

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний ін-т, Транспортний ф-т

(повне найменування інституту, факультету)

Двигуни внутрішнього згорання

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження впливу паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для
картингу

Виконав: студент(ка) 2м курсу, групи Т-419м

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Двигуни внутрішнього згорання

Іванов А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

д.т.н., проф. Слинько Г.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Рогов С.І.

(прізвище та ініціали)

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний, Транспортний
Кафедра Двигуни внутрішнього згорання
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Двигуни внутрішнього згорання
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ДВЗ

Слинько Г.І.

“ 10 ” 12 2020 року

З А В Д А Н Н Я

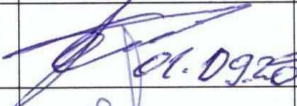
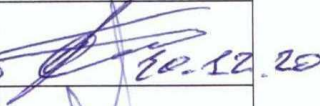
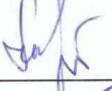
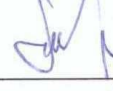
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Іванов Андрій Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження впливу паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для картингу
керівник проекту (роботи) Слинько Г.І., д.т.н., професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 30.11.2020 року № 362
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 05.12.2020 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) 4-тактний 1-циліндровий бензиновий двигун з зовнішнім сумішоутворенням та іскровим запалюванням «Мотор Січ» МС-10 потужністю 7,35 кВт при 5500 хв⁻¹
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналітичний огляд літератури; тепловий розрахунок двигуна МС-10; визначення впливу коефіцієнта надлишку повітря на ефективні показники двигуна МС-10; аналіз небезпек та розробка заходів охорони праці при роботі з ДВЗ; розрахунок економічної ефективності дослідження; висновки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Двигун, карт, індикаторні діаграми, вплив коефіцієнта надлишку повітря на потужність, питому витрату палива,

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

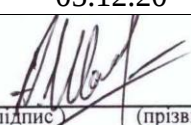
Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
	завдання видав	прийняв виконане завдання
Слинько Г.І., д.т.н., професор, завідувач каф. ДВЗ	 01.09.20	 20.12.20
Лазуткін М.І., к.т.н., доцент.каф. ОПіНС		
Левченко Н.М., д.н.держ.упр., проф. каф. ПТБД	 05.09.20	 07.11.20
Слинько В.В., ст. викладач каф. ДВЗ	 10.12.20	

видачі завдання « 01 » вересня 2020 року.

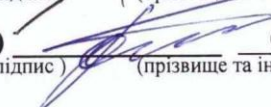
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	05.09.20	
2	Аналіз літературних джерел	12.09.20	
3	Методи досліджень та устаткування	20.09.20	
4	Тепловий розрахунок двигуна МС-10 на номінальному режимі	01.10.20	
5	Розрахунок системи живлення двигуна МС-10	10.10.20	
6	Дослідження впливу паливоподачі на потужність двигуна МС-10	20.10.20	
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	30.10.20	
8	Економічне обґрунтування наукової роботи	07.11.20	
9	Формування висновків з магістерської роботи	15.11.20	
10	Оформлення магістерської роботи, нормоконтроль	25.11.20	
11	Розробка презентації та доповіді до захисту	04.12.20	
12	Подання роботи до захисту	05.12.20	

Студент(ка)


(підпис) Іванов А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис) Слинько Г.І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 104 с., 20 табл., 17 рис., 3 додатка, 36 джерел.

БЕНЗИН, ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, ДИФУЗОР, ЖИКЛЕР, КАРТ, КАРТИНГ, ПОТУЖНІСТЬ

Проведено аналіз літературних джерел за тематикою дослідження. Обґрунтовано актуальність та перспективність використання у картингу 1-циліндрового 4-тактного бензинового двигуна «Мотор Січ» МС-10. Розглянуто конструкцію і технічні характеристики бензинового двигуна «Мотор Січ» МС-10. Обрано методики дослідження впливу показників паливоподачі на потужність двигуна МС-10. Виконано тепловий розрахунок двигуна МС-10. Похибка розрахунку складає 0,2 %. Розраховано елементи системи живлення двигуна «Мотор Січ» МС-10, що встановлюється на картинг. Виконано розрахунок параметрів паливоповітряної суміші у карбюраторі, визначено основні розміри повітряного дифузора, головного жиклера. Визначено вплив паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для картингу. Обґрунтовано оптимальні значення коефіцієнта надлишку повітря для двигуна МС-10 для картингу.

Мета роботи – визначити вплив показників паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для картингу.

Об'єкт дослідження – 4-тактний бензиновий двигун «Мотор Січ» МС-10.

Предмет дослідження – вплив показників паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для картингу.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАК І СИМВОЛІВ

ВСТУП

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМАТИКОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Використання ДВЗ у картингу

1.2 Підготовка серійних ДВЗ до використання у картингу

1.3 Висновки за розділом

2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА УСТАТКУВАННЯ

2.1 Конструкція та технічна характеристика бензинового двигуна «Мотор Січ» МС-10

2.2 Конструкція системи живлення двигуна МС-10

2.3 Конструювання карта з двигуном МС-10

2.4 Особливості теплового розрахунку циклу ДВЗ за допомогою фізико- математичної моделі другого рівня

2.5 Основні положення щодо розрахунку карбюраторної системи паливоподачі

2.6 Висновки

3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА МС-10 НА НОМІНАЛЬНОМУ РЕЖИМІ

3.1 Підготовка даних

3.2 Контроль результатів розрахунку

4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНА МС-10

4.1 Розрахунок дифузора

4.2 Розрахунок головного жиклера

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАЛИВОПОДАЧІ НА ПОТУЖНІСТЬ ДВИГУНА МС-10 ДЛЯ КАРТИНГУ

5.1 Визначення показників двигуна МС-10 при $\alpha = \text{var}$

5.2 Визначення зміни теплового стану двигуна МС-10

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

6.3 Заходи по забезпеченню гігієнічної санітарії та гігієни праці

6.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

6.5 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

7 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

7.1 Використання у картингу двигуна «Мотор Січ» МС-10

7.2 Аналіз характеристики потенційного ринку

7.3 Перелік вимог до товару для кожної групи клієнтів

7.4 Проведення SWOT- аналізу середовища реалізації інноваційного проекту

7.5 Розробка ринкової стратегії проекту.

7.6 Створення карти стейкхолдерів

7.7 Оплата праці та ЄСВ

7.8 Визначення матеріальних витрат та вартість спожитих послуг

7.9 Визначення річної суми амортизації з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації та визначення витрат на поточний ремонт у розмірі 2% від балансової вартості основних засобів

7.10 Висновки за розділом

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

ДОДАТОК А

ДОДАТОК Б

ДОДАТОК В

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАК І СИМВОЛІВ

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

МС – Мотор Січ;

ФММ – фізико-математична модель;

α – коефіцієнт надлишку повітря;

γ_{Γ} – коефіцієнт залишкових газів;

Δh – умовна висота стовпа палива, що затримує витікання палива з розпилювача, м;

$\Delta p_{\text{д}}$ – розрідження в дифузорі, Па;

ΔT – підігрів повітря на впуску, К;

$\mu_{\text{д}}$ – коефіцієнт витрати повітря дифузора;

$\mu_{\text{жг}}$ – коефіцієнт витрати палива через жиклер;

η_{i} – індикаторний ККД;

$\eta_{\text{м}}$ – механічний ККД;

η_{v} – коефіцієнт наповнення;

$\rho_{\text{в}}$ – питома вага повітря, кг/м^3 ;

$\rho_{\text{т}}$ – щільність палива, кг/м^3 ;

$\omega_{\text{жг}}$ – дійсна швидкість палива при витіканні з головного жиклера, м/с;

$\omega_{\text{тг}}$ – теоретична швидкість палива при витіканні з головного жиклера, м/с;

$\omega_{\text{в}}$ – швидкість повітря в дифузорі, м/с.

$d_{\text{д}}$ – діаметр дифузора, м;

$d_{\text{жг}}$ – діаметр головного жиклера, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

$g_{\text{е}}$ – питома ефективна витрата палива, $\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$;

g_{i} – питома індикаторна витрата палива, $\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$;

G_B – дійсна секундна витрата повітря через дифузор, кг/с;

G_T – годинна витрата палива, кг/год;

L_i – індикаторна робота, Дж/цикл;

n – частота обертання колінчастого валу, хв^{-1} ;

N_e – ефективна потужність, кВт;

p_e – середній ефективний тиск, Па;

p_i – середній індикаторний тиск, Па;

T_a – температура повітря на початку процесу стиснення, К;

T_k – температура повітря на впуску, К;

V_h – робочий об'єм циліндра, м^3 .

ВСТУП

Питання підвищення потужності двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) є ключовим при їх використанні в автоспорті. В картингу використовуються малокубатурні ДВЗ 2-тактні та 4-тактні двигуни, які мають значний резерв для форсування, в тому числі, зміною параметрів системи паливоподачі. Тому можна стверджувати, що тематика дослідження є актуальною, а використання двигуна «Мотор Січ» МС-10 у картингу – перспективним.

Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є визначення впливу показників паливоподачі на потужність бензинового 4-тактного двигуна МС-10 для картингу.

Для досягнення мети, вирішувався ряд **завдань**:

- аналіз літературних джерел щодо вивчення питання дослідження, визначення перспективних напрямків дослідження;
- аналіз конструкції двигуна «Мотор Січ» МС-10;
- визначення методик дослідження;
- тепловий розрахунок двигуна МС-10;
- розрахунок системи живлення двигуна МС-10;
- дослідження впливу показників паливоподачі на потужність двигуна МС-10;
- аналіз отриманих результатів.

Об’єкт дослідження – 4-тактний бензиновий двигун «Мотор Січ» МС-10.

Предмет дослідження – вплив показників паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для картингу.

