

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально - науковий інститут

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«___» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Підготовка і проведення випробувань дизельного двигуна Кентавр 300Д (1Ч7,8/6,2) потужністю 4,5 кВт на суміші дизельного палива та рослинної олії

Виконав: студент групи 44-ЕМ-21

(підпис) Рожко М.О.

Керівник роботи:

ст. викладач
(посада, науковий ступень, вчене звання)

(підпис) Грабовенко О.І.

Первомайськ - 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально - науковий інститут

Факультет – Інженерно-економічний

Кафедра «Енергетичне машинобудування»
Спеціальність 142 – «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма «Двигуни внутрішнього згоряння»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми

(підпис)
«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Рожко Михайлу Олеговичу

1. Тема роботи: «Підготовка і проведення випробувань дизельного двигуна Кентавр 300Д (1Ч7,8/6,2) потужністю 4,5 кВт на суміші дизельного палива та рослинної олії»

Керівник роботи Грабовенко О. І.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 16.02.23 за № 9

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедру 12.05.2023 року.

3. Вихідні данні по роботі: Двигун-прототип 1Ч7,8/6,2, номінальною потужністю 6 к.с. (4,5 кВт).

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):

Вступ.

Розділ 1. Опис конструкції дизеля 1Ч7,8/6,2.

Розділ 2. Розрахунок робочого процесу.

Розділ 3. Дослідження залежності в'язкості дизельного палива, соняшникової олії та їх сумішей від температури. Проведення стендових випробувань.

Розділ 4. Охорона праці при роботі з двигуном 1Ч7,8/6,2.

Висновки.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Дизельний двигун 1Ч7,8/6,2 на підставці (СК), 2. Загальний вигляд стендової установки з дизелем 1Ч7,8/6,2 (фото), 3. Результати дослідження залежності в'язкості дизельного палива, рослинної олії та їх сумішей від температури (А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1			
2			
3			
4			

Дата видачі завдання «16» лютого 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ. Опис конструкції двигуна	14.03.2023	
2.	Розрахунок параметрів робочого циклу двигуна	20.03.2023	
3.	Проведення робіт по дослідженню залежності в'язкості дизельного палива, рослинної олії та їх сумішей від температури	19.04.2023	
4.	Розробка та оформлення графічної частини роботи	06.05.2023	
5.	Встановлення з'єднувальної муфти та центрування дизеля з навантажувальним пристроєм	18.05.2023	
5.	Випробування дизеля з новою муфтою на дизельному паливі та суміші дизельного палива і рослинної олії	26.05.2023	
6.	Охорона праці при проведенні випробування	05.06.2023	
7.	Загальні висновки по кваліфікаційній роботі	08.06.2023	
8.	Оформлення кваліфікаційної роботи	12.06.2023	

Студент

(підпис)

Рожко М.О.

Керівник роботи

(підпис)

Грабовенко О. І.

Анотація

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Підготовка і проведення випробувань дизельного двигуна Кентавр 300Д (1Ч7,8/6,2) потужністю 4,5 кВт на суміші дизельного палива та рослинної олії» складається із Вступу, 4 розділів, Висновку та 3 Додатків – 2 листів креслень формату А1 та фото загального виду установки.

В текстовій частині пояснювальної записки приведений опис конструкції двигуна 1Ч7,8/6,2, розрахований його робочий процес на дизельному паливі та соняшниковій олії з визначенням його основних параметрів. Також приведені результати дослідження в'язкості дизельного палива, соняшnikової олії та їх сумішей в залежності від температури і зроблений аналіз отриманих результатів. Виконані роботи по встановленню з'єднувальної муфти нової конструкції та проведенню випробування дизеля 1Ч7,8/6,2 при роботі на дизельному паливі та суміші дизельного палива (80%) і соняшnikової олії (20%). На завершення в кваліфікаційній роботі розроблені заходи з охорони праці при роботі з дизелем 1Ч7,8/6,2 та зроблено загальні висновки по виконаній роботі.

Додатки до пояснювальної записки містять креслення стендової установки з дизелем 1Ч7,8/6,2, Графіки залежності в'язкості дизельного палива, соняшnikової олії та їх суміші від температури, фото загального вигляду стендової установки перед випробуваннями.

Ключові слова: дизельний двигун, робочий цикл, дизельне пальне, соняшnikова олія, випробування, з'єднувальна муфта, охорона праці.

Annotation

The explanatory note to the qualification work on the topic "Preparation and testing of the Centaur 300D (1Ч7.8/6.2) diesel engine with a capacity of 4.5 kW on a mixture of diesel fuel and vegetable oil" consists of an Introduction, 4 chapters, a Conclusion and 3 Appendices - 2 sheets of drawings in A1 format and a photo of the general view of the installation.

The text part of the explanatory note describes the design of the 1Ч7.8/6.2 engine, calculates its working process on diesel fuel and sunflower oil, and defines its main parameters. The results of the study of the viscosity of diesel fuel, sunflower oil and their mixtures depending on the temperature are also given and the results are analyzed. Works on installation of a new design coupling and testing of the 1Ч7.8/6.2 diesel engine while operating on diesel fuel and a mixture of diesel fuel (80%) and sunflower oil (20%) have been completed. At the end, in the qualification work, labor protection measures were developed when working with diesel engine 1Ч7.8/6.2, and general conclusions were made on the work performed.

Appendices to the explanatory note contain drawings of a bench installation with a 1Ч7.8/6.2 diesel engine, graphs of the dependence of the viscosity of diesel fuel, sunflower oil and their mixture on temperature, a photo of the general appearance of the bench installation before the tests.

Key words: diesel engine, work cycle, diesel fuel, sunflower oil, testing, coupling, labor protection.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	стор. 5
РОЗДІЛ 1. ОПИС ОБ'ЄКТУ ЗАСТОСУВАННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ	
ДВИГУНА 1Ч7,8/6,2	
1.1 Опис об'єкту застосування.....	7
1.2 Опис конструкції двигуна 1Ч7,8/6,2.....	8
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ	
НА РІЗНИХ ВИДАХ РІДКОГО ПАЛИВА	
2.1 Обґрунтування вибіру основних параметрів робочого циклу двигуна	15
2.2 Розрахунок робочого процесу на дизельному паливі	17
2.3 Розрахунок робочого процесу на соняшниковій олії.....	18
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ В'ЯЗКОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО	
ПАЛИВА, СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ТА ЇХ СУМІШЕЙ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ	
3.1 Особливості роботи дизельних двигунів на рослинній олії... ..	27
3.2 Засоби для вимірювання в'язкості рідин.....	28
3.3 Залежність в'язкості дизельного палива, соняшникової олії та їх суміші від температури.....	32
3.4 Випробування з'єднувальної муфти нової конструкції та попередні випробування дизеля 1Ч7,8/6,2 при роботі на суміші ДП (80%) та соняшникової олії (20%).....	36
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ДВИГУНА...	38
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	42

					ПІННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ			
Зм.	Арк..	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Рожко				Пояснювальна записка	Літера	Лист	Листів
Перевірив	Грабовенко					н	3	72
						44-ЕМ-21		
Н. контр	Грабовенко							
Затвердив	Нестеренко							

ДОДАТКИ

Додаток А Двигун дизельний 1Ч7,8/6,2 на стенді, СК, А1.....	43
Додаток Б Результати дослідження залежності вязкості дизельного палива, соняшникової олії та їх сумішей від температури.....	44
Додаток В Загальний вигляд стендової установки, що встановлена в приміщенні лабораторії, фото.....	45

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						4
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В зв'язку із ростом цін на нафтопродукти та скороченням запасів нафти все більш актуальним стають роботи, направлені на використання в ДВЗ альтернативних палив. Необхідність їх використання в двигунах автотракторного призначення обумовлена також загостренням екологічних проблем, створених різким збільшенням автомобільного парку. Ці фактори визначають необхідність пошуку альтернативних паливно-енергетичних ресурсів. Діапазон видів палива, що одержують із цих ресурсів, достатньо широкий. Це і палива із корисних викопних: природного газу, газового конденсату, вугілля, горючих сланців, бітумінозних пісків; палива рослинного та тваринного походження: рослинної олії, палива із біомаси, та жирів із тварин; одержаних із неорганічних та органічних ресурсів синтетичні палива, спирти та ефіри.

Особливе місце серед цих сировинних ресурсів займають палива рослинного походження, що виробляються із поновлюваної сировини. Використання біопалива значно розширить сировинну базу для виробництва моторних палив, зробить її практично невичерпною. До таких біопалив відносяться і рослинні олії з фізико – хімічними властивостями, які дозволяють використовувати їх в якості палива для дизельних двигунів. Використання рослинних олій та їх похідних в якості моторного палива забезпечить зниження викидів в атмосферу вуглекислого газу, що відноситься до групи «парникових газів», оскільки вуглекислий газ, що утворюється при згорянні біопалива, поглинається в процесі вирощування культур, що містять олію.

