НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАКРІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

КАФЕДРА ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА ДЛЯ МІНІТРАКТОРА ЗАСТОСУВАННЯМСИСТЕМИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА

Виконав: ст. гр . Е-42АМ
Бекарюк О. М.

Керівник: доц. Осетров О.О.

МЕТА РОБОТИ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є робочі процеси, конструктивні параметри і регулювання двигуна Briggs&Stratton Vanguard із традиційною паливною системою та системою безпосереднього впорскування.

Задачі роботи:

1) Експериментальне дослідження робочого процесу базового двигуна.
2) Уточнення математичної моделі робочого процесу бензинового двигуна стосовно до його особливостей конструкції і налаштувань.
3) Розробка схеми системи паливоподачі, вибір параметрів основних її елементів.
4) Тримірне моделювання деталей базового двигуна та двигуна із системою безпосереднього впорскування палива.
5) Визначення показників роботи двигуна із системою безпосереднього впорскування палива.

СХЕМА РОБОТИ КАРБЮРАТОРА БАЗОВОГО ДВИГУНА

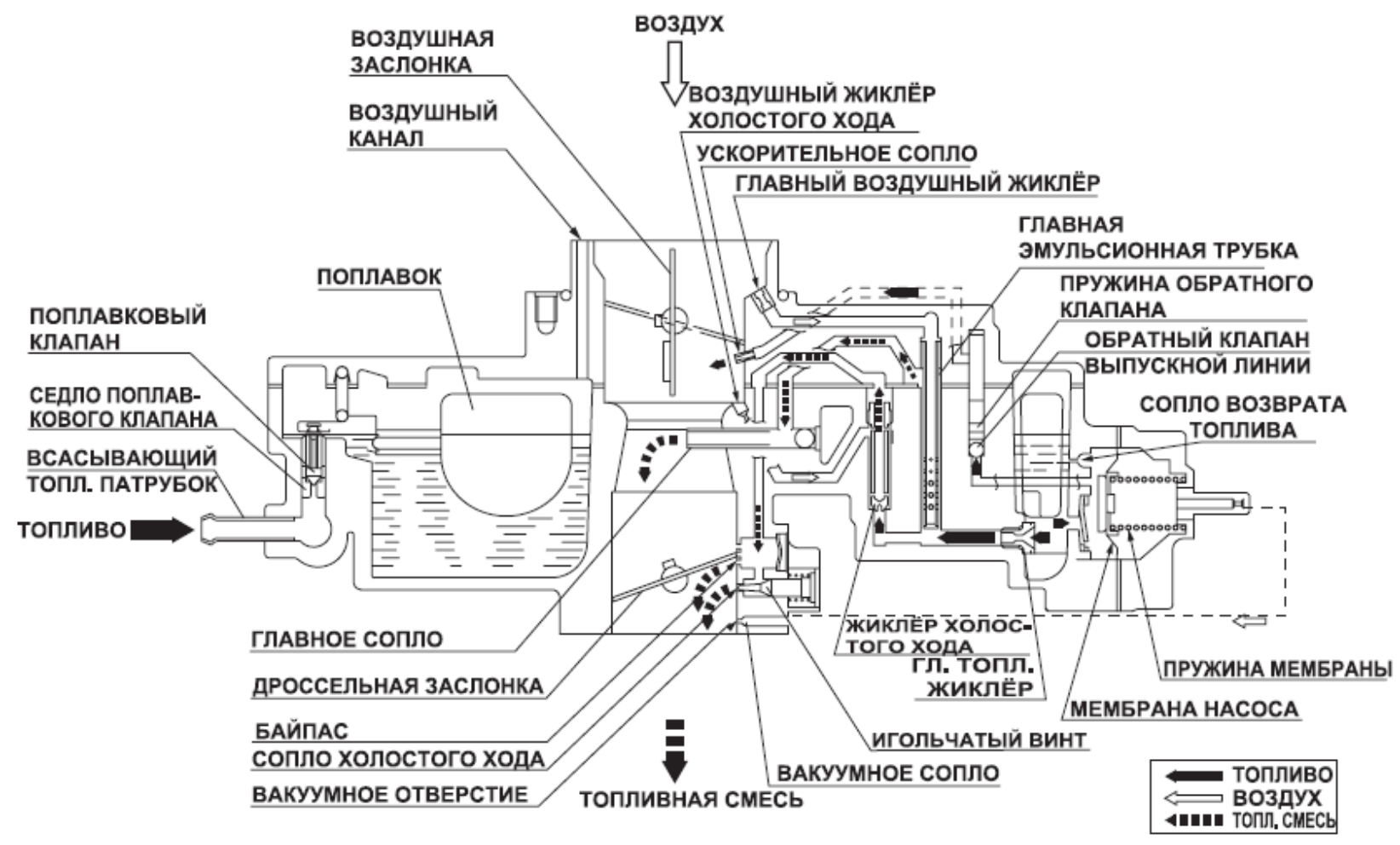


Рисунок 1 – Схема роботи карбюратора

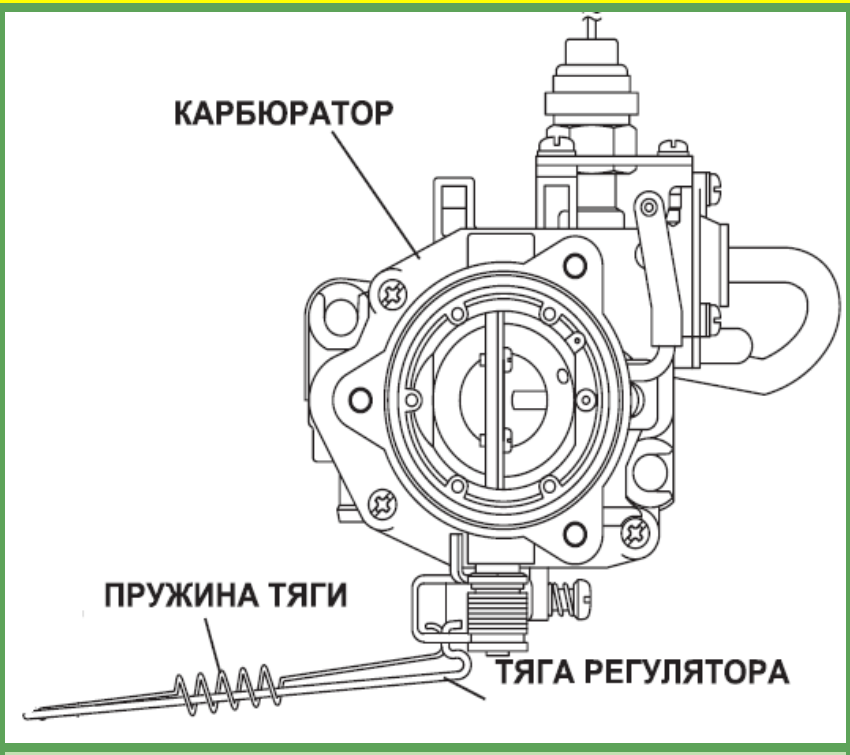


Рисунок 2 – Карбюратор

ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА BRIGGS&STRATTON VANGUARD

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики двигуна

Параметр	**Значення параметру**
Призначення двигуна	Для мінітрактору
Кількість циліндрів	2
Розташування циліндрів	V-подібне
Тип палива	Бензин
Тип паливоподачі	Карбюратор
Тип охолодження	Повітряне
Діаметр циліндра, мм	72
Хід поршня, мм	70
Відношення S/D	0,972
Номінальна потужність, к.с. (кВт)	18 (13,4)
Номінальна частота обертання колінчастого валу, $хв^{-1}$	3600
Максимальний крутний момент, Н·м, при 2600 $хв^{-1}$	18
Ступінь стиску	8,2

ПРИНЦИП РОБОТИ СИСТЕМИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВПОРСКУВАННЯ

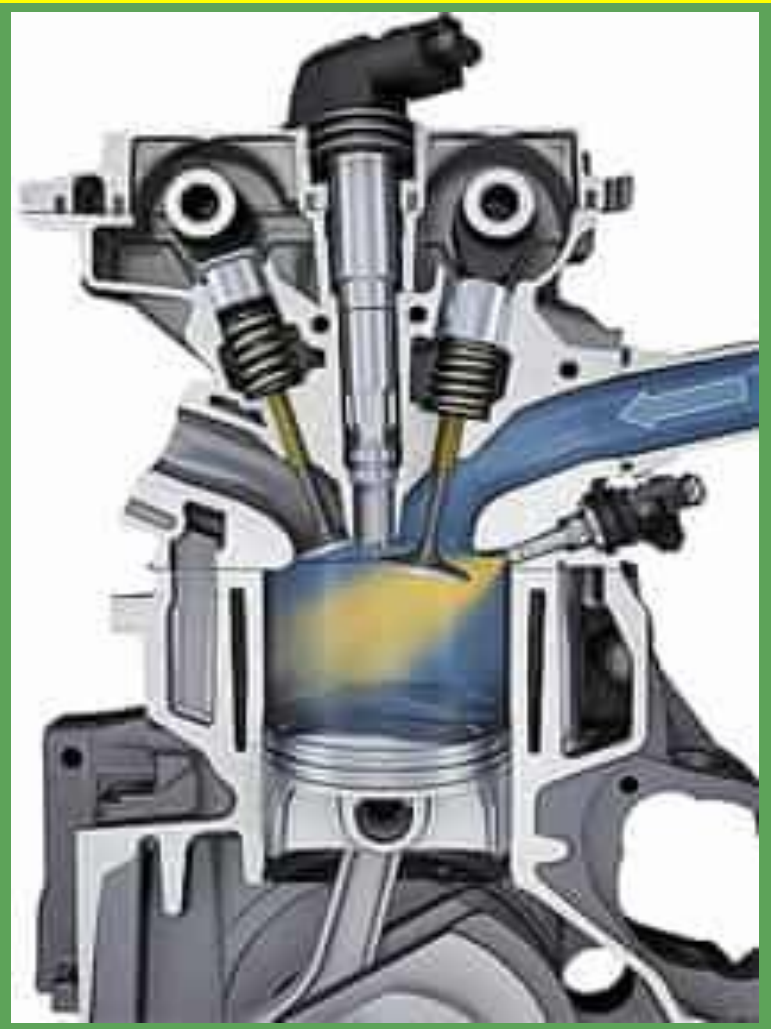


Рисунок 3 – Циліндр бензинового двигуна

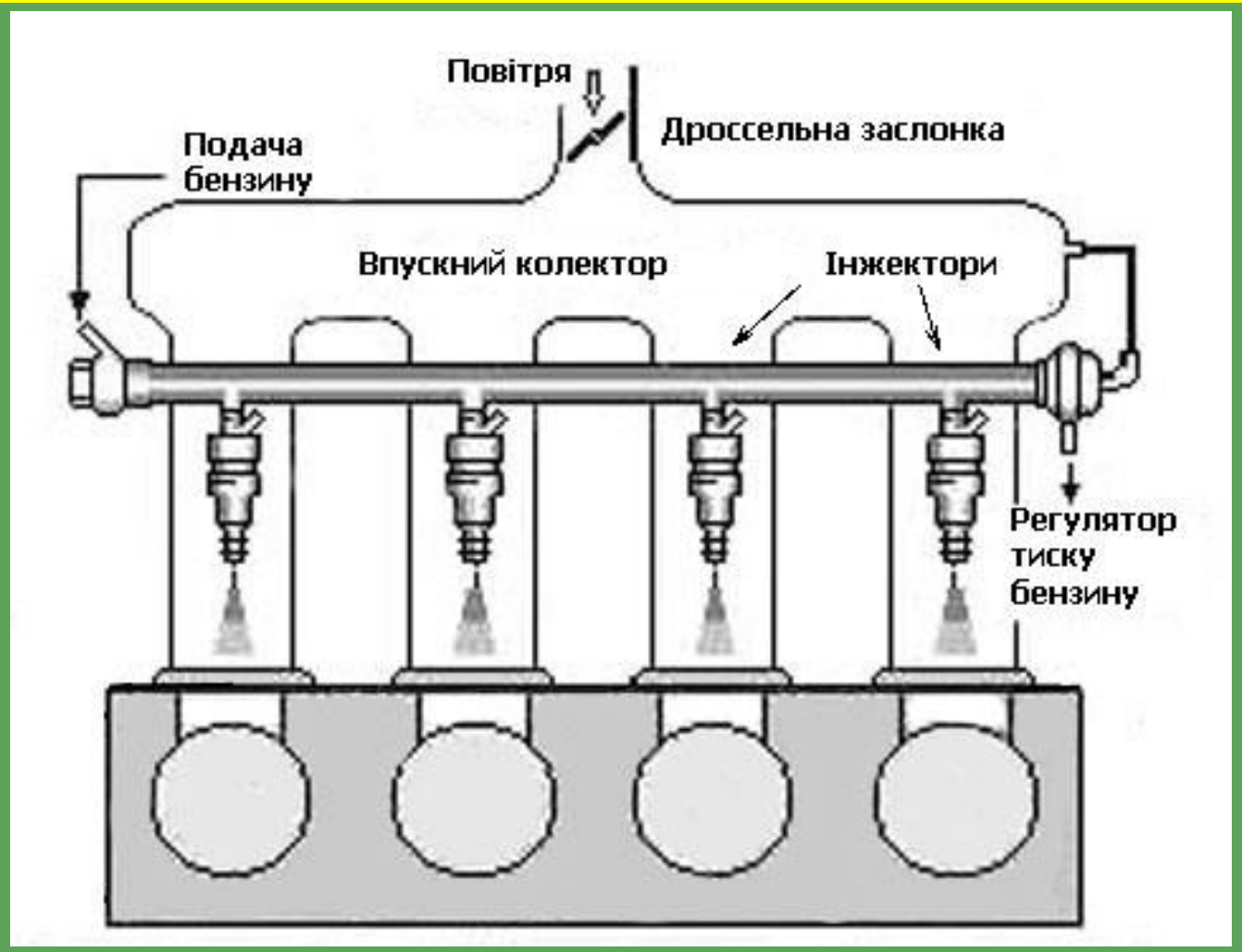


Рисунок 4 – Схема роботи системи безпосереднього впорскування бензину

ЗАГАЛЬНИЙ ВИД ДВИГУНА BRIGGS&STRATTON VANGUARD ТА ЕКЕСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДУ

Рисунок 5 – Загальний вид експериментального стенду з дослідним двигуном

Рисунок 6 – Загальний вид двигуна Briggs&Stratton Vanguard

СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДУ

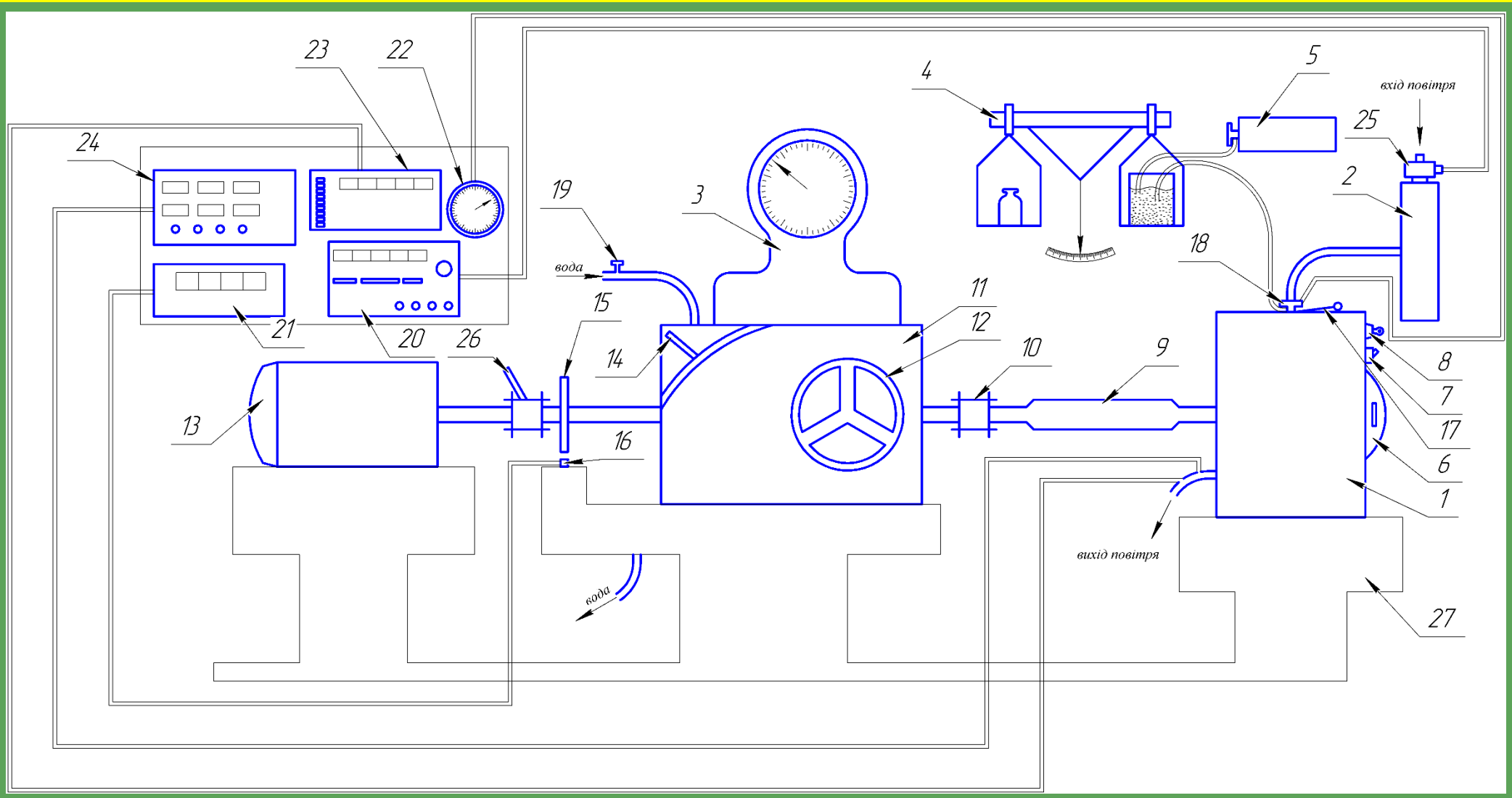


Рисунок 7 – Схема експериментального стенду з дослідним двигуном

ПАРАМЕТРИ, ЩО ДОСЛІДЖУВАЛИСЯ

Таблиця 2 – Параметри, що визначалися під час експерименту

Найменування параметрів	Позначення
Частота обертів колінчастого валу, хв$^{-1}$	n
Навантаження по шкалі гальма, кгс	$P_{тор}$
Кількість витраченого палива, г	$g_{п}$
Час витрати порції палива, с	τ
Розрідження за дросельною заслінкою, бар	$\Delta p_{бар}$
Температура відпрацьованих газів, ^{o}C	$t_{вг}$
Витрата повітря, м^3/год	Vs
Вміст кисню у ВГ, %	O2
Вміст вуглекислого газу у ВГ, ppm	CO2
Вміст монооксиду вуглецю у ВГ, ppm	CO
Вміст монооксиду азоту у ВГ, ppm	NO
Вміст діоксиду азоту у ВГ, ppm	NO2