Практична цінність роботи полягає в наступному:

- результати досліджень можуть бути використані до впровадження при модернізації двигуна МС-10 для використання його в якості приводу для картингу.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМАТИКОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Використання ДВЗ у картингу

Картинг – це вид спорту та дозвілля, у якому водій керує автомобілем найпростішої конструкції (кارت). Для приводу карта використовуються двигуни різних типів: 2-тактні і 4-тактні ДВЗ, електромотори. Робочий об'єм двигуна карта і його потужність жорстко регулюються спортивними органами. На спортивних картах, що використовуються для перегонів, зазвичай встановлюються 2-тактні або 4-тактні ДВЗ (робочим об'ємом від 50 см³ до 420 см³, потужністю від 4 кВт до 36 кВт при обертах до 11000...17000 хв⁻¹) з багатоступінчастими коробками передач [1,2,3]. У вимогах до спортивних картів зазвичай чітко вказуються вимоги до двигуна, залежно від класу техніки. У спортивному картингу часто використовуються двигуни [3, 4]:

А) 2 тактні:

- CZ (246 см³, 24 кВт при 7600 хв⁻¹);
- Rotax FR125 (124,8 см³, 24 кВт при 11750 хв⁻¹);
- Yamaha KT100SD/SP (100 см³, 11 кВт при 10000 хв⁻¹);
- Comer KWE-60 (60 см³, 14000 хв⁻¹).
- Comer C50 (50 см³, 1,5 кВт при 6500 хв⁻¹);

Б) 4-тактні:

- Honda GX390 (389 см³, 9,6 кВт при 3600 хв⁻¹) [5];
- Honda GX340 (337 см³, 8,1 кВт при 3600 хв⁻¹);
- Honda GX270 (270 см³, 6,6 кВт при 3600 хв⁻¹);
- Honda GX200 (196 см³, 4,8 кВт при 3600 хв⁻¹);
- Honda GX160 (163 см³, 4,0 кВт при 3600 хв⁻¹);
- Wiema 190/188/168;
- Briggs & Stratton Formula 124335.

На картах, що використовуються для дозвілля (у прокат) може стояти

будь-який двигун, проте частіше встановлюються більш економічні 4-тактні ДВЗ потужністю до 10 кВт і автоматичне (відцентрове) зчеплення [1,2]. Завдяки такій конструкції, щоб карт їхав, достатньо натиснути на педаль «газу». Якщо педаль відпустити, двигун не заглохне. Коробка передач – автоматична або відсутня.

Проведено пошук літературних джерел, що стосуються робочих процесів та характеристик ДВЗ для картингу. Можна констатувати, що наукові видання такого спрямування практично відсутні. Більша частина публікацій стосується практичних питань розробки і побудови карта, без глибоких теоретичних досліджень [6–8, 17]. Модернізацію ДВЗ для картингу детальніше розглянуто в розділі 1.2.

Таким чином, можна стверджувати, що питання дослідження впливу паливоподачі на потужність 4-тактного бензинового двигуна для картингу є актуальним.

1.2 Підготовка серійних ДВЗ до використання у картингу

Успіх у перегонах на картах залежить від майстерності водія, надійності карту та потужності двигуна [9]. Оскільки робочий об'єм двигуна регламентується технічним регламентом, актуальним питанням є форсування ДВЗ.

При конструюванні дорожніх транспортних засобів головними вимогами, що до них висуваються, є: потужність, паливна економічність, довговічність, екологічність, низька собівартість, безшумність. Проте для спортивної техніки головним є потужність, яку можна збільшувати за рахунок погіршення інших показників.

На карти може встановлюватися ряд одноциліндрових двигунів без будь-якої модернізації. Проте, з огляду на спортивне призначення картів часто

виконують модернізацію ДВЗ за наступними напрямками [6–9, 17]:

- збільшення ступеня стиснення шляхом застосування нового поршня або наплавкою алюмінієвого сплаву на головку поршня або на поверхню камери згорання головки циліндра;

- збільшення коефіцієнта наповнення циліндрів свіжою робочою сумішшю;

- збільшення числа обертів колінчастого валу, що сприяє підвищенню максимальної потужності, а також зменшує втрати на тертя та втрати на газообмін;

- зміна розмірів, форми і розташування впускних, перепускних, випускних вікон і каналів циліндрів (для 2-тактних ДВЗ);

- підбирається інший карбюратор зі збільшеними діаметром дифузора. При цьому виготовляється інший патрубок, що поєднує карбюратор до циліндра. Всі патрубки системи впуску виконуються якнайменшої довжини, без сильних згинів;

- зміни до системи випуску. Підбором випускної труби можна в деякому діапазоні обертів значно покращити очистку циліндрів від відпрацьованих газів – тобто, збільшити коефіцієнт наповнення і потужність;

- виготовлення/встановлення нових деталей ДВЗ з підвищеними показниками міцності та питомої ваги. Можливо лише в заводських умовах або в добре оснащених майстернях.

1.3 Висновки за розділом

З проведеного аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що для картингу використовуються 2-тактні та 4-тактні двигуни робочим об'ємом від 50 см³ до 420 см³. Наукових публікацій щодо покращення показників ДВЗ до використання у картингу практично відсутні. Загальні тенденції в цьому

напрямку направлені на підвищення потужності двигуна, інші показники двигуна, зокрема, витрата палива, не є першочерговими.

Має значні перспективи використання у картингу 1-циліндрового 4-тактного бензинового двигуна «Мотор Січ» МС-10. Для цього можуть використовуватись як серійні двигуни МС-10, так і модифіковані, оскільки даний двигун має значний конструктивний запас для форсування. Для визначення можливого ступеня форсування двигуна, покращення технічних показників двигуна МС-10 необхідно провести дослідження щодо впливу параметрів паливоподачі на його потужність.

2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА УСТАТКУВАННЯ

2.1 Конструкція та технічна характеристика бензинового двигуна «Мотор Січ» МС-10

Об'єкт дослідження, двигун «Мотор Січ» МС-10П, пропонується використовувати в якості приводу для картингу (рисунок 2.1).

Двигун «Мотор Січ» МС-10 (рисунок 2.1) – бензиновий, одноциліндровий, чотиритактний з верхнім розташуванням клапанів і повітряним охолодженням [10, 11].

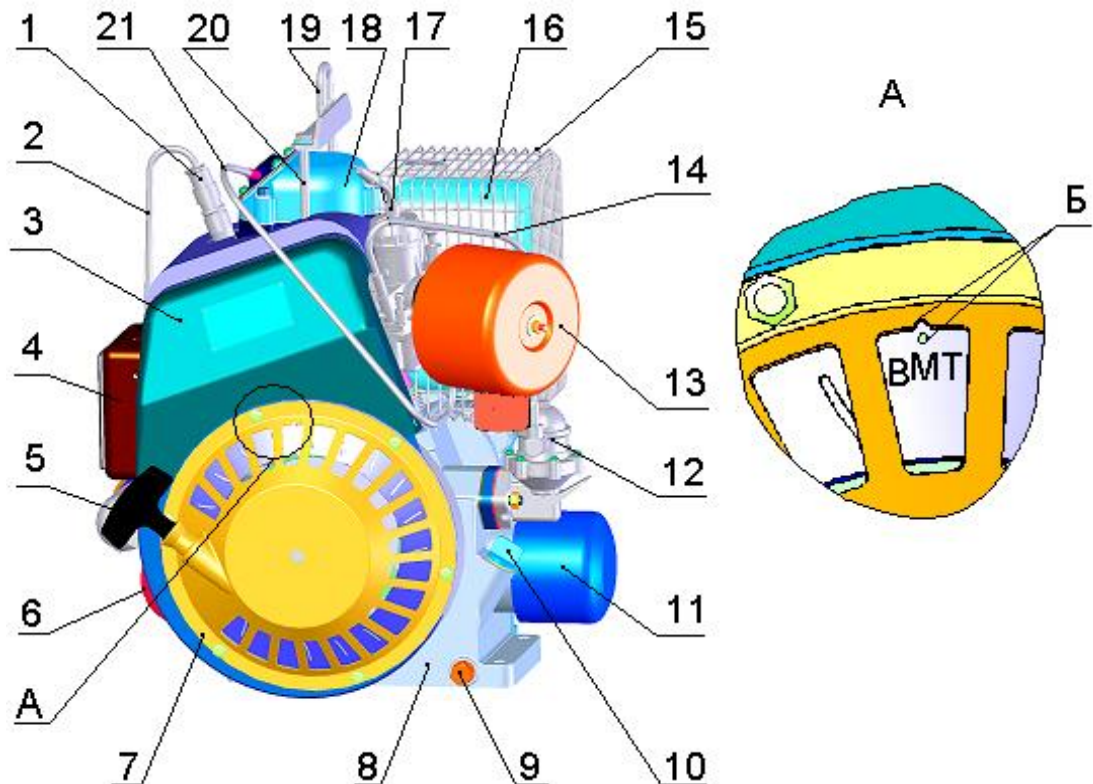
Основні параметри і розміри двигуна МС-10 представлено в таблиці 2.1.

Згідно до Керівництва з експлуатації [10], двигуни сімейства МС-10 повинні надійно працювати за наступних умов:

- атмосферний тиск – не нижче 89,9 кПа;
- температурі навколишнього повітря – від 253 К до 313 К (від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$);
- температурі палива перед карбюратором – від 253 К до 313 К (від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$);
- запиленості повітря на впуску – не більше 0,04 г/м³;
- постійному поздовжньому і поперечному нахилах – не більше 20° .

Загальна компоновка двигуна МС-10, силова схема і конструктивне виконання складальних одиниць є типовими для карбюраторних двигунів малої потужності. Значна частина складальних одиниць і деталей двигуна МС-10 уніфіковані та взаємозамінні з складальними одиницями і деталями двигуна «Мотор Січ» Д-250.

На корпусних деталях двигуна (див. рис. 2.1), що утворюють остов (картер 8, кришка картера, циліндр і головка циліндра), встановлені основні складові його систем: комутаційна коробка 4, ручний стартер з рукояткою 5, електричний стартер 6, масляний фільтр тонкого очищення 11, бензиновий насос 12, очисник повітря 13, глушник шуму випуску 16, карбюратор 17.



