

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайська філія

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка, виготовлення та монтаж пристроїв для замірювання параметрів роботи дизеля 1Ч7,8/6,2 («Кентавр»)

Виконав: студент групи 44-ЕМ-19

_____ *Абессонов А.В.*
(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., доцент кафедри «ЕМ»
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

_____ *Доценко С.М.*
(підпис)

Первомайськ - 2021 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1.ОПИС ОБ'ЄКТУ ЗАСТОСУВАННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ ДИЗЕЛЯ 1Ч7,8/6,2	
.....	
2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	
2.1 Розрахунок параметрів робочого циклу дизельного двигуна без наддуву.....	
2.2 Побудова індикаторної діаграми.....	
2.3 Розрахунок сил та моментів що діють в КШМ.....	
2.4 Розрахунок складових зовнішнього теплового балансу	
.....	
3 Розробка, виготовлення та монтаж пристроїв для замірювання параметрів роботи дизеля1Ч7,8/6,2 («Кентавр»).....	
3.1 Метод вимірювання температури термопарами.....	
3.2 Призначення і область застосування.....	
3.3 Технічні характеристики термопар	
3.4 Призначення восьмиканального вимірювача температури И8.....	
3.5 Опис конструкції, восьмиканального вимірювача температури.....	
4. ВИМОГИ ДО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ДИЗЕЛЕМ 1Ч7,8/6,2.....	
4.1 Техніка безпеки при роботі з дизелем 1Ч7,8/6,2.....	
4.2 Вимоги до обслуговування дизеля 1Ч7,8/6,2.....	

ВИСНОВКИ.....									
					ПФ НУК 142.44.21.25 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
ЛІТЕРАТУРА									
Розроб.		Абессонов			Літ.			Арк.	Акрушіє
Перевір.		Грабовенко					2		
Рецензент		Швель			44-ЕМ-19				
Н. Контр.		Грабовенко							
Затверд.		Нестеренко							

Додатки

ДОДАТОК А ДИЗЕЛЬ З ГАЛЬМОМ НА ПІДСТАВЦІ

ДОДАТОК Б СП НА ДИЗЕЛЬ З ГАЛЬМОМ

					ПФ НУК 142.44.21.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Широке застосування двигунів внутрішнього згоряння у всіх сферах промисловості та транспорту пояснюється рядом їх переваг, із яких основними є висока економічність (навіть в агрегатах малої потужності), відносно малі габаритні розміри та маса, пристосованість до різних перемінних умов роботи та автономність (тобто можливість використовувати у відриві від місця постачання тривалий проміжок часу).

Розробка сучасного двигуна внутрішнього згоряння - складний процес, в якому приймають участь різні спеціалісти. Центральне місце в цьому процесі займає розробка конструкторського проекту.

Конструювання двигуна заключається в інженерній розробці його конструкції. Науково – технічний прогрес вимагає від конструкторів створення двигунів з високими значеннями основних його показників:

1. Надійність роботи, тобто здатність працювати при різних режимах (швидкісних та навантажувальних) стійко, без перебоїв та вимушених зупинок.
 2. Простота конструкції. Мінімальна кількість вузлів та агрегатів.
 3. Найменші габаритні розміри та маса двигуна та його допоміжних пристосувань
 4. Економічна витрата палива та мастила.
 5. Зручність та безпека обслуговування під час роботи.
- Автоматизація управління.
6. Надійний запуск.
 7. Можливо повне врівноваження сил та моментів мас, що рухаються.
 8. Відсутність заборонених «критичних» зон частот обертання для експлуатаційних режимів роботи агрегату із приводним ДВЗ.

					ПФ НУК 141.44.21.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Наявність регулятора, що автоматично діє на органи подачі паливних насосів та підтримує встановлені частоту обертання та навантаження двигуна.

10. Можлива рівномірність ходу, що забезпечує задану ступінь рівномірності обертання валу.

11. Зручність кріплення на фундаменті або на рамі.

12. технологічність конструкції деталей, застосування уніфікованих деталей, простота складання двигуна, а також його окремих вузлів та агрегатів.

13. Доступність для спостереження та огляду відповідальних вузлів двигуна.

Успішне вирішення цих проблем в основному визначається принциповим підходом до проектування двигунів з врахуванням їх типу, призначення і особливостей експлуатації.

Дизельний двигун 1Ч7,8/6,2 призначений для приводу гідравлічного гальма стендової установки і встановлюється на рамі спільно із приводним обладнанням – гідравлічним гальмом.. Для забезпечення надійної та тривалої роботи дизеля в складі стендової установки розроблені виготовлені та встановлені термомпари для заміру температур теплоносіїв систем двигуна.

					ПФ НУК 141.44.21.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

1.ОПИС ОБ'ЄКТУ ЗАСТОСУВАННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ ДИЗЕЛЯ

1Ч7,8/6,2

1.1 Опис об'єкту застосування

Гідравлічне гальмо пропонується застосувати для навантаження дизельного двигуна 1Ч7,8/6,2 потужністю 4,5 кВт (6 к.с.), який буде встановлено в лабораторії кафедри «Енергетичне машинобудування». Перевага, запропонованого в кваліфікаційній роботі навантажувального пристрою, є в тому, що він дозволить навантажувати двигун при різній частоті обертання колінчастого валу двигуна – від оборотів холостого ходу до номінальних оборотів. Крім того, замір потужності за допомогою гідравлічного гальма набагато точніше відомих інших навантажувальних пристроїв, наприклад, електричних або ж механічних. Це пояснюється тим, що в гідравлічному гальмі вся робота, що передається від двигуна перетворюється в теплову енергію, а величини які визначають потужність двигуна – обертальний момент двигуна, що дорівнює величині тормозного моменту гальма, та частота обертання колінчастого валу можна заміряти з високою точністю.

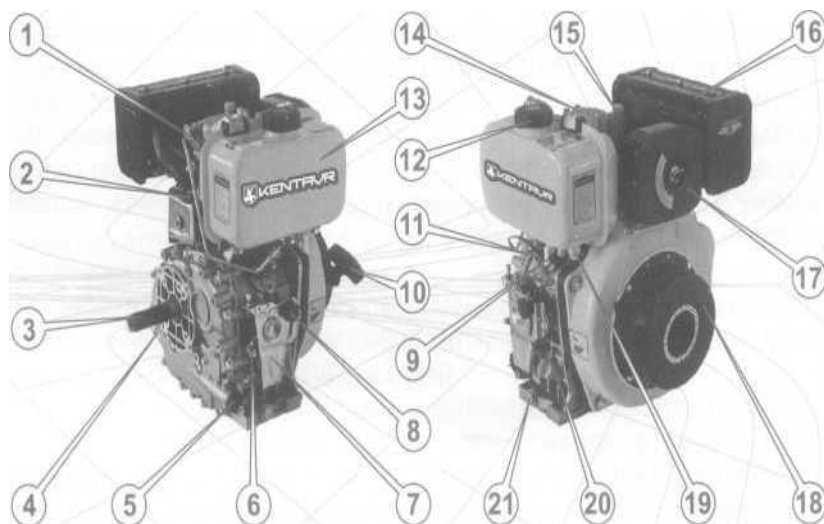
Дизель 1Ч7,8/6,2 та гідравлічне гальмо встановлюється на спільній рамі та з'єднуються за допомогою податливої з'єднувальної муфти. Для охолодження робочої рідини гальма передбачається застосування теплообмінника, в якому тепло, що утворюється в гальмі буде передаватися охолоджуючій воді. Особливістю запропонованої конструкції гальма є те, що він не потребує насоса для забезпечення циркуляції робочої рідини.

Робоча рідина подається із гідравлічного гальма в теплообмінник за рахунок різниці в тисках на вході та на виході із корпусу гальма. Так, відведення рідини виконується в місці, що найбільше віддалене від осі обертання колеса, а підведення, навпаки, в місці, що найменше віддалене від осі обертання. Застосування силікону в якості робочої рідини дозволяє

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

нормально працювати гальму навіть при її високих температурах, отже габарити гальма можуть бути меншими.

1.2 Опис конструкції дизельного двигуна ДВУ-300Д (1Ч8,2/6,8)



Малюнок 2



Рисунок 1.1 Дизельний двигун ДВУ-300Д (1Ч7,8/6,2)

1 – важіль декомпресійного клапана; 2 – циліндр; 3 – вихідний вал; 4 – пробка – щуп отвору для заливання мастила в картер; 5 – масляний фільтр; 6 – важіль регулювання подачі палива; 7 – Кронштейн кріплення механізму управління подачею палива; 8 – гвинт – фіксатор положення механізму управління подачею палива; 9 – паливний кран; 10 – ручка ручного стартера; 11 – паливний насос високого тиску; 12 – заливна горловина паливного бака; 13 – паливний бак; 14 – клапанна кришка; 15 – пробка отвору для заливання мастила під час холодного запуску двигуна; 16 – глушник; 17 – повітряний фільтр; 18 – кришка механізму ручного стартеру і вентилятора; 19 – пробка зливного отвору паливного бака; 20 – пробка – щуп отвору для заливання мастила в картер; 21 – пробка отвору для зливання мастила з картера; 22 – електричний стартер (при наявності); 23 – пульт управління електричним стартером (при наявності).

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Дизельний двигун внутрішнього згоряння ДВУ-300Д (147,8/6,2) є модульним універсальним дизельним одноциліндровим чотиритактним повітряного охолодження двигуном загального призначення. Він призначений для використання в якості автономного силового агрегату для широкого спектра техніки, обладнання, верстатів і транспортних механізмів.

Найбільш часто даний двигун знаходить застосування там, де необхідна висока потужність, надійність, невибагливість в експлуатації: у складі міні-електростанцій, у сільськогосподарській техніці – моноблоках, мотокультиваторах, косарках, самохідних шасі, іригаційних і зрошувальних системах тощо, в будівельному обладнанні – у віброплитах, ударних трамбувальниках, бетономішалках, компресорах, насосах і помпах. Легка вага двигуна дозволяє використовувати його для транспортних засобів, у тому числі для водного транспорту – човнів, катерів і невеликих яхт.

Крім надійності й економічності двигун відрізняється низкою переваг і конструктивними особливостями, серед яких:

- компактність і невелика вага;
- ергономічність, зручність, простота в експлуатації та обслуговуванні;
- високі ККД і питома потужність;
- стабільність обертів у всьому діапазоні навантажень;
- повітряне охолодження;
- сучасний паливний насос високого тиску;
- декомпресійний клапан для полегшення запуску;
- дві горловини для заливки мастила в картер із пробками – щупами з різних сторін картера – для полегшення доступу;
- низькі рівні вібрації та шуму під час роботи;
- покращений повітряний фільтр із масляною ванною.

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні дані двигуна ДВУ-300Д (1Ч8,2/6,8)

1.Тип двигуна - чотиритактний одноциліндровий з прямим впорскуванням палива.

2. Тип палива – дизельне.

3. Потужність двигуна, кВт (к.с.)- 4,5 (6)

4. Частота обертання колінчастого вала, хв⁻¹ - 3000

5. Робочий об'єм двигуна, см³ – 296

6. Діаметр циліндра/хід поршня, см - 7,8/6,2

7. Система охолодження – повітряна примусова

8. система запуску – ручний стартер

9. Витрата палива, кг/(кВт·год) - 0,276

10. Ємність паливного бака, л - 3,5

11. Об'єм мастила в картері, л - 1,1

12. Маса двигуна, кг 32

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок параметрів робочого циклу дизельного двигуна без наддуву

2.1.1 Умова завдання:

Ефективна потужність, кВт	$P_e = 5$
Частота обертання колінчастого валу, хв ⁻¹	$n = 3500$
Ступінь стиску	$\varepsilon = 17$
Число циліндрів	$i = 1$

2.1.2 Вихідні данні для розрахунку робочого циклу

Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha = 1.8$	[1, ст. 8]
Тиск навколишнього середовища, кПа	$p_a = 101.3$	
Температура навколишнього середовища, К	$T_a = 293$	
Підігрів свіжого заряду, К	$\Delta T = 15$	[1, ст. 9]
Тиск залишкових газів, кПа	$p_r = 117$	[1, ст. 9]
Температура залишкових газів, К	$T_r = 780$	[1, ст. 9]
Ступінь підвищення тиску при згорянні	$\lambda = 1.6$	[1, ст. 9]
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_Z = 0.78$	[1, ст. 10]
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi = 0.96$	[1, ст. 10]

Паливо: Метиловий ефір ріпакової олії; ДСТУ 7688:2015

Середній елементарний склад палива

$$C = 0.77 ; H = 0.121; O = 0.109; S = 0 ; W = 0 ;$$

Найнижча теплота згорання палива за формулою Менделєєва, в кДж / кг

$$Q_{H.p} = [339 \cdot C + 1256 \cdot H - 109 \cdot (O - S) - 25.14 \cdot (9 \cdot H + W)] \cdot 100 = 37374.754$$

2.1.3 Параметри робочого тіла

Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива, в $\frac{\text{кмоль}}{\text{кг}}$

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0.21} \cdot \left(\frac{0.77}{12} + \frac{0.121}{4} - \frac{0.109}{32} \right) = 0.433$$

або у $\frac{\text{кг повітря}}{1 \text{ кг палива}}$:

$$l_0 = 28.95 \cdot L_0 = 28.95 \cdot 0.433 = 12.546$$

Кількість свіжого заряду, в $\frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$

$$M_1 = \alpha \cdot L_0 = 1.8 \cdot 0.433 = 0.78$$

Кількість окремих компонентів продуктів згоряння, в $\frac{\text{кмоль}}{\text{кг}}$

Кількість CO_2

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{C}{12} = \frac{0.77}{12} = 0.064$$

Кількість H_2O

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{H}{2} = \frac{0.121}{2} = 0.061$$

Кількість O_2

$$M_{\text{O}_2} = 0.21 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0 = 0.21 \cdot (1.8 - 1) \cdot 0.433 = 0.073$$

Кількість N_2

$$M_{\text{N}_2} = 0.79 \cdot \alpha \cdot L_0 = 0.79 \cdot 1.8 \cdot 0.433 = 0.616$$

Загальна кількість продуктів згоряння, в $\frac{\text{кмоль}}{\text{кг}}$

$$M_2 = \sum \begin{pmatrix} M_{\text{CO}_2} \\ M_{\text{H}_2\text{O}} \\ M_{\text{O}_2} \\ M_{\text{N}_2} \end{pmatrix} = \sum \begin{pmatrix} 0.064 \\ 0.061 \\ 0.073 \\ 0.616 \end{pmatrix} = 0.814$$