Для покращення техніко-економічних показників дизелів, що працюють на рослинній олії, забезпечення їх надійності, характеристик шумності, токсичності та димності відпрацьованих газів необхідне проведення складних робіт по конструюванню, випробуванню та дослідженню паливної апаратури та системи підготовки палива.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						5
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На процес сумішоутворення в дизелі відводиться дуже малий проміжок часу, протягом якого точно відміряна кількість палива повинна бути подана в камеру згоряння по визначеній характеристиці та під великим тиском, перемішане із стиснутим повітрям та підготовлене для найбільш ефективного згоряння. У зв'язку з цим до паливних систем дизелів пред'являються жорсткі вимоги.

На сьогодні ще не розроблені теоретичні методи підбору оптимальних характеристик впорскування палива, кінематичних та динамічних характеристик основних елементів паливної системи. Їх підбирають головним чином при спільній доводці паливної системи та в цілому дизеля на стендах, що потребує великих затрат часу та коштів.

В кваліфікаційній роботі приводяться результати дослідження вязкості дизельного палива соняшникової олії та їх сумішей в залежності в температури. Також наведені результати випробування з'єднувальної муфти нової конструкції та перші результати роботи дизеля 1Ч7,8/6,2 на суміші дизельного палива і соняшникової олії. Визначені також шляхи наступних випробувань стендової установки

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						6
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.ОПИС ОБ'ЄКТУ ЗАСТОСУВАННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ ДИЗЕЛЯ 1Ч7,8/6,2

1.1 Опис об'єкту застосування

Дизель 1Ч7,8/6,2 застосовується в стендовій установці, в якій він 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.

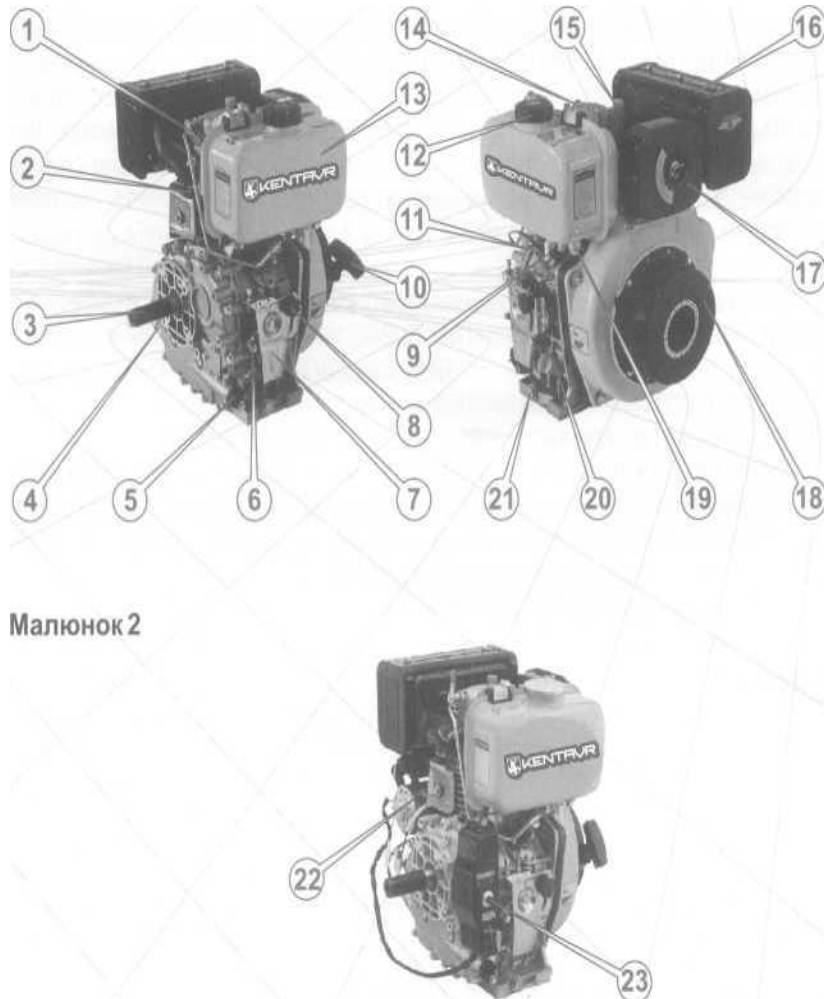
Робоча рідина подається із гідравлічного гальма в теплообмінник за рахунок різниці в тисках на вході та на виході із корпусу гальма. Так, відведення рідини виконується в місці, що найбільше віддалене від осі обертання колеса, а підведення, навпаки, в місці, що найменше віддалене від осі обертання. Застосування силікону в якості робочої рідини дозволяє нормально працювати гальму навіть при її високих температурах, отже габарити гальма можуть бути меншими.

Гідравлічне гальмо пропонується застосувати для навантаження дизельного двигуна 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,

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

що дорівнює величині тормозного моменту гальма, та частота обертання колінчастого валу можна заміряти з високою точністю.

1.2 Опис конструкції дизельного двигуна 1Ч7,8/6,2 (ДВУ-300Д)



Малюнок 2

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

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).

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Дизельний двигун внутрішнього згоряння ДВУ-300Д (1Ч7,8/6,2) 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.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						9
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні дані двигуна ДВУ-300Д (1Ч7,8/6,2)

1.Тип двигуна - чотиритактний одноциліндровий з прямим вприскуванням 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

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						10
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ НА РІЗНИХ ВИДАХ РІДКОГО ПАЛИВА

2.1 Вибір основних параметрів робочого циклу дизеля

При виконанні теплового розрахунку робочого циклу дизеля потрібно враховувати його призначення, вид палива, частоту обертання колінчастого валу та конструктивні особливості проектного двигуна. При оцінці вихідних параметрів для розрахунку робочого процесу може бути використаний досвід накопичений при конструюванні і експлуатації подібних двигунів та наявні експериментальні дані.

В основі прийнятого методу аналітичного розрахунку лежить метод Гриневецького-Мазинга.

Проведемо аналіз вихідних параметрів для розрахунку робочого процесу:

- як правило, при розрахунках робочого циклу приймається тиск навколишнього середовища $P_0 = 0,1$ МПа, а температура $t_0 = 20^\circ\text{C}$. При більш високих температурах і низькому тиску потужність двигуна буде зменшуватися.

- ступінь стиску для дизелів знаходиться в межах $\varepsilon = 12...18$ і залежить в основному від діаметру циліндру і числа обертів колінчастого валу. В розрахунку робочого циклу ступінь стиску прийнята такою ж як і в дизелі – прототипі $\varepsilon = 12,5$.

- коефіцієнт надлишку повітря для згоряння рідкого палива знаходиться в межах $\alpha = 1,6 \dots 3,0$ і залежить від режиму роботи дизеля.

- коефіцієнт продувки камери згоряння $\varphi_a = G_k/G_a$ характеризує якість процесу газообміну, який для дизельного двигуна з великим кутом перекриття клапанів $\alpha_{\text{пер}} = 140...150^\circ$ дорівнює $1,1...1,15$

- підігрів заряду свіжого повітря від стінок циліндру, яких він торкається при наповненні циліндру, знаходиться по дослідним даним в межах $\Delta t = 5...20^\circ\text{C}$ [10]. Для розрахунків приймаємо $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- дослідні величини коефіцієнтів використання теплоти в точках z і b робочого циклу складають $\xi_z = 0,70 \dots 0,80$ і $\xi_b = 0,84 \dots 0,90$. [10] стор.103. Для двигунів із порівняно невисокими обертами колінчатого валу $n = 500 \dots 750 \text{ хв}^{-1}$ приймаємо для розрахунку робочого циклу такі коефіцієнти $\xi_z = 0,80$ і $\xi_b = 0,90$.

- механічний ККД двигуна залежить від його від конструкції, швидкохідності, наявності приводних механізмів на ньому і таке інше. Механічний ККД запроектованого двигуна знаходимо по емпіричній формулі, яка враховує частоту обертання колінчастого валу дизеля.

- при виконанні розрахунку робочого процесу дизеля температуру залишкових газів рекомендується приймати в межах $T_r = 600 \dots 900 \text{ К}$. В розрахунку прийнято $T_r = 750 \text{ К}$. [6].

- коефіцієнт заокруглення індикаторної діаграми рекомендується для карбюраторних і газових двигунів $\phi = 0,93 \dots 0,97$, а для дизелів з нероздільною камерою згоряння $\phi = 0,90 \dots 0,95$. [6]

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						12
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Розрахунок робочого процесу дизельного двигуна при роботі на ДП

1. Вихідні дані для розрахунку робочого процесу

Ефективна потужність	$P_e =$	3,7	кВт
Частота обертання колінчастого валу.	$n =$	2500	хв ⁻¹
Ступінь стиску	$\varepsilon =$	18	
Число циліндрів	$i =$	1	
Тиск наддуву	$P_b =$	0,101	МПа
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha =$	1,75	
Тиск навколишнього середовища	$P_a =$	0,101	МПа
Показник політропи стиску для відцентрового компресора	$n_k =$	1,6	
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293	К
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	10	К
Тиск залишкових газів	$P_r =$	0,105	МПа
Температура залишкових газів	$T_r =$	750	К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	1,6	
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z =$	0,82	
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi =$	0,93	
Паливо:			

Пальне - дизельне

Середній елементарний склад палива

$$C = 0,87 \quad H = 0,12 \quad O = 0,01$$

Найнижча теплота згорання палива

$$Q_H = 41500 \text{ кДж/кг}$$

2. Параметри робочого газу

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1кг. палива

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{0,775}{12} + \frac{0,12}{4} - \frac{0,005}{32} \right) = 0,466 \text{ кмоль/кг}$$

$$l_0 = 2895 \times L_0 = 2895 \times 0,466 = 135 \text{ кГ/кДж}$$

Кількість свіжого заряду повітря

$$M_1 = \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кг}$$

$$M_1 = 0,86625 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згорання.

$$\text{Кількість CO}_2: \quad M_{CO_2} = \frac{C}{12}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,072 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість H_2O : $M_{H_2O} = \frac{H}{2}, \text{ кмоль / кг}$ 0,065 кмоль/кг

Кількість O_2 : $M_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль / кг}$ 0,078 кмоль/кг

Кількість N_2 : $M_{N_2} = 0,79 \times \alpha \times L_0, \text{ кмоль / кг}$ 0,684 кмоль/кг

Загальна кількість продуктів згоряння.