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

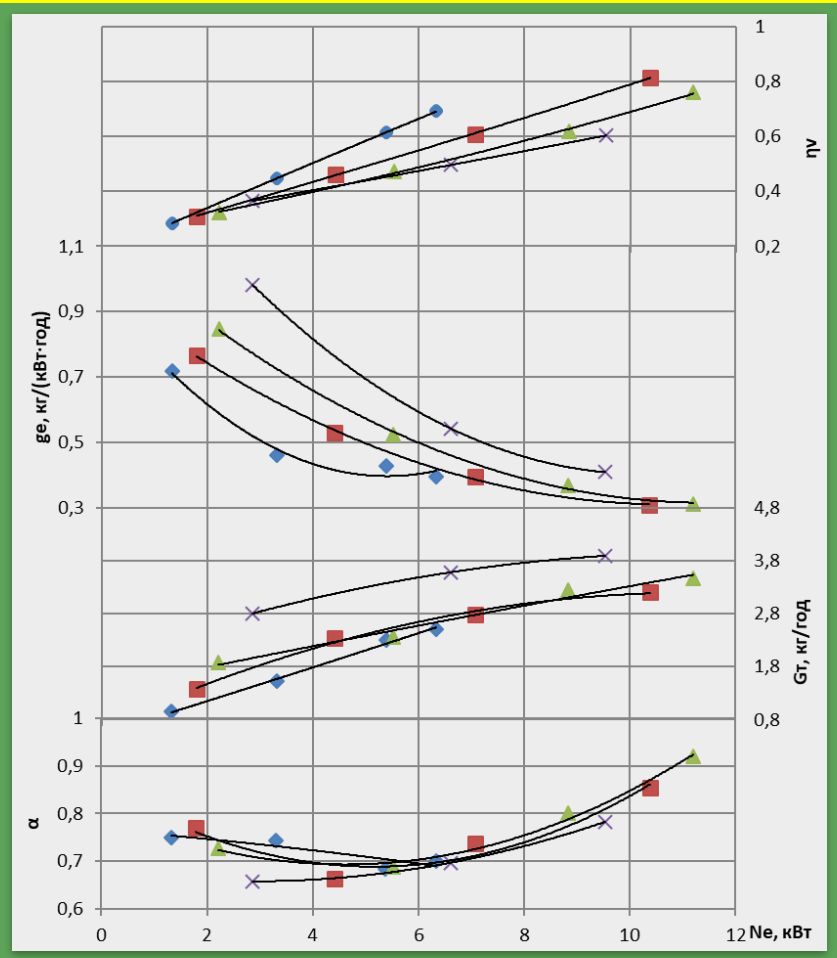


Рисунок 8 – Результати визначення основних параметрів двигуна

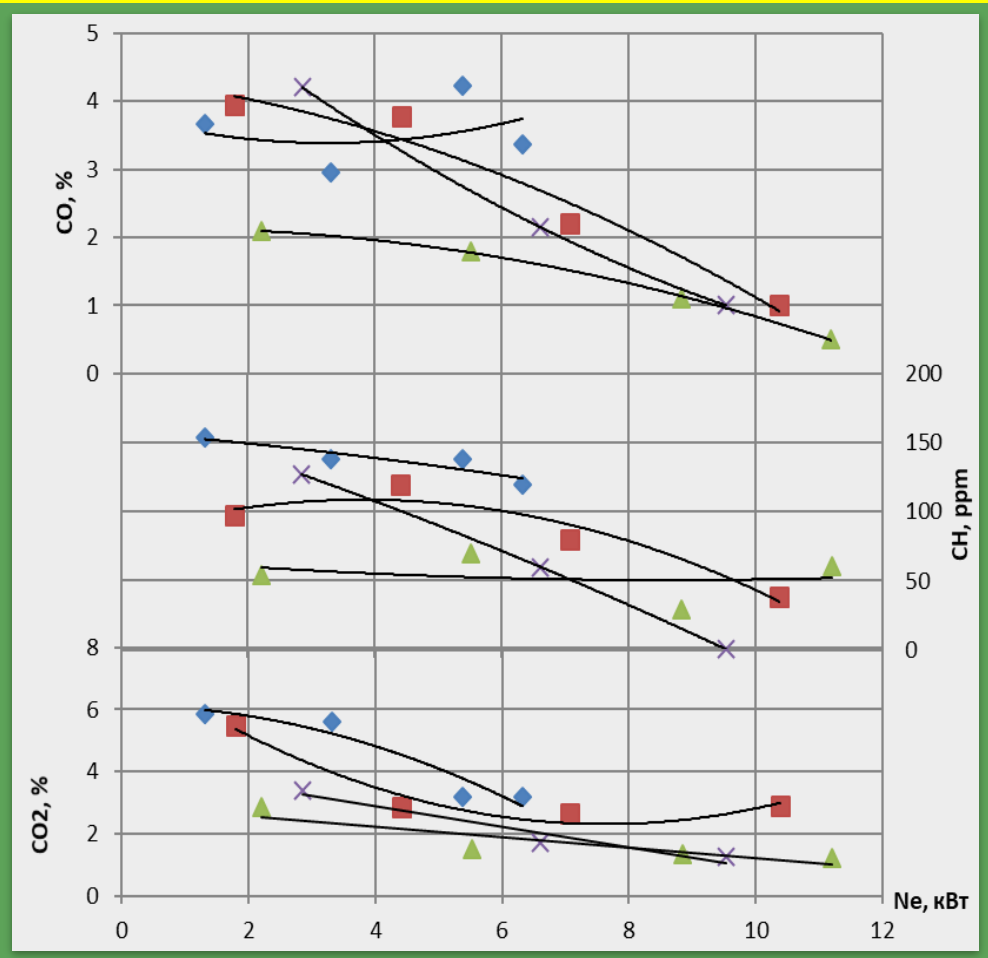
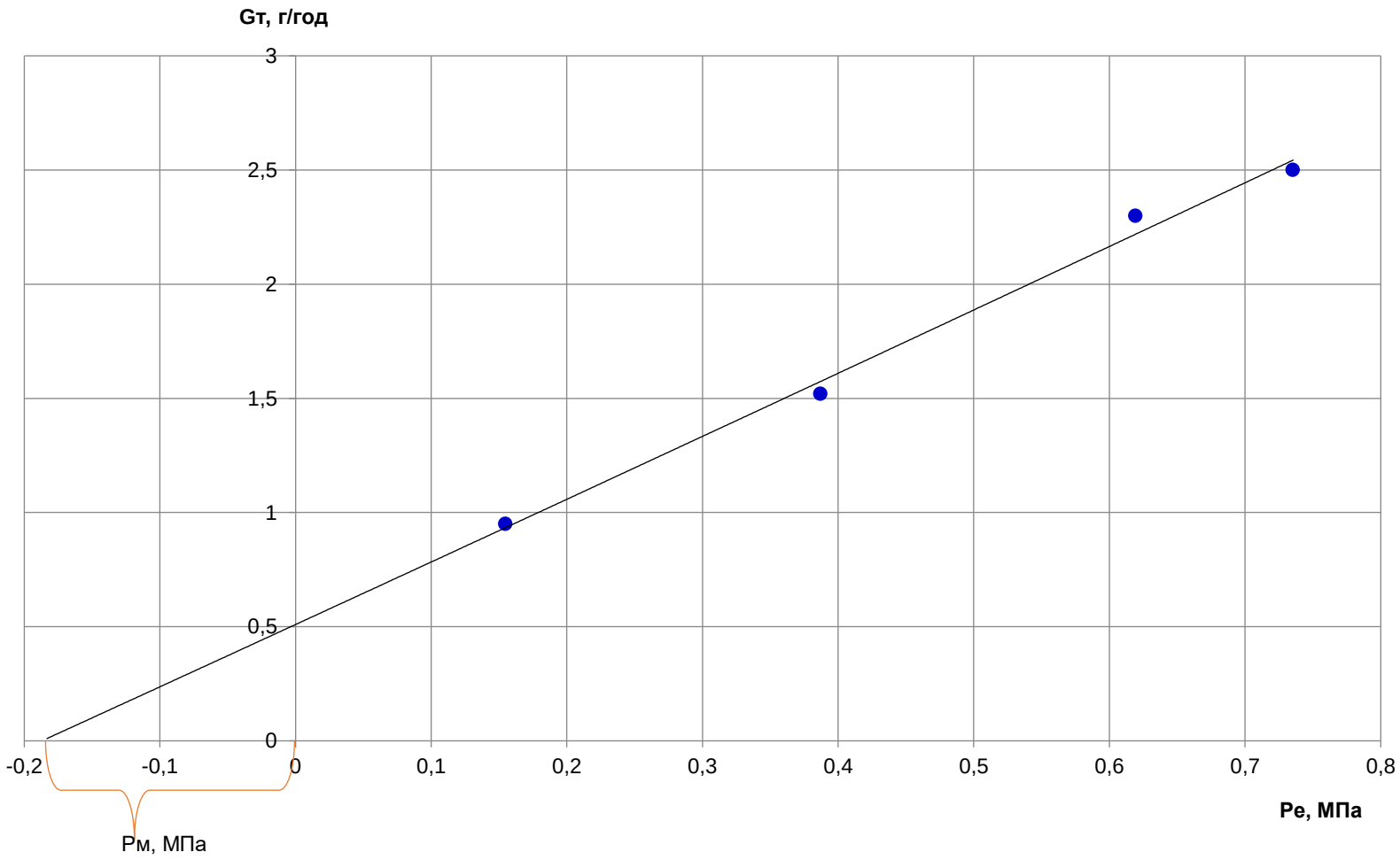


Рисунок 9 – Результати визначення параметрів токсичності двигуна

- 1800 хв$^{-1}$;
- 2400 хв$^{-1}$;
- 3000 хв$^{-1}$;
- x - 3600 хв$^{-1}$

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СУМАРНИХ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ



Сумарні механічні втрати визначали за графіком зміни годинної витрати палива на різних режимах навантаження при постійному числі обертів колінчастого валу. Метод полягає в тому, що графік $G_T = f(P_e)$ в координатах часова витрата палива – ефективний тиск ($G_T - P_e$) екстраполюється до перетинання з віссю P_e , після чого отриманий відрізок від початку координат до точки перетинання прирівнюють до середнього тиску механічних втрат $P_м$.