2.1.4 Параметри процесу газообміну

Тиск в кінці впуску, в кПа

$$p_d = k \cdot p_a$$

де $k = 0.9$ - число з інтервалу (0,9...0,95)

$$p_d = k \cdot p_a = 0.9 \cdot 101.3 = 91.17$$

Коефіцієнт залишкових газів

$$\gamma_r = \frac{T_a + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{p_r}{\varepsilon \cdot p_d - p_r} = \frac{293 + 15}{780} \cdot \frac{117}{17 \cdot 91.17 - 117} = 0.03$$

Для дизельних двигунів без наддуву $\gamma_r = (0,03...0,06)$, згідно [1, ст. 12].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Температура в кінці впуску, в К

$$T_d = \frac{T_a + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{293 + 15 + 0.03 \cdot 780}{1 + 0.03} = 322.74$$

Для дизельних двигунів без наддуву $T_d = (310...350)$ К, згідно [1, ст. 12].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Коефіцієнт наповнення

$$\Phi_c = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} \cdot \frac{p_d}{p_a} \cdot \frac{T_a}{T_d \cdot (1 + \gamma_r)} = \frac{17}{17 - 1} \cdot \frac{91.17}{101.3} \cdot \frac{293}{322.743 \cdot (1 + 0.032)} = 0.841$$

Для дизельних двигунів без наддуву $\Phi_c = (0,80...0,9)$, згідно [1, ст. 12].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Густина заряду на впуску, в $\text{кг} / \text{м}^3$

$$\rho_a = \frac{p_a}{R_{\Pi} \cdot T_a}$$

де $R_{\Pi} = 287 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - універсальна газова стала повітря;

$$\rho_a = \frac{p_a \cdot 10^3}{R_{\Pi} \cdot T_a} = \frac{101.3 \cdot 10^3}{287 \cdot 293} = 1.205$$

2.1.5 Параметри процесу стиску

Показник політропи стиску приймаємо згідно номограми згідно [1, ст. 14]

$$n_1 = 1.372$$

Тиск в кінці стиску, в кПа

$$p_c = p_d \cdot \epsilon^{n_1} = 91.17 \cdot 17^{1.372} = 4446.598$$

Для дизельних двигунів без наддуву $p_c = (2900 \dots 6000)$ кПа, згідно [1, ст. 16].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Температура в кінці стиску, в К

$$T_c = T_d \cdot \epsilon^{n_1 - 1} = 322.743 \cdot 17^{1.372 - 1} = 925.942$$

Для дизельних двигунів без наддуву $T_c = (700 \dots 950)$ К, згідно [1, ст. 16].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Середня мольна теплоємність повітря

$$mCv' = 19.88 + 0.002638 \cdot T_c = 19.88 + 2.638 \times 10^{-3} \cdot 925.942 = 22.323$$

2.1.6 Параметри процесу згоряння

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0.814}{0.78} = 1.043$$

Для дизельних двигунів без наддуву $\beta_0 = (1,035 \dots 1,040)$, згідно [1, ст. 17].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{1.043 + 0.032}{1.000 + 0.032} = 1.042$$

Для дизельних двигунів без наддуву $\beta_0 = (1,036 \dots 1,042)$, згідно [1, ст. 17].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Емпіричні формули середніх мольних теплоємностей окремих газів при сталому об'ємі

$$\text{для } O_2: mCv''_{O_2} = 23,3 + 0,0015 \cdot T_z;$$

$$\text{для } N_2: mCv''_{N_2} = 21,554 + 0,001457 \cdot T_z;$$

$$\text{для } CO_2: mCv''_{CO_2} = 38,609 + 0,003349 \cdot T_z;$$

$$\text{для } H_2O: mCv''_{H_2O} = 25,459 + 0,004438 \cdot T_z;$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому об'ємі:

$$mCv'' = 1/M_2 \cdot [M_{O_2} \cdot (mCv''_{O_2}) + M_{N_2} \cdot (mCv''_{N_2}) + M_{CO_2} \cdot (mCv''_{CO_2}) + \dots + M_{H_2O} \cdot (mCv''_{H_2O})]; \text{ кДж/ (кмоль К)}$$

Після підстановки отримаємо наступне рівняння:

$$mCv'' = a + b \cdot T_z; \text{ кДж/ (кмоль К)}$$

Тоді коефіцієнти рівняння будуть дорівнювати:

$$a = \frac{1}{M_2} \cdot \sum \begin{pmatrix} M_{O_2} \cdot 23.3 \\ M_{N_2} \cdot 21.554 \\ M_{CO_2} \cdot 38.609 \\ M_{H_2O} \cdot 25.459 \end{pmatrix} = \frac{1}{0.814} \cdot \sum \begin{pmatrix} 0.073 \cdot 23.3 \\ 0.616 \cdot 21.554 \\ 0.064 \cdot 38.609 \\ 0.061 \cdot 25.459 \end{pmatrix} = 23.345$$

$$b = \frac{1}{M_2} \cdot \sum \begin{pmatrix} M_{O_2} \cdot 0.0015 \\ M_{N_2} \cdot 0.001457 \\ M_{CO_2} \cdot 0.003349 \\ M_{H_2O} \cdot 0.004438 \end{pmatrix} = \frac{1}{0.8137} \cdot \sum \begin{pmatrix} 0.0728 \cdot 0.0015 \\ 0.6163 \cdot 0.0015 \\ 0.0642 \cdot 0.0033 \\ 0.0605 \cdot 0.0044 \end{pmatrix} = 0.0018$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому тиску:

$$mCp'' = mCv'' + 8.314; \text{ кДж/ (кмоль К)}$$

Після підстановки отримаємо наступне рівняння:

$$mCp'' = a' + b' \cdot T_z; \text{ кДж/ (кмоль К)}$$

$$\text{де } a' = a + 8.314 = 23.345 + 8.314 = 31.659$$

$$b' = b = 0.00183$$

Максимальний тиск згоряння, в кПа

$$p_{\max} = \lambda \cdot p_c = 1.6 \cdot 4446.598 = 7114.557$$

Для дизельних двигунів без наддуву $p_{\max} = (5000 \dots 12000)$ кПа, [1, ст. 16].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Максимальну температуру циклу в К визначимо з рівняння

$$\xi_z \cdot Q_{\text{н.р}} / (M_1 \cdot (1 + \gamma_r)) + (mCv'' + 8.314 \cdot \lambda) \cdot T_c = b \cdot (mCp'') \cdot T_z$$

Після підстановки одержимо квадратне рівняння:

$$A \cdot T_z^2 + B \cdot T_z - C = 0$$

$$\text{де } A = b' \cdot \beta = 0.00183 \cdot 1.04180 = 0.00191$$

$$B = a' \cdot \beta = 31.659 \cdot 1.042 = 32.983$$

$$C'_1 = \frac{\xi_z \cdot Q_{\text{н.р}}}{M_1 \cdot (1 + \gamma_r)} = \frac{0.78 \cdot 3.737 \times 10^4}{0.78 \cdot (1 + 0.032)} = 3.62 \times 10^4$$

$$C'_2 = (mCv' + 8.314 \cdot \lambda) \cdot T_c = (22.323 + 8.314 \cdot 1.6) \cdot 925.942 = 3.299 \times 10^4$$

$$C' = C'_1 + C'_2 = 36203.194 + 32986.733 = 69189.927$$

$$D = B^2 + 4 \cdot A \cdot C' = 32.983^2 + 4 \cdot 1.908 \times 10^{-3} \cdot 6.919 \times 10^4 = 1.616 \times 10^3$$

Звідки:

$$T_z = \frac{-B + \sqrt{D}}{2 \cdot A} = \frac{-32.983 + \sqrt{1615.975}}{2 \cdot 0.002} = 1890.904$$

Для дизельних двигунів без наддуву $T_z = (1800 \dots 2300)$ К, згідно [1, ст. 16].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Ступінь попереднього розширення

$$\rho = \frac{\beta \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c} = \frac{1.042 \cdot 1.891 \times 10^3}{1.6 \cdot 925.942} = 1.33$$

Для дизельних двигунів без наддуву $\rho = (1,2 \dots 1,5)$, згідно [1, ст. 17].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

2.1.7 Параметри процесу розширення

Ступінь подальшого розширення

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{17}{1.33} = 12.785$$

Показник політропи розширення обираємо згідно номограми з [1, ст. 19]

$$n_2 = 1.247$$

Тиск в кінці розширення, в кПа

$$p_b = \frac{p_{\max}}{\delta^{n_2}} = \frac{7114.557}{12.785^{1.247}} = 296.546$$

Для дизельних двигунів без наддуву $p_b = (200 \dots 500)$ кПа, згідно [1, ст. 18].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Температура в кінці розширення, в К

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} = \frac{1890.904}{12.785^{1.247-1}} = 1007.661$$

Для дизельних двигунів без наддуву $T_b = (1000 \dots 1250)$ К, згідно [1, ст. 18].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Температура залишкових газів, в К

$$T_{r.п} = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_r}}} = \frac{1007.661}{\sqrt[3]{\frac{296.546}{117}}} = 739.059$$

$$\text{Перевірка} \quad \frac{|T_r - T_{r.п}|}{T_r} \cdot 100 = \frac{|780 - 739.059|}{780} \cdot 100 = 5.249 \quad \%$$

Отримане в результаті перевірки значення не перевищує допустиме значення похибки $\Delta < 10\%$

2.1.8 Індикаторні показники робочого циклу

Середній теоретичний індикаторний тиск, в кПа

$$p_{mi'} = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \cdot (A + B - C)$$

$$\text{де } \underline{A} = \lambda \cdot (\rho - 1) = 1.6 \cdot (1.33 - 1) = 0.527$$

$$\underline{B} = \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) = \frac{1.6 \cdot 1.33}{1.247 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{12.785^{1.247 - 1}} \right) = 4.023$$

$$\underline{C} = \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right) = \frac{1}{1.372 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{17^{1.372 - 1}} \right) = 1.751$$

$$p_{mi'} = \frac{p_c}{\epsilon - 1} \cdot (A + B - C) = \frac{4446.598}{17 - 1} \cdot [0.527 + (4.023 - 1.751)] = 778.044$$

Дійсний середній індикаторний тиск, в кПа

$$p_{mi} = \xi \cdot p_{mi'} = 0.96 \cdot 778.044 = 746.922$$

Для дизельних двигунів без наддуву $p_{mi} = (750 \dots 1050)$ кПа, згідно [1, ст. 20].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{\alpha \cdot l_0 \cdot p_{mi}}{\Phi_c \cdot Q_{H,p} \cdot \rho_a} = \frac{1.8 \cdot 12.546 \cdot 746.922}{0.841 \cdot 37374.754 \cdot 1.205} = 0.445$$

Для дизельних двигунів без наддуву $\eta_i = (0,40 \dots 0,50)$, згідно [1, ст. 20].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Питома індикаторна витрата рідкого палива, в $\text{кг}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$

$$b_i = \frac{3600}{\eta_i \cdot Q_{H,p}} = \frac{3600}{0.445 \cdot 37374.754} = 0.216$$

Для дизельних двигунів без наддуву $b_i = (0,17 \dots 0,21) \text{ кг}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$, [1, ст. 20].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

2.1.9 Ефективні показники робочого циклу

Середня швидкість поршня, в $\text{м}/\text{с}$

$$V_{п.ср} = \frac{S_{пр} \cdot n}{30}$$

де $S_{пр} = 0.062$ м - хід поршня по прототипу

$$V_{\text{п.ср}} = \frac{S_{\text{пр}} \cdot n}{30} = \frac{0.062 \cdot 3500}{30} = 7.233$$

Середній тиск механічних втрат, в кПа

$$p_M = (0.088 + 0.0118 \cdot V_{\text{п.ср}}) \cdot 10^3 = (0.088 + 0.012 \cdot 7.233) \cdot 10^3 = 173.353$$

Середній ефективний тиск, в кПа

$$p_{\text{ме}} = p_{\text{мі}} - p_M = 746.922 - 173.353 = 573.568$$

Для дизельних двигунів без наддуву $p_{\text{ме}} = (550 \dots 850)$ кПа, згідно [1, ст. 20].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Механічний ККД

$$\eta_M = \frac{p_{\text{ме}}}{p_{\text{мі}}} = \frac{573.568}{746.922} = 0.768$$

Для дизельних двигунів без наддуву $\eta_M = (0,70 \dots 0,82)$, згідно [1, ст. 20].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Ефективний ККД

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_M = 0.445 \cdot 0.768 = 0.342$$

Для дизельних двигунів без наддуву $\eta_e = (0,33 \dots 0,40)$, згідно [1, ст. 20].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Питома ефективна витрата рідкого палива, в $\text{кг}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$

$$b_e = \frac{3600}{\eta_e \cdot Q_{\text{н.р}}} = \frac{3600}{0.342 \cdot 37374.754} = 0.282$$

Для дизельних двигунів без наддуву $b_e = (0,212 \dots 0,255) \text{ кг}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$, згідно [1, ст. 20].

Отримане в результаті розрахунку значення входить в заданий діапазон.