$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль / кг}$ 0,899 кмоль/кг

4. Параметри процесу газообміну.

Температура повітря після нагнітача.

$$T_e = T_a \times \left(\frac{P_e}{P_a} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}, K$$

$T_b = 293,0 K$

Тиск в кінці впуску.

$P_d = (0,9 - 0,95) \times P_e$

число з інтервалу = 0,95

$P_d = 0,096 \text{ МПа}$

Коефіцієнт залишкових газів.

$$\gamma_r = \frac{T_e - \Delta T_1 + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\varepsilon \times P_d - P_r}$$

де $\Delta T_1 = (30 - 100^\circ)$ ступінь охолодження повітря

$\Delta T_1 = 0 K$

$\gamma_r = 0,026$

Температура в кінці впуску.

$$T_d = \frac{T_e - \Delta T_1 + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, K$$

$T_d = 314,4 K$

Коефіцієнт наповнення.

$$\varphi_c = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_e} \times \frac{T_e - \Delta T_1}{T_d (1 + \gamma_r)}$$

$\Phi_c = 0,914$

Густина заряду на впуску.

$$\rho_e = \frac{P_e \times 10^6}{R_{II} \times (T_e - \Delta T_1)}, \text{ кг / м}^3$$

$R_{\Pi} = 287 \text{ Дж/(кг} \times \text{K)}$ - універсальна газова постійна для повітря.

$$\rho_{\text{в}} = 1,201 \text{ кг/м}^3$$

5 Параметри процесу стиску.

Показник політропи стиску.

$$n_1 = 1,394$$

Тиск в кінці стиску. $P_c = P_d \times \varepsilon^{n_1}, \text{ МПа}$

$$P_c = 5,39 \text{ МПа}$$

Температура в кінці стиску.

$$T_c = T_d \times \varepsilon^{n_1 - 1}, \text{ К}$$

$$T_c = 981,9 \text{ К}$$

Середня мольна теплоємність повітря.

$$mC_{v'} = 1988 + 0,002638 \times T_c, \text{ КДж/(Кмоль} \times \text{К)}$$

$$mC_{v'} = 22,47 \text{ КДж/Кмоль} \times \text{К}$$

6 Параметри процесу згоряння.

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$$\beta_0 = 1,038$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

$$\beta = 1,037$$

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

$$\text{для } O_2: mC_{v''} O_2 = 23,3 + 0,00155 \times T_Z$$

$$\text{для } N_2: mC_{v''} N_2 = 21,554 + 0,001457 \times T_Z$$

$$\text{для } CO_2: mC_{v''} CO_2 = 38,609 + 0,003349 \times T_Z$$

$$\text{для } H_2O: mC_{v''} H_2O = 25,459 + 0,004438 \times T_Z$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому об'ємі.

$$mC_{v''} = \frac{1}{M_2} \left[M_{CO_2} \times (mC_{v''} CO_2) + M_{H_2O} \times (mC_{v''} H_2O) + M_{O_2} \times (mC_{v''} O_2) + M_{N_2} \times (mC_{v''} N_2) \right] \text{ КДж/(ККмоль} \times \text{К)}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mC v'' = a + v \times T_z, \frac{KДж}{Кмоль} \times K$$

де:

$$a = 23,3474$$

$$v = 0,0018$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому тиску

$$mC''_p = mC v'' + 8,134, \frac{KДж}{(Кмоль \times K)}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mC''_p = a + v \times T_z, \frac{KДж}{(Кмоль \times K)}$$

де:

$$a = 31,481$$

$$v = 0,00183$$

Максимальний тиск згоряння.

$$P_{\max} = \lambda \times P_c, МПа$$

$$P_{\max} = 8,63 \text{ МПа}$$

Максимальна температура процесу згоряння.

$$\frac{\xi_z \times Q_H}{M_1 \times (1 + \gamma_r)} + (mC'v + 8.134 \times \lambda) \times T_c = \beta(mC''_p) \times T_z$$

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

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

де:

$$A = 0,0019$$

$$B = 32,64$$

$$C = 73123,88$$

Звідки:

$$T_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \times A \times C}}{2 \times A}, K$$

$$T_z = 2006,2 \text{ К}$$

Ступінь попереднього розширення.

$$\rho = \frac{\beta \times T_z}{\lambda \times T_c}$$

$$\rho = 1,32$$

7 Параметри процесу розширення.

Ступінь наступного розширення.

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

$$\delta = 13,59$$

Середній показник політропи розширення.

$$n_2 = 1,18 + \frac{130}{n}$$

$$n_2 = 1,232$$

Вибираємо значення

$$n_2 = 1,25$$

Тиск в кінці розширення.

$$P_{\varepsilon} = \frac{P_{\max}}{\delta^{n_2}}, \text{ МПа}$$

$$P_{\varepsilon} = 0,33 \text{ МПа}$$

Температура в кінці розширення.

$$T_{\varepsilon} = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$$

$$T_{\varepsilon} = 1044,8 \text{ К}$$

8 Індикаторні показники робочого тіла.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

$$P'_{mi} = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right], \text{ МПа}$$

$$P'_{mi} = 0,81 \text{ МПа}$$

Дійсний середній індикаторний тиск.

$$P_{mi} = \xi \times P'_{mi}, \text{ МПа}$$

$$P_{mi} = 0,76 \text{ МПа}$$

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = \frac{P_{mi} \times l_0 \times \alpha}{Q_H \times \rho_{\varepsilon} \times \Phi_c \times 10^{-3}}$$

$$\eta_i = 0,458$$

Питома індикаторна витрата палива.

$$e_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i}, \text{ кг/(кВт}\cdot\text{год.)}$$

$$v_i = 0,185 \text{ кг/(кВт}\cdot\text{год.)}$$

9 Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0,089 + 0,0118 \times V_{П.СР} \text{ МПа}$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{П.СР} = \frac{S_{ПР} \times n}{30}, \text{ м/с}$$

$$S_{ПР} = 0,062 \text{ м - хід поршня по прототипу.}$$

$$V_{П.СР} = 5,17 \text{ м/с}$$

$$P_M = 0,161 \text{ МПа}$$

Середній ефективний тиск.

$$P_{me} = P_{mi} - P_m, \text{ МПа}$$

$$P_{me} = 0,597 \text{ МПа}$$

Механічний К.К.Д.

$$\eta_M = \frac{P_{me}}{P_{mi}}$$

$$\eta_M = 0,79$$

Ефективний К.К.Д.

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_M$$

$$\eta_e = 0,36$$

Питома ефективна витрата палива.

$$v_e = \frac{3600}{Q_H \times \eta_e}, \text{ кг/(кВт. год)}$$

$$v_e = 0,235 \text{ кг/(кВт. год)}$$

Годинна витрата палива.

$$B = v_e \times P_e, \text{ кг/год}$$

$$B = 0,9 \text{ кг/год}$$

0 Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

$$V_{st} = 30 \times Z \times \frac{P_e}{P_{me} \times n}, \text{ л}$$

Z = 4 - Коефіцієнт тактності.

$$V_{st} = 0,30 \text{ л}$$

Робочий об'єм циліндра.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{ л}$$

$$V_s = 0,298 \text{ л}$$

Діаметр циліндра.

$$D = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times V_s}{\pi \times m}}, \text{ мм}$$

$$m = \frac{S_{\text{пп}}}{D_{\text{пп}}}$$

$$D_{\text{пп}} = 0,078 \text{ м}$$

$$m = 0,795$$

$$d = 78,13 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times D, \text{ мм}$$

$$S = 62,1 \text{ мм}$$

1 Уточнені розміри циліндра і двигуна.

Діаметр циліндра.

$$D = 78 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 62 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

$$V_{st} = \frac{\pi \times d^2 \times S \times i}{4 \times 10^6}, \text{ Л}$$

$$V_{st} = 0,30 \text{ Л}$$

Ефективна потужність двигуна.

