастого вала на 3%.

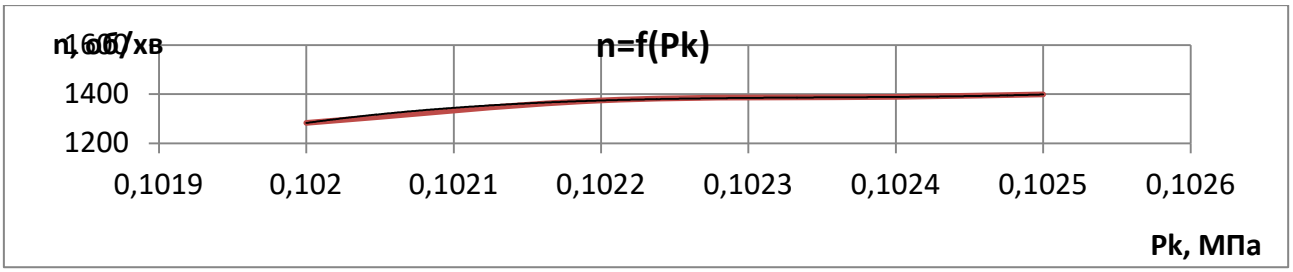


Рис.14. Залежність частоти обертання колінчастого вала n на режимі холостого ходу від тиску наддуву Pk

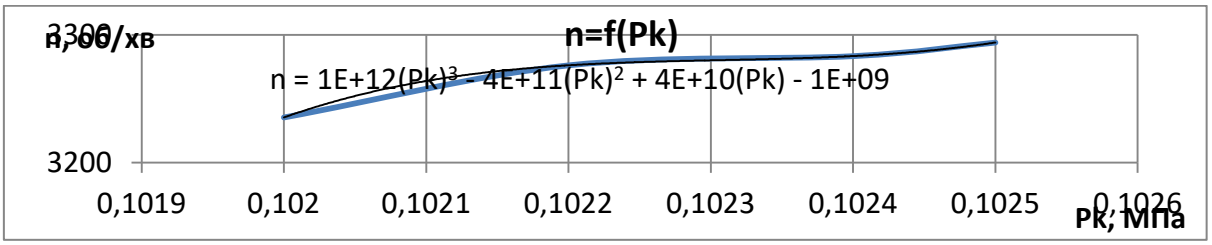


Рис.15. Залежність частоти обертання колінчастого вала n на номінальному режимі від тиску наддуву Pk.

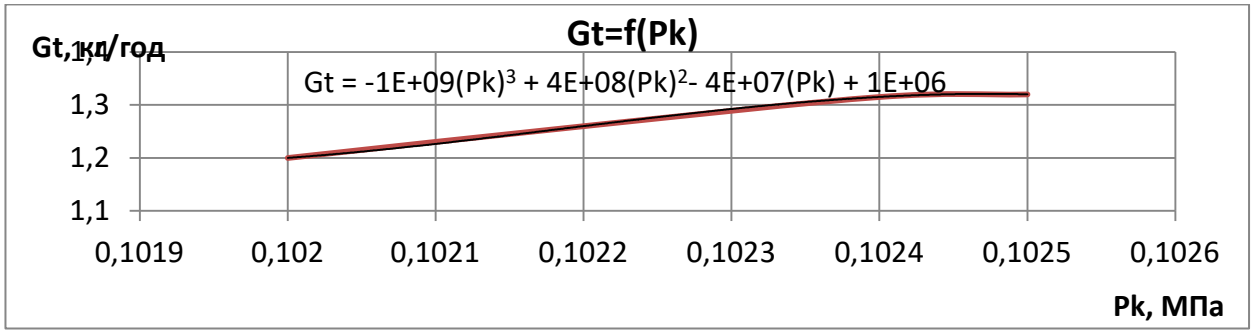


Рис.16. Залежність годинної витрати палива Gt від тиску наддуву Pk на режимі холостого ходу