Годинна витрата рідкого палива, в $\text{кг}/\text{год}$

$$B_e = b_e \cdot P_e = 0.282 \cdot 5 = 1.408$$

2.1.10 Основні розміри циліндру і двигуна

Літраж двигуна, в л

$$V_{st} = 30 \cdot Z \cdot \frac{P_e \cdot 10^3}{P_{me} \cdot n}$$

де $Z = 4$ - коефіцієнт тактності

$$V_{st} = 30 \cdot Z \cdot \frac{P_e \cdot 10^3}{P_{me} \cdot n} = 30 \cdot 4 \cdot \frac{5 \cdot 10^3}{573.568 \cdot 3500} = 0.299$$

Робочий об'єм циліндру, в л

$$V_s = \frac{V_{st}}{i} = \frac{0.299}{1} = 0.299$$

Розрахунковий діаметр циліндру, в мм

$$d_p = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_s}{\pi \cdot m}}$$

де $d_{пр} = 0.078$ м - діаметр циліндру по прототипу

$$m = \frac{S_{пр}}{d_{пр}} = \frac{0.062}{0.078} = 0.795 \text{ - співвідношення ходу до діаметру}$$

$$d_p = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_s}{\pi \cdot m}} = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0.299}{\pi \cdot 0.795}} = 78.229$$

Розрахунковий хід поршня, в мм

$$S_p = m \cdot d_p = 0.795 \cdot 78.229 = 62.182$$

2.1.11 Уточнені розміри циліндра і двигуна

Діаметр циліндру

$$d = 78 \text{ мм}$$

$$\text{або в м } d' = d \cdot 10^{-3} = 78 \cdot 10^{-3} = 0.078$$

Хід поршня

$$S = 62 \text{ мм}$$

$$\text{або в м } S' = S \cdot 10^{-3} = 62 \cdot 10^{-3} = 0.062$$

Літраж двигуна, в л

$$V_{st'} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot S \cdot i}{4 \cdot 10^6} = \frac{\pi \cdot 78^2 \cdot 62}{4 \cdot 10^6} = 0.296$$

Ефективна потужність двигуна, в кВт

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \cdot V_{st'} \cdot n}{30 \cdot Z \cdot 10^3} = \frac{573.568 \cdot 0.296 \cdot 3500}{30 \cdot 4 \cdot 10^3} = 4.956$$

Отримана величина відрізняється від заданої в кВт на:

$$\Delta P_e = \frac{|P_{ep} - P_e|}{P_{еср}} \cdot 100$$

$$\text{де } P_{еср} = \frac{P_{ep} + P_e}{2} = \frac{4.956 + 5}{2} = 4.978 \quad \text{кВт - середня потужність;}$$

$$\Delta P_e = \frac{|P_{ep} - P_e|}{P_{еср}} \cdot 100 = \frac{|4.956 - 5|}{4.978} \cdot 100 = 0.881 \quad \%,$$

що не перевищує допустиму межу у 5%

2.2 Побудова індикаторної діаграми

2.2.1 Побудова теоретичної індикаторної діаграми

$\Delta\varphi = 1$ - крок розрахунку;

$\varphi = 0, \Delta\varphi \dots 720$ - розрахунковий діапазон зміни значень кута повороту;

Робочий об'єм циліндру, в м³

$$V_{sv} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot S' = \frac{\pi \cdot 0.078^2}{4} \cdot 0.062 = 2.963 \times 10^{-4}$$

Об'єм камери згоряння, в м³

$$V_c = \frac{V_s}{(\varepsilon - 1)} = \frac{2.963 \times 10^{-4}}{17 - 1} = 1.852 \times 10^{-5}$$

Повний об'єм циліндру, в м³

$$V_a = V_s + V_c = 2.963 \times 10^{-4} + 1.852 \times 10^{-5} = 3.148 \times 10^{-4}$$

Об'єм надпоршневого простору в кінці згоряння, в м³

$$V_z = V_c \cdot \rho = 1.852 \times 10^{-5} \cdot 1.33 = 2.462 \times 10^{-5}$$

Функція зміни надпоршневого простору визначається на основі заданого значення кривошипно-шатунного відношення

$\lambda_{кр} = 0.256$ - кривошипно-шатунне відношення;

$$\sigma(\varphi) = \left(1 - \cos\left(\varphi \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right) + \frac{\lambda_{кр}}{4} \cdot \left(1 - \cos\left(2 \cdot \varphi \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)$$

Величина зміни надпоршневого простору може бути обчислена за формулою

$$V(\varphi) = V_c + \frac{1}{2} \cdot V_s \cdot \sigma(\varphi)$$

Для розрахунку та побудови теоретичної індикаторної діаграми тиску в циліндрі двигуна використаємо наступну систему рівнянь:

на ділянці впуску:

$$0 < \varphi < 180 \Rightarrow$$

$$p(\varphi) = p_d$$

на ділянці стиску:

$$180 < \varphi < 360 \Rightarrow$$

$$p(\varphi) = p_d * (V_a' / V(\varphi))^{n1}$$

на ділянці попереднього розширення:

$$V_c' < V(\varphi) < V_z' \Rightarrow$$

$$p(\varphi) = p_{\max}$$

на ділянці подальшого розширення:

$$V_z' < V(\varphi) < \text{та } \varphi < 540 \Rightarrow$$

$$p(\varphi) = p_{\max} / (V(\varphi) / V_z')^{n2}$$

на ділянці випуску:

$$540 < \varphi < 720 \Rightarrow$$

$$p(\varphi) = p_r$$

Результати розрахунку поточних значень тиску індикаторної діаграми

де V - об'єм робочого тіла в мЗ,

p - тиск робочого тіла в кПа,

в дужках вказано поточний кут повороту колінчастого валу двигуна.

$V(0) = 0.00002$	$p(0) = 91.17$	$V(180) = 0.00031$	$p(180) = 91.17$
$V(10) = 0.00002$	$p(10) = 91.17$	$V(190) = 0.00031$	$p(190) = 91.841$
$V(20) = 0.00003$	$p(20) = 91.17$	$V(200) = 0.00031$	$p(200) = 93.908$
$V(30) = 0.00004$	$p(30) = 91.17$	$V(210) = 0.0003$	$p(210) = 97.534$
$V(40) = 0.00006$	$p(40) = 91.17$	$V(220) = 0.00029$	$p(220) = 103.019$
$V(50) = 0.00008$	$p(50) = 91.17$	$V(230) = 0.00027$	$p(230) = 110.846$
$V(60) = 0.00011$	$p(60) = 91.17$	$V(240) = 0.00025$	$p(240) = 121.758$
$V(70) = 0.00013$	$p(70) = 91.17$	$V(250) = 0.00023$	$p(250) = 136.903$
$V(80) = 0.00016$	$p(80) = 91.17$	$V(260) = 0.00021$	$p(260) = 158.081$
$V(90) = 0.00019$	$p(90) = 91.17$	$V(270) = 0.00019$	$p(270) = 188.191$
$V(100) = 0.00021$	$p(100) = 91.17$	$V(280) = 0.00016$	$p(280) = 232.072$
$V(110) = 0.00023$	$p(110) = 91.17$	$V(290) = 0.00013$	$p(290) = 298.138$
$V(120) = 0.00025$	$p(120) = 91.17$	$V(300) = 0.00011$	$p(300) = 401.699$
$V(130) = 0.00027$	$p(130) = 91.17$	$V(310) = 0.00008$	$p(310) = 571.909$
$V(140) = 0.00029$	$p(140) = 91.17$	$V(320) = 0.00006$	$p(320) = 866.120$
$V(150) = 0.0003$	$p(150) = 91.17$	$V(330) = 0.00004$	$p(330) = 1395.016$
$V(160) = 0.00031$	$p(160) = 91.17$	$V(340) = 0.00003$	$p(340) = 2328.842$
$V(170) = 0.00031$	$p(170) = 91.17$	$V(350) = 0.00002$	$p(350) = 3660.162$

V(360) = 0.00002	p(360) = 4446.598	V(540) = 0.00031	p(540) = 296.546
V(370) = 0.00002	p(370) = 7114.557	V(550) = 0.00031	p(550) = 117
V(380) = 0.00003	p(380) = 5638.525	V(560) = 0.00031	p(560) = 117
V(390) = 0.00004	p(390) = 3539.01	V(570) = 0.0003	p(570) = 117
V(400) = 0.00006	p(400) = 2294.773	V(580) = 0.00029	p(580) = 117
V(410) = 0.00008	p(410) = 1573.66	V(590) = 0.00027	p(590) = 117
V(420) = 0.00011	p(420) = 1141.468	V(600) = 0.00025	p(600) = 117
V(430) = 0.00013	p(430) = 870.516	V(610) = 0.00023	p(610) = 117
V(440) = 0.00016	p(440) = 693.258	V(620) = 0.00021	p(620) = 117
V(450) = 0.00019	p(450) = 573.012	V(630) = 0.00019	p(630) = 117
V(460) = 0.00021	p(460) = 489.038	V(640) = 0.00016	p(640) = 117
V(470) = 0.00023	p(470) = 429.109	V(650) = 0.00013	p(650) = 117
V(480) = 0.00025	p(480) = 385.736	V(660) = 0.00011	p(660) = 117
V(490) = 0.00027	p(490) = 354.183	V(670) = 0.00008	p(670) = 117
V(500) = 0.00029	p(500) = 331.378	V(680) = 0.00006	p(680) = 117
V(510) = 0.0003	p(510) = 315.301	V(690) = 0.00004	p(690) = 117
V(520) = 0.00031	p(520) = 304.629	V(700) = 0.00003	p(700) = 117
V(530) = 0.00031	p(530) = 298.53	V(710) = 0.00002	p(710) = 117

Індикаторна робота робочого циклу, в Дж / цикл

$$L_i = \int_0^{720} \frac{(p(\varphi) + p(\varphi + 1)) \cdot 10^3}{2} \cdot (V(\varphi + 1) - V(\varphi)) d\varphi = 222.84$$

Середній індикаторний тиск робочого циклу, в кПа

$$p_{mi.T} = \frac{L_i}{V_s \cdot 1000} = \frac{222.84}{2.963 \times 10^{-4} \cdot 1 \times 10^3} = 752.183$$

Середній індикаторний тиск робочого циклу, в кПа

$$p_{mi.d} = p_{mi.T} \cdot \xi = 752.183 \cdot 0.96 = 722.095$$

Середнє значення індикаторного тиску, в кПа

$$P_{mi.cp} = \frac{P_{mi} + P_{mi.d}}{2} = \frac{746.922 + 722.095}{2} = 734.509$$

Похибка середнього індикаторного тиску, у %

$$\Delta P_{mi} = \left| \frac{P_{mi} - P_{mi.d}}{P_{mi.cp}} \right| \cdot 100 = \left| \frac{746.922 - 722.095}{734.509} \right| \cdot 100 = 3.38$$

Отриманне значення не перевищує допустиме значення - 5%

2.2.2 Побудова дійсної індикаторної діаграми

Вихідні дані:

$c' = 25^\circ$ до ВМТ - точка подачі палива форсункою (подачі іскри).

Визначається кутом випередження впорску палива (запалювання);

$\Delta\varphi_1 = 10^\circ$ п.к.в - кут затримки згорання;

$f = c' - \Delta\varphi_1 = 25 - 10 = 15^\circ$ до ВМТ - точка початку згорання,

визначається кутом затримки згорання: $\Delta\varphi_1 = ,^\circ$ п.к.в;

$\Delta\varphi_2 = 10^\circ$ після ВМТ - кут де тиск максимальний;

$b'' = 114^\circ$ після ВМТ - точка відкриття випускного клапану;

$r' = 10^\circ$ до ВМТ - точка відкриття випускного клапану;

$r'' = 10^\circ$ після ВМТ - точка закриття випускного клапану;

$d' = 134^\circ$ до ВМТ - точка закриття випускного клапану;

c'' - точка тиску газів у ВМТ;

z_d - точка максимального тиску газів;

Тиск газів у ВМТ, в кПа

$$P''_c = k_p \cdot P_c$$

де $k_p = 1.2$ - число з інтервалу (1,15...1,25)

$$P_{c''} = k_p \cdot P_c = 1.2 \cdot 4.447 \times 10^3 = 5.336 \times 10^3$$

Дійсний максимальний тиск згорання, в кПа

$$p_{zd} = k_z \cdot p_{\max}$$

де $k_z = 1.0$ - коефіцієнт дійсного тиску, 1 - для дизелів, 0,85 для газових та бензинових ДВЗ

$$p_{zd} = k_z \cdot p_{\max} = 1 \cdot 7.115 \times 10^3 = 7.115 \times 10^3$$

Визначення положення точок дісної індикаторної діаграми

Точки та параметри теоретичного циклу двигуна.

Назва точки:	Кут відносно 0° пкв	Тиск в точці кПа	Об'єм в циліндрі в данній точці, м³
r	$\varphi_r = 0$	$p(\varphi_r) = 91.17$	$V(\varphi_r) = 1.852 \times 10^{-5}$
d	$\varphi_d = 180$	$p(\varphi_d) = 91.17$	$V(\varphi_d) = 3.148 \times 10^{-4}$
c	$\varphi_c = 360$	$p(\varphi_c) = 4446.598$	$V(\varphi_c) = 1.852 \times 10^{-5}$
z	$\varphi_z = 361$	$p(\varphi_z) = 7114.557$	$V(\varphi_z) = 1.854 \times 10^{-5}$
b	$\varphi_b = 540$	$p(\varphi_b) = 296.546$	$V(\varphi_b) = 3.148 \times 10^{-4}$

Точки та параметри дійсного циклу двигуна.