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \times V_{st} \times n}{30 \times Z}, \text{ кВт}$$

$$P_{ep} = 3,7 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

$$\Delta P_e = \frac{P_{ep} - P_e}{P_{esp}} \times 100\%$$

$$P_{esp} = \frac{P_{ep} + P_e}{2}$$

$$P_{esp} = 3,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,51 \%$$

2.3 Розрахунок робочого процесу дизельного двигуна на соняшниковій олії

1. Вихідні дані для розрахунку робочого процесу

Ефективна потужність	$P_e =$	3,7	кВт
Частота обертання колінчастого валу.	$n =$	2500	хв ⁻¹
Ступінь стиску	$\varepsilon =$	18	
Число циліндрів	$i =$	1	
Тиск наддуву	$P_b =$	0,101	МПа
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha =$	1,75	
Тиск навколишнього середовища	$P_a =$	0,101	МПа
Показник політропи стиску для відцентрового компресора	$n_k =$	1,6	
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293	К
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	10	К
Тиск залишкових газів	$P_r =$	0,105	МПа
Температура залишкових газів	$T_r =$	750	К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	1,6	
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z =$	0,82	
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi =$	0,93	

Паливо:

Пальне - соняшникова олія

Середній елементарний склад палива

$$C = 0,775 \quad H = 0,12 \quad O = 0,105$$

Найнижча теплота згорання палива

$$Q_H = 37800 \text{ кДж/кг}$$

2. Параметри робочого газу

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1кг. палива

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{0,775}{12} + \frac{0,12}{4} - \frac{0,105}{32} \right) = 0,466 \text{ кмоль/кг}$$

$$l_0 = 2895 \times L_0 = 2895 \times 0,466 = 135 \text{ кГ/кДж}$$

Кількість свіжого заряду повітря

$$M_1 = \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кг}$$

$$M_1 = 0,86625 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згорання.

$$\text{Кількість CO}_2: \quad M_{CO_2} = \frac{C}{12}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,072 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість H_2O : $M_{H_2O} = \frac{H}{2}, \text{ кмоль / кг}$ 0,065 кмоль/кг

Кількість O_2 : $M_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль / кг}$ 0,078 кмоль/кг

Кількість N_2 : $M_{N_2} = 0,79 \times \alpha \times L_0, \text{ кмоль / кг}$ 0,684 кмоль/кг

Загальна кількість продуктів згоряння.

$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль / кг}$ 0,899 кмоль/кг

4. Параметри процесу газообміну.

Температура повітря після нагнітача.

$$T_e = T_a \times \left(\frac{P_e}{P_a} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}, K$$

$T_b = 293,0 K$

Тиск в кінці впуску.

$P_d = (0,9 - 0,95) \times P_e$

число з інтервалу = 0,95

$P_d = 0,096 \text{ МПа}$

Коефіцієнт залишкових газів.

$$\gamma_r = \frac{T_e - \Delta T_1 + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\varepsilon \times P_d - P_r}$$

де $\Delta T_1 = (30 - 100^\circ)$ ступінь охолодження повітря

$\Delta T_1 = 0 K$

$\gamma_r = 0,026$

Температура в кінці впуску.

$$T_d = \frac{T_e - \Delta T_1 + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, K$$

$T_d = 314,4 K$

Коефіцієнт наповнення.

$$\varphi_c = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_e} \times \frac{T_e - \Delta T_1}{T_d (1 + \gamma_r)}$$

$\Phi_c = 0,914$

Густина заряду на впуску.

$$\rho_e = \frac{P_e \times 10^6}{R_{II} \times (T_e - \Delta T_1)}, \text{ кг / м}^3$$

$R_{\Pi} = 287 \text{ Дж}/(\text{кг} \times \text{К})$ - універсальна газова постійна для повітря.

$$\rho_{\text{в}} = 1,201 \text{ кг/м}^3$$

5 Параметри процесу стиску.

Показник політропи стиску.

$$n_1 = 1,394$$

Тиск в кінці стиску. $P_c = P_d \times \varepsilon^{n_1}, \text{ МПа}$

$$P_c = 5,39 \text{ МПа}$$

Температура в кінці стиску.

$$T_c = T_d \times \varepsilon^{n_1 - 1}, \text{ К}$$

$$T_c = 981,9 \text{ К}$$

Середня мольна теплоємність повітря.

$$mC_{v'} = 1988 + 0,002638 \times T_c, \text{ КДж}/(\text{Кмоль} \times \text{К})$$

$$mC_{v'} = 22,47 \text{ КДж/Кмоль} \times \text{К}$$

6 Параметри процесу згоряння.

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$$\beta_0 = 1,038$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

$$\beta = 1,037$$

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

$$\text{для } O_2: mC_{v''} O_2 = 23,3 + 0,00155 \times T_Z$$

$$\text{для } N_2: mC_{v''} N_2 = 21,554 + 0,001457 \times T_Z$$

$$\text{для } CO_2: mC_{v''} CO_2 = 38,609 + 0,003349 \times T_Z$$

$$\text{для } H_2O: mC_{v''} H_2O = 25,459 + 0,004438 \times T_Z$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому об'ємі.

$$mC_{v''} = \frac{1}{M_2} \left[M_{CO_2} \times (mC_{v''} CO_2) + M_{H_2O} \times (mC_{v''} H_2O) + M_{O_2} \times (mC_{v''} O_2) + M_{N_2} \times (mC_{v''} N_2) \right] \text{ КДж}/(\text{ККмоль} \times \text{К})$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mC v'' = a + v \times T_z, \frac{KДж}{Кмоль} \times K$$

де:

$$a = 23,3474$$

$$v = 0,0018$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому тиску

$$mC''_p = mC v'' + 8,134, \frac{KДж}{(Кмоль \times K)}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mC''_p = a + v \times T_z, \frac{KДж}{(Кмоль \times K)}$$

де:

$$a = 31,481$$

$$v = 0,00183$$

Максимальний тиск згоряння.

$$P_{\max} = \lambda \times P_c, МПа$$

$$P_{\max} = 8,63 \text{ МПа}$$

Максимальна температура процесу згоряння.

$$\frac{\xi_z \times Q_H}{M_1 \times (1 + \gamma_r)} + (mC'v + 8.134 \times \lambda) \times T_c = \beta(mC''_p) \times T_z$$

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

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

де:

$$A = 0,0019$$

$$B = 32,64$$

$$C = 73123,88$$

Звідки:

$$T_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \times A \times C}}{2 \times A}, K$$

$$T_z = 2006,2 \text{ К}$$

Ступінь попереднього розширення.

$$\rho = \frac{\beta \times T_z}{\lambda \times T_c}$$

$$\rho = 1,32$$

7 Параметри процесу розширення.

Ступінь наступного розширення.

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

$$\delta = 13,59$$

Середній показник політропи розширення.

$$n_2 = 1,18 + \frac{130}{n}$$

$$n_2 = 1,232$$

Вибираємо значення

$$n_2 = 1,25$$

Тиск в кінці розширення.

$$P_\varepsilon = \frac{P_{\max}}{\delta^{n_2}}, \text{ МПа}$$

$$P_B = 0,33 \text{ МПа}$$

Температура в кінці розширення.

$$T_\varepsilon = \frac{T_Z}{\delta^{n_2-1}}$$

$$T_B = 1044,8 \text{ К}$$

8 Індикаторні показники робочого тіла.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

$$P'_{mi} = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right], \text{ МПа}$$

$$P'_{mi} = 0,81 \text{ МПа}$$

Дійсний середній індикаторний тиск.

$$P_{mi} = \xi \times P'_{mi}, \text{ МПа}$$

$$P_{mi} = 0,76 \text{ МПа}$$

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = \frac{P_{mi} \times l_0 \times \alpha}{Q_H \times \rho_\varepsilon \times \Phi_c \times 10^{-3}}$$

$$\eta_i = 0,458$$

Питома індикаторна витрата палива.

$$e_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i}, \text{ кДж/(кВт.год.)}$$

$$v_i = 0,185 \text{ кг/(кВт} \cdot \text{ год)}$$

9 Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0,089 + 0,0118 \times V_{П.СР} \text{ МПа}$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{П.СР} = \frac{S_{ПР} \times n}{30}, \text{ М/с}$$

$$S_{ПР} = 0,062 \text{ м - хід поршня по прототипу.}$$

$$V_{П.СР} = 5,17 \text{ м/с}$$

$$P_M = 0,161 \text{ МПа}$$

Середній ефективний тиск.

$$P_{me} = P_{mi} - P_m, \text{ МПа}$$

$$P_{me} = 0,597 \text{ МПа}$$

Механічний К.К.Д.

$$\eta_M = \frac{P_{me}}{P_{mi}}$$

$$\eta_M = 0,79$$

Ефективний К.К.Д.

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_M$$

$$\eta_e = 0,36$$

Питома ефективна витрата палива.

$$v_e = \frac{3600}{Q_H \times \eta_e}, \text{ кг/(кВт. год)}$$

$$v_e = 0,264 \text{ кг/(кВт. год)}$$

Годинна витрата палива.

$$B = v_e \times P_e, \text{ кг/год}$$

$$B = 1,0 \text{ кг/год}$$

0 Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

$$V_{st} = 30 \times Z \times \frac{P_e}{P_{me} \times n}, \text{ Л}$$

Z = 4 - Коефіцієнт тактності.

$$V_{st} = 0,30 \text{ Л}$$

Робочий об'єм циліндра.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{ Л}$$

$$V_s = 0,298 \text{ Л}$$

Діаметр циліндра.

$$D = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times V_s}{\pi \times m}}, \text{ мм}$$

$$m = \frac{S_{\text{пп}}}{D_{\text{пп}}}$$

$$D_{\text{пп}} = 0,078 \text{ м}$$

$$m = 0,795$$

$$d = 78,13 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times D, \text{ мм}$$

$$S = 62,1 \text{ мм}$$

1 Уточнені розміри циліндра і двигуна.