1 – перешкодоподавлюючий наконечник; 2 – високовольний провід;
 3 – кожух циліндра; 4 – комутаційна коробка; 5 – рукоятка ручного стартера;
 6 – електричний стартер; 7 – корпус ручного стартера; 8 – картер; 9 – пробка;
 10 – щуп; 11 – масляний фільтр тонкого очищення; 12 – бензиновий насос;
 13 – очисник повітря; 14 – паливопровід; 15 – кожух; 16 – глушник шуму
 випуску; 17 – карбюратор; 18 – кришка клапанного механізму; 19 – скоба;
 20 – болт; 21 – трубка вентиляції картера

Рисунок 2.1 – Двигун «Мотор Січ» МС-10

Усередині остова двигуна встановлені складальні одиниці і деталі кривошипно-шатунного механізму, газорозподільного механізму, систем запалювання і мащення.

Основною корпусною деталлю двигуна (рисунок 2.2) є картер 11, на якому встановлені циліндр 8 і головка циліндра 5.

Таблиця 2.1 – Параметри і розміри двигуна «Мотор Січ» МС-10

Найменування параметра або розміру	Величина чи характеристика
1	2
Тип двигуна	Бензиновий, 4-тактний, верхньоклапанний, карбюраторний, з повітряним охолодженням
Число циліндрів	1
Нахил циліндра від вертикалі, град	20
Діаметр циліндра, мм	79
Хід поршня, мм	62
Робочий об'єм циліндра, см ³	304
Напрямок обертання колінчастого валу при погляді з боку, протилежного основного відбору потужності	Праве (за годинниковою стрілкою)
Номінальна потужність за ГОСТ 14846 брутто, кВт (к.с.)	7,35 (10)
Частота обертання колінчастого вала при номінальній потужності, хв ⁻¹	5500 ± 300
Максимальний крутний момент, Н·м	12,8
Частота обертання колінчастого вала, що відповідає максимальному крутному моменту, хв ⁻¹	2500 ± 200
Мінімально стійка частота обертання колінчастого вала на холостому ході, хв ⁻¹	1200 ± 100
Мінімальна питома витрата палива, кг/(кВт·год)	0,394
Мінімальна питома витрата масла на чад, у відсотках від питомої витрати палива, не більше	1,5
Кут випередження завалювання, ° ПКВ	30
Паливо	Бензин АИ-92
Масло	АЗМОЛ М-20/5040 «супер»
Ємність масляної системи, л, не більше	1,5
Температура масла в картері, К (°С), не більше	398 (125)
Тиск масла в системі при частоті обертання колінчастого валу 63,3 с ⁻¹ (3800 хв ⁻¹) і температурі масла 353К (80 °С) в межах, кгс/см ²	від 1,8 до 6,5
Тиск спрацьовування датчика сигналізатора аварійного тиску масла, кПа (кгс/см ²), не більше	78,5 (0,8)

Продовження таблиці 2.1

1	2
Зазор між електродами свічки в межах, мм	от 0,7 до 0,8
Зазори між клапанами і коромислами, мм: – впускного клапана – выпускного клапана	0,15 ^{+0,02} 0,25 ^{+0,02}
Маса сухого двигуна, кг, не більше	45

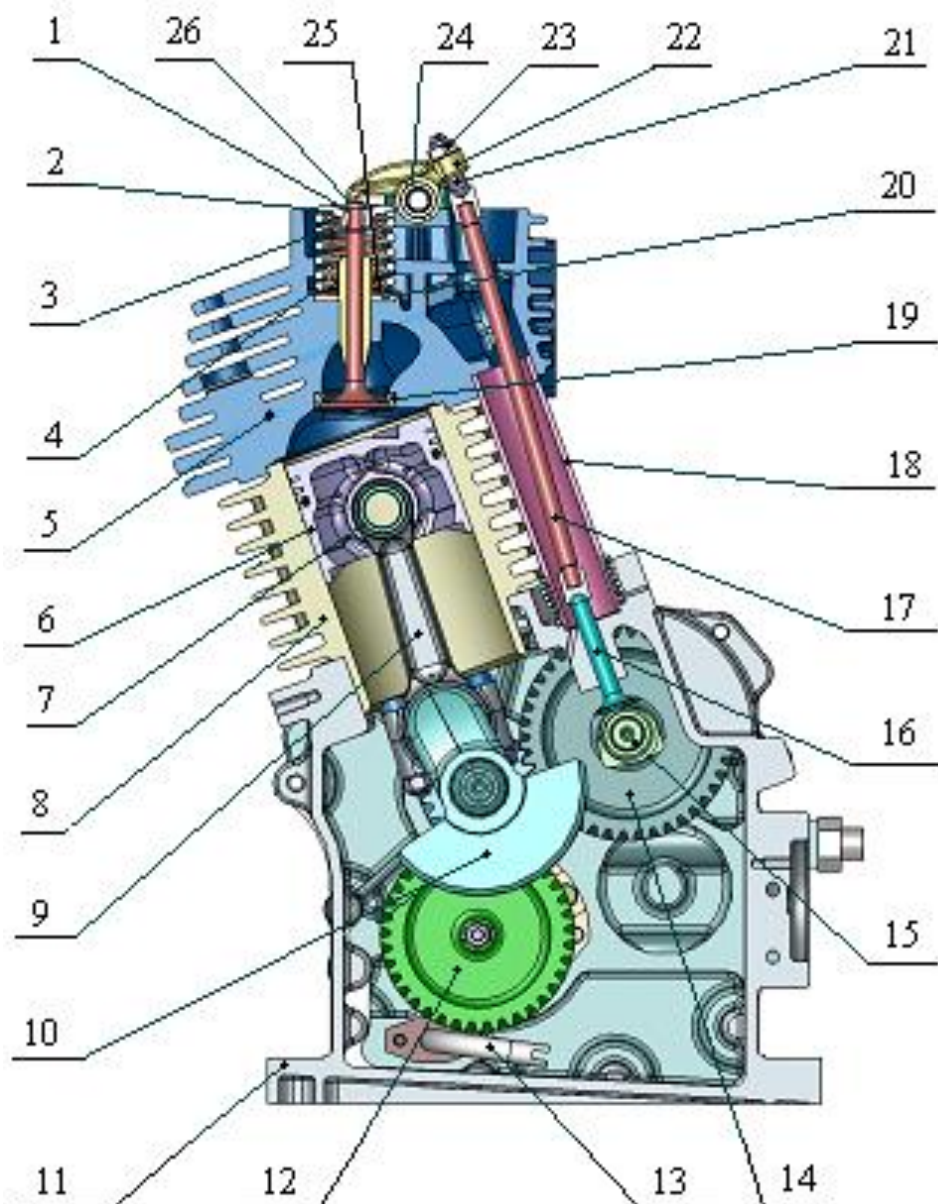
Головка циліндра – суцільнолита з виконаними в ній порожнинами камери згоряння, клапанного механізму, впускним і выпускним каналами. У головку циліндрів встановлені впускний і выпускний клапани 26, внутрішні 3 і зовнішні 4 пружини, які через термічні прокладки 20, нижні 25 і верхні 2 тарілки пружин і сухарі клапанів 1 утримують клапани в закритому стані. На стержнях клапанів встановлені ковпачки.

Клапани відкриваються кулачками розподільного вала 15 через штовхачі 16, штанги 17, регулювальні гвинти 21 і коромисла 22.

Клапанний механізм закривається кришкою клапанного механізму 18, зі зворотним клапаном.

У гніздо, розташоване в середній частині головки циліндра, встановлена свічка запалювання, яка високовольтним проводом 2 з перешкодоподавлювальним наконечником 1 з'єднана з системою запалювання двигуна.

У суцільнолитому циліндрі під впливом газів рухається поршень 6, який через поршневий палець 7 і шатун 9 передає тиск газів на колінчастий вал 10. У двох верхніх канавках поршня встановлено компресійні кільця, а в нижній – маслоз'ємне кільце.



1 – сухар клапана; 2 – верхня тарілка пружин; 3 – внутрішня пружина;
 4 – зовнішня пружина; 5 – головка циліндра; 6 – поршень; 7 – поршневий палець; 8 – циліндр; 9 – шатун; 10 – колінчастий вал; 11 – картер; 12 – зубчасте колесо приводу масляного насоса; 13 – заборник масла; 14 – зубчасте колесо розподільного валу; 15 – розподільний вал; 16 – штовхач; 17 – штанга; 18 – кожух; 19 – сідло клапана; 20 – термічна прокладка; 21 – регулювальний гвинт; 22 – коромисло; 23 – гайка; 24 – вісь коромисел; 25 – нижня тарілка пружин; 26 – клапан

Рисунок 2.2 – Двигун «Мотор Січ» МС-10: кривошипно-шатунний і газорозподільний механізми

Колінчатий вал 10 суцільноштампований. Колінчастий вал обертається в шарикопідшипнику, встановленому в картері з боку маховика, і підшипнику ковзання, встановленому в кришці картера, що закриває порожнину картера з боку відбору потужності. На конічний хвостовик колінчастого валу разом з пусковим шківом встановлено маховик із зубчатим вінцем. На кінці колінчастого валу з боку відбору потужності встановлена ведуча шестерня, яка перебуває в зачепленні з зубчастим колесом приводу розподільчого валу, а також із зубчастим колесом приводу масляного насоса.

У розточених отворах картера і кришки картера встановлені також розподільний вал і масляний насос. На кришці картера закріплений болтами з шайбами маслозабірник.

Порожнина, утворена нижніми частинами картера і кришки, служить для розміщення масла, необхідного для змащення двигуна.

Система випуску відпрацьованих газів служити для відводу відпрацьованих газів з циліндра двигуна назовні і зменшення шуму випуску (див. рис. 2.1). Її основна складова - глушник шуму випуску, який кріпиться через прокладку до випускного фланця головки циліндра двома шпильками.

Глушник представляє собою нерозбірну зварену конструкцію коробчатої форми з внутрішніми перегородками.

Для запобігання отримання опіків обслуговуючого персоналу на глушнику встановлено захисний кожух.

Охолодження двигуна – повітряне, примусового типу, від вентилятора. Вентилятор засмоктує охолоджуюче повітря через отвори в корпусі ручного стартера і нагнітає його в улітку кожуха маховика і далі під кожух циліндра та головки для їх охолодження.