Назва точки:	Кут відносно 0° пкв	Тиск в точці кПа	Об'єм в циліндрі в данній точці, м³
c'	$\varphi_{c'} = 360 - c' = 335$	$p(\varphi_{c'}) = 1.801 \times 10^3$	$V(\varphi_{c'}) = 3.578 \times 10^{-5}$
f	$\varphi_f = 360 - f = 345$	$p(\varphi_f) = 2.972 \times 10^3$	$V(\varphi_f) = 2.483 \times 10^{-5}$
z'	$\varphi_{z'} = 374$	$p(\varphi_{z'}) = 7.115 \times 10^3$	$V(\varphi_{z'}) = 2.403 \times 10^{-5}$
b''	$\varphi_{b''} = 360 + b'' = 474$	$p(\varphi_{b''}) = 410.085$	$V(\varphi_{b''}) = 2.427 \times 10^{-4}$
r'	$\varphi_{r'} = 720 - r' = 710$	$p(\varphi_{r'}) = 117$	$V(\varphi_{r'}) = 2.134 \times 10^{-5}$
r''	$\varphi_{r''} = r'' = 10$	$p(\varphi_{r''}) = 91.17$	$V(\varphi_{r''}) = 2.134 \times 10^{-5}$
d'	$\varphi_{d'} = 360 - d' = 226$	$p(\varphi_{d'}) = 107.394$	$V(\varphi_{d'}) = 2.794 \times 10^{-4}$
c''	$\varphi_{c''} = 360$	$p_{c''} = 5.336 \times 10^3$	$V(\varphi_{c''}) = 1.852 \times 10^{-5}$
z _д	$\varphi_{zд} = 367$	$p_{zd} = 7.115 \times 10^3$	$V(\varphi_{zд}) = 1.99 \times 10^{-5}$

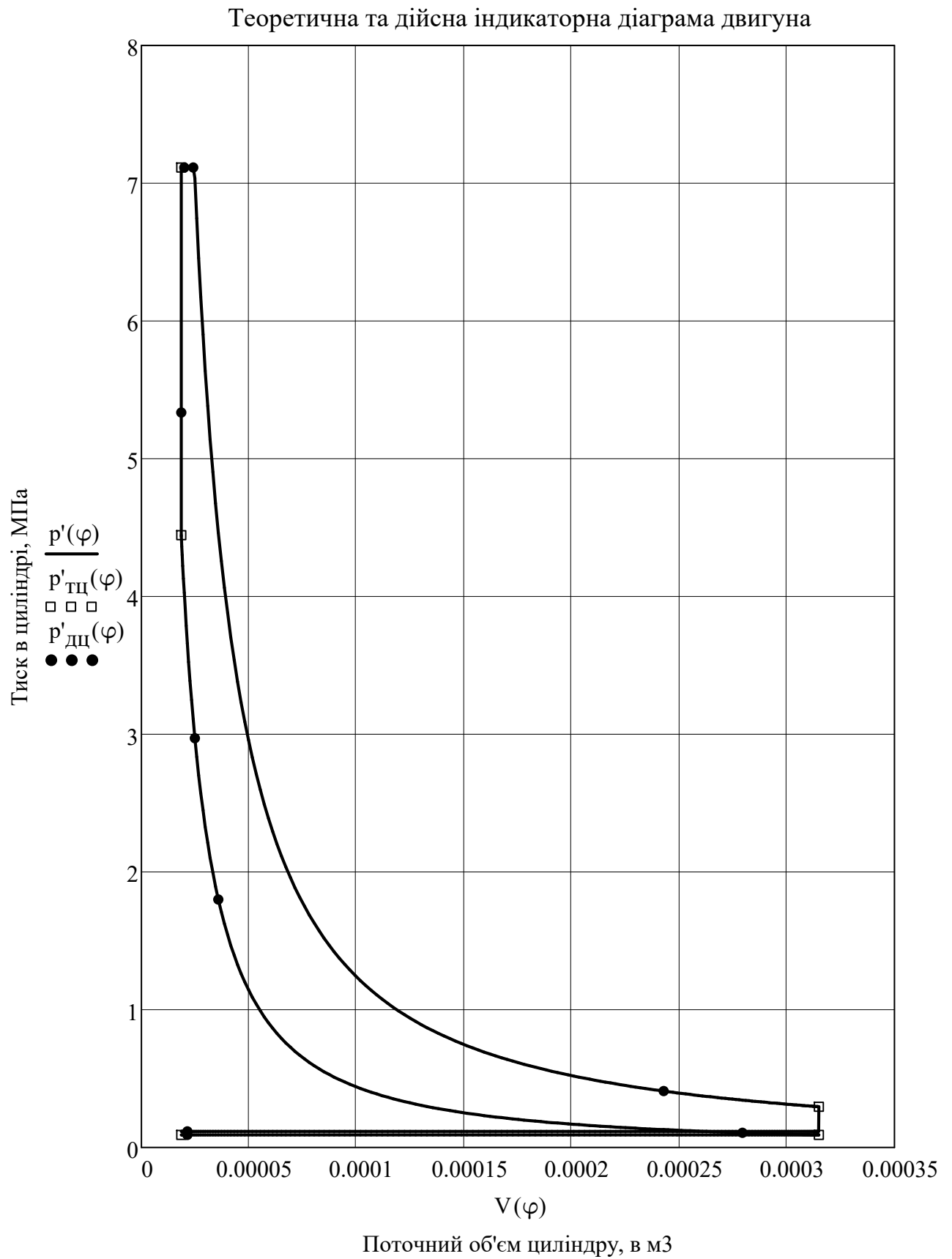


Рис. 2.1 - Згорнута теоретична та дійсна індикаторна діаграма

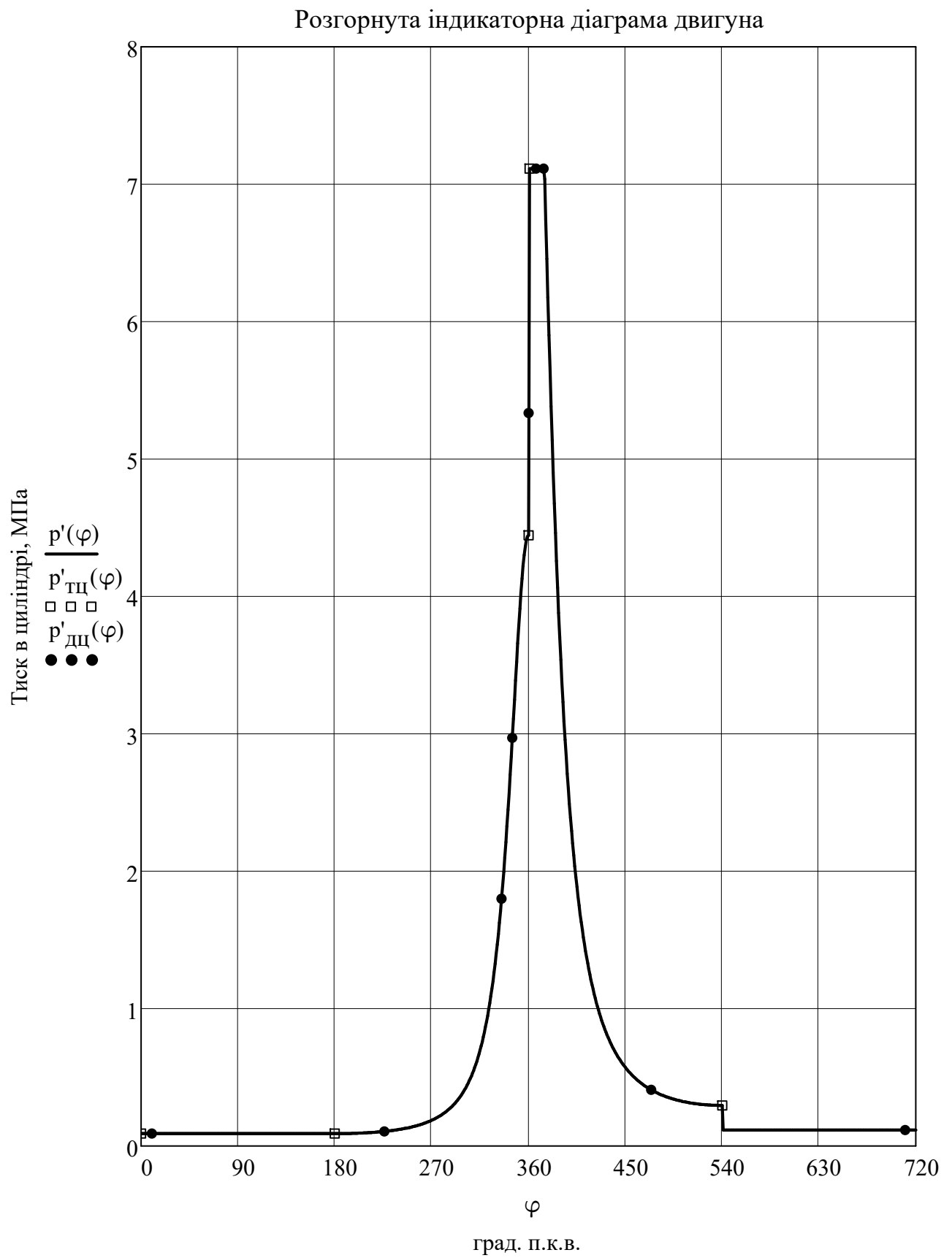


Рис. 2.2 - Розгорнута теоретична та дійсна індикаторна діаграма

2.3 Розрахунок сил та моментів що діють в КШМ

Даний розрахунок кривошипно-шатунного механізму полягає у визначенні сумарних сил і моментів, що виникають від тиску газів в циліндрі і сил інерції рухомих деталей двигуна. За результатами цих розрахунків визначають основні деталі на міцність і знос.

Так як для кожного робочого циклу сили, що діють в кривошипно-шатунному механізмі, безперервно змінюються за величиною і напрямком, тому визначення характеру зміни цих сил необхідно визначати для ряду окремих положень валу.

Розрахунок сил та моментів що діють в КШМ, будемо виконувати, виходячи з допущень що:

- розрахункова кінематична схема кривошипно-шатунного механізму є аксіальною;
- дія сил на контактну поверхню деталей відбувається по нормалі;

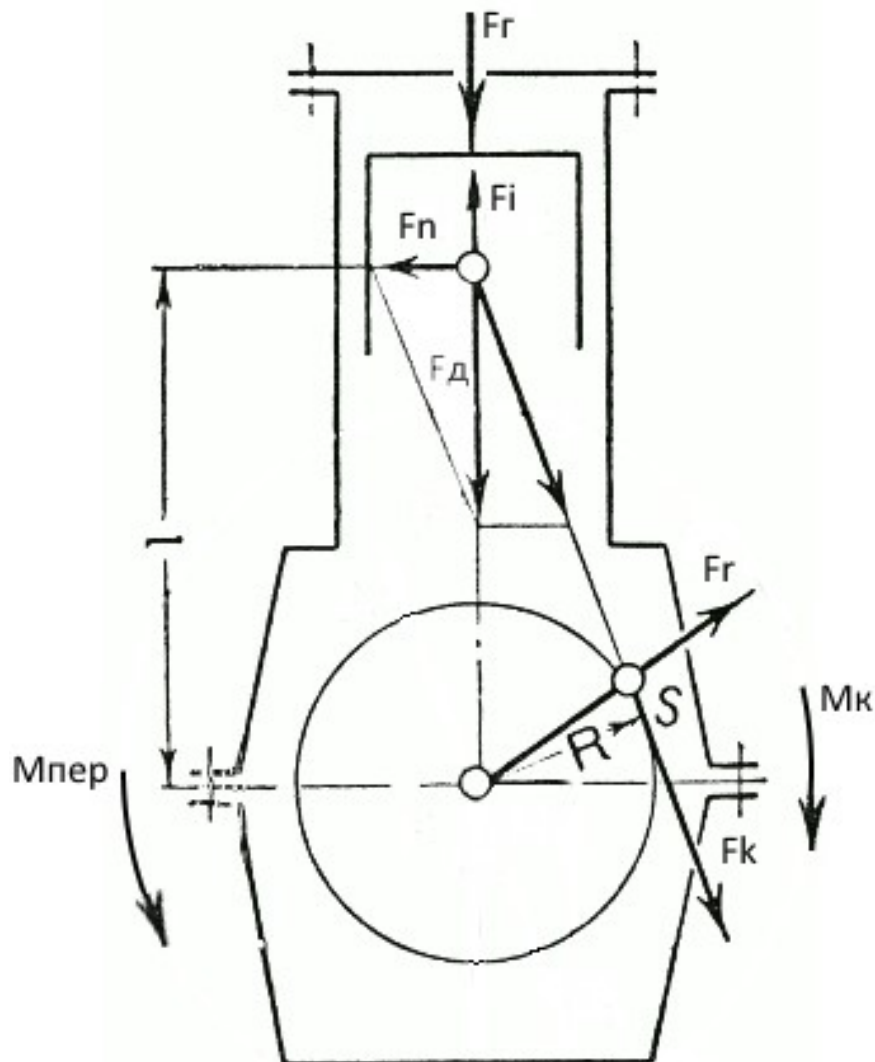


Рисунок 2.3 - Сили та моменти що діють в КШМ.

По даним двигуна-прототипа маємо наступні початкові дані:

$$m_{\Pi} = 0.85 \text{ кг} - \text{маса комплекту поршня}$$

$$m_{\text{Ш}} = 1.25 \text{ кг} - \text{маса комплекту шатуна}$$

Маса частин КШМ, що рухаються поступально, в кг

$$m_s = m_{\Pi} + \frac{1}{3} \cdot m_{\text{Ш}} = 0.85 + \frac{1}{3} \cdot 1.25 = 1.267$$

Радіус кривошипу, в м

$$r = \frac{S}{2 \cdot 10^3} = \frac{62}{2 \cdot 10^3} = 0.031$$

Довжина шатуна, в м

$$l_{\text{Ш}} = \frac{r}{\lambda_{\text{кр}}} = \frac{0.031}{0.256} = 0.121$$

Площа поршня, в м²

$$A_{\Pi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot 10^6} = \frac{\pi \cdot 78^2}{4 \cdot 10^6} = 0.005$$

Кутова швидкість, в рад / с

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 3500}{30} = 366.519$$

Визначимо величини сил та моментів що діють в КШМ на протязі всього робочого циклу.