Діаметр циліндра.

$$D = 78 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 62 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

$$V_{st} = \frac{\pi \times d^2 \times S \times i}{4 \times 10^6}, \text{ Л}$$

$$V_{st} = 0,30 \text{ Л}$$

Ефективна потужність двигуна.

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \times V_{st} \times n}{30 \times Z}, \text{ кВт}$$

$$P_{ep} = 3,7 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

$$\Delta P_e = \frac{P_{ep} - P_e}{P_{esp}} \times 100\%$$

$$P_{esp} = \frac{P_{ep} + P_e}{2}$$

$$P_{esp} = 3,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,51 \%$$

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВЯЗКОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА, СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ТА ЇХ СУМІШЕЙ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ

3.1 Особливості роботи дизельних двигунів на рослинній олії

Основними видами моторних палив, вживаних на автомобільному транспорті, є бензин і дизельне паливо різних сортів і марок. Останніми роками в країнах СНД проводяться дослідження у напрямі поліпшення енергетичного забезпечення автомобільного транспорту традиційними паливами шляхом підвищення виходу світлих нафтопродуктів за рахунок глибини переробки нафти і оптимізації якості палива (на жаль, це не відноситься до України, оскільки видобуток нею нафти складає ~ 4 млн. т.). Велику кількість зарубіжних науково-дослідних центрів двигунобудівних фірм проводять дослідження, направлені на рішення завдань забезпечення економії палива і заміни традиційних рідких вуглеводневих палив паливами ненафтового походження.

У зв'язку зі швидко зростаючою дефіцитністю рідких палив нафтового походження і посилюванням світових норм на токсичність вихлопних газів концепція біодизеля представляється одним з кращих варіантів рішення вказаних проблем. Перехід на біопаливо означає децентралізацію принаймні частини паливно-енергетичного комплексу, демонополізацію виробництва пального і зниження капітальних витрат на його виробництво, в якому використовуються традиційні сільськогосподарські машини і механізми.

Біопаливна технологія органічно вписується в схему фермерської діяльності, забезпечуючи енергетику транспорту і сільськогосподарських машин, підтримуючи родючість ґрунту (після прибирання рапсу, на кожному гектарі залишається в землі близько 65 кг азоту, 34 кг фосфорної кислоти, 60 кг калія), поставляючи корм для худоби. Для умов України оптимальною може опинитися ферма з посівною площею до 40 – 50 га, п'ята частина якої відводиться під ріпак. Обов'язковою вимогою до такого господарства є використання макухи для корму худоби (фермер може тримати 30 голів корів). Розрахунки показують, що витрати на виробництво рапсового насіння –

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

17700 МДж/га; витрати на витягання олії – 700 МДж/га; енергія, отримана від масла – 22200 МДж/га: таким чином, енергетичний прибуток з кожного гектара – 3800 МДж (по енергетичній цінності це відповідає 110 літрам дизельного палива).

3.2 Засоби для вимірювання в'язкості рідин

В'язкість (внутрішнє тертя) — властивість рідких тіл (рідин і газів) чинити опір переміщенню однієї їх частини щодо іншої. Основний закон в'язкого потоку описується формулою Ньютона

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{dW}{dn},$$

де F — тангенціальна (дотична) сила, що викликає зрушення шарів рідини (газу) одного відносно іншого;

S — площа прошарку, за якою відбувається зрушення;

d/dn — градієнт швидкості W потоку (швидкості зміни за прошарками) за нормаллю n .

Коефіцієнт пропорційності μ називають динамічною в'язкістю. Він характеризує опір рідини (газу) зсуву її шарів. Величину, зворотну динамічній в'язкості $\varphi = 1/\mu$, називають *текучістю*. Поряд з поняттям динамічної в'язкості використовують поняття кінематичної в'язкості:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}.$$

Одиниця динамічної в'язкості в SI — Па·с, у системі СГС-П (пуаз); одиниця кінематичної в'язкості в SI — м²/с, у системі СГС — Ст (стокс). Співвідношення між названими одиницями 1П=10⁻¹ Па·с; 1ст = 10⁻⁴ м²/с.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						28
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В'язкість рідин зі збільшенням температури зменшується, а газів — збільшується. Динамічна в'язкість до тисків 20 МПа практично не залежить від тиску. В'язкість у загальному випадку не є адитивною фізичною властивістю.

Засоби вимірювання в'язкості називають віскозиметрами. На хіміко-технологічних процесах віскозиметри використовуються тільки для вимірювання в'язкості рідин. У цей час розроблені автоматичні капілярні, ротаційні, вібраційні віскозиметри, віскозиметри з падаючим тілом та ін. Далі розглянуті віскозиметри, найбільше часто застосовувані в хіміко-технологічних процесах.

3.2.1 Капілярні віскозиметри (віскозиметри витікання)

Принцип дії цих механічних віскозиметрів побудований на закономірності витікання рідини через капіляр, що описується законом Пуазейля:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot \mu \cdot l} (P_1 - P_2),$$

де Q - об'ємна витрата рідини;

d і l — внутрішній діаметр і довжина капіляра;

P_1, P_2 — тиск до і після капіляра за потоком.

З формули бачимо, що для вимірювання динамічної в'язкості при постійній об'ємній витраті рідини досить вимірювати перепад тиску на капілярі.

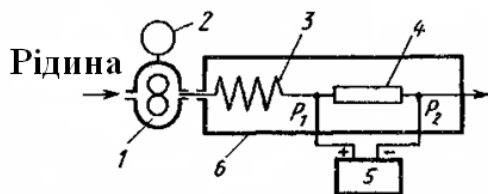


Рисунок 3.1 - Схема капілярного віскозиметра

На рис.3.1 показана схема капілярного віскозиметра, у якому для створення постійної об'ємної витрати аналізованої рідини використовується шестеренний насос 1, який приводиться у рух синхронним двигуном 2. З

насоса аналізована рідина надходить у змійовик 3, де нагрівається до температури масла, що заповнює термостат 6, а потім — у капіляр 4, розміри якого вибирають залежно від діапазону вимірюваних значень в'язкості. Перепад тисків на капілярі

вимірюється дифманометром 5 із пневматичним або електричним уніфікованим вихідним сигналом, що пропорційний динамічній в'язкості аналізованої рідини. Температура в термостаті підтримується постійною і дорівнює 50 або 100⁰С. Діапазони вимірювання від 0-2 10⁻³Па·с до 0-1000 10⁻³ Па·с. Класи точності віскозиметра 1,5—2,5 (залежно від діапазону вимірювання).

3.3.2 Віскозиметри з падаючим тілом (кулькові віскозиметри)

Принцип дії цих механічних віскозиметрів побудований на вимірюванні швидкості (або часу) руху тіла (кульки) під дією сил ваги і тертя в аналізованій рідині. Цей рух описується законом Стокса:

$$W = 0,22 \cdot \frac{g \cdot (\rho_k - \rho) \cdot r^2}{\mu},$$

де W – швидкість рівномірного падіння кульки;

ρ - густина вимірюваної рідини;

ρ_k – густина матеріалу кульки ($\rho_k > \rho$);

r – радіус кульки.

Звичайне вимірювання швидкості W зводиться до вимірювання відрізка часу τ , за який кулька, яка падає з постійною швидкістю, проходить певний постійний відрізок шляху l між двома взятими позначками. У цьому випадку

$$\tau = \frac{l}{W}.$$

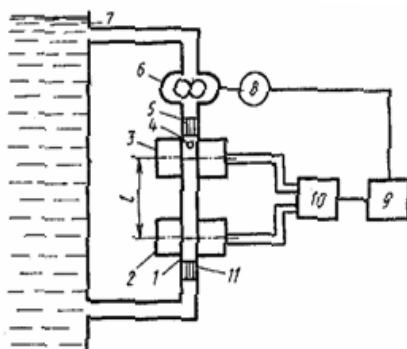


Рисунок 3.2 - Віскозиметр з падаючим тілом

На рис.3.2 показана схема кулькового віскозиметра циклічної дії. Аналізована рідина з апарата 7 або трубопроводу прокачується насосом 6 по трубі 1 з немагнітного матеріалу знизу нагору і при своєму русі піднімає кульку від нижньої 11 до верхньої 5 обмежувальної сітки. При вимиканні двигуна 8 насоса (періодичне вмикання і вимикання здійснюються блоком керування 9) кулька падає в

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

аналізовану рідину. За допомогою диференціальних трансформаторів 3 і 2 формуються електричні імпульси в моменти часу, коли кулька проходить дві взяті позначки, що відстоять одна від одної по висоті трубки на відстані l . За допомогою вимірювача тимчасових інтервалів 10 вимірюється відрізок часу між зазначеними імпульсами, значення яких і визначає динамічну в'язкість. Клас точності віскозиметра 2. Існують конструкції віскозиметрів з падаючим тілом безперервної дії.