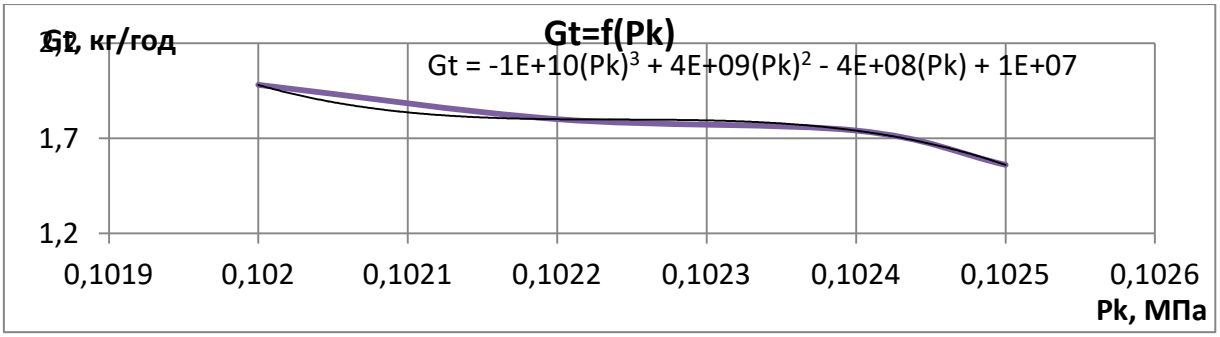


Рис.17. Залежність годинної витрати палива Gt від тиску наддуву Pk на режимі середніх обертів

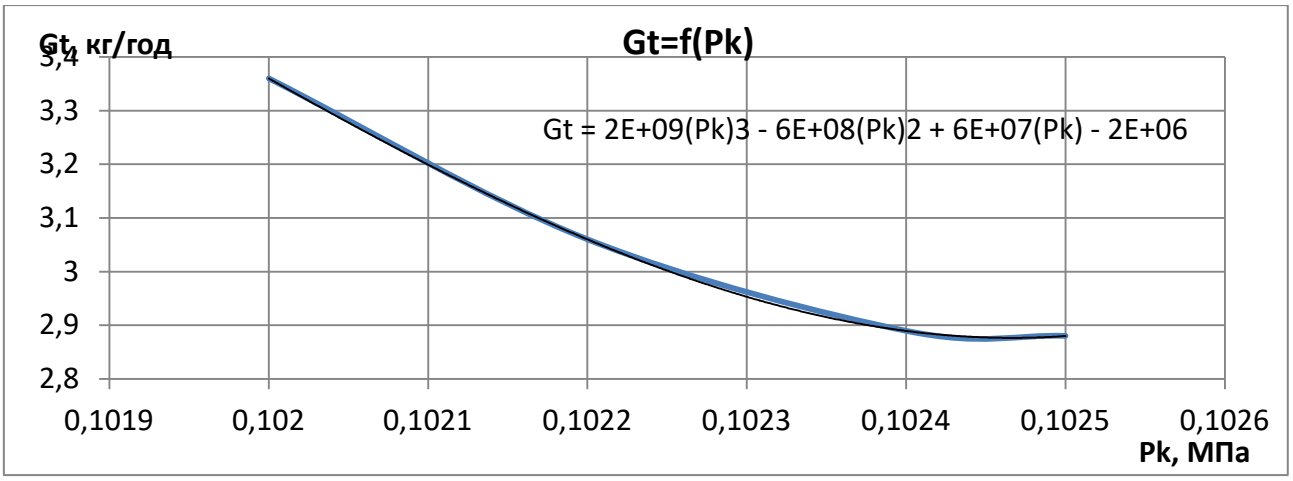


Рис.18. Залежність годинної витрати палива Gt від тиску наддуву Pk на номінальному режимі.

Порядок виконання роботи

1.Робота виконується з виконанням всіх необхідних заходів безпеки.

2.Запустити двигун і прогріти до робочої температури, одночасно увімкнути комп»ютер і запустити необхідні програми.

3.Визначити витрату палива, частоту обертання колінчастого валу при різних фіксованих значеннях тиску наддуву, розрідження у випускній системі та частотах обертання колінчастого валу. Занести результати до протоколу експерименту.

4. Побудувати графіки результатів досліджень та провести їх аналіз.

Контрольні питання

1. Як впливають параметри наддуву та розрідження у випускній системі на показники газообміну ДВЗ ?

2. Як впливають параметри газообміну на показники роботи ДВЗ ?

3. Перелічити та описати складові обладнання, що використовувалось при проведенні випробувань.

4. Навести блок-схему програмно- апаратного комплексу для дослідження впливу параметрів газообміну на показники роботи ДВЗ.

5. Які основні висновки даної роботи ?