Кут обертання колінчастого валу

$$\varphi = 0 \dots 720, \text{ з кроком розрахунку } \Delta\varphi = 1^\circ \text{ п.к.в.}$$

Кут нахилу шатуна

$$\beta'(\varphi) = \text{asin}\left(\lambda_{\text{кр}} \cdot \sin\left(\varphi \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)$$

Сили тиску газу

$$F_r(\varphi) = (p(\varphi) - p_a) \cdot A_{\Pi}$$

Сили інерції мас, що рухаються зворотно-поступально

$$F_i(\varphi) = -m_s \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \left(\cos\left(\varphi \cdot \frac{\pi}{180}\right) + \lambda_{кр} \cdot \cos\left(2 \cdot \varphi \cdot \frac{\pi}{180}\right) \right) \cdot 10^{-3}$$

Сумарна сила (дійсна)

$$F_d(\varphi) = F_r(\varphi) + F_i(\varphi)$$

Нормальна сила

$$F_n(\varphi) = F_d(\varphi) \cdot \tan(\beta'(\varphi))$$

Радіальна сила

$$F_r(\varphi) = F_d(\varphi) \cdot \cos\left(\varphi \cdot \frac{\pi}{180} + \beta'(\varphi)\right) \cdot \frac{1}{\cos(\beta'(\varphi))}$$

Дотична сила

$$F_k(\varphi) = F_d(\varphi) \cdot \sin\left(\varphi \cdot \frac{\pi}{180} + \beta'(\varphi)\right) \cdot \frac{1}{\cos(\beta'(\varphi))}$$

Крутий момент на валу двигуна

$$M_k(\varphi) = F_k(\varphi) \cdot r$$

Момент опору до крутного моменту в опорах двигуна

$$M_{оп}(\varphi) = -M_k(\varphi)$$

Перекидний момент двигуна

$$M_{пер}(\varphi) = -F_n(\varphi) \cdot \left(r \cdot \cos\left(\varphi \cdot \frac{\pi}{180}\right) + l_{ш} \cdot \cos(\beta'(\varphi)) \right)$$

Результати розрахунку сил та моментів що діють в КШМ:
 Сили F_r , F_i та F_d обраховані в кН, крутний момент M_k розраховано в кН м,
 в дужках вказаний поточний кут повороту колінчастого валу

$F_r(0) = -0.048$	$F_i(0) = -6.625$	$F_d(0) = -6.674$	$M_k(0) = 0.000$
$F_r(30) = -0.048$	$F_i(30) = -5.243$	$F_d(30) = -5.292$	$M_k(30) = -0.1$
$F_r(60) = -0.048$	$F_i(60) = -1.962$	$F_d(60) = -2.011$	$M_k(60) = -0.061$
$F_r(90) = -0.048$	$F_i(90) = 1.35$	$F_d(90) = 1.302$	$M_k(90) = 0.04$
$F_r(120) = -0.048$	$F_i(120) = 3.313$	$F_d(120) = 3.264$	$M_k(120) = 0.076$
$F_r(150) = -0.048$	$F_i(150) = 3.893$	$F_d(150) = 3.845$	$M_k(150) = 0.046$
$F_r(180) = -0.048$	$F_i(180) = 3.925$	$F_d(180) = 3.876$	$M_k(180) = 0.000$
$F_r(210) = -0.018$	$F_i(210) = 3.893$	$F_d(210) = 3.875$	$M_k(210) = -0.047$
$F_r(240) = 0.098$	$F_i(240) = 3.313$	$F_d(240) = 3.41$	$M_k(240) = -0.08$
$F_r(270) = 0.415$	$F_i(270) = 1.35$	$F_d(270) = 1.766$	$M_k(270) = -0.055$
$F_r(300) = 1.435$	$F_i(300) = -1.962$	$F_d(300) = -0.527$	$M_k(300) = 0.016$
$F_r(330) = 6.182$	$F_i(330) = -5.243$	$F_d(330) = 0.938$	$M_k(330) = -0.018$
$F_r(360) = 20.763$	$F_i(360) = -6.625$	$F_d(360) = 14.138$	$M_k(360) = 0.000$
$F_r(390) = 16.427$	$F_i(390) = -5.243$	$F_d(390) = 11.183$	$M_k(390) = 0.212$
$F_r(420) = 4.97$	$F_i(420) = -1.962$	$F_d(420) = 3.008$	$M_k(420) = 0.091$
$F_r(450) = 2.254$	$F_i(450) = 1.35$	$F_d(450) = 3.604$	$M_k(450) = 0.112$
$F_r(480) = 1.359$	$F_i(480) = 3.313$	$F_d(480) = 4.672$	$M_k(480) = 0.109$
$F_r(510) = 1.023$	$F_i(510) = 3.893$	$F_d(510) = 4.916$	$M_k(510) = 0.059$
$F_r(540) = 0.933$	$F_i(540) = 3.925$	$F_d(540) = 4.858$	$M_k(540) = 0.000$
$F_r(570) = 0.075$	$F_i(570) = 3.893$	$F_d(570) = 3.968$	$M_k(570) = -0.048$
$F_r(600) = 0.075$	$F_i(600) = 3.313$	$F_d(600) = 3.388$	$M_k(600) = -0.079$
$F_r(630) = 0.075$	$F_i(630) = 1.35$	$F_d(630) = 1.425$	$M_k(630) = -0.044$
$F_r(660) = 0.075$	$F_i(660) = -1.962$	$F_d(660) = -1.887$	$M_k(660) = 0.057$
$F_r(690) = 0.075$	$F_i(690) = -5.243$	$F_d(690) = -5.168$	$M_k(690) = 0.098$
$F_r(720) = 0.075$	$F_i(720) = -6.625$	$F_d(720) = -6.55$	$M_k(720) = 0.000$

Результати розрахунку сил та моментів що діють в КШМ:
 Сили F_n , F_r та F_k обраховані в кН, крутний момент $M_{пер}$ розраховано в кН м,
 в дужках вказаний поточний кут повороту колінчастого валу

$F_n(0) = 0.000$	$F_r(0) = -6.674$	$F_k(0) = 0.000$	$M_{пер}(0) = 0.000$
$F_n(30) = -0.683$	$F_r(30) = -4.241$	$F_k(30) = -3.237$	$M_{пер}(30) = 0.1$
$F_n(60) = -0.457$	$F_r(60) = -0.609$	$F_k(60) = -1.97$	$M_{пер}(60) = 0.061$
$F_n(90) = 0.345$	$F_r(90) = -0.345$	$F_k(90) = 1.302$	$M_{пер}(90) = -0.04$
$F_n(120) = 0.742$	$F_r(120) = -2.275$	$F_k(120) = 2.456$	$M_{пер}(120) = -0.076$
$F_n(150) = 0.496$	$F_r(150) = -3.578$	$F_k(150) = 1.493$	$M_{пер}(150) = -0.046$
$F_n(180) = 0.000$	$F_r(180) = -3.876$	$F_k(180) = 0.000$	$M_{пер}(180) = 0.000$
$F_n(210) = -0.5$	$F_r(210) = -3.606$	$F_k(210) = -1.504$	$M_{пер}(210) = 0.047$
$F_n(240) = -0.775$	$F_r(240) = -2.377$	$F_k(240) = -2.566$	$M_{пер}(240) = 0.08$
$F_n(270) = -0.468$	$F_r(270) = -0.468$	$F_k(270) = -1.766$	$M_{пер}(270) = 0.055$
$F_n(300) = 0.12$	$F_r(300) = -0.16$	$F_k(300) = 0.516$	$M_{пер}(300) = -0.016$
$F_n(330) = -0.121$	$F_r(330) = 0.752$	$F_k(330) = -0.574$	$M_{пер}(330) = 0.018$
$F_n(360) = 0.000$	$F_r(360) = 14.138$	$F_k(360) = -0.000$	$M_{пер}(360) = 0.000$
$F_n(390) = 1.443$	$F_r(390) = 8.963$	$F_k(390) = 6.842$	$M_{пер}(390) = -0.212$
$F_n(420) = 0.684$	$F_r(420) = 0.912$	$F_k(420) = 2.947$	$M_{пер}(420) = -0.091$
$F_n(450) = 0.955$	$F_r(450) = -0.955$	$F_k(450) = 3.604$	$M_{пер}(450) = -0.112$
$F_n(480) = 1.062$	$F_r(480) = -3.256$	$F_k(480) = 3.515$	$M_{пер}(480) = -0.109$
$F_n(510) = 0.634$	$F_r(510) = -4.574$	$F_k(510) = 1.908$	$M_{пер}(510) = -0.059$
$F_n(540) = 0.000$	$F_r(540) = -4.858$	$F_k(540) = 0.000$	$M_{пер}(540) = 0.000$
$F_n(570) = -0.512$	$F_r(570) = -3.693$	$F_k(570) = -1.541$	$M_{пер}(570) = 0.048$
$F_n(600) = -0.77$	$F_r(600) = -2.361$	$F_k(600) = -2.549$	$M_{пер}(600) = 0.079$
$F_n(630) = -0.377$	$F_r(630) = -0.377$	$F_k(630) = -1.425$	$M_{пер}(630) = 0.044$
$F_n(660) = 0.429$	$F_r(660) = -0.572$	$F_k(660) = 1.849$	$M_{пер}(660) = -0.057$
$F_n(690) = 0.667$	$F_r(690) = -4.142$	$F_k(690) = 3.162$	$M_{пер}(690) = -0.098$
$F_n(720) = 0.000$	$F_r(720) = -6.55$	$F_k(720) = 0.000$	$M_{пер}(720) = 0.000$

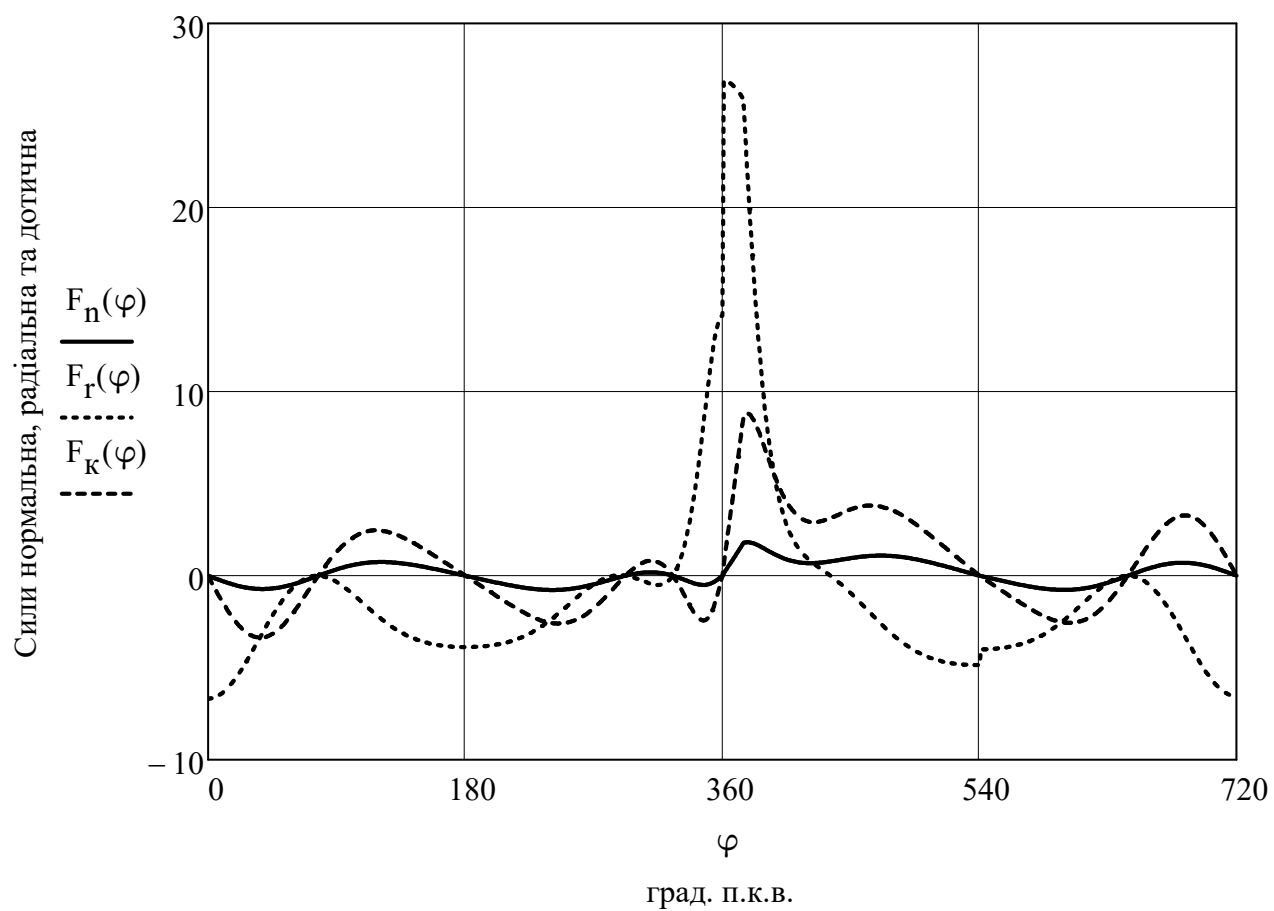
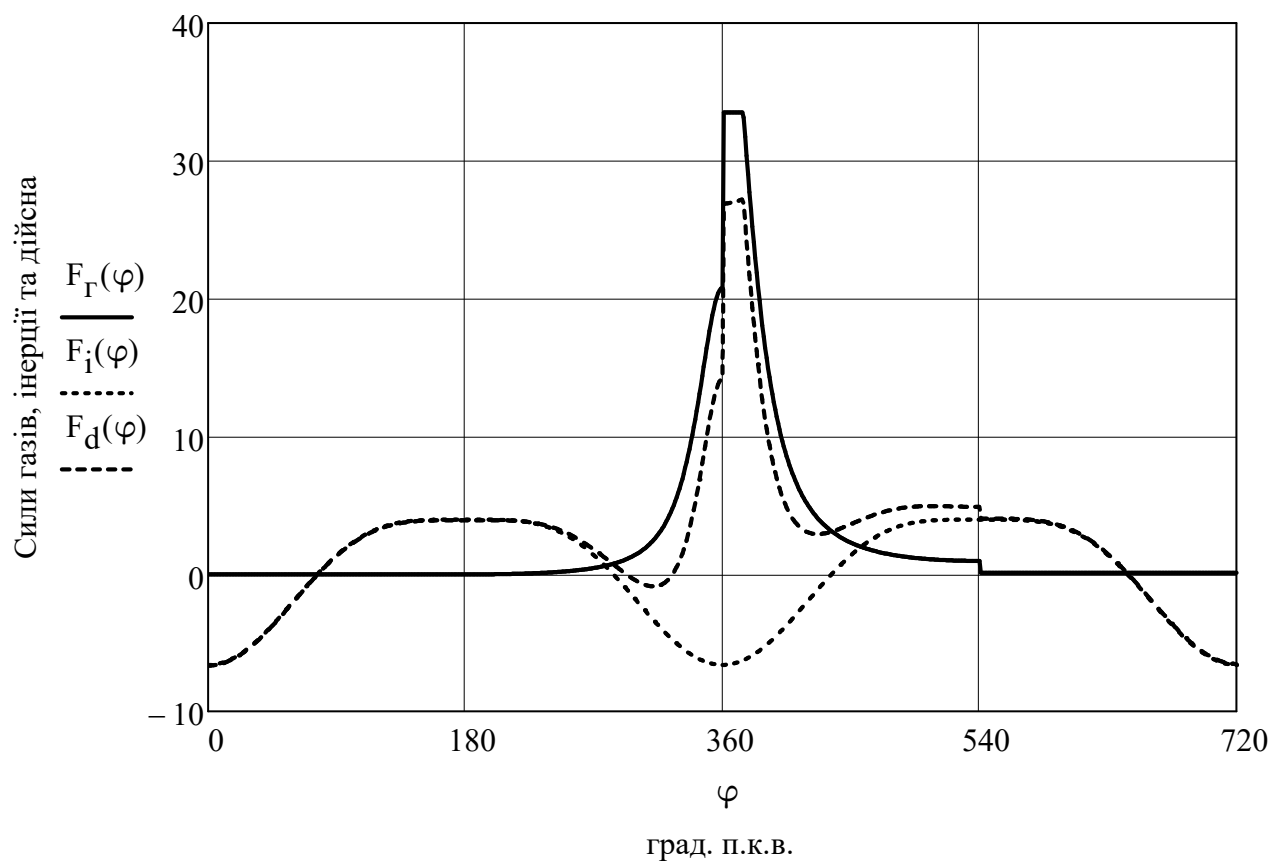


Рисунок 2.4 - Графіки сил що діють в КШМ.