3.3.3 Ротаційні віскозиметри

Принцип дії цих механічних віскозиметрів побудований на вимірюванні обертального моменту, який виникає на осі ротора (циліндра, диска і т.п.), зануреного у вимірювальне середовище, при взаємному їх переміщенні. Зазначений обертальний момент у загальному випадку описується виразом

$$M = k \cdot \omega \cdot \mu,$$

де k — постійний коефіцієнт, що залежить від конструкції ротора віскозиметра;

ω - кутова швидкість обертання ротора (при постійній кутовій швидкості обертальний момент однозначно визначає в'язкість рідини).

З різноманітності конструкцій обертальних елементів ротаційних віскозиметрів в автоматичних аналізаторах найбільше використовуються конструкції, показані на рис.3.3. Дані віскозиметри поєднують загальний принцип дії, відповідно до якого в'язкість визначається за моментом сил тертя,

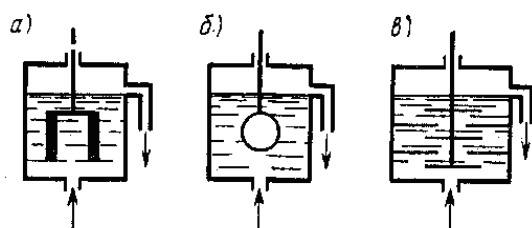


Рисунок 3.3 - Схеми ротаційних віскозиметрів

який виникає при обертанні тіла, зануреного в аналізовану рідину. Таким тілом може бути циліндр (рис.3.3 а), кулька (рис.3.3 б) або диски, посаджені на загальний вал і розміщені між нерухомими шайбами (рис.3.3 в).

					Лист	
					31	
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	

Диску або циліндру обертовий рух передається синхронним двигуном. Обертальний момент, що виникає на диску (циліндрі), а отже, на шківі, розміщеному на одному валу з диском (циліндром), пропорційний динамічній в'язкості.

Характерною рисою ротаційних віскозиметрів є широкий діапазон вимірюваних значень в'язкості (0,01-1000 Па·с). Класи точності ротаційних віскозиметрів 1-2,5.

3.3 Залежність вязкості дизельного палива, соняшникової олії та їх суміші від температури

Для заміру вязкості дизельного палива, рослинної олії та їх сумішей були використані віскозиметри капілярні скляні таких марок: ВПЖ2-1,31(60 – 300мм²/с); ВПЖ3-0,73(6 – 30мм²/с); ВПЖ4-0,62 (2 – 10мм²/с); ВПЖ2-0,73(6 – 30мм²/с). Необхідність в застосуванні такої кількості віскозиметрів спричинена широким діапазоном вязкості досліджуваних паливних рідин. Нагрівання рідин залитих у мірні ємкості віскозиметрів здійснювалось у посудині із водою, так званій водяній бані. Замір температури води при цьому здійснювався ртутним термометром з точністю 0,1°С. Для дослідження була взята «сира» соняшникова олія, собівартість якою є найнижчою і вона доступна для придбання. Температури нагріву паливних рідин на перевищував 80°С, що легко здійснити на практиці в процесі застосування альтернативних рідких палив. До такої температури альтернативне рідке паливо можливо нагріти як водою із системи охолодження, так і випускними газами. Результати дослідження вязкості соняшникової олії від температури її нагріву приведені в табл. 3.1. і свідчать про те, що вязкість соняшникової олії у великій мірі залежить від температури її підігріву. Навіть при температурі 72°С вязкість соняшникової олії залишається високою $\nu = 13,95 \text{ сСт}$, що не дає можливості застосовувати її одну в якості палива для дизельного двигуна. Для нормальної роботи паливної апаратури дизельного двигуна необхідна вязкість палива має бути в межах 6...8 сСт.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						32
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1. Залежність кінематичної в'язкості соняшникової олії від її температури. 24.05.2023р.

Температура соняшникової олії, °С	Тривалість витікання олії із резервуару, Т, с	Значення постійної віскозиметра, К	Кінематична в'язкість, $\nu = T \cdot K$, мм ² /с	Марка віскозиметра
16	301	0,3	90,3	ВПЖ2-1,31 (60 – 300мм ² /с)
22	270		81,0	
38	1205	0,03	36,15	ВПЖ2-0,73 (6 – 30мм ² /с)
48	864		25,02	
58	655		19,65	
72	465		13,95	

Для порівняння вязкостей дизельного палива та соняшникової олії також були проведені дослідження залежності вязкості дизельного палива від температури його підігріву. Ці результати приведені в табл.3.2. Із них слідує, що при нагріванні дизельного палива його вязкість змінюється не суттєво.

Таблиця 3.2 Залежність кінематичної в'язкості ДП від його температури, 24.05.2023р.

Температура ДП, °С	Тривалість витікання ДП із резервуару, Т, с	Значення постійної віскозиметра, К	Кінематична в'язкість, $\nu = T \cdot K$, мм ² /с	Марка віскозиметра
21	395	0,01	3,95	ВПЖ4-0,62 (2 – 10мм ² /с)
35	258		2,58	
42	220		2,2	
54	190		1,9	
70	185		1,85	

Отже, враховуючи неможливість застосування самотійно соняшникової олії в якості палива для дизельного двигуна навіть в нагрітому стані, були проведені дослідження залежності вязкості різних по складу сумішів дизельного палива та соняшникової олії від температури. Результати цих досліджень представлені в табл.3.3 та табл.3.4. із яких випливає, що при вмісті соняшникової олії в суміші 40% її необхідно підігрівати не менше ніж до 40°C, а при вмісті 25% і температурі навколишнього середовища не менше 20°C суміш можна застосовувати без підігріву. Це також підтверджується результатами замірів вязкості різних сумішів палива при нормальній температурі 22°C, які наведені в табл.3.5.

Таблиця 3.3 Залежність кінематичної в'язкості суміші ДП (60%) та соняшникової олії (40%) від температури. 23.05.2023р.

Температура суміші, t, °C	Тривалість витікання суміші із резервуару, T, с	Значення постійної віскозиметра, K	Кінематична в'язкість суміші, $\nu = T \cdot K$, мм ² /с	Марка віскозиметра
20	458	0,03	13,74	ВПЖ-2-0,73 (6 – 30мм ² /с)
34	315		9,45	
39	274		8,22	
50	245		7,35	
55	200		6,00	
72	185		5,55	

Таблиця 3.4 Залежність кінематичної в'язкості суміші ДП (75%) та соняшникової олії (25%) від температури. 23.05.2023р.

Температура суміші, t, °C	Тривалість витікання суміші із резервуару, T, с	Значення постійної віскозиметра, K	Кінематична в'язкість суміші, $\nu = T \cdot K$, мм ² /с	Марка віскозиметра
20	817	0,01	8,17	ВПЖ4-0,62 (2– 10мм ² /с)
25	717		7,17	

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						34
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

28	645		6,45	
30	595		5,95	
35	544		5,44	
39	475		4,75	
43	447		4,47	
48	415		4,15	
58	331		3,31	
70	268		2,68	
78	255		2,55	

Таблиця 3.5 Результати вимірювання кінематичної в'язкості ДП та суміші ДП та соняшникової олії при нормальній температурі 22°C, 22.05.2023р.

Вид палива	Тривалість витікання рідини із резервуару, Т, с	Значення постійної віскозиметра, К	Кінематич на в'язкість, $\nu = T \cdot K$, мм ² /с	Марка віскозиметра
Соняшникова олія	270	0,3	81,0	ВПЖ2-1,31 (60 – 200мм ² /с)
ДП	409	0,01	4,09	ВПЖ1-0,54 (2 – 10мм ² /с)
ДП(85%) + соняшникова олія(15%)	639	0,01	6,39	
ДП(70%) + соняшникова олія (30%)	906	0,01	9,06	
ДП (60%) + соняшникова олія (40%)	1041	0,01	10,41	

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						35
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Випробування з'єднувальної муфти нової конструкції та попередні випробування дизеля 1Ч7,8/6,2 при роботі на суміші ДП (80%) та соняшникової олії (20%).

Попередні випробування двигуна 1Ч7,8/6,2 на дизельному паливі виявили низьку надійність з'єднувальної муфти із повністю гумовим робочим елементом поз.3 (рис.3.4). При роботі двигуна з навантаження цей елемент перегрівався і вийшов із ладу. Для підвищення надійності нова з'єднувальна муфта (рис.3.5) має сталеві пальці поз.3, які вставлені втулки гумові поз.4. При випробуваннях вказаної муфти при частоті обертання колінчастого валу більше 2000 хв^{-1} спостерігалася підвищена вібрація установки, що свідчить про наявність крутильних коливань валопроводу. Для зміщення резонансної частоти коливань валопроводу із робочої зони установки ($>3000 \text{ хв}^{-1}$) необхідно підвищити жорсткість з'єднувальної муфти. Одним із варіантів підвищення жорсткості з'єднувальної муфти (рис.3.6) є жорстке кріплення сталевих пальців в полумуфті валу двигуна. Пружний гумовий елемент залишиться тільки в отворі полумуфти гідравлічного гальма.

Також були проведені випробування з'єднувальної муфти нової втулочно-пальцевої конструкції, які показали, що у валопроводі установки при частоті обертання колінчастого валу більше 2000 хв^{-1} проявляються крутильні коливання з підвищеною вібрацією дизеля та гідравлічного гальма. Тому в роботі пропонується варіант доробки конструкції з'єднувальної муфти, що дозволить вивести резонансні обороти валопроводу з робочої зони роботи стендової установки ($1000 - 3000 \text{ хв}^{-1}$).