Рисунок 10 - Приклад визначення механічних втрат $P_м$ на режимі 1800 хв$^{-1}$

РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ

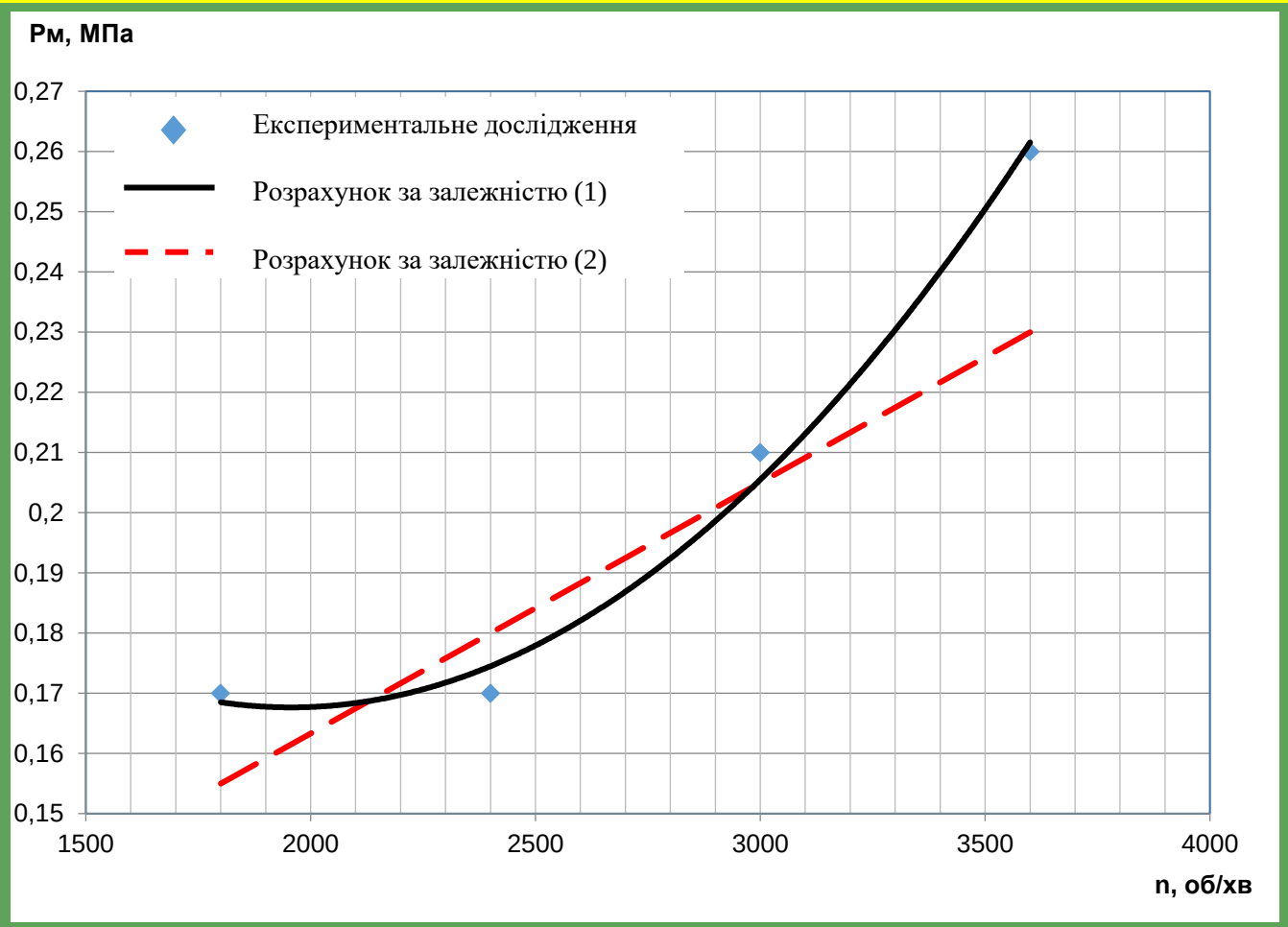


Рисунок 11 – Результати визначення механічних втрат $P_м$ на режимі 1800 хв$^{-1}$

Запропонована емпірична залежність (1):

$$P_M = 0{,}3 - 0{,}136 \cdot \left(\frac{n}{1000}\right) + 0{,}0347 \cdot \left(\frac{n}{1000}\right)^2$$

Визначення механічних втрат за залежністю, запронованою Дяченко В. Г. (2):

$$\mathrm{P_м} = a + b\frac{n}{n_н},$$

де *a, b* – емпіричні коефіцієнти. Для двигунів із зовнішнім сумішоутворенням рекомендовано *a*=0,08; *b*=0,15.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА

В математичну модель покладено:

- ✓ Загальні диференційні рівняння процесів масообміну і теплообміну в надпоршневій порожнині.
- ✓ Теплофізичні властивості палива довільного компонентного складу, його суміші з повітрям і продуктів згоряння.
- ✓ Визначення прохідних перетинів клапанів.
- ✓ Математична модель згоряння.

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ

Режим 1800 хв$^{-1}$ | Режим 2400 хв$^{-1}$ | Режим 3000 хв$^{-1}$ | Режим 3600 хв$^{-1}$

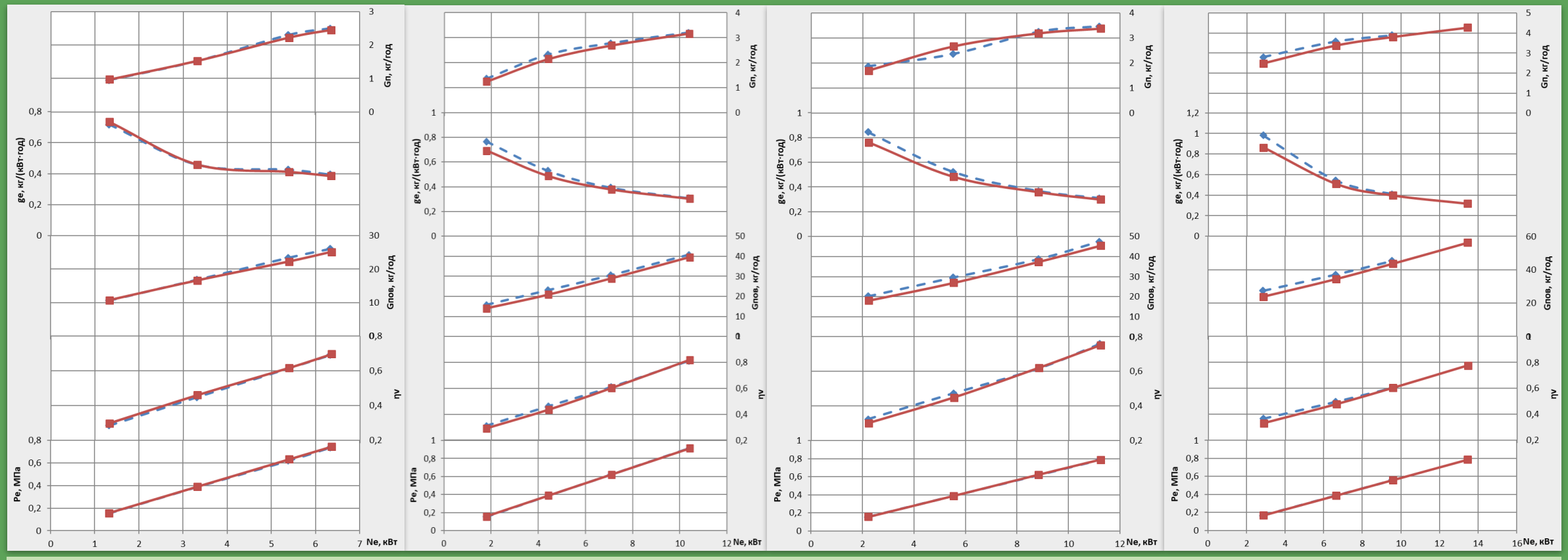
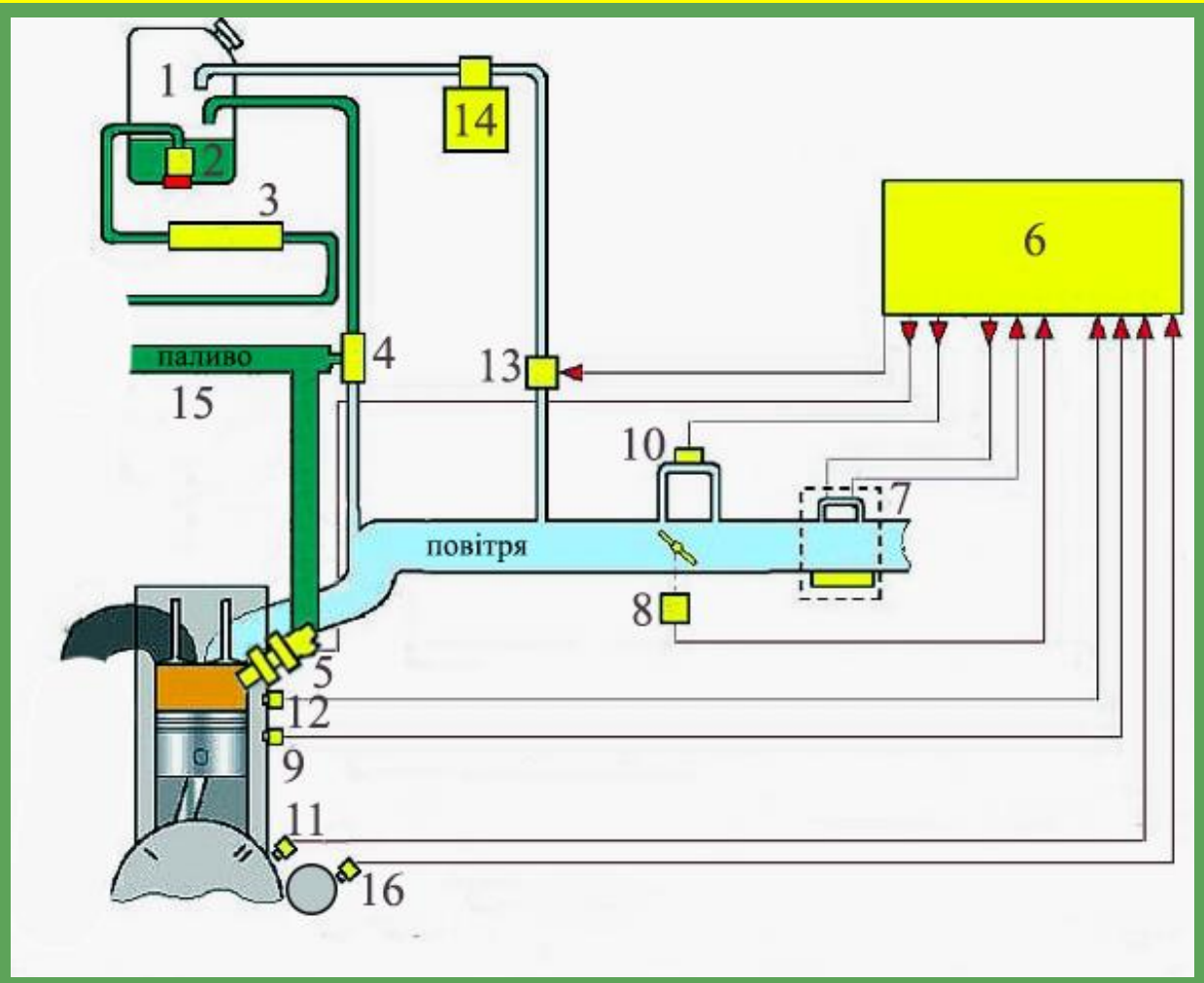