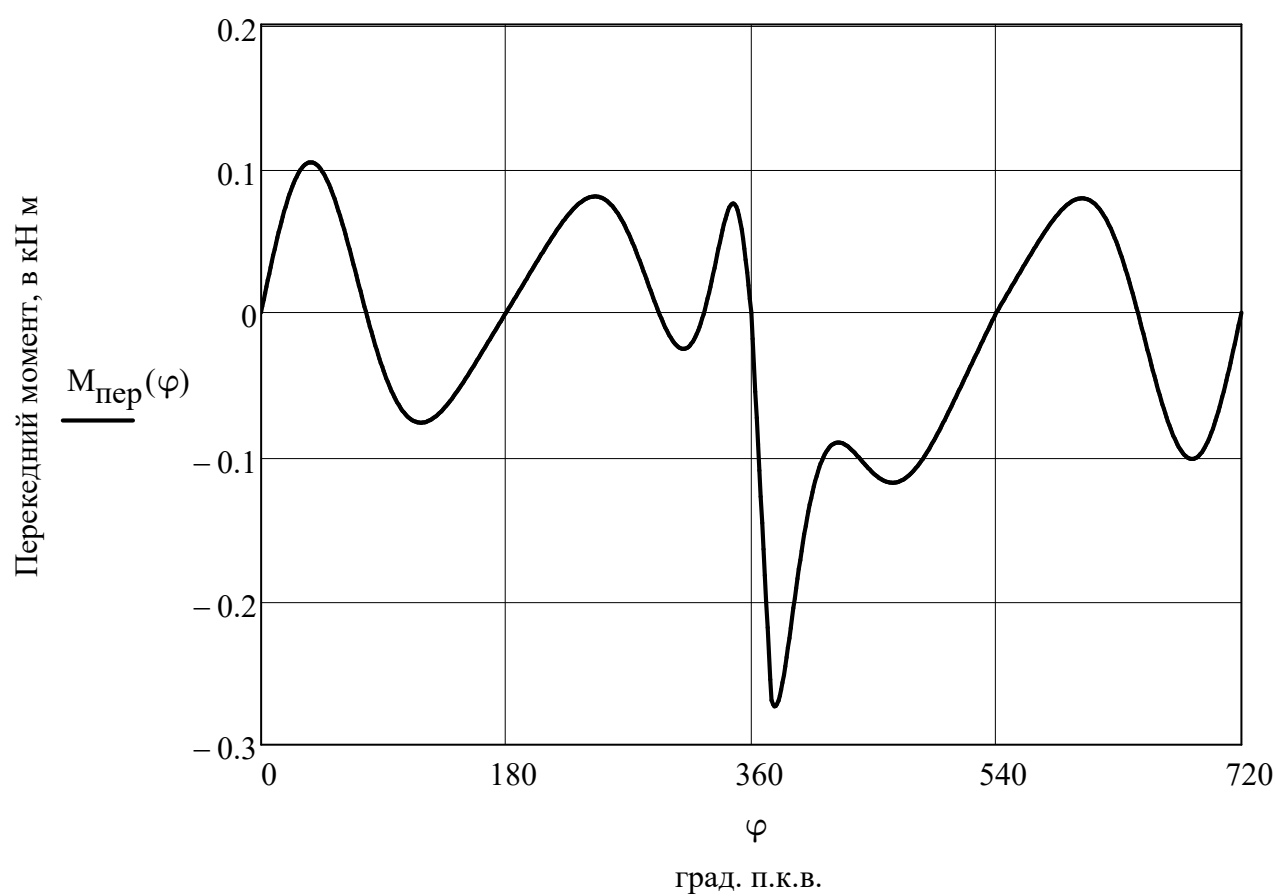
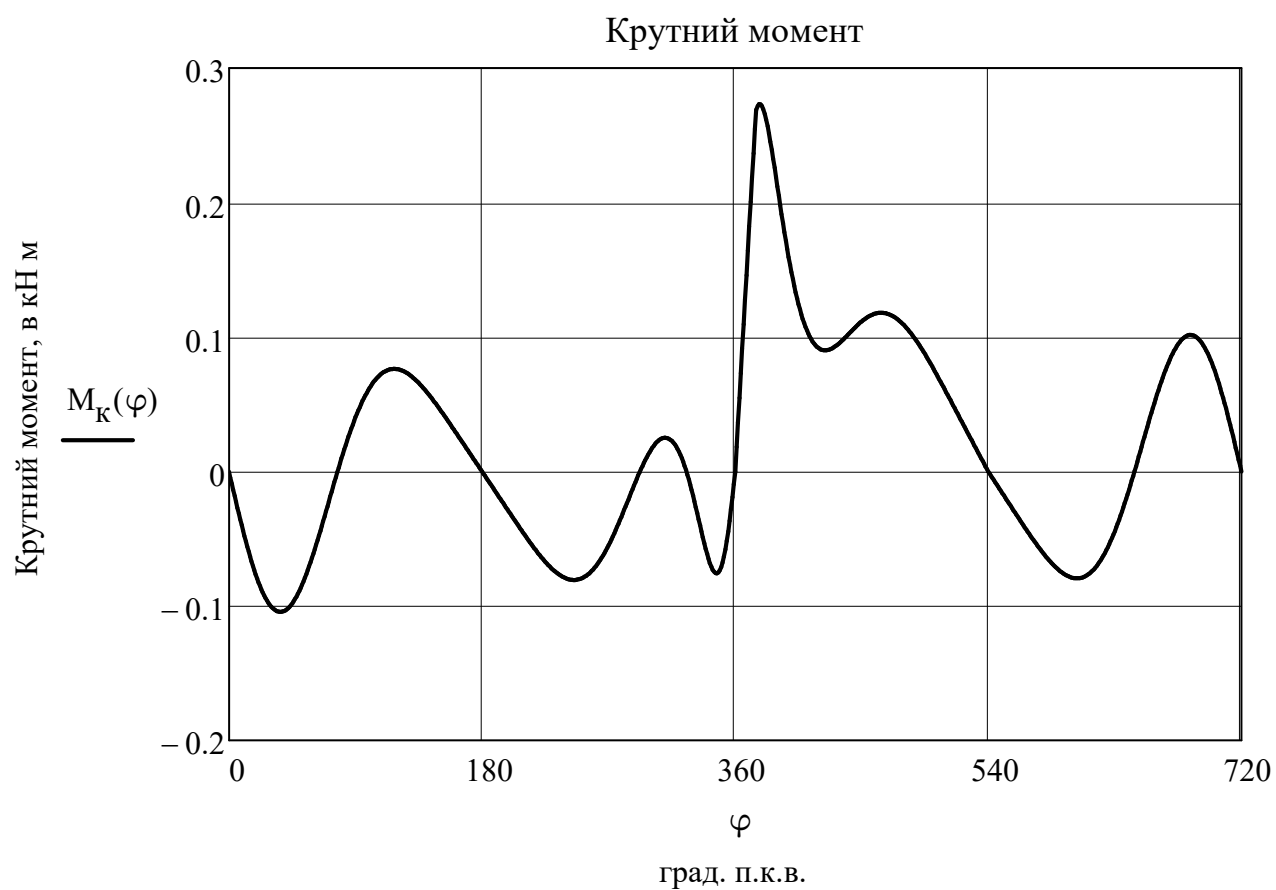


Рисунок 2.5 - Графіки моментів що діють в КШМ.

2.4 Розрахунок складових зовнішнього теплового балансу

2.4.1 Рівняння зовнішнього теплового балансу

Загальна кількість теплоти введеної в двигун з паливом

$$Q_{\Pi} = Q_e + Q_B + Q_{\Gamma} + Q_M + Q_{н.в}$$

де Q_e - теплота, еквівалентна ефективній роботі

Q_B - теплота, що відводиться охолоджувальною рідиною

Q_{Γ} - теплота, що виноситься випускними газами

Q_M - теплота, що відводиться маслом

$Q_{н.в}$ - невраховані теплові втрати

2.4.2 Теплота, що підводиться в циліндр двигуна з паливом, в $\text{Дж} / \text{с}$

$$Q_{\Pi} = \frac{B_e \cdot Q_{н.р}}{3.6} = \frac{1.408 \cdot 3.737 \times 10^4}{3.6} = 1.462 \times 10^4$$

у відсотковому відношенні приймаємо за 100%

2.4.3 Теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна, в $\text{Дж} / \text{с}$

$$Q_e = 10^3 \cdot P_{ер} = 10^3 \cdot 4.956 = 4956.132$$

у відсотковому відношенні, в %

$$\eta_e = \frac{Q_e}{Q_{\Pi}} \cdot 100 = \frac{4.956 \times 10^3}{1.462 \times 10^4} \cdot 100 = 33.909$$

перевірка отриманого значення в $\text{Дж} / \text{с}$

$$Q_e' = Q_{\Pi} \cdot \eta_e = 14616.064 \cdot 0.342 = 5000$$

Вираховуємо похибку, у %

$$\Delta Q_e = \frac{|Q_e - Q_e'|}{Q_e} \cdot 100 = \frac{|4.956 \times 10^3 - 5 \times 10^3|}{4.956 \times 10^3} \cdot 100 = 0.885$$

2.4.4 Теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною

$$Q_B = Q_w + Q_{т.п} + Q_{в.н}$$

де Q_w - теплота, що відводиться робочим тілом в стінки циліндра

$Q_{т.п}$ - теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня

$Q_{в.н}$ - теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насосу

Теплообмін між робочим тілом і стінками циліндра, в $\text{Дж} / \text{с}$

$$Q_w = (-W_{\text{нап}} + W_{\text{ст}} + W_{\text{г.р}} + W_{\text{вип}}) \cdot Q_{\Pi}$$

де $W_{\text{нап}} = 0$ - відносна втрата палива на ділянці наповнення

$W_{\text{ст}} = 0$ - відносна втрата палива на ділянці стиску

$W_{\text{г.р}} = 0.13$ - відносна втрата палива на ділянці горіння-розширення

$W_{\text{вип}} = 0.06$ - відносна втрата палива на ділянці випуску газів із циліндру

$$\Sigma W = (-W_{\text{нап}} + W_{\text{ст}} + W_{\text{г.р}} + W_{\text{вип}}) = -0 + 0 + 0.13 + 0.06 = 0.19$$

$$Q_w = \Sigma W \cdot Q_{\Pi} = 0.19 \cdot 14616.064 = 2777.052$$

Теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра

Середній тиск тертя поршня, в кПа

$$p_{\text{ср.т}} = 0.6 \cdot p_{\text{м}} = 0.600 \cdot 173.353 = 104.012$$

Робочий об'єм циліндру, в м^3

$$V_{s'} = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot 10^9} \cdot S = \frac{\pi \cdot 78^2}{4 \cdot 10^9} \cdot 62 = 2.963 \times 10^{-4}$$

Потужність тертя поршня, в кВт

$$P_{\Pi} = \frac{p_{\text{ср.т}} \cdot V_{s'} \cdot n \cdot i}{30 \cdot Z} = \frac{104.012 \cdot 2.963 \times 10^{-4} \cdot 3.5 \times 10^3}{30 \cdot 4} = 0.899$$

Теплота, еквівалентна роботі витраченій на тертя поршня, в $\text{Дж} / \text{с}$

$$Q_{\text{т.п}} = 10^3 \cdot P_{\Pi} = 10^3 \cdot 0.899 = 898.754$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насосу, в $\text{Дж} / \text{с}$

Визначаємо витрату води по сумі теплот:

$$Q'_v = Q_w + Q_{\text{т.п}} = 2777.052 + 898.754 = 3675.807$$

Витрата охолоджуючої рідини, в $\text{м}^3 / \text{с}$

$$V_v = \frac{Q'_v \cdot 10^{-3} \cdot K_1}{\rho_v \cdot C_{\text{тв}} \cdot \Delta T_v}$$

де $K_1 = 1.2$ - коефіцієнт запасу

$\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$ - середня густина води

$C_{mB} = 4.19 \text{ Дж/кг}$ - середня теплоємність води

$\Delta T_B = 10$ - температурний перепад води в холодильнику

$$V_B = \frac{Q'_B \cdot 10^{-3} \cdot K_1}{\rho_B \cdot C_{mB} \cdot \Delta T_B} = \frac{3675.80662 \cdot 10^{-3} \cdot 1.2}{1000 \cdot 4.19 \cdot 10} = 0.00011$$

Потужність, яка використовується на привід водяного насосу, в кВт

$$P_{B.H} = \frac{V_B \cdot \Delta p_B}{\eta_{B.H}}$$

де $\Delta p_B = 98 \text{ кПа}$ - гідравлічний опір системи

$\eta_{B.H} = 0.9$ - ККД водяного насосу

$$P_{B.H} = \frac{V_B \cdot \Delta p_B}{\eta_{B.H}} = \frac{0.98}{0.9} = 0.011$$

Тоді теплота що еквівалентна роботі на привід водяного насосу буде, в Дж/с

$$Q_{B.H} = 10^3 \cdot P_{B.H} = 10^3 \cdot 0.011 = 11.463$$

Відповідно теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною, в Дж/с

$$Q_B = Q_W + Q_{T.П} + Q_{B.H} = 2777.1 + 898.8 + 11.5 = 3687.3$$

у відсотковому відношенні, в %

$$q_B = \frac{Q_B}{Q_{II}} \cdot 100 = \frac{3687.27}{14616.064} \cdot 100 = 25.228$$

Температура залишкових газів, в $^{\circ}\text{C}$

$$t_r = T_r - 273 = 780 - 273 = 507$$

Температура на початку стиску, в $^{\circ}\text{C}$

$$t_d = T_d - 273 = 322.743 - 273 = 49.743$$

Ізобарна теплоємність продуктів згорання

$$mCp'' = 31.555 + 0.00389 \cdot t_r = 31.555 + 3.89 \times 10^{-3} \cdot 507 = 33.527$$