Враховуючи вказані обмеження в роботі установки були проведені випробування по перевірці пускових якостей дизеля при роботі на суміші ДП (80%) та соняшникова олія (20%), які показали, що запуск забезпечується без будь-яких проблем.

Для оцінки впливу виду палива, що споживається дизелем 1Ч7,8/6,2, були проведені заміри витрати палива на режимі холостого ходу і частоті обертання

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						36
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колінчастого валу $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$ з такими результатами: дизельне пальне - 700Г/год; суміш ДП (80%) і соняшникова олія (20%) - 750Г/год

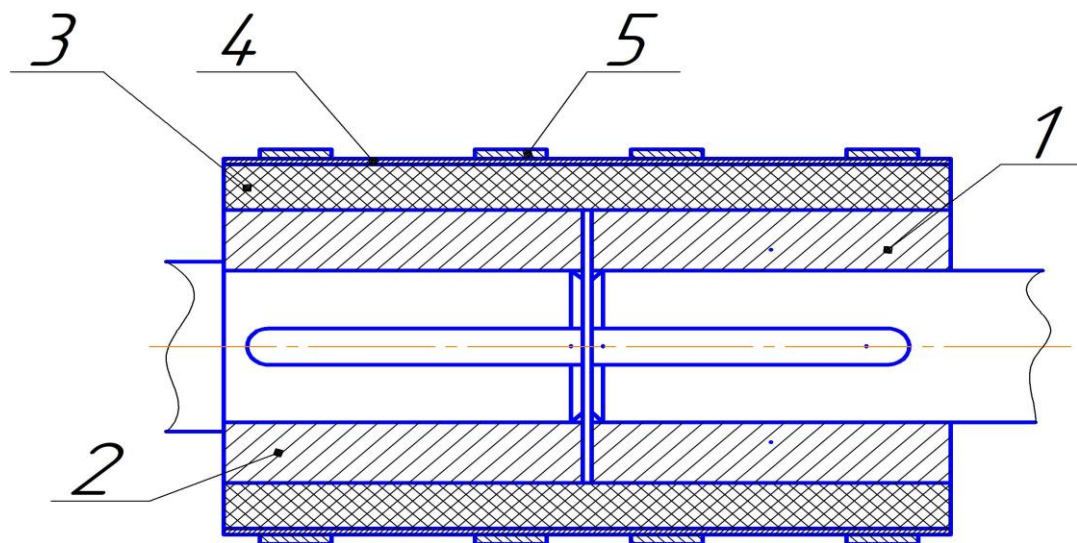


Рисунок 3.4 З'єднувальна муфта старої конструкції
1,2-втулка; 3 – втулка гумова; 4 – вкладиш сталевий; 5 – хомут

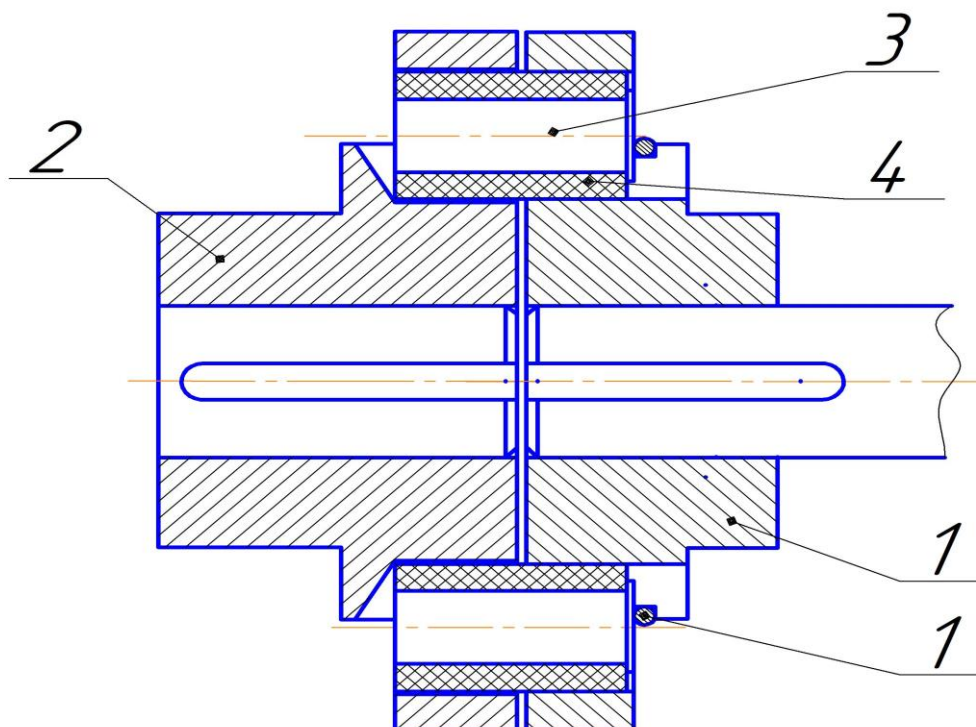


Рисунок 3.5 З'єднувальна муфта нової конструкції
1,2-полумуфти; 3 – палець; 4 – втулка гумова; 5 – кільце стопорне

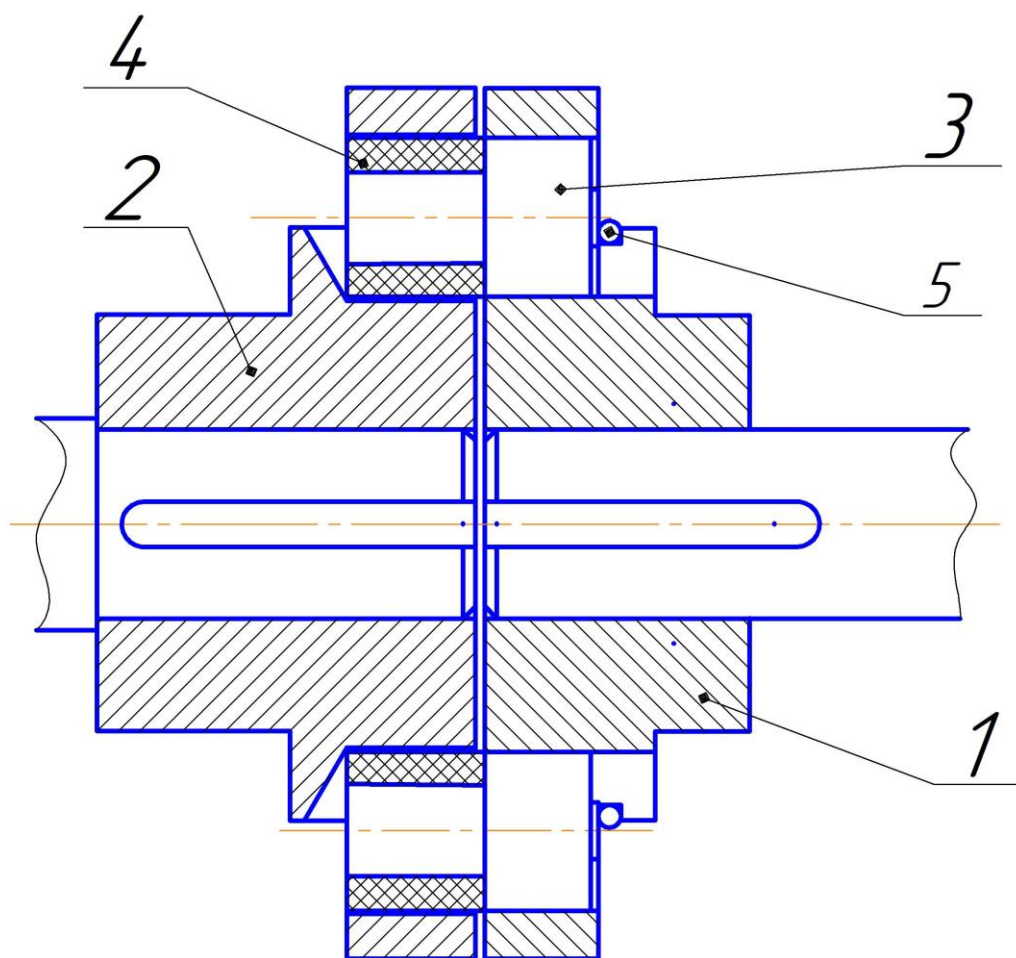


Рисунок 3.6 Конструкція з'єднувальної муфти дорацьована по
результатам випробування
1,2 – полумуфти; 3 – палець; 4 – втулка гумова; 5 – кільце стопорне

4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ДВИГУНА

Забороняється проводити операції технічного обслуговування і ремонт при працюючому двигуні.

Перед проведенням технічного обслуговування або ремонту дизеля необхідно попередньо продумати черговість проведення операцій і їх зміст, підготувати інструмент і матеріали необхідні для їх проведення. Якщо в проведенні технічного обслуговування або ремонту беруть участь двоє або більше осіб їх дії повинні бути узгоджені.