Рисунок 12 – Результати розрахунку робочого процесу базового двигуна за побудованою математичною моделлю

◆ – експериментальне дослідження; ■ – розрахунок за математичною моделлю

СХЕМА СИСТЕМИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА



1 – паливний бак; 2 – електричний бензонасос; 3 – паливний фільтр; 4 – регулятор тиску палива у системі; 5 – форсунка; 6 – електронний блок управління; 7 – датчик масової витрати повітря; 8 – датчик положення дросельної заслінки; 9 – датчик температури головки циліндра; 10 – регулятор холостого ходу; 11 – датчик положення колінчастого валу; 12 – датчик детонації; 13 – клапан продувки адсорбера; 14 – адсорбер; 15 – рампа; 16 – датчик положення розподільного валу

Рисунок 13 – Схема система безпосереднього впорскування палива

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ФОРСУНКИ

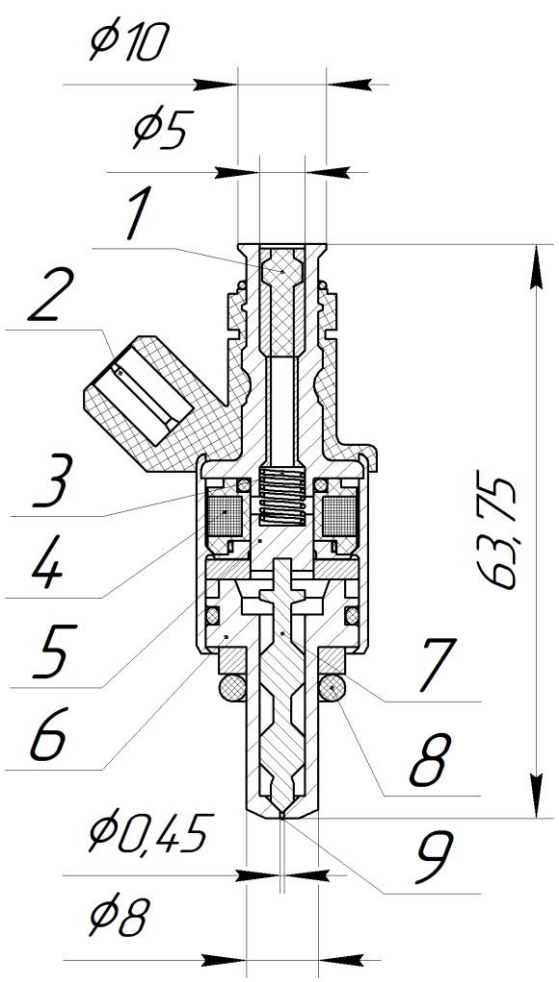


Рисунок 14 – Ескіз форсунки

1 – сітчастий фільтр;
2 – електричний роз’єм;
3 – пружина;
4 – обмотка збудження;
5 – якір електромагніта;
6 – корпус форсунки;
7 – голка форсунки;
8 – кільце ущільнення;
9 – сопло форсунки

Основні параметри форсунки:

- мінімальний час відкриття форсунки: 1,7 мс;
- максимальний тиск впорскування: 8 Мпа
- діаметр розпилюючого отвору: 0,45 мм

ГРАНИЧНІ ВИПАДКИ

Таблиця 2 – Розрахунок паливоподачі на режимі максимального навантаження

α	$p_ц$	$p_с$	$dQ/d\alpha$	Q
гр. п.к.в.	Па	Па	м^3/гр. п.к.в.	м^3
272	967685,81	8000000	6,55E-10	0
273	1020136,8	8000000	6,53E-10	6,53E-10
274	1079471,9	8000000	6,50E-10	1,30E-09
275	1146552,4	8000000	6,47E-10	1,95E-09
276	1222227,5	8000000	6,43E-10	2,59E-09
277	1307307,6	8000000	6,39E-10	3,23E-09
278	1402535,2	8000000	6,35E-10	3,87E-09
279	1508556,2	8000000	6,30E-10	4,50E-09
280	1625891	8000000	6,24E-10	5,12E-09
315	6102559,5	8000000	3,40E-10	2,11E-08
316	6160081,6	8000000	3,35E-10	2,15E-08
317	6217603,6	8000000	3,30E-10	2,18E-08
318	6275125,6	8000000	3,25E-10	2,21E-08
319	6332647,6	8000000	3,19E-10	2,24E-08
320	6390169,7	8000000	3,14E-10	2,28E-08
321	6447691,7	8000000	3,08E-10	2,31E-08
322	6505213,7	8000000	3,02E-10	2,34E-08
323	6562735,8	8000000	2,96E-10	2,37E-08
324	6620257,8	8000000	2,90E-10	2,39E-08
325	6677779,8	8000000	2,84E-10	2,42E-08

Таблиця 2 – Розрахунок паливоподачі на режимі холостого ходу

α	$p_ц$	$p_с$	$dQ/d\alpha$	Q
гр. п.к.в.	Па	Па	м^3/гр. п.к.в.	м^3
272	58686,6789	500000	1,64E-10	0
273	59642,1355	500000	1,64E-10	1,64E-10
274	60630,0852	500000	1,64E-10	3,28E-10
275	61651,7917	500000	1,64E-10	4,91E-10
276	62708,5756	500000	1,63E-10	6,55E-10
277	63801,8173	500000	1,63E-10	8,18E-10
278	64932,9597	500000	1,63E-10	9,81E-10
279	66103,5112	500000	1,63E-10	1,14E-09
280	67315,0489	500000	1,63E-10	1,31E-09
315	154919,594	500000	1,45E-10	6,75E-09
316	159521,35	500000	1,44E-10	6,90E-09
317	164298,508	500000	1,43E-10	7,04E-09
318	169256,311	500000	1,42E-10	7,18E-09
319	174399,84	500000	1,41E-10	7,32E-09
320	179733,946	500000	1,40E-10	7,46E-09
321	185263,178	500000	1,39E-10	7,60E-09
322	190991,704	500000	1,37E-10	7,74E-09

ТРИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДВИГУНА
ОСНОВНІ ДЕТАЛІ ТА СКЛАДАЛЬНІ ОДИНИЦІ ДВИГУНА

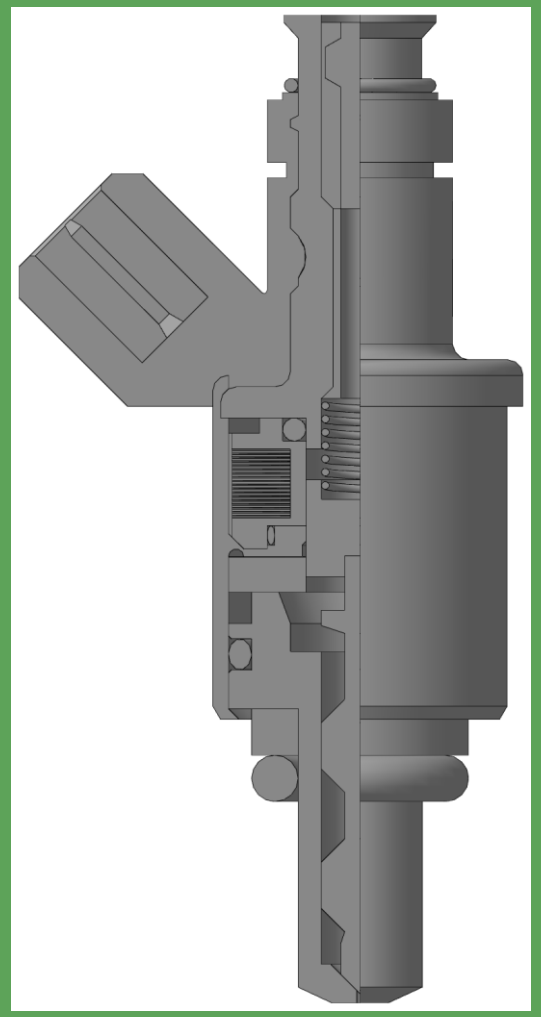


Рисунок 15 – Форсунка

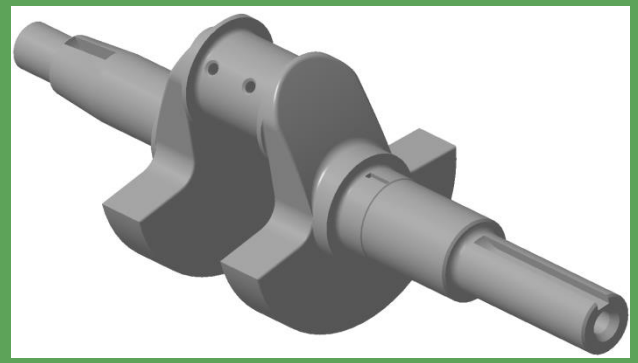


Рисунок 16 – Колінчастий вал

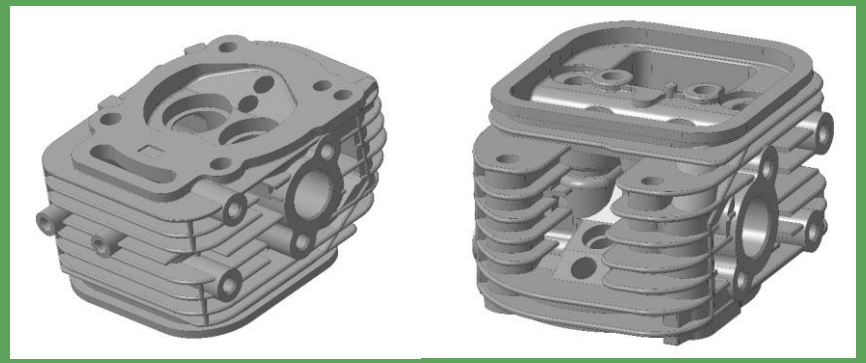


Рисунок 17 – Головка циліндрів

Рисунок 18 – Маховик

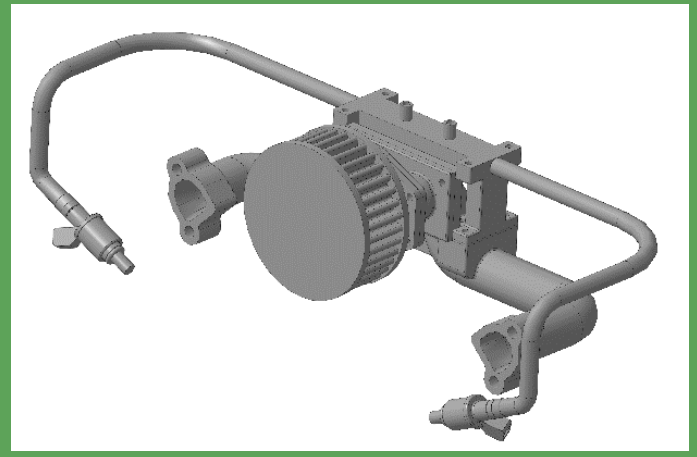


Рисунок 19 – Паливна рампа

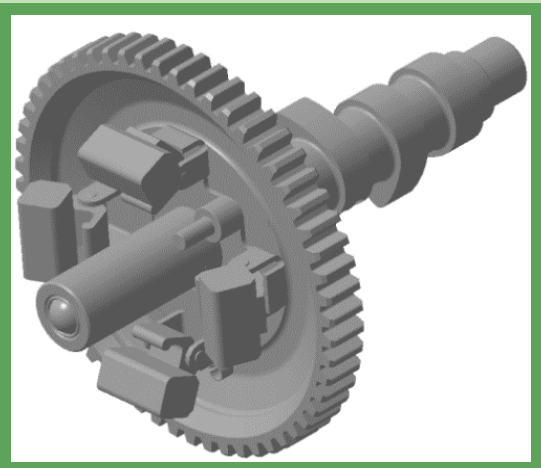


Рисунок 20 – Розподільний вал

Рисунок 21 – Поршень з шатуном

ТРИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДВИГУНА
ЗБІРКА ОСНОВНИХ СКЛАДАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ

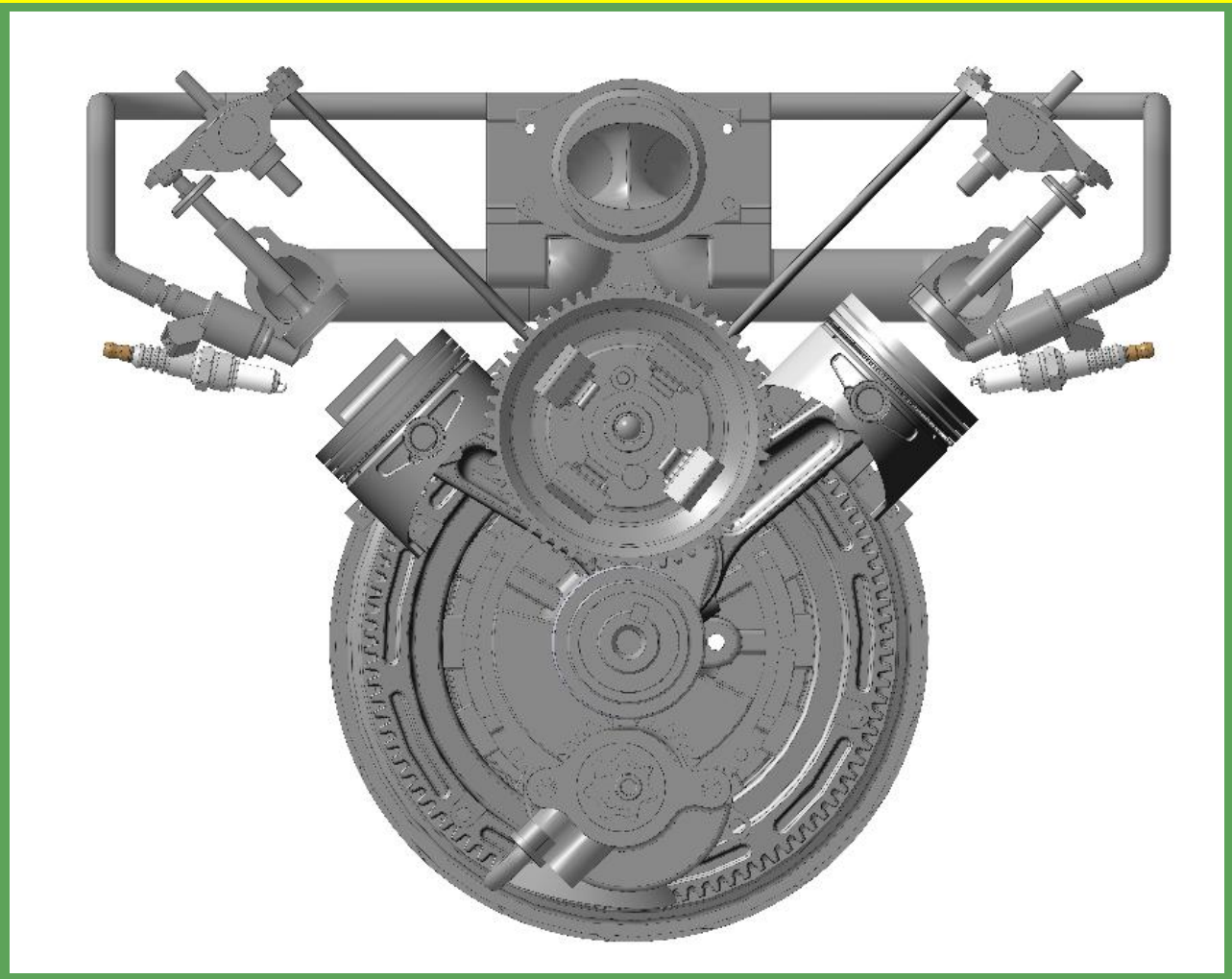


Рисунок 22 – Основні складальні одиниці двигуна. Вид з колінчастого валу

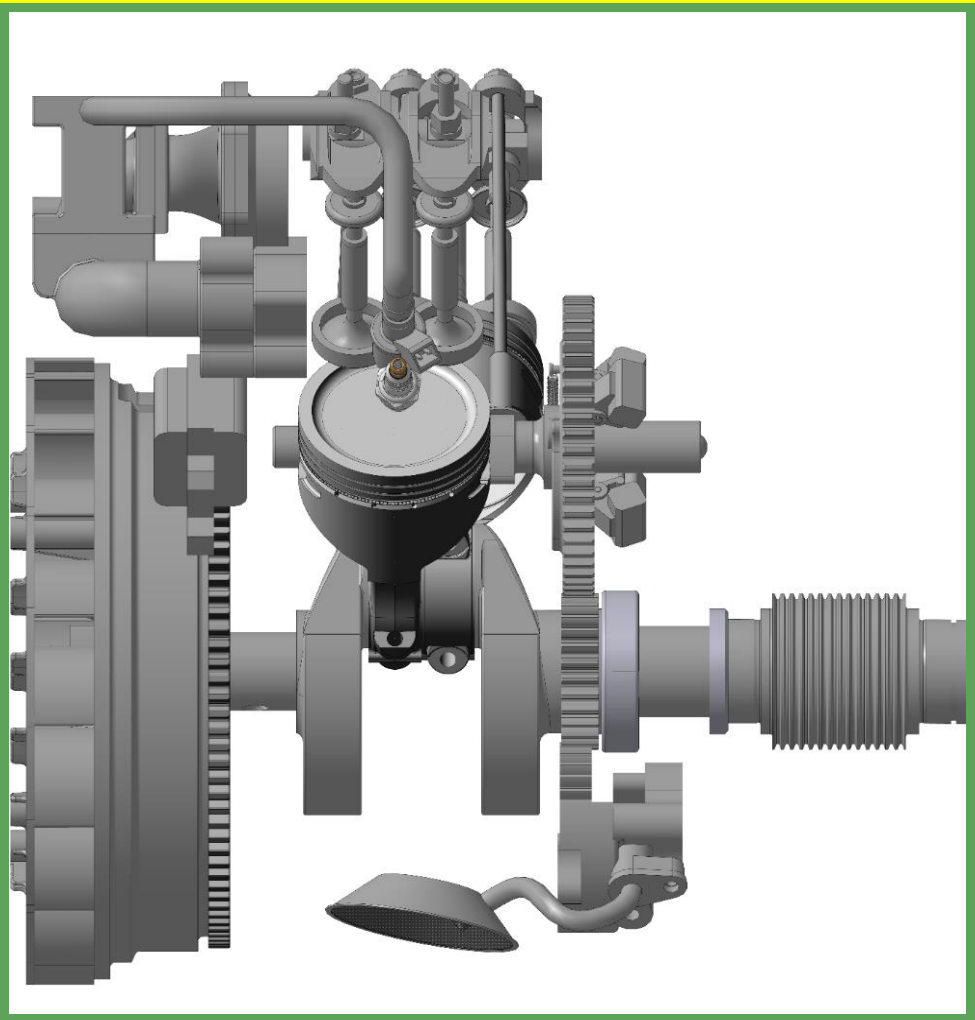


Рисунок 23 – Основні складальні одиниці двигуна. Вид збоку

ТРИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДВИГУНА
ЗАГАЛЬНИЙ ВИД ДВИГУНА

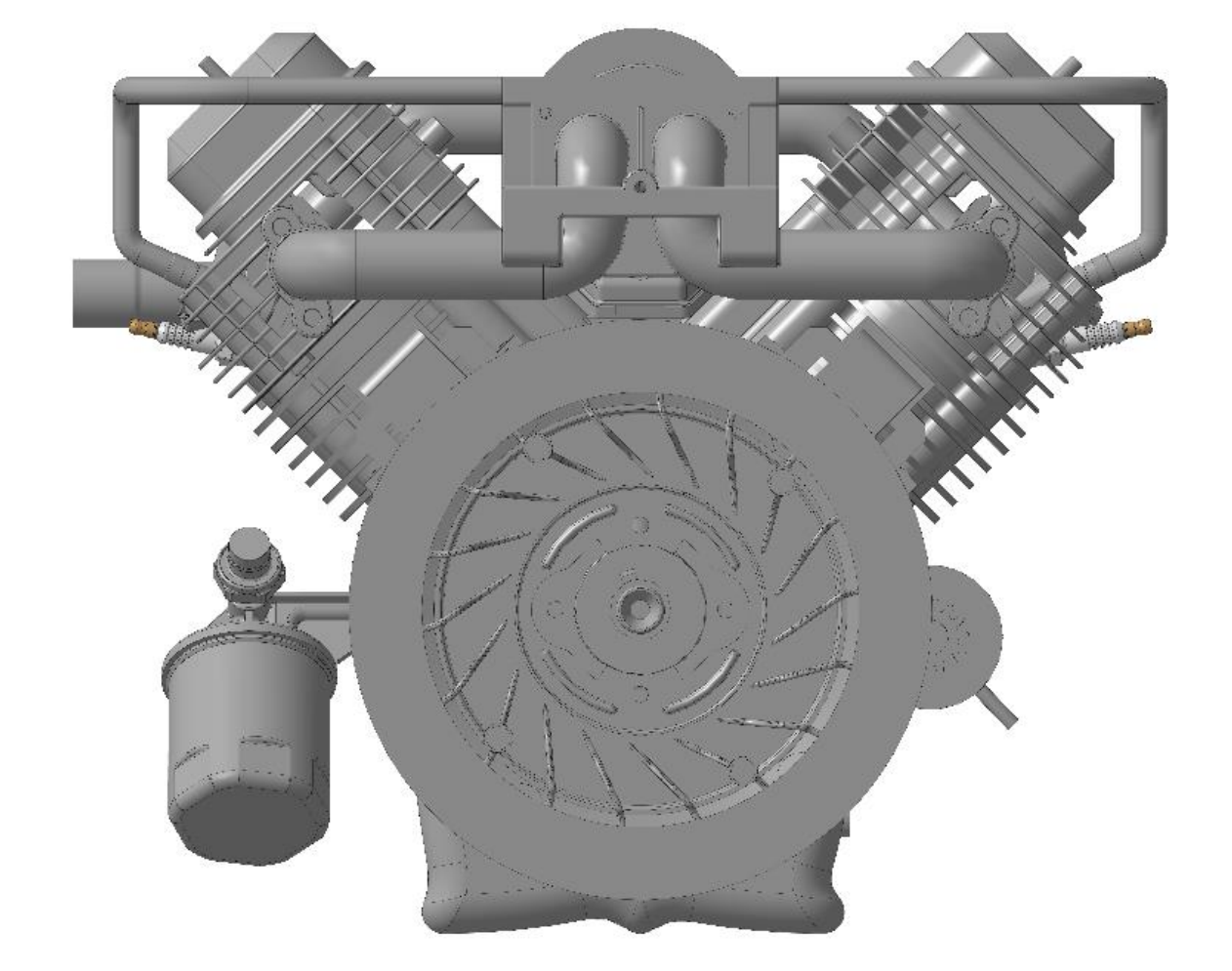


Рисунок 24 – Тримірна модель двигуна. Вид з маховика

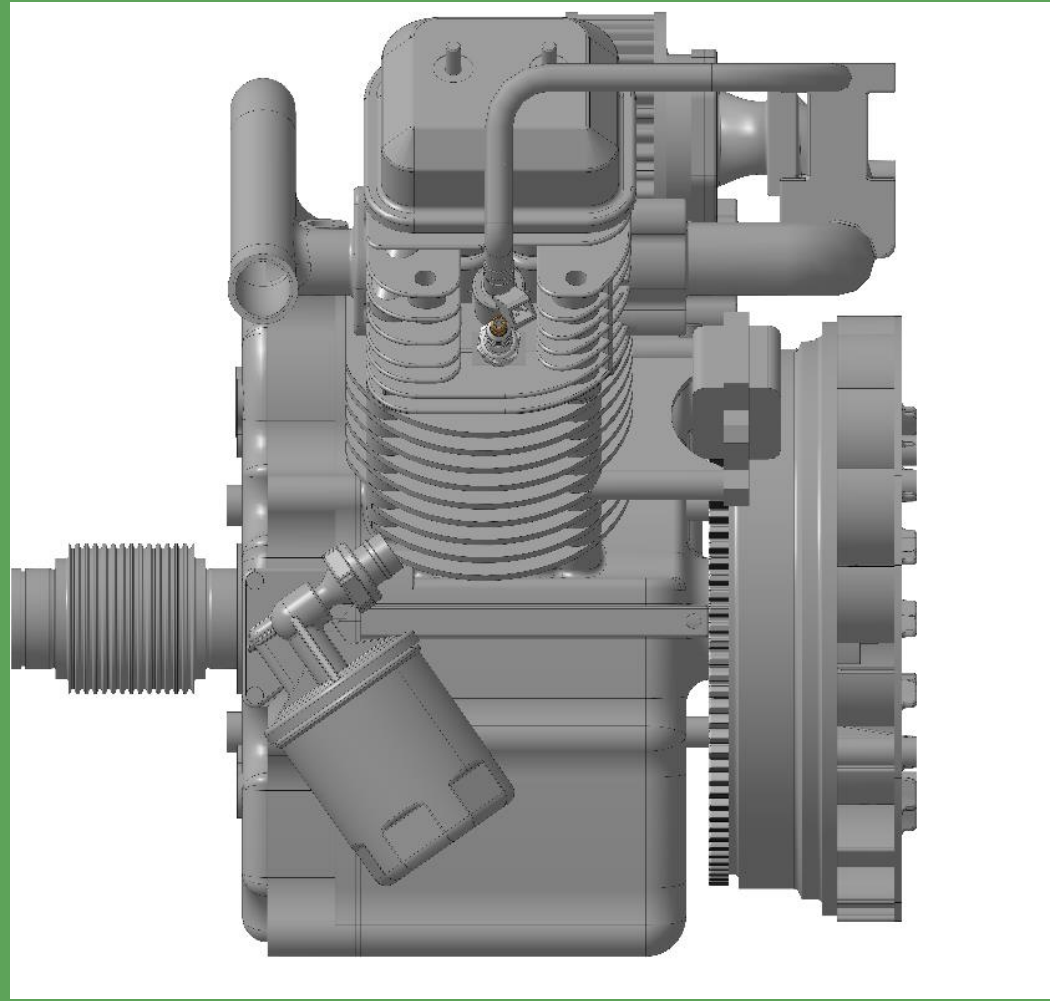


Рисунок 25 – Тримірна модель двигуна. Вид збоку

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ З СИСТЕМОЮ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА

Режим 1800 хв$^{-1}$ | Режим 2400 хв$^{-1}$ | Режим 3000 хв$^{-1}$ | Режим 3600 хв$^{-1}$

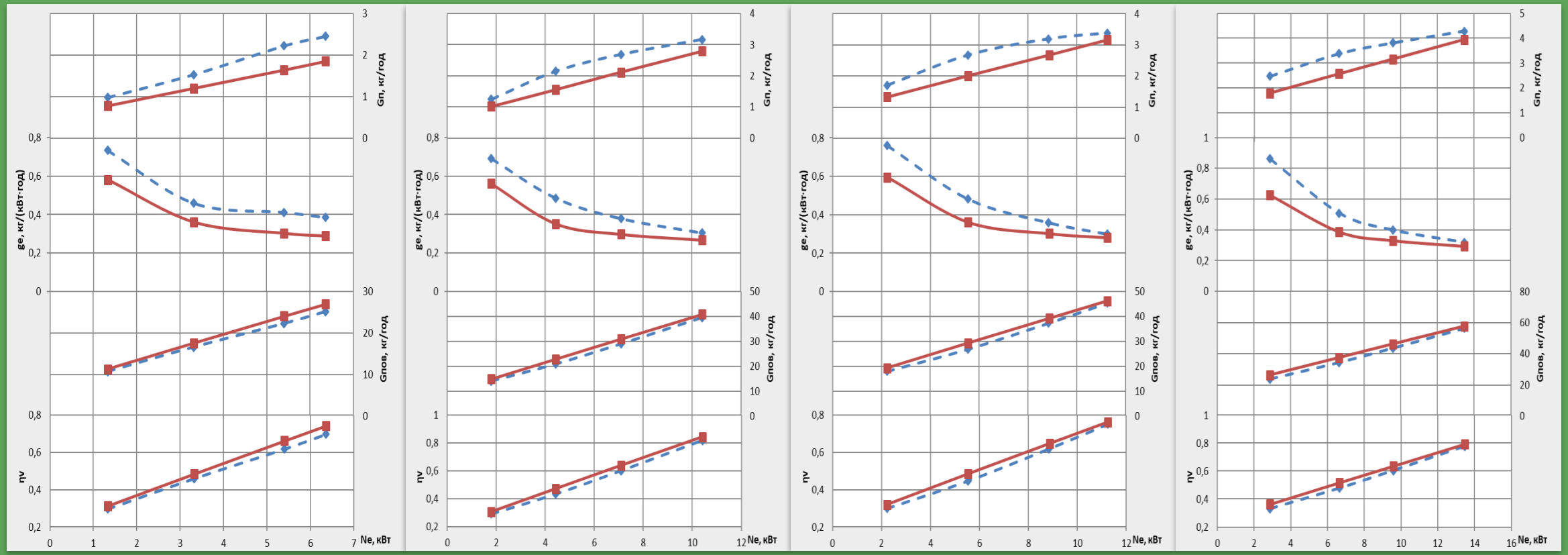


Рисунок 12 – Результати розрахунку робочого процесу двигуна з системою безпосереднього впорскування палива

◆ – базовий двигун; ■ – двигун із системою безпосереднього впорскування

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

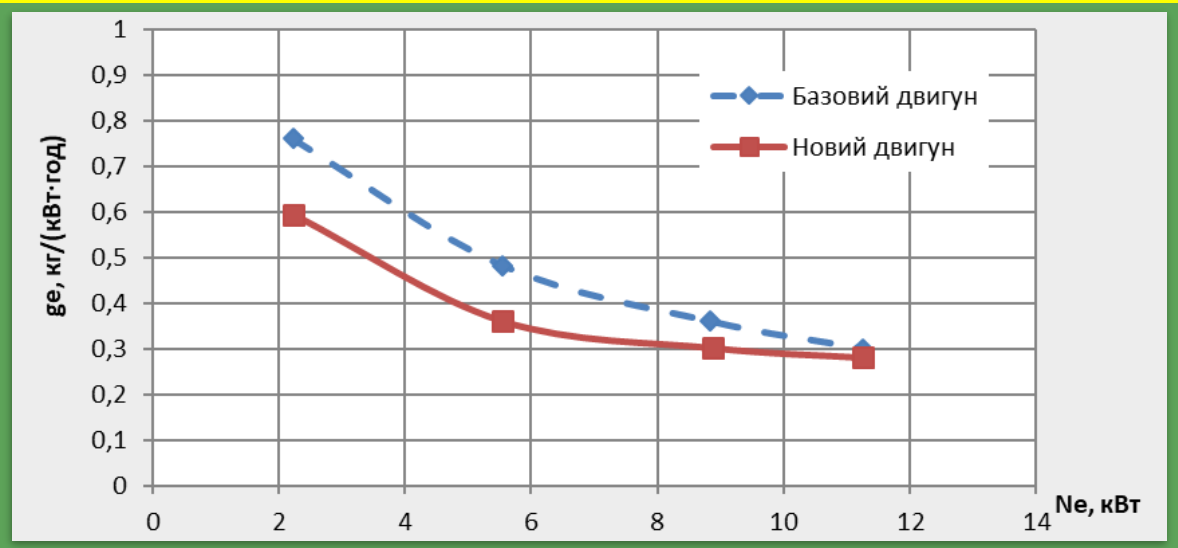


Рисунок 26 – Графік залежності питомої ефективної витрати палива на режимі 3000 хв$^{-1}$

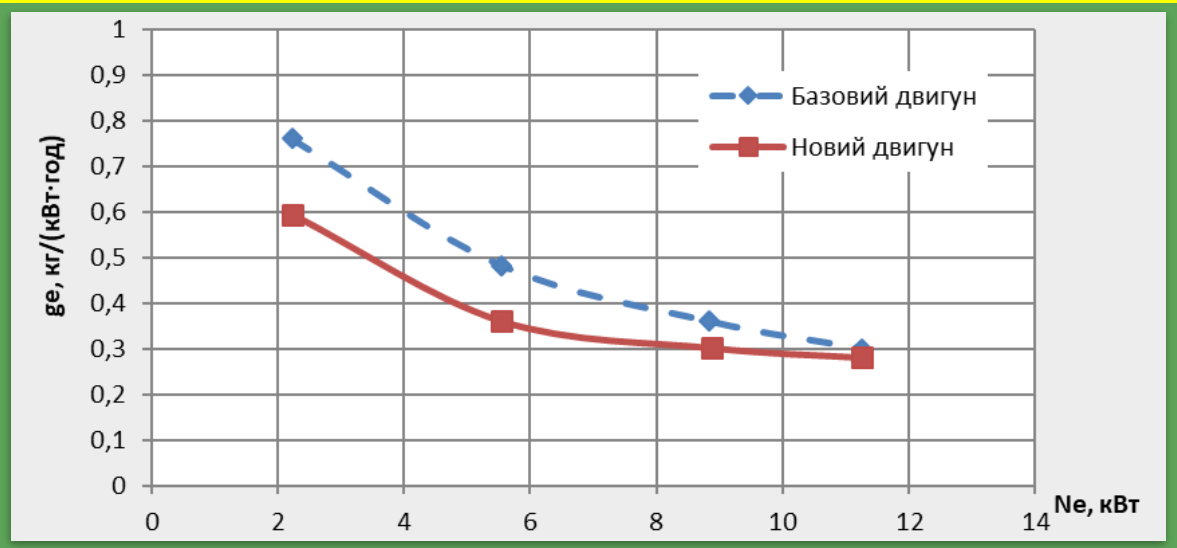


Рисунок 27 – Графік залежності питомої ефективної витрати палива на режимі 3600 хв$^{-1}$

Прибуток виробника становить 1727 грн. на одиницю виробу.
Економія споживача витрат на паливо становить 53577 грн./рік на одиницю виробу.

ВИСНОВКИ

Висновки:

1) Проведено експериментальне дослідження робочого процесу базового двигуна. Визначено основні показники роботи двигуна та досліджено механічні втрати.
2) Уточнено математичну модель робочого процесу бензинового двигуна стосовно до його особливостей конструкції і налаштувань.
3) Розроблено схему системи паливоподачі, обрано та обґрунтовано параметри основних її елементів.
4) Виконано тримірне моделювання двигуна із системою безпосереднього впорскування палива.
5) Визначено показники роботи двигуна із системою безпосереднього впорскування палива.
6) Визначено економічну ефективність проекту.
7) Розглянуто питання охорони праці і навколишнього середовища, а також проблеми цивільного захисту на виробництві