Ізобарна теплоємність свіжого заряду

$$mC_p = 29.074 + 0.0008 \cdot t_d = 29.074 + 0.001 \cdot 49.743 = 29.114$$

2.4.5 Теплота, що виноситься випускними газами, в Дж / с

$$Q_{\Gamma} = \frac{B_e}{3.6} \cdot (M_2 \cdot mC_{p''} \cdot t_{\Gamma} - M_1 \cdot mC_p \cdot t_d)$$

$$\Delta i'_{\Gamma} = M_2 \cdot mC_{p''} \cdot t_{\Gamma} = 0.814 \cdot 33.527 \cdot 507 = 13832.295$$

$$\Delta i''_{\Gamma} = M_1 \cdot mC_p \cdot t_d = 0.78 \cdot 29.114 \cdot 49.743 = 1129.734$$

$$\Delta i_{\Gamma} = \Delta i'_{\Gamma} - \Delta i''_{\Gamma} = 13832.3 - 1129.7 = 12702.6$$

$$Q_{\Gamma} = \frac{B_e}{3.6} \cdot \Delta i_{\Gamma} = \frac{1.408}{3.6} \cdot 12702.561 = 4967.563$$

у відсотковому відношенні, в %

$$q_{\Gamma} = \frac{Q_{\Gamma}}{Q_{\Pi}} \cdot 100 = \frac{4967.563}{14616.064} \cdot 100 = 33.987$$

2.4.6 Теплота, що відводиться з маслом і витрачається на привід масляного насосу

Теплота, що відводиться маслом від гарячих деталей двигуна

Доля витрат в механізмах двигуна

$$\Delta_{\text{мд}} = \frac{P_{\text{м}}}{P_{\text{мі}}} \cdot \eta_i = \frac{173.353}{746.922} \cdot 0.445 = 0.103$$

Теплота, що еквівалентна роботі на подолання опору в механізмах двигуна, в Дж / с

$$Q_{\text{мд}} = \Delta_{\text{мд}} \cdot Q_{\Pi} = 0.103 \cdot 14616.064 = 1511.183$$

Тоді, що теплота еквівалентна роботі на подолання опору в механізмах двигуна, в Дж / с

$$Q_{\text{м1}} = Q_{\text{w}} + Q_{\text{мд}} - Q_{\text{в}} = 2777.052 + 1511.183 - 3687.27 = 600.965$$

Витрата циркуляційного масла, в м³ / с

$$V_{\text{м}} = \frac{K_2 \cdot Q_{\text{м1}}}{\rho_{\text{м}} \cdot C_{\text{мм}} \cdot 10^3 \cdot \Delta T_{\text{м}}}$$

де $K_2 = 1.5$ - коефіцієнт запасу

$\rho_M = 900 \text{ кг/м}^3$ - густина мастила

$C_{mm} = 2.094 \text{ Дж/кг}$ - середня теплоємність масла

$\Delta T_M = 6$ - температурний перепад масла в охолоджувачі двигуна

$$V_M = \frac{K_2 \cdot Q_{M1}}{\rho_M \cdot C_{mm} \cdot 10^3 \cdot \Delta T_M} = \frac{1.5 \cdot 600.965}{900 \cdot 2.094 \cdot 10^3 \cdot 6} = 7.972 \times 10^{-5}$$

Потужність, що використовується на привід масляного насоса, в кВт

$$P_{M.H} = \frac{V_M \cdot p_0}{\eta_{M.H} \cdot 10^3}$$

де $p_0 = 0.4 \cdot 10^6 \text{ Па}$ - робочий тиск в системі мащення

$\eta_{M.H} = 0.8$ - ККД масляного насоса

$$P_{M.H} = \frac{V_M \cdot p_0}{\eta_{M.H} \cdot 10^3} = \frac{7.972 \times 10^{-5} \cdot 0.4 \cdot 10^6}{0.8 \cdot 10^3} = 0.04$$

Теплота витрачена на привід насоса, в Дж / с

$$Q_{M2} = 10^3 \cdot P_{M.H} = 10^3 \cdot 0.04 = 39.86$$

Тоді теплота, що відводиться маслом від гарячих деталей двигуна, в Дж / с

$$Q_M = Q_{M1} + Q_{M2} = 600.965 + 39.86 = 640.825$$

у відсотковому відношенні, в %

$$q_M = \frac{Q_M}{Q_{\Pi}} \cdot 100 = \frac{640.825}{14616.064} \cdot 100 = 4.384$$

2.4.7 Невраховані теплові втрати, в Дж / с

$$Q_{H.B} = Q_{\Pi} - \Sigma Q$$

$$\text{де } \Sigma Q = \sum \begin{pmatrix} Q_e \\ Q_B \\ Q_{\Gamma} \\ Q_M \end{pmatrix} = \sum \begin{pmatrix} 4956.132 \\ 3687.27 \\ 4967.563 \\ 640.825 \end{pmatrix} = 14251.79$$

$$Q_{H.B} = Q_{\Pi} - \Sigma Q = 14616.1 - 14251.8 = 364.3$$

у відсотковому відношенні, в %

$$q_{HB} = \frac{Q_{H.B}}{Q_{\Pi}} \cdot 100 = \frac{364.274}{14616.064} \cdot 100.000 = 2.492$$

Складові теплового балансу в табличному вигляді:

Назва складової ТБ	в Дж / с,	у %,	межі для дизельного двигуна без наддуву
Теплота, що підводиться в циліндр двигуна з паливом	$Q_{\Pi} = 14616.1$	$q_{\Pi} = 100$	100%
Теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна	$Q_e = 4956.1$	$q_e = 33.9$	29...42%
Теплота, що виноситься випускними газами	$Q_{\Gamma} = 4967.6$	$q_{\Gamma} = 34$	25...45%
Теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною	$Q_B = 3687.3$	$q_B = 25.2$	5...35%
Теплота, що відводиться з маслом	$Q_M = 640.8$	$q_M = 4.4$	3...5%
Невраховані теплові втраги	$Q_{H.B} = 364.3$	$q_{HB} = 2.5$	до 3%

Отримані в результаті розрахунку значення складових теплового балансу входять у вказані межі.

Перевірка рівняння теплового балансу, у %

$$q_e + q_{\Gamma} + q_B + q_M + q_{HB} = 33.909 + 33.987 + 25.228 + 4.384 + 2.492 = 100$$

3. ОПИС ОБ'ЄКТУ ЗАСТОСУВАННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ ДИЗЕЛЯ 147,8/6,2

3.1 Метод вимірювання температури термопарами.

При цьому методі тепловий стан деталей досліджується шляхом реєстрації величин термоелектрорушійної сили, що виникає в ланцюзі термопари при різниці температур гарячого і холодного спаїв. На відміну від раніше описаних методів, що дозволяють вимірювати тільки максимальну температуру нагрівання деталі в даній точці, за допомогою термопар на працюючому двигуні можна безперервно спостерігати за зміною теплового стану будь-якої точки тіла, доступною для установки термопари.

Термопари використовуються як для вимірювання постійної в часі, яка встановилася на даному режимі температури в заданих точках, так і швидкоплинної температури поверхонь деталей циліндра двигуна, що омиваються гарячими газами. В останньому випадку необхідно використовувати практично безінерційні термопари при безперервному їх зв'язку з безінерційним вимірювальним приладом, який здійснює постійний запис. Замір швидкоплинних температур має обмежене застосування і використовується в основному при проведенні спеціальних досліджень.

Найбільш широкого поширення набули термопари для вимірювання сталих на даному режимі та постійних в часі температур деталей спеціально виготовлені термопари, що вмонтовані в деталь на заданій глибині від поверхні, підключають за допомогою компенсаційних дротів до вимірювального приладу.

Для технічних вимірювань найбільш часто застосовують термопари мідь – константан, хромель – капель і хромель - алюмель з діаметром дроту від 0,1 до 0,7мм. В якості вимірювальних приладів використовують переносний потенціометр ПП-63 та електронний автоматичний

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

потенціометр самописець ЄПП-09М, що включається термопар через конденсатор – накопичувач. Похибка вимірювань $3 - 5^{\circ}\text{C}$.

До діючих різних способам закладення термопар в тіло деталі пред'являються наступні загальні вимоги:

- 1) точність глибини розташування гарячого спаю термопар від поверхні;
- 2) хороший тепловий контакт гарячого спаю з масою деталі;
- 3) виключення безпосередньої дії на гарячий спай пламя та гарячих газів, а також охолоджуючої рідини;
- 4) надійна термоізоляція термоелектродних дротів.

Зв'язок термопар, встановлених в поршні, з вимірювальним приладом може бути або постійним за допомогою компенсаційних дротів (вставленими в спеціальний важільний механізм), або ж періодичним за рахунок замикання ланцюга термопар за допомогою контактної пристрою.

Останній спосіб вважається найбільш надійним та простим. Ланцюг замикається контактним пристроєм, з початком від положення поршня від НМТ протягом повороту колінчастого валу $16 - 15^{\circ}$ (до 60°). При цьому контакти, встановлені на поршні, притискаються до пружних рухомих контактам прийомної колодки або ковзають по ним. При періодичному підключенні термопар до вимірювального компенсаційного приладу в якості нуля – індикатора використовується електронний осцилограф.

3.2 Призначення і область застосування

3.2.1 ТС призначені для перетворення теплової енергії в електричний опір при вимірі температури рідких і сипучих середовищ, а також температури твердих тіл.

3.2.2 ТС також застосовують для безперервного вимірювання температури

повітря, інертних газів та інших газоподібних середовищ, які містять

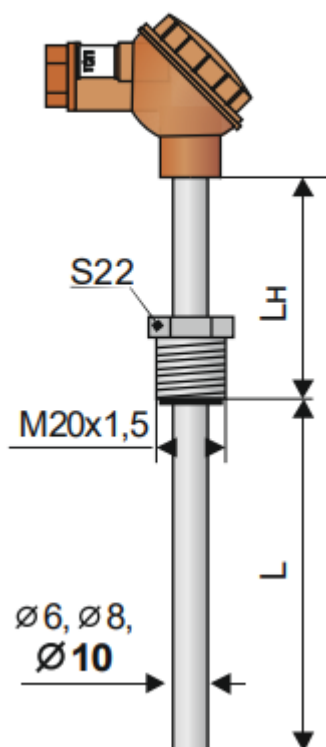
					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

речовин, що вступають у взаємодію з матеріалом захисної арматури.

Область застосування ТЗ - системи контролю та регулювання температури в технологічних процесах в різних галузях промисловості, сільського та комунального господарства, в побуті.

3.3 Технічні характеристики

Txx-002



3.3.1 Основні технічні характеристики наведені в таблиці 1.

3.3.2 Максимально допустима температура поблизу клемної колодки датчиків модифікацій TXX-0x1, TXX-0x2, в місці виходу проводів датчиків інших модифікацій, не повинна перевищувати 100°C.

Найменування характеристики	Значення величини
Тип ТЗ	РегМік
Робочий діапазон вимірюваних температур, ° С	

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Номінальна статична характеристика перетворення (НСХ) по ДСТУ 2858-94		50M Pt100 50П	100M 100П
Клас допуску		A C	B
Відносне опір W100		1,3850 1,4280	1,3910
Довжина монтажної частини, L, мм			
Діаметр монтажної частини, D, мм			
Довжина зовнішньої частини, Lн, мм			
монтажні висновки	Довжина L		
	В, мм		
		Опір, Ом	
Схема з'єднання		2 2x2	3 4
різьба			
Умовний тиск вимірюваного середовища, МПа			
Показник теплової інерції, не більше, з			
Опір ізоляції при $(25 \pm 10)^\circ \text{C}$ і відносної вологості до 80%, не менше, МОм 100		100	
Стійкість до кліматичних		Відповідають групі виконання	

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ВПЛИВІВ	С4 по ГОСТ 12997
Стійкість до механічних впливів	Відповідають групі виконання N1 по ГОСТ 12997
Вимірювальний струм (рекомендований), не більше, мА	1 2
Матеріал захисної арматури (1 - Сталь 12Х18Н10Т, 2 - Сплав алюмінію Д16)	1 2

3 Пристрій і робота ТС

Робота ТС заснована на температурній залежності електричного опору металів. ТС виготовляють з чутливими елементами (ЧЕ) наступних типів:

- платиновий (ТСП) - з ЧЕ з платини або тонкоплівковий платиновий елемент;
- мідний (ТСМ) - з ЧЕ з міді.

Схеми з'єднань внутрішніх провідників ТЗ з ЧЕ наведені на малюнку 1. Розташування клем в контактній колодці для ТЗ модифікацій РегМік ТХХ-001, РегМік ТХХ-002, РегМік ТХХ-003 показано на малюнку 2.

Конструкція ТС неразборная.

Зовнішній вигляд ТС, а також їх габаритні і приєднувальні розміри показані на малюнках 3-6.

2-Двухпроводная 3-трипроводні 4-Чотирипроводна 2 + 2-

Двухпроводная

з двома ЧЕ

Маркування та пломбування

На ТЗ нанесені:

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- товарний знак підприємства-виготовлювача;
- умовне позначення типу ТС;
- умовне позначення НСХ;
- клас допуску;
- умовне позначення схеми внутрішніх з'єднань;
- робочий діапазон вимірювань;
- дата випуску (рік, місяць).

Заходи безпеки

При експлуатації і технічному обслуговуванні необхідно дотримуватися вимог цієї інструкції з експлуатації і ГОСТ 12.3.019-80.

Підключення та технічне обслуговування ТЗ повинні виробляти фахівці, які вивчили цю інструкцію по експлуатації.

Підготовка до використання.

Встановіть ТЗ на штатне місце і закріпіть його методом, відповідним особливостям кріпильних елементів.

Проведіть підключення ТС до вторинного перетворювача з урахуванням

схеми підключення ЧЕ (див. рис. 1, рис. 2). При монтажі зовнішніх зв'язків необхідно забезпечити надійний контакт провідників для підключення ТС.

Технічне обслуговування. перевірка

Технічне обслуговування ТЗ проводиться не рідше одного разу на шість місяців і складається в контролі його кріплення, контролі електричних з'єднань, а також у видаленні пилу і бруду з ТЗ.

Перевірку ТС проводять територіальні органи або відомча метрологічна служба споживача, що має право перевірки.

Перевірку проводити згідно з ДСТУ ГОСТ 8.461 діє до: 2014

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендований міжповірочний інтервал - не більше 24 місяці

4 Призначення восьмиканального вимірювача И8



Восьмиканальний вимірювач И8

4.4.1 Прилад призначений для прийому і перетворення сигналів, що надходять від термоперетворювачів опору (ТС), перетворювачів термоелектричних (ПТ) і датчиків з уніфікованим вихідним сигналом струму і напруги, в значення температури, вологості, тиску (або іншого фізичного параметра) і відображення їх на вбудованому цифровому індикаторі .

Прилад автоматично контролює стан датчиків, знаходження виміряної температури в установленому діапазоні вимірювань, правильність введення параметрів і проведення калібрування приладу. За результатами контролю формується сигнал "Помилка".

4.4.2 Прилад може бути використаний для контролю виконання різних технологічних процесів в промисловості, сільському і комунальному господарстві.

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4.3 Прилад дозволяє здійснювати наступні функції:

-Вимір температури, вологості, тиску (або інших фізичних параметрів) різних об'єктів по восьми каналах за допомогою стандартних ТЗ, ПТ і / або за допомогою датчиків з уніфікованим вихідним сигналом струму 0 (4) .. 20мА, 0..5 мА і напруги 0..1В, 0..10В; - відображення на вбудованому світлодіодному цифровому індикаторі поточного значення температури по одному з каналів;

- формування сигналу "Аварія" при перевищенні заданого значення температури по одному з каналів;

- обмін даними з персональним комп'ютером по інтерфейсу RS-485;

- формування сигналу "Помилка";

- програмне зміна параметрів характеристики перетворення.

- Функціональні параметри вимірювання та контролю задаються обслуговуючим персоналом і зберігаються при відключенні харчування в незалежній пам'яті приладу.

- Прилад призначений для використання в наступних умовах навколишнього середовища:

температура повітря, що оточує корпус приладу 0 ... + 50 ° С;

атмосферний тиск 86 ... 107 кПа;

відносна вологість повітря (при температурі + 35 ° С) 30 ... 80%.

1 Технічні характеристики

Основні технічні характеристики наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики приладу

Найменування характеристики	Значення величини
Номінальна напруга живлення, В	220
Допустиме відхилення напруги живлення, %	-15 ... + 10

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Споживана потужність, Вт	не більше 5
Код нижньої межі діапазону вимірювання від	-999 до 9999
Код верхньої межі діапазону вимірювання від	-999 до 9999
Нижня межа сигналізації, ° С від	-999 до 9999
Верхня межа сигналізації, ° С від	-999 до 9999
Гістерезис сигналізації, ° С від	0,0 до 99,9
Зсув характеристики перетворення, ° С від	-99,9 до 999,9
Нахил характеристики перетворення від	0,001 до 9,999
Смуга фільтра, ° С від	0,1 до 999,9
Тривалість вихідного сигналу "Аварія", від	0 до 255
Час усереднення, кількість періодів вимірювання від	0 до 9
Період індикації виміряної величини, з від	1 до 99
Період вимірювання, з	2,5

2 Пристрій і робота приладу

- Функціональна схема приладу

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- Функціональна схема приладу приведена на малюнку
- До приладу підключають термоперетворювачі опору, перетворювачі

термоелектричні або датчики з уніфікованим сигналом струму / напруги, що забезпечують вимір температури об'єктів.

Робота ТС заснована на температурній залежності електричного опору металів. ТС фізично виконаний у вигляді котушки з тонкої мідної або платиного дроту на каркасі з ізоляційного матеріалу, укладеної в захисну гільзу. ТС характеризуються двома параметрами: R_0 -опір датчика при 0°C і W_{100} - відношення

опору датчика при 100°C до його опору при 0°C .

У приладі може бути застосована дво- або трьохпроводна схема підключення ТС.

При трьохпроводній схемою підключення до одного з висновків ТС приєднані два

дроти, а третій підключений до іншого висновку ТС. Така схема дозволяє компенсувати опір сполучних проводів. При цьому повинна бути виконана умова

рівності опорів всіх трьох проводів.

Генератор струму формує на ТЗ залежне від температури об'єкта напруга, яке через інструментальний підсилювач подається на АЦП спеціалізованого контролера. Вихідний код АЦП обробляється спеціалізованим контролером, який, зокрема, по введеної характеристиці перетворення ТЗ розраховує температуру об'єкта з подальшим виведенням її значення на семисегментний індикатори.

Конструкція приладу

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Прилад виконаний в пластмасовому корпусі, призначеному для щитового кріплення.

На лицьовій панелі приладу, вид якої наведено на малюнку 3.2, розташовані

чотириохрозрядний цифровий індикатор, службовець для відображення буквенноцифрової інформації, однорозрядних цифровий індикатор "К" і три кнопки управління.

На задній стінці приладу розміщені одинадцять груп клемників «під гвинт»,

призначених для підключення датчиків, інтерфейсу RS-485, пристрої сигналізації та мережі живлення.

Основне призначення чотирирозрядний цифрового індикатора полягає в відображенні результатів

вимірювань.

однорозрядного цифровий індикатор "К"

служить для:

- відображення номера каналу, значення температури з якого відображається на чотирёхразрядном цифровому індикаторі;
- відображення символу "Р" в режимі введення пароля.

Кнопка ("Цикл") призначена, в основному, для циклічного перегляду встановлених параметрів.

3 Технічне обслуговування. Повірка

- Технічне обслуговування приладу проводиться не рідше одного разу на шість

місяців і складається в контролі його кріплення, контролі електричних з'єднань, а

також у видаленні пилу і бруду з клемників задній панелі.

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- Перевірку приладу проводять територіальні органи або відомча метрологічна служба споживача, що має право повірки.

- Перетворювачі вимірювальні "РегМік І ...", "РегМік РД ...", "РегМік

РП ... "внесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки за номером

У2463-07.

- Рекомендований міжповірочний (міжкалібровочний) інтервал - 24 місяці.

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

4.ВИМОГИ ДО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ДИЗЕЛЕМ 1Ч7,8/6,2

4.1 Техніка безпеки при роботі з дизелем 1Ч7,8/6,2

При пуску і обслуговуванні працюючого дизеля забороняється:

- Запускати та експлуатувати двигун у разі хвороби, в стані стомлення, наркотичного чи алкогольного сп'яніння, а також під впливом сильнодіючих лікарських препаратів, які знижують швидкість реакції та увагу.
- Запускати та експлуатувати виріб особам, які не вивчили правила техніки безпеки та порядок експлуатації.
- Запускати та експлуатувати двигун у випадку наявності будь-яких пошкоджень, із ненадійно закріпленими частинами і деталями.
- Запускати та експлуатувати двигун, який розташований у приміщенні з поганою вентиляцією. Вихлопні гази отруйні!
- Заправляти, запускати та експлуатувати двигун поблизу джерела відкритого вогню (ближче 15 метрів), у безпосередній близькості від сухих кущів, гілок, сміття або інших легкозаймистих предметів, горючих та вибухових речовин.
- Залишати без нагляду запущений двигун.

4.2 Вимоги до обслуговування дизеля 1Ч7,8/6,2

4.2.1 Перш ніж розпочати переміщення, заправку паливом і маслом, перевірку стану і технічного обслуговування двигуна, потрібно зупинити двигун і дати йому охолонути.

Потрібно перевірити затяжку всього зовнішнього кріплення, у разі потреби підтягнути. Усі передбачені конструкцією складові та захисні елементи повинні бути на штатних місцях. Під час заправки та експлуатації двигуна не допускайте попадання палива і машинного

					ПФ НУК 141.44.21.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

мастила на землю і в стоки води. Якщо паливо або машинне мастило пролилося на двигун, потрібно витерти насухо.

4.2.2 Необхідно бути уважним під час поводження з паливно-мастильними матеріалами, оскільки пари палива дуже небезпечні для здоров'я. Потрібно пам'ятати, що недбале поводження з паливом може спричинити пожежу.

4.2.3 Після заправки потрібно щільно закрутити кришку паливного бака, перевірити, чи немає протікання. У разі витоку палива усунути недолік до початку запуску двигуна, тому що це може призвести до пожежі. Не допускати переповнення паливного бака.

Перед запуском двигуна потрібно забезпечити належну вентиляцію виробу (вільне місце радіусом не менше одного метра). Уважно оглянути паливопровід і стики на предмет витоку палива, затяжки болтів і гайок. Незатягнутий болт або гайка може призвести до серйозної поломки двигуна. Перевірити рівень мастила в картері та долити до норми, якщо це необхідно.

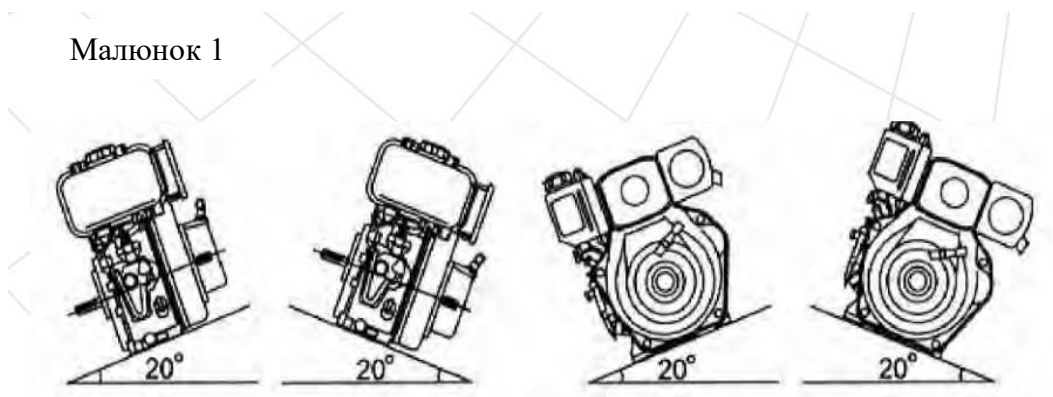
Під час роботи двигун розташувати на плоскій, рівній поверхні, на якій відсутні дрібні камінці, насипний ґравій тощо. Якщо двигун нахилити, то паливо при цьому може пролитися.

Надягати щільно облягаючий робочий одяг під час роботи з двигуном. Вільні фартухи, рушники, пояси тощо. Можуть потрапити у двигун або привід трансмісії, що дуже небезпечно.

4.2.4 Якщо помістити двигун, який працює на крутому схилі (більше 20 градусів), його може заклинити через недостатню кількість мастила, навіть коли мастило в картері на рівні максимальної позначки (див. мал. 1).

					ПФ НУК 141.44.21.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Малюнок 1



Якщо такі деталі, як ведучий вал, шків, ремінь та ін. залишаються незакритими, вони становлять небезпеку оточуючим.

Установка двигуна Щоб уникнути вібрацій або зміщення під час роботи, двигун повинен бути встановлений і закріплений на міцній стаціонарній основі. Потрібно переконатися в тому, що двигун правильно виставлений і надійно закріплений.

Перевірити відповідність посадочних отворів агрегату, який приєднується до двигуна, вихідного валу виробу.

Підготовка до запуску

Двигун поставляється без залитого палива і мастила. Перед запуском двигуна необхідно залити відповідне паливо і мастило.

Перевірка рівня моторного мастила в картері двигуна і заправка маслом

Перш ніж залити паливо в бак і запустити двигун, потрібно перевірити стан паливопроводу. Переконавшись, що паливопровід не має пошкоджень, залийте дизельне паливо в паливний бак.

					ПФ НУК 141.44.21.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо в паливопроводі присутнє повітря, потрібно його стравити. З цією метою послабте гайку, яка з'єднує паливну форсунку та паливопровід і за допомогою прокручування двигуна ручним стартером спускайте повітря, доки в паливі не залишиться жодного повітряної бульбашки, після чого надійно затягніть гайку.

Заправку двигуна паливом потрібно здійснювати так, щоб у паливному баку залишалася повітряна подушка для можливого розширення парів палива під час нагрівання. Максимальний рівень палива під час заправки повинен бути на 2 - 3 см нижче нижнього зрізу заливної горловини паливного бака.

					ПФ НУК 141.44.21.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Дизели. Справочник под ред.В.А.Ваншейдта. -Л.: Машиностроение, 1977.
2. Іодловський В.І., Доценко С,М. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок та побудова індикаторної діаграми». Первомайськ, ППІ, 2000.
3. Теория двигателей внутреннего сгорания. Рабочие процессы. Под ред. Н.Х. Дьяченко.- Л.: Машиностроение, 1974.
4. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу дизельного двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ» // Доценко С.М., Діденко О.В - Первомайськ ППІ НУК, 2012. – 40с.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Теорія двигунів внутрішнього згоряння” Доценко С.М. – Первомайськ ППІ НУК, 2014.
6. Дизельні двигуни внутрішнього згоряння. KENTAVR. Керівництво з технічної експлуатації. Моделі ДВУ-300Д, ДВУ-300ДЕ, ДВУ-300ДШЛ, ДВУ-300ДШЛЕ. ДВУ-420Д, ДВУ-420ДЕ, ДВУ-300ДШЛЕ.
- 7 <http://www.regmik.com/>

					ПФ НУК 142.44.21.25. ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У кваліфікаційній роботі було розроблено та оформлено такі розділи:

- опис конструкції двигуна
- конструкторський розіл
- опис конструкції пристроїв для замірювання параметрів дизеля 1Ч7,8/6,2 ;
- вимоги до обслуговування та техніка безпеки при роботі з дизелем 1Ч7,8/6,2

В першому розділі роботи виконаний опис стендової установки а також приведений детальний опис конструкції двигуна 1Ч7,8/6,2

Стендова установка в складі дизеля та гальма гідравлічного, встановлених на рамі показана на листі 1 графічної частини роботи.

В другому розділі роботи виконані розрахунки робочого циклу дизельного двигуна.

В третьому розділі роботи було виконана розробка, виготовлення та монтаж пристроїв для замірювання параметрів роботи дизеля 1Ч7,8/6,2, а також приведений його детальний опис. Конструкція заміру параметрів дизеля показана на складальному кресленні - листі 2 графічної частини роботи.

- В четвертому розділі приведені вимоги до обслуговування та техніки безпеки при роботі з дизелем 1Ч7,8/6,2

					ПФ НУК 142.44.21.25 ЗП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		