На двигуні МС-10 встановлена подвійна система запуску. Двигун можна запускати як за допомогою електричного стартера, так і ручного стартера.

Система змащення двигуна – комбінованого типу – під тиском і розбризкуванням. З масляної ванни картера масло через забірник масла і через фільтр грубої очистки всмоктується шестеренчастим маслососом. Від

шестеренчастого маслососа через фільтр тонкого очищення масло під тиском по внутрішнім свердлінням підводиться до підшипника ковзання колінчастого вала і до шатуна, через два отвори в якому розбризкується на внутрішні стінки поршня, охолоджуючи їх. Решта пар тертя змащуються розбризкуванням.

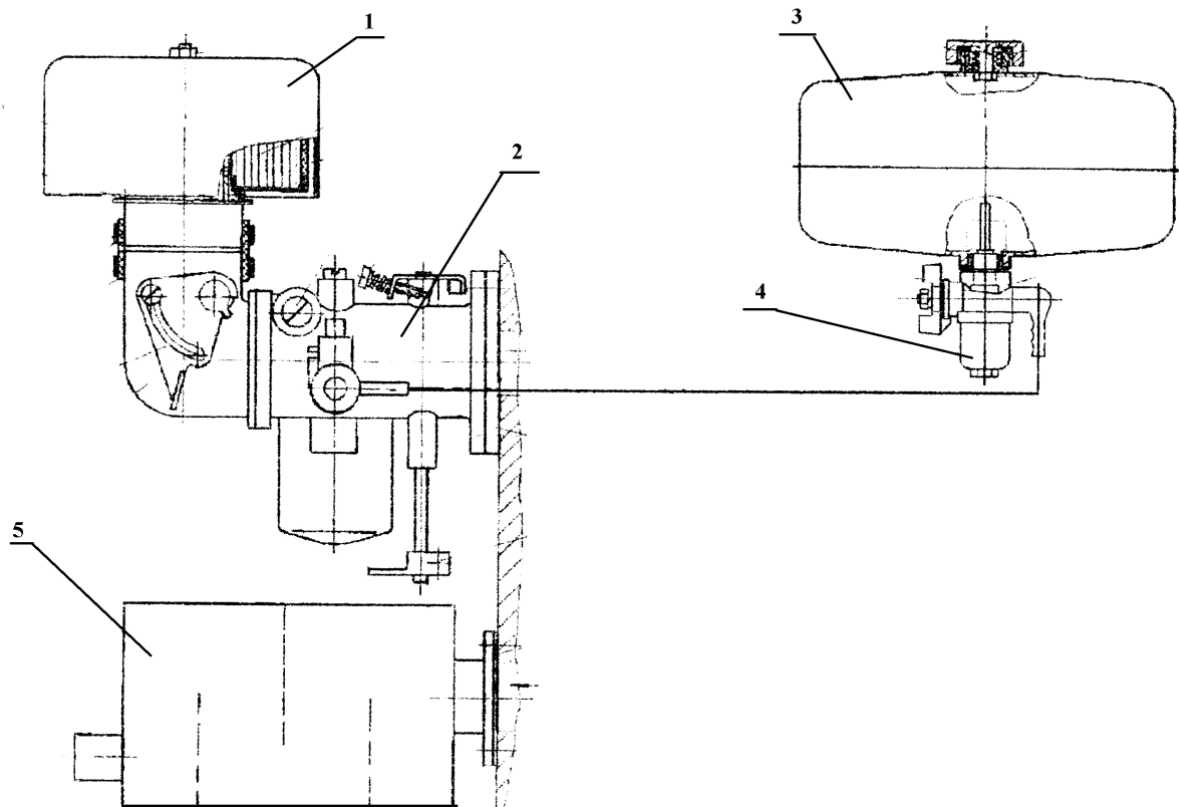
Газорозподільний механізм двигуна верхньоклапанний з нижнім розташуванням розподільного вала (тип OHV) (див. рис. 2.2) забезпечує своєчасний впуск в циліндр паливо-повітряної суміші і випуск відпрацьованих газів.

2.2 Конструкція системи живлення двигуна МС-10

Система живлення двигуна «Мотор Січ» МС-10 (див. рис. 2.3) складається з паливного бака з краном, бензинового фільтра і трубопроводів; з паливного бака паливо бензиновим насосом подається під тиском до карбюратора.

Паливний насос діафрагмового типу встановлений на картері двигуна і приводиться в дію від ексцентрикової шайби розподільного вала за допомогою штанги. Є впускний і випускний клапани - пропускають потік бензину тільки в одному напрямку. Є механізм ручного приводу для заповнення трубопроводів після тривалої стоянки або повного спрацювання заправної ємності.

На двигун МС-10 встановлюється карбюратор К68У: горизонтального типу, однокамерний, з еліпсним дифузоров, центральною поплавковою камерою, центральної підвіскою циліндричного дроселя і пусковим пристроєм. Карбюратор кріпиться до впускного фланця головки циліндра через проставку двома шпильками з гайками та шайбами. Стики між ними ущільнені прокладками. У карбюратора є системи головна паливна і холостого ходу, підведення і підтримки постійного рівня палива, розбалансування та дренажу камери поплавця а також пусковий пристрій.



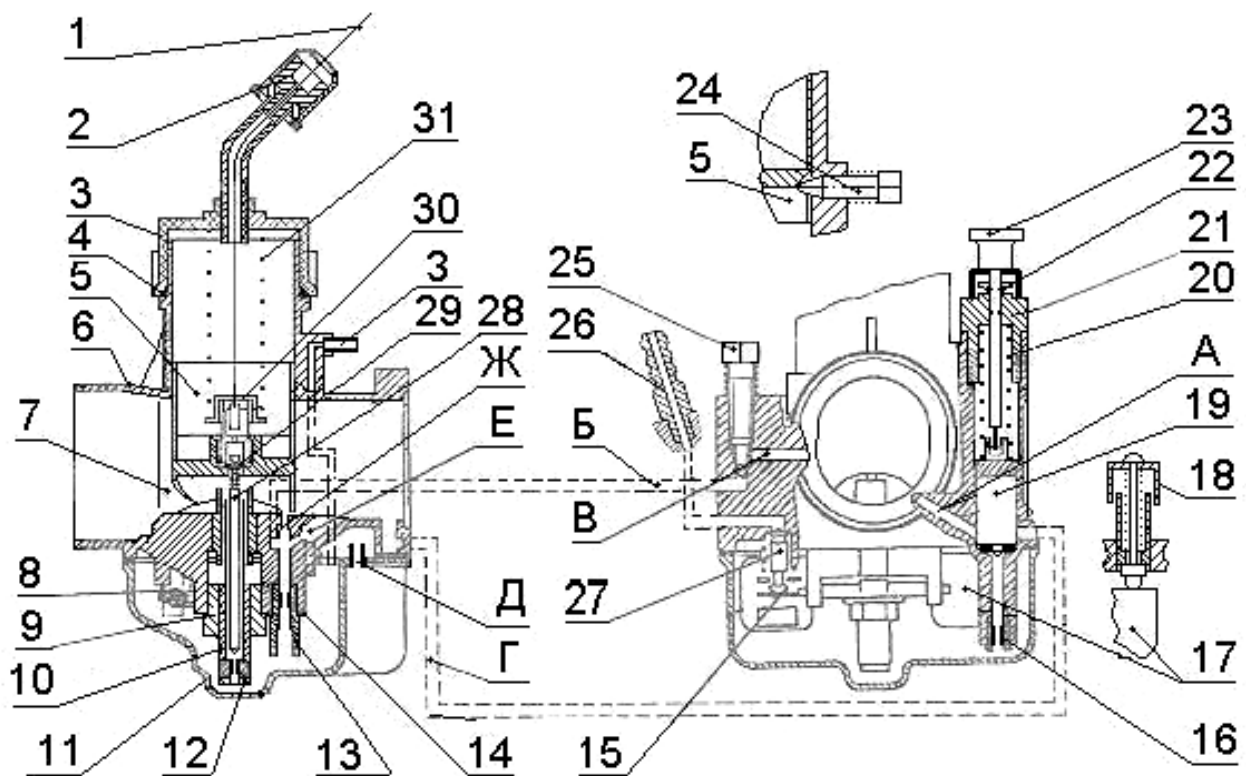
1 – повітряний фільтр; 2 – карбюратор; 3 – паливний бак;
4 – відстійник; 5 – глушник; 6 – циліндр

Рисунок 2.3 – Принципова схема систем впуску, випуску і живлення двигуна «Мотор Січ» МС-10

Будову карбюратора показано на рисунку 2.4.

У корпусі карбюратора 6, кришці корпусу 3 і кришці поплавкової камери 11 встановлені деталі і виконані порожнини і канали головної паливної системи і систем холостого ходу, підведення і підтримки постійного рівня палива, розбалансування та дренажу поплавкової камери, а також пусковий пристрій [10].

Головна паливна система забезпечує необхідний склад горючої суміші при середніх і високих обертах двигуна. Ця система включає в себе дросель 5, дозуючу голку 28, пружину 31 дроселя, замок голки з регулювальною шайбою 29, корпус розпилювача 9, розпилювач 10 і головний паливний жиклер 12.



1 – трос дроселя, 2 – штуцер, 3 – кришка корпусу, 4 – кільце ущільнююче, 5 – дросель, 6 – корпус, 7 – соплова камера, 8 – ось ричага поплавка, 9 – корпус розпилювача, 10 – розпилювач, 11 – кришка поплавкової камери, 12 – головний паливний жиклер, 13 – паливний жиклер холостого ходу, 14 – стопорна шайба, 15 – упор паливного клапана, 16 – паливний жиклер пускового пристрою, 17 – поплавок, 18 – утоплювач поплавка, 19 – плунжер пускового пристрою з клапаном, 20 – пружина, 21 – напрямна пружини, 22 – стопор, 23 – шток пускового пристрою, 24 – регулювальний гвинт частоти обертання холостого ходу, 25 – регулювальний гвинт якості суміші холостого ходу, 26 – паливоприємний штуцер, 27 – паливний клапан, 28 – дозуюча голка, 29 – замок голки з регулювальною шайбою, 30 – тарілка пружини, 31 – пружина, А – повітряний канал пускового пристрою, Б – повітряний канал жиклера холостого ходу, В – повітряний канал, Г – канал підводу паливної суміші з пускового пристрою, Д, З – канали поєднання поплавкової камери з навколишнім середовищем, Е – емульсійний отвір, Ж – отвір перехідного режиму роботи

Рисунок 2.4 – Схема карбюратора К68У

Система холостого ходу забезпечує необхідний склад горючої суміші при малій частоті обертання колінчастого вала (1200 хв^{-1} і вище). Вона включає в себе паливний жиклер холостого ходу 13, стопорну шайбу 14, регулювальні гвинти частоти обертання 24 і якості суміші холостого ходу 25, повітряний канал жиклера холостого ходу Б, повітряний канал В, емульсійний отвір Е і отвір перехідного режиму роботи Ж [10].

Система підведення і підтримки постійного рівня палива включає в себе паливний клапан 27, поплавок 17 з упором паливного клапана 15 для регулювання рівня палива, вісь важеля поплавця 8, канали з'єднання камери поплавця із зовнішнім середовищем Д і З.

Пусковий пристрій карбюратора включає в себе паливний жиклер пускового пристрою 16, плунжер пускового пристрою з клапаном 19, шток пускового пристрою 23, пружину 20, напрямну пружини 21, а також повітряний канал А і канал підведення паливної суміші з пускового пристрою Г. З метою полегшення запуску двигуна в холодну пору року (нижче $+ 5^{\circ} \text{C}$) поплавкову камеру слід переповнювати бензином, для чого встановлено утоплювач поплавка 18.

Кришка камери поплавця кріпиться до корпусу карбюратора за допомогою гвинтів через прокладку з пресованого картону, а кришка корпусу нагвинчується на нього. На борт корпусу лягає гумове кільце, яке затискається в канавці кришки.

Подача палива в поплавкову камеру проводиться через паливоприємний штуцер 26 і автоматично регулюється паливним клапаном 27, пов'язаним з порожнистим поплавком. Поплавок 17 і паливний клапан забезпечують постійний рівень палива в камері поплавця.

Всмоктування повітря в карбюратор проводиться через повітряний фільтр (рисунок 2.3, поз. 1), який кріпиться до карбюратора через перехідний гумовий патрубок. Повітряний фільтр – з сухим фільтруючим елементом.

У конструкції картингу є паливний бачок на 4 л.

2.3 Конструювання карта з двигуном МС-10

Проведено конструювання карту з двигуном МС-10. За основу взято конструкцію карту моделі КС-76 [19, 20].

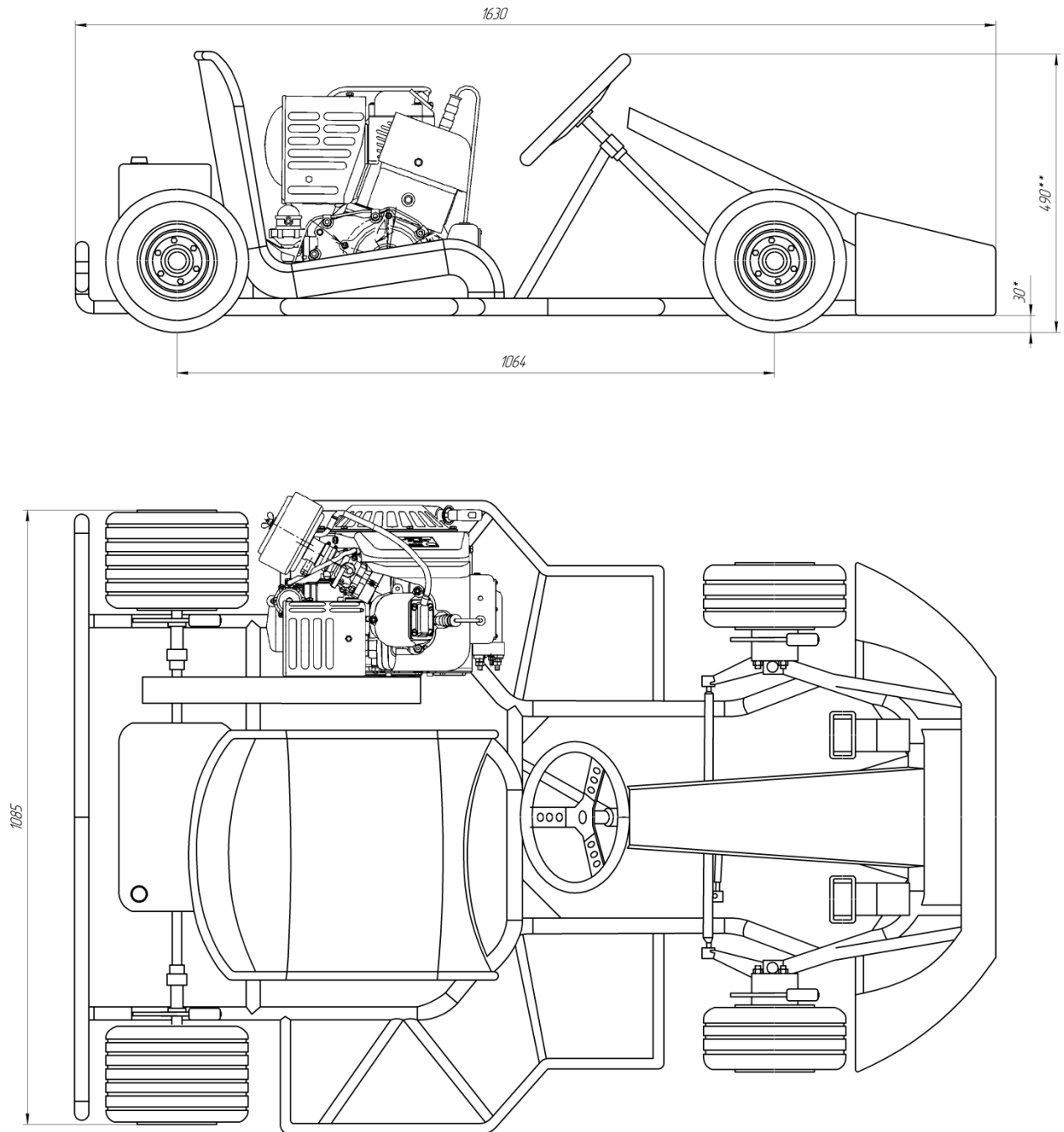


Рисунок 2.5 – Карт з двигуном «Мотор Січ» МС-10

Розширено раму карта для встановлення двигуна МС-10 з лівої сторони. Крутний момент передається з двигуна на задню вісь через варіатор. Крісло

водія зміщено правіше для кращого розподілу ваги. Паливний бак розташовується позаду сидіння водія.

В передній частині карту встановлено бампер. Рульову колонку прикриває обтікач для покращення аеродинамічних якостей карту.

Керування карту здійснюється рулем, двома педалями («газ» і «тормоз»).

2.4 Особливості теплового розрахунку циклу ДВЗ за допомогою фізико-математичної моделі другого рівня

Тепловий розрахунок робочого циклу двигуна виконується за методикою [12], яка реалізована на базі фізико-математичної моделі (ФММ) [13] у вигляді комп'ютерної програми Engine Calculation та DVS2.

Фізико-математична модель другого рівня має дві модифікації. Перша з них складена з урахуванням зміни складу робочого тіла в циліндрі. У другій модифікації вплив зміни складу врахований приблизно; у процесах впуску і стиснення робочим тілом вважається повітря, в процесах розширення і випуску – продукти згоряння. Застосування моделі другої модифікації істотно спрощує обчислювальні процедури і мало впливає на точність розрахунку. Тому далі описана ФММ другого рівня у другий модифікації.

Крім того, в цій моделі розрахунок виконують для основних процесів (стиснення, згоряння, розширення) при зміні кута повороту кривошипа φ в межах від 0° до 360° для двотактного двигуна. Вплив процесів при впуску і випуску враховано сумарно за статистичними даними.

Дана ФММ включає чотири основні диференціальні рівняння:

- перше кінематичне рівняння, або рівняння зміни об'єму робочої порожнини;
- рівняння балансу маси;

- рівняння енергетичного балансу;
- рівняння стану робочого тіла і ряд інших додаткових рівнянь в диференціальній або кінцевій формі. Ці додаткові рівняння потрібні для визначення величин, що входять у вигляді окремих членів або множників в основні рівняння.

$$\left. \begin{aligned} dV &= F_{\pi} r_{\kappa} \left(\sin \varphi + \frac{\lambda_{\kappa}}{2} \sin 2\varphi \right) d\varphi; \\ dm &= \Delta m_{\tau \pi} \cdot dx; \\ dT &= \frac{1}{c_v m} (dQ_c + dQ_w) - T \frac{dm}{m} - (k-1) \frac{dV}{V} T; \\ \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} &= \frac{dm}{m} + \frac{dT}{T}. \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

Система (2.1) складається із звичайних нелінійних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами. Сучасними аналітичними методами така система не може бути вирішена. Тому вона вирішується чисельними методами із застосуванням комп'ютерної техніки. Кінцевою метою рішення системи є функції $V(\varphi)$; $m(\varphi)$; $T(\varphi)$; $p(\varphi)$.

2.5 Основні положення щодо розрахунку карбюраторної системи паливоподачі

Канал, по якому повітря надходить з атмосфери до циліндра ДВЗ, має змінний перетин (див. рис. 2.6). Внаслідок цього (відповідно до рівняння Д. Бернуллі) швидкість потоку і тиск по осі каналу змінні. Аналіз процесів в повітряному каналі карбюратора ускладнюється наявністю змінного місцевого опору у вигляді дросельної заслінки [14].

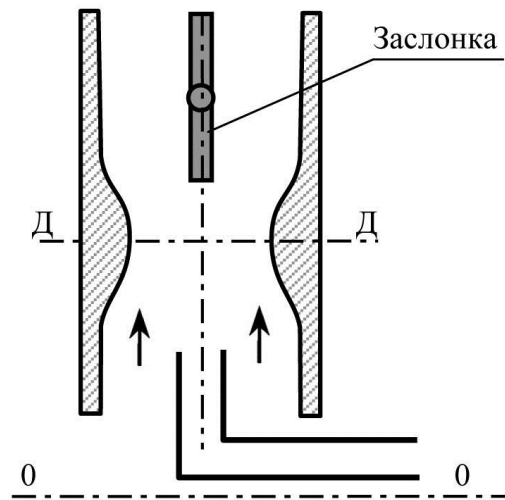


Рисунок 2.6 – Схема повітряного каналу [14]

Витрата повітря через повітряний канал може бути визначена за розміром самого меншого його перетину (дифузора) і тиску в ньому. Практично перепад між тисками зовнішнього середовища p_0 (перетин 0 – 0) і тиском в дифузорі p_d (перетин Д – Д) не перевищує 0,02 МПа при роботі двигуна з максимальною частотою обертання колінчастого валу при повністю відкритій дросельної заслінки [14].

При зміні перепаду тисків $\Delta P_d = P_0 - P_d$ в зазначених межах можна з достатнім ступенем точності знехтувати впливом стисливості повітря і розглядати його переміщення як рух нестисливої рідини. Тоді без урахування геометричного напору внаслідок незначного відстані між 0 – 0 і Д – Д і при швидкості повітря біля входу в повітряний канал $V_0 = 0$ рівняння Д. Бернуллі для зазначених перетинів має наступний вигляд [14]:

$$\frac{P_{0 \text{ абс}}}{\rho_v g} = \frac{P_{d \text{ абс}}}{\rho_v g} + \frac{V_d^2}{2g} + \xi \frac{V_d^2}{2g}; \quad (2.2)$$

де ρ_v – щільність повітря, кг/м^3 ;

V_d – швидкість повітря в перерізі Д – Д дифузора, м/с ;

ξ – коефіцієнт опору, що враховує втрати напору між перетинами 0 – 0 і Д – Д.

Перетворюючи рівняння (2.2), отримуємо

$$\Delta P_d = P_0 - P_d = \frac{V_d^2 \cdot \rho_v}{2} (1 + \xi). \quad (2.3)$$

Звідси швидкість повітря в дифузорі [14]

$$V_d = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_v} \Delta P_d} \quad (2.4)$$

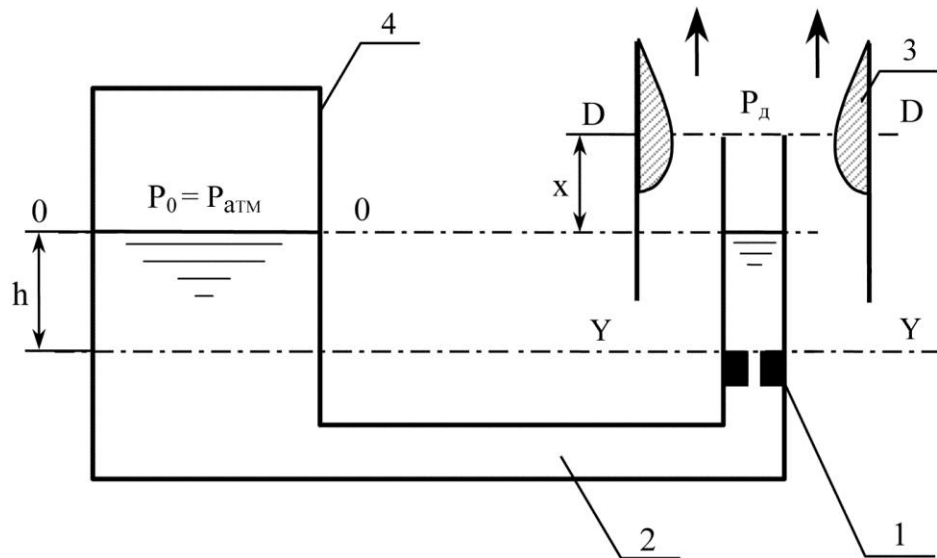
і масова витрата через дифузор

$$G_v = \mu_v f_v \sqrt{2 \rho_v \Delta P_d}. \quad (2.5)$$

Течія палива через головний дозуючий жиклер (дросель) карбюратора відбувається під дією різниці тисків у поплавковій камері і в дифузорі карбюратора, а також внаслідок різниці рівнів розглянутих перетинів (вільна поверхня палива в поплавковій камері і площа найменшого перетину дифузора) [14].

Схема паливної системи найпростішого карбюратора показана на рис. 2.7.

Головний дозуючий жиклер на кожному режимі роботи карбюратора визначає кількість палива, яке витікає з камери поплавця. Жиклер може бути встановлений в будь-якому місці гідроканалу між поплавковою камерою і вихідним перетином розпилювача. Вихідна перетин розпилювача розташовується вище рівня палива в поплавковій камері на величину $X = 2...5$ мм і зазвичай збігається з площиною найменшого перетину дифузора.



1 - головний дозуючий жиклер; 2 - гідроканал розпилювача; 3 - дифузор;
4 - поплавкова камера

Рисунок 2.7 – Паливна система найпростішого карбюратора [14]

Рівняння Д. Бернуллі для перетинів 0 - 0 і Y - Y без урахування гідравлічних втрат в гідроканалі між поплавковою камерою і жиклером, має вигляд

$$h + \frac{P_{\text{атм}}}{\rho_{\text{т}} g} = \frac{P_{\text{у абс}}}{\rho_{\text{т}} g} + \alpha \frac{V_{\text{у}}^2}{2g}; \quad (2.6)$$

де $P_{\text{у абс}}$ – абсолютний тиск в перетині Y - Y;

α – коефіцієнт Коріоліса, що враховує нерівномірність швидкості палива по перетину гідроканал;

$V_{\text{у}}$ – середня швидкість палива по перетину потоку.

Вважаючи режими течії палива в гідроканалі і жиклері турбулентними, приймаємо $\alpha \approx 1$.

З рівняння (2.6) маємо теоретичну швидкість палива

$$V_{y\tau} = \sqrt{2g \left(h + \frac{P_{\text{атм}} - P_{y\text{абс}}}{\rho_{\tau} g} \right)}. \quad (2.7)$$

З урахуванням гідравлічних втрат в жиклері і гідроканалі тиск об'ємної витрати має вигляд:

$$Q = \mu_{\text{ж}} f_{\text{ж}} \sqrt{2g \left(\frac{\Delta P_{\text{д}}}{\rho_{\tau} g} - X \right)}; \quad (2.8)$$

де $\mu_{\text{ж}}$ – коефіцієнт витрати жиклера;

$f_{\text{ж}}$ – площа прохідного перетину жиклера.

Масова витрата палива через жиклер

$$G_{\tau} = \mu_{\text{ж}} f_{\text{ж}} \sqrt{2g \left(\frac{\Delta P_{\text{д}}}{\rho_{\tau} g} - X \right)} \cdot \rho_{\tau} = \mu_{\text{ж}} f_{\text{ж}} \sqrt{2\rho_{\tau} (\Delta P_{\text{д}} - \rho_{\tau} g X)}. \quad (2.9)$$

2.6 Висновки

Згідно до теми робота, розглянуто конструкцію двигуна «Мотор Січ» МС-10. Обрано методики, що дозволяють дослідити вплив показників паливоподачі двигуна МС-10 на його потужність.

З ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА МС-10 НА НОМІНАЛЬНОМУ РЕЖИМІ

3.1 Підготовка даних

Початкові дані для теплового розрахунку циклу ДВЗ готуються в два етапи [12]. Спочатку виконуємо попередні розрахунки, щоб оцінити основні розміри циліндра, необхідні при використанні прийнятої ФММ.

Виконуємо оцінку очікуваної величини середнього ефективного тиску p_e залежно від тиску наддуву p_k , температури наддувочного повітря T_k і типу двигуна. Далі на основі формули ефективної потужності

$$N_e = i \cdot V_h \cdot p_e \cdot \frac{n}{\tau} \quad (3.1)$$

розраховуємо робочий об'єм даного циліндра

$$V_h = \frac{N_e}{i \cdot p_e} \cdot \frac{\tau}{n} = \frac{7,35 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,53 \cdot 10^6} \cdot \frac{2 \cdot 60}{5500} = 0,0003026 \text{ м}^3. \quad (3.2)$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi \cdot \frac{S}{D}}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,0003026}{3,14 \cdot 0,785}} = 0,079 \text{ м}. \quad (3.3)$$

Хід поршня

$$S = D \cdot \frac{S}{D} = 0,079 \cdot 0,785 = 0,062 \text{ м}. \quad (3.4)$$

Радіус кривошипа

$$r_k = \frac{S}{2} = \frac{0.062}{2} = 0,031 \text{ м.} \quad (3.5)$$

Уточнюємо робочий об'єм циліндра

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S = \frac{3.14 \cdot 0.079^2}{4} 0.062 = 0.0003037 \text{ м}^3 = 303,7 \text{ см}^3. \quad (3.6)$$

На другому етапі розраховуємо усі величини, які являються початковими при використанні ФММ, заносимо їх до таблиці 3.1.

I. Код двигуна.

Код двигуна $Y=0$ в програмі впливає на вибір теплоємностей робочого тіла, які залежать від складу і температури робочого тіла. Встановлений код для бензинових ДВЗ $Y = 0$.

II. Вид розрахунку: номінальний.

III. Тип двигуна.

Тип двигуна – бензиновий.

1. Теплота згорання палива $H_{uT} = 44 \text{ МДж/кг}$.

2. Показник процесу згорання вибирають на основі рекомендацій за емпіричними даними. Для бензинових ДВЗ $m_1 = 3,2...4,0$. Приймаємо $m_1 = 3,6$.

IV. Конструктивні дані.

3. Кількість циліндрів: 1.

4. Двигун одноциліндровий, тому приймаємо код як для рядного ДВЗ.

5. Діаметр циліндра $D = 0.079 \text{ м}$.

6. Площа поршня є площею плоскої поверхні поршня, перпендикулярної осі циліндра, вона дорівнює

$$F_n = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{3.14}{4} 0.079^2 = 4,8992 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (3.7)$$

7. Радіус кривошипа $r_k = 0,031$ м.

8. Відношення радіусу кривошипа до довжини шатуна λ_k є конструктивним параметром, що характеризує геометрію кривошипно-шатунного механізму. Для автотракторних ДВЗ $\lambda_k = 0,25 \dots 0,32$ [12]. Для двигуна МС-10 довжина шатуна складає $L_{ш} = 0,1$ м, тоді

$$\lambda_k = \frac{r_k}{L_{ш}} = \frac{0,031}{0,1} = 0,31. \quad (3.8)$$

9. Площа теплообміну поршня $F_{п'}$ залежить від конфігурації днища. При плоскому днищі $F_{п'} = F_{п}$. Днище поршня має складну конфігурацію, оскільки виконані циковки – спеціальні проточки для клапанів, тому $F_{п'} > F_{п}$. Для бензинових ДВЗ $F_{п'} = (1,0 \dots 1,1) \cdot F_{п}$ [12];

За прототипом приймаємо:

$$F_{п'} = 1,1 \cdot F_{п} = 1,1 \cdot 0,0048992 = 5,389 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (3.9)$$

10. Площа теплообміну кришки F_k залежить від конструкції камери стиснення, розраховується за співвідношенням $F_k = (1,1 \dots 1,3) \cdot F_{п}$ [12]. У двигуна МС-10 клиновидна камера згорання. Тоді

$$F_k = 1,2 \cdot F_{п} = 1,2 \cdot 0,0048992 = 5,879 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (3.10)$$

11. Об'єм камери стиснення розраховують за співвідношенням

$$V_c = \frac{\pi}{2} D^2 \cdot r_k \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} = \frac{3,14}{2} 0,079^2 \cdot 0,031 \cdot \frac{1}{8,5 - 1} = 40,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (3.11)$$

V. Наддув двигуна.

12. Двигун не має агрегатів наддуву, $p_k = 100$ кПа.

13. Температура повітря на вході в двигун $T_k = T_o = 298 \text{ K} = 25^\circ \text{C}$.

VI. Регулювальні дані.

14. Кут початку згорання φ_c залежить від кута випередження запалювання $\Delta\varphi_{оп}$ у бензинових ДВЗ

$$\varphi_c = 360 - \Delta\varphi_{оп} = 360 - 30 = 330^\circ \text{ п.к.в.}, \quad (3.12)$$

де $\Delta\varphi_{оп} = 18...35^\circ$ – величина, яка залежить від швидкохідності двигуна, розмірів і типу камери згорання. $\Delta\varphi_{оп} = 30^\circ$ вибрано за прототипом (див. табл. 2.2);

15. Кут кінця згорання пов'язаний з кутовою тривалістю згорання $\Delta\varphi_{сг}$, яка визначається в залежності від типу двигуна

$$\varphi_z = \varphi_c + \Delta\varphi_{сг} = 330 + 50 = 380^\circ \text{ п.к.в.}, \quad (3.13)$$

де $\Delta\varphi_{сг} = 40 \dots 60^\circ$ для бензинових ДВЗ.

VII. Режимні дані.

16. Кутова швидкість обертання кривошипа ω , рад/с, визначається в залежності від частоти обертання колінчатого валу n , с^{-1} :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5500}{60} = 575,7 \text{ с}^{-1}. \quad (3.14)$$

17. Коефіцієнт надлишку повітря α на номінальному режимі: $\alpha = 0,85$.

18. Циклова подача палива знаходиться в залежності від циклового заряду повітря.

Цикловий масовий заряд повітря в циліндрі

$$\Delta m_{вц} = V_h \cdot \rho_k \cdot \eta_v = 0.0003037 \cdot 1.169 \cdot 0.745 = 264,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/цикл}, \quad (3.15)$$

де щільність заряду на вході в циліндр визначається за формулою

$$\rho_k = \frac{p_k}{RT_k} = \frac{100000}{287 \cdot 298} = 1,169 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad (3.16)$$

коефіцієнт наповнення дорівнює

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_k - \Delta p_{\text{вп}}}{p_k} \cdot \frac{T_k}{T_k + \Delta T + \gamma T_\Gamma}, \quad (3.17)$$

$$\eta_v = \frac{8.5}{8.5 - 1} \cdot \frac{100000 - 10000}{100000} \cdot \frac{298}{298 + 10 + 0.1 \cdot 1000} = 0.745.$$

де $\Delta p_{\text{вп}} = (0,05 \dots 0,15) \cdot p_k = 0,1 \cdot 100000 = 10000$ Па – втрата тиску на впуску;

$\Delta T = 0 \dots 20$ К – підігрів заряду на впуску для бензинових ДВЗ,

$\gamma = 0 \dots 0,1$ – коефіцієнт залишкових газів для бензинових ДВЗ [12].

$T_\Gamma = 900 \dots 1100$ К – температура залишкових газів для бензинових двигунів.

Циклова масова подача палива

$$\Delta m_{\text{тц}} = \frac{\Delta m_{\text{вц}}}{\alpha \cdot \ell_o} = \frac{0.0002646}{0,85 \cdot 14,96} = 20,81 \cdot 10^{-6} \text{ кг/цикл.} \quad (3.18)$$

19. Середня температура стінок T_w залежить від типу двигуна, рівня форсування, режиму роботи, матеріалів основних деталей (поршня, кришки, клапанів, циліндра). На номінальному режимі роботи приймають [12]:

– для деталей із сталі та чавуну $T_w = 550 \dots 650$ К,

– для деталей з алюмінієвих сплавів $T_w = 420 \dots 470$ К.

Оскільки циліндр чавунний, а поршень – з алюмінієвого сплаву, приймаємо $T_w = 500$ К.

VIII. Початкові умови.

До початкових умов відносяться усі параметри робочого тіла на початку розрахунку. У цій ФММ початок розрахунку відповідає точці «а» на індикаторній діаграмі, при положенні поршня в НМТ і куті повороту кривошипа $\varphi = 180^\circ$. Початок відліку кута φ відповідає положенню поршня у ВМТ.

20. Початковий тиск дорівнює

$$p_a = p_k - \Delta p_{\text{вп}} = 100000 - 10000 = 90000 \text{ Па}, \quad (3.19)$$

де $\Delta p_{\text{вп}}$ визначається за рекомендаціями п. 18 даного розділу.

21. Початкова температура оцінюється за допомогою формули, отриманої на основі балансу енергії при впуску:

$$T_a = \frac{1}{1 + \gamma} (T_k + \Delta T_{\text{вп}} + \gamma T_r), \quad (3.20)$$
$$T_a = \frac{1}{1 + 0,1} (298 + 10 + 0,1 \cdot 1000) = 370,9 \text{ К}.$$

22. Початкова маса робочого тіла в циліндрі дорівнює сумі масових кількостей свіжого заряду і залишкових газів, отже:

$$m_a = (1 + \gamma) \cdot \Delta m_{\text{вп}} = (1 + 0,1) \cdot 0,0002646 = 0,291 \cdot 10^{-3} \text{ кг/цикл.} \quad (3.21)$$

23. Початковий об'єм циліндра

$$V_a = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot V_h = \frac{8,5}{8,5 - 1} \cdot 0,0003037 = 344,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (3.22)$$

Початкові параметри повинні задовольняти рівнянню стану, яке в даному випадку є контрольним:

$$P_a V_a = R m_a T_a, \quad (3.23)$$

$$90000 \cdot 0,0003442 = 287 \cdot 0,0002711 \cdot 398,3,$$

$$31,288 = 30,990.$$

Похибка цього рівняння складає 0,04 %.

IX. Дані до динамічного розрахунку.

24. Для виконання динамічного розрахунку необхідно знати маси частин, що поступально рухаються і обертаються.

Приведена маса частин, що поступально рухаються, включає масу поршневого комплексу (поршня, пальця, кілець) і частину маси шатуна, віднесеної до осі поршневого пальця:

$$m_A = [m'_n + (0,2 \dots 0,3) \cdot m'_{ш}] \cdot F_n, \quad (3.24)$$

$$m_A = [110 + 0,25 \cdot 150] \cdot 0,0048992 = 0,723 \text{ кг},$$

де коефіцієнт 0,25 представляє частину маси шатуна, віднесеної до осі поршневого пальця.

Величини m'_n і $m'_{ш}$ в правій частині формули визначають на основі статистичних даних існуючих конструкцій ДВЗ та двигуна-прототипа.

Х. Розрахунковий крок рівний $\Delta\varphi = 1^\circ$.

Розраховані величини заносимо до таблиці початкових даних (табл. 3.1).

Після розрахунку на ПК отримано протокол № 1 (додаток А), в якому подано результати теплового розрахунку.

Протокол теплового розрахунку містить запис параметрів робочого тіла (тиску p , температури T , маси m , об'єму V) при різних кутах повороту кривошипа колінчатого валу (п.к.в.) φ . Розрахунковий діапазон зміни кута повороту кривошипа $\varphi = 180 \dots 540^\circ$ ПКВ, що відповідає умовам ФММ моделі другої модифікації для чотиритактного ДВЗ.

Таблиця 3.1 – Початкові дані для розрахунку робочого циклу двигуна
«Мотор Січ» МС-10 до комп'ютерної програми Engine Calculation

№	Найменування величини	Численні величини	Позначення і одиниці виміру
I.	Код двигуна	0	Y
II.	Вид розрахунку	1	—
III.	Тип двигуна 1. Теплота згорання палива 2. Показник процесу згорання	44000000 3,6	$H_{\text{ут}}$, Дж/кг m_1
IV.	Конструктивні дані 3. Кількість циліндрів 4. Рядний (1); V-подібний (0) 5. Діаметр циліндра 6. Площа поршня 7. Радіус кривошипа 8. Відношення $\lambda_k = \frac{r_k}{L_{\text{ш}}}$ 9. Площа теплообміну поршня 10. Площа теплообміну кришки 11. Об'єм камери стиснення	1 1 0.079 0.0048992 0.031 0.31 0.005389 0.005879 0.0000405	i — D , м $F_{\text{п}}$, м ² r_k , м λ_k $F'_{\text{п}}$, м ² F_k , м ² V_c , м ³
V.	Наддув 12. Тиск наддуву 13. Температура повітря	100000 298	p_k , Па T_k , К
VI.	Регульовальні дані 14. Кут початку згорання 15. Кут кінця згорання	330 380	φ_c , град. φ_z , град.
VII.	Режимні дані 16. Кутова швидкість валу 17. Коефіцієнт надлишку повітря 18. Циклова подача палива 19. Середня температура стінок	575,7 0,85 0.00002081 500	ω , рад/с α $\Delta m_{\text{тц}}$, кг/цикл T_{w_2} , К
VIII.	Початкові умови 20. Тиск 21. Температура 22. Маса робочого тіла 23. Об'єм робочої порожнини	90000 370,9 0,0002910 0,0003442	p_a , Па T_a , К m_a , кг/цикл V_a , м ³
IX.	Дані до динамічного розрахунку 24. Маса поступально рухомих частин (приведена)	0,723	m_A , кг
X.	Розрахунковий крок	1	$\Delta\varphi$, град.

Керівник д.т.н., проф.

Слинько Г.І.

Студент

Іванов А.О.

На рисунках 3.1, 3.2 показано індикаторні діаграми двигуна МС-10.

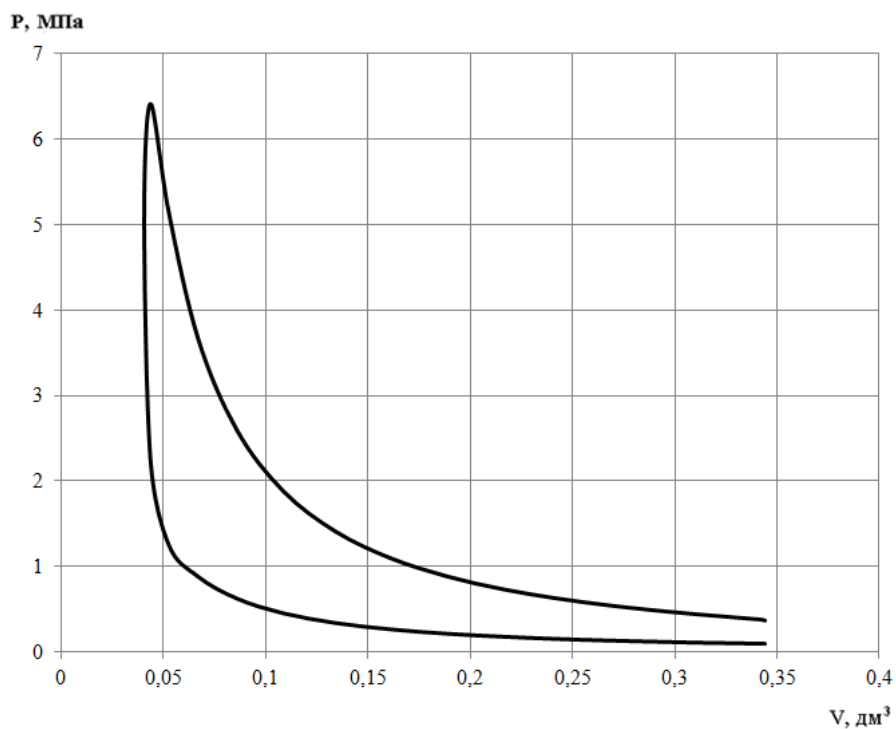


Рисунок 3.1 – Індикаторна діаграма $P(V)$ двигуна «Мотор Січ» МС-10 на номінальному режимі

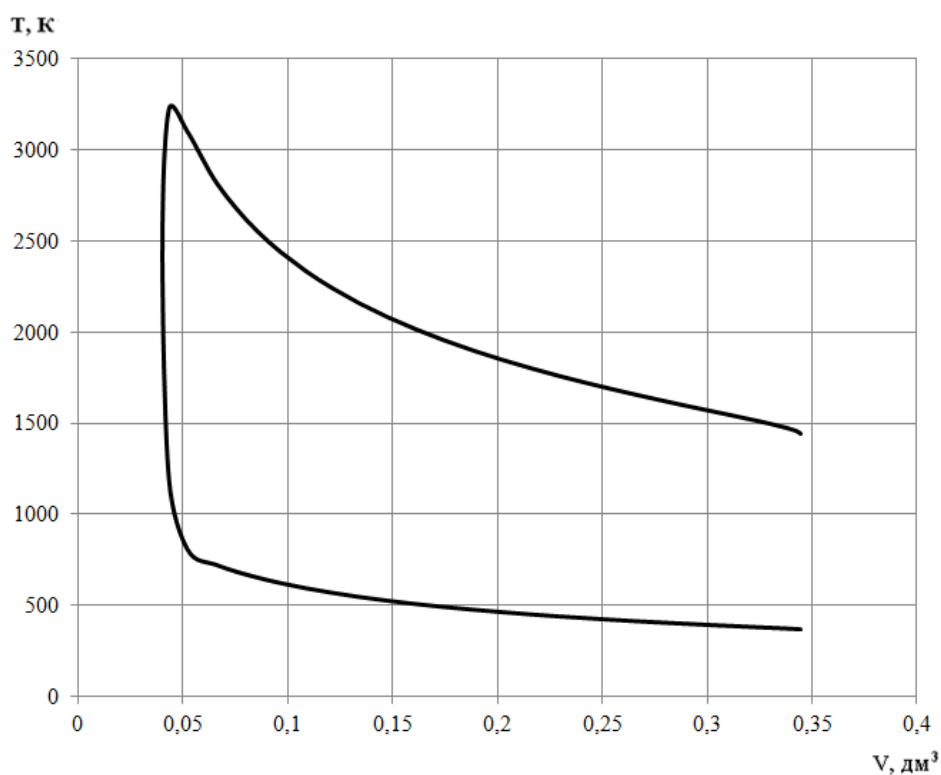


Рисунок 3.2 – Індикаторна діаграма $T(V)$ двигуна «Мотор Січ» МС-10 на номінальному режимі

В комп'ютерній програмі Engine Calculation результати теплового розрахунку отримано з кроком $\varphi = 1^\circ$ ПКВ, для скорочення об'єму пояснювальної записки в протоколі А результати наводяться з кроком $\varphi = 10^\circ$ ПКВ.

3.2 Контроль результатів розрахунку

У кінці протоколу теплового розрахунку (додаток А) наведені основні циклові і питомі показники.

- індикаторна робота $L_i = 338,7$ Дж/цикл;
- середній індикаторний тиск $p_i = 1,115$ МПа;
- індикаторний ККД $\eta_i = 0,469$;
- питома індикаторна витрата палива $g_i = 0,221 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$.

Контрольними величинами для оцінки результатів розрахунку є:

- середній ефективний тиск

$$p_e = p_i \cdot \eta_m = 1,115 \cdot 0,5 = 0,558 \text{ МПа}; \quad (3.26)$$

де η_m – механічний ККД двигуна, який враховує вплив механічних втрат;

- ефективна потужність двигуна, яка розраховується за формулою:

$$N_e = i \cdot L_i \cdot \frac{n}{\tau} \cdot \eta_m = 1 \cdot 338,7 \cdot \frac{5500}{2 \cdot 60} \cdot 0,5 = 7,76 \text{ кВт}, \quad (3.25)$$

- питома ефективна витрата палива

$$g_e = g_i / \eta_m = 0,221 / 0,5 = 0,442 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}. \quad (3.27)$$

Знаходимо ефективний ККД двигуна:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,469 \cdot 0,5 = 0,235. \quad (3.28)$$

Годинна витрата палива:

$$G_T = N_e \cdot g_e = 7,76 \cdot 0,442 = 3,43 \frac{\text{кг}}{\text{год}}. \quad (3.29)$$

Порівнюючи отримані результати з даними двигуна-прототипу, розраховуємо похибку:

– за ефективною потужністю

$$\left| \frac{7,76 - 7,35}{7,35} \right| = 5,6 \%;$$

Таким чином, можна стверджувати, що тепловий розрахунок двигуна «Мотор Січ» МС-10 на номінальному режимі виконано вірно.

4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДВИГУНА МС-10

В розділі наведено результати розрахунку елементів системи живлення двигуна «Мотор Січ» МС-10, що встановлюється на картинг, з використанням методик [14–16].

4.1 Розрахунок дифузора

При розрахунку дифузора визначають швидкості руху повітря в його різних перетинах і встановлюють основні конструктивні розміри.

Діаметри дифузорів підбирають таким чином, щоб при малій частоті обертання колінчастого вала і прикритої дросельної заслінки отримати $\omega_B > 40 \dots 50$ м/с, а при великій частоті обертання валу і повністю відкритій дросельної заслінки $\omega_B > 120 \dots 150$ м/с [15]. При цьому, якщо автомобіль призначений для їзди по автомагістралях з високими швидкостями руху, доцільно орієнтуватися на більш низькі швидкості повітря в дифузорі. Для картингу, який експлуатується при відносно невеликих швидкостях, необхідні більш високі швидкості повітря в дифузорі. При зменшенні діаметру дифузора до певної величини будуть поліпшуватися динамічні якості автомобіля при розгоні малих швидкостей за рахунок збільшення швидкості повітря і розрідження в ньому, при збільшенні дифузору – навпаки.

Теоретичну швидкість повітря при $n_N = 5500$ хв⁻¹ приймаємо рівною $\omega_B = 150$ м/с.

Розрідження в дифузорі при $\omega_B = 150$ м/с:

$$\Delta p_d = \frac{\omega_B^2 \cdot \rho_o}{2}, \quad (4.1)$$

$$\Delta p_d = \frac{150^2 \cdot 1,169}{2} = 13151,3 \text{ Па},$$

де $\rho_o = 1,169 \text{ кг/м}^3$ – щільність повітря (з теплового розрахунку).

Дійсна швидкість повітря в дифузорі

$$\begin{aligned} \omega_d &= \mu_d \cdot \omega_B, \\ \omega_d &= 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ м/с}, \end{aligned} \quad (4.2)$$

де μ_d – коефіцієнт витрати повітря дифузора;

$\mu_d = 0,8$ визначено при $\Delta p_