Щоб уникнути опіків при перевірці рівня води в радіаторі або зливів гарячого масла з нижньої кришки картера дизеля дотримуйтеся обережності. Користуйтеся спеціальними рукавицями.

Особливу обережність проявляйте при контролі технічного стану акумуляторних батарей. Щоб уникнути опіків шкіри не можна допускати попадання на руки електроліту. Батареї счищайте обов'язково в рукавицях обтиральним матеріалом, змоченим у водному розчині аміаку (нашатираному спирті). При перевірці рівня електроліту не користуйтеся відкритим вогнем, т. К. Суміш водню, що виділяється з електроліту, з киснем повітря (гримучий газ) вибухонебезпечна. Недопустити перевірки ступеня розрядженого батареї шляхом короткого замикання клем, так як в цьому випадку можливий опік. При нестачі в акумуляторах електроліту доливайте в них тільки Дисті-лированої воду. При перенесенні акумуляторних батарей користуйтеся спеціальними переймами або візками, але не переносите їх на руках. Пам'ятайте, що потрапляння електроліту на одяг викликає її псування, а на відкриті частини тіла - опік.

При огляді об'єктів контролю і регулювання використовуйте переносну лампу напругою не більше 36 В.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						39
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вона повинна бути захищена дротяною сіткою. Застосовувати для цієї мети різні пальника, сірники і факели забороняється.

При підйомі і опусканні важкого устаткування і агрегатів користуйтеся підйомними механізмами. Важкі механізми та агрегати, зняті з дизеля, потрібно встановлювати на надійні верстати та підставки. Не можна застосовувати в якості підставок випадкові предмети, дерев'яні ящики і ін. При зніманні дизеля з машини (трактора чи комбайна) трос зачалювати тільки за римболти, наявні на дизелі.

Контрольно-діагностичні засоби і слюсарні інструменти повинні бути справними, відповідати своєму призначенню і забезпечувати безпеку робіт.

При проведенні розбірно-складальних робіт і регулювань застосовуйте ключі, тільки відповідають розміру гайок. Не можна відвертати гайки і болти за допомогою молотка і зубила.

При розбиранні механізмів, що мають попередньо стислі пружини (наприклад, муфта зчеплення, плунжерні пари та ін.) Застосовуйте спеціальні пристосування; що дозволяють послабити або вийняти пружини в стислому стані, а потім їх відпустити.

При промиванні вузлів і деталей дизеля гасом або бензином вживайте заходів, що попереджають потрапляння цих матеріалів на руки, для чого користуйтеся спеціальними рукавиці. Щоб уникнути опіків попереджайте займання парів промивної рідини. Слідкуйте за надійністю ізоляції електропроводки, не допускайте замикання на корпус і появи іскри, не паліть.

Очищайте і промивайте контрольовані вузли та деталі (масляні фільтри, очисник повітря, форсунки за допомогою щетинною щітки, скребків і спеціальних пристосувань).

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						40
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це запобіжить шкіру рук від пошкодження абразивами і заусенцями, а також від забруднення смолистими речовинами.

Під час перевірки форсунок на тиск початку підйому голки та якості розпилення не допускайте попадання струменя палива на руки, так як розпорошені частки палива, ударяючи з великою силою, пробивають шкірний покрив і проникають в організм, надаючи на нього шкідливий вплив. Не допускайте попадання парів палива в зону дихання для чого стенди повинні бути обладнані спеціальними глушниками.

При перевірці пружності клапанних пружин приладом КИ-723 щоб уникнути травмування рук, встановлюйте стійки на тарілку клапана і натискайте на рукоятку приладу вертикально, уникаючи різкого впливу на рукоятку.

Гайки шпильок кріплення головки циліндрів підтягуйте динамометричним ключем, а при його відсутності - торцевих ключем '(без подовжувача), так як в цьому випадку внаслідок надмірно великого крутного моменту можливий зрив різьблення в гайці або поломка ключа, і, отже травмування руки.

Щоб уникнути пуску пускового двигуна при виконанні контрольно-діагностичних і регулювальних операцій, прокрутку його колінчастого вала проводите при знятому дроті високої напруги з електрода свічки.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						41
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота на тему "Підготовка і проведення випробувань дизельного двигуна Кентавр (1Ч7,8/6,2) потужністю 4,5 кВт на суміші дизельного палива та рослинної олії" складається із розрахункових та пояснювальних матеріалів по дизельному двигуну 1Ч7,8/6,2 і детальну інформацію по дослідженню вязкості дизельного палива, соняшникової олії та їх суміші від температури. Кваліфікаційна робота оформлена текстовим документом у вигляді пояснювальної записки та графічної конструкторської частини роботи загальною кількістю 3 листів формату А1.

Дизельний двигун 1Ч7,8/6,2 потужністю 4,5 кВт застосовується в стендовій установці для приводу навантажувального пристрою – гідравлічного гальма. електростанції. Загальна конструкція стендової установки з дизелем 1Ч7,8/6,2 показана в Додатку А графічної частини роботи.

У другому розділі кваліфікаційної роботи виконані розрахунки робочого процесу дизеля 1Ч7,8/6,2 при роботі на дизельному паливі та соняшниковій олії.

В третьому розділі наведені результати дослідження залежності в'язкості дизельного палива, соняшникової олії та їх сумішей в залежності від температури їх нагріву. Згідно отриманих результатів, при температурі навколишнього середовища більше 20°C і вмісту соняшникової олії в суміші ДП- соняшникова олія не більше 25% вязкість вказаного палива дозволяє використовувати його без підігріву. Графіки залежності вязкості дизельного палива, соняшникової олії та їх сумішів від температури нагрівання приведені в Додатку Б графічної частини кваліфікаційної роботи.

Також були проведені випробування з'єднувальної муфти нової втулично-пальцевої конструкції, які показали, що у валопроводі установки при частоті обертання колінчастого валу більше 2000хв⁻¹ проявляються крутильні коливання з підвищеною вібрацією дизеля та гідравлічного гальма. Тому в роботі пропонується варіант доробки конструкції з'єднувальної муфти, що дозволить вивести резонансні обороти валопроводу з робочої зони роботи

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

13. Орлин А.С., Круглов М.Г. Двигатели внутреннего строения. Теория поршневых и комбинированных двигателей. М.: «Машиностроение». 1983.
14. Хандов З.А., Браславский М.Н. «Судовые среднеоборотные дизели». М.: «Машиностроение», 1984.
15. Хандов Ю.С. «Судовые двигатели внутреннего сгорания (конструкция и расчеты)». М.: «Транспорт», 1968.
16. Юдин Е.М. «Охрана труда в машиностроении».
17. Дизельні двигуни внутрішнього згорання. KENTAVR. Керівництво з технічної експлуатації. Моделі ДВУ-300Д, ДВУ-300ДЕ, ДВУ-300ДШЛ, ДВУ-300ДШЛЕ. ДВУ-420Д, ДВУ-420ДЕ, ДВУ-300ДШЛЕ.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						45
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Абрамчук Ф.И., Марченко А.П., Разлейцев Н.Ф., Третьак Е.И., Шеховцов А.Ф., Шокотов Н.К. «Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности», К.: Техника, 1992.
2. Анурьев В.И. «Справочник конструктора – машиностроителя» том 2. М.: Машиностроение, 1973.
3. Анурьев В.И. «Справочник конструктора – машиностроителя» том 3. М.: Машиностроение, 1978.
4. Ваншейдт В.А. «Конструирование и расчеты прочности судовых дизелей». Ленинград.: «Судостроение», 1969.
5. Васильев Ю.Н. Новые конструкции судовых дизелей. «Судостроение». Ленинград 1972.
6. Вешкельский С.А. «Справочник моториста установок с ДВС». Ленинград.: «Машиностроение», 1985.
7. Голубченко Г.А. «Розрахунок рівня шуму в судових приміщеннях».
8. Доценко С.М. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок теплового балансу дизельного двигуна», Первомайськ ППІ 2004.
9. Доценко С.М. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок робочого процесу дизельного двигуна», Первомайськ ППІ 2000.
10. Истомин П.А. Динамика судовых двигателей внутреннего сгорания. Ленинград «Судостроение», 1976.
11. Юдловський В.І., Доценко С.М. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок та побудова індикаторної діаграми», Первомайськ ППІ 2000.
12. Коваленко І.Н., Доценко С.М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння», Первомайськ ППІ 2005.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

13. Орлин А.С., Круглов М.Г. Двигатели внутреннего строения. Теория поршневых и комбинированных двигателей. М.: «Машиностроение». 1983.
14. Хандов З.А., Браславский М.Н. «Судовые среднеоборотные дизели». М.: «Машиностроение», 1984.
15. Хандов Ю.С. «Судовые двигатели внутреннего сгорания (конструкция и расчеты)». М.: «Транспорт», 1968.
16. Юдин Е.М. «Охрана труда в машиностроении».
17. Дизельні двигуни внутрішнього згорання. KENTAVR. Керівництво з технічної експлуатації. Моделі ДВУ-300Д, ДВУ-300ДЕ, ДВУ-300ДШЛ, ДВУ-300ДШЛЕ. ДВУ-420Д, ДВУ-420ДЕ, ДВУ-300ДШЛЕ.

					ПННІ НУК 142.44.23.14 ПЗ	Лист
						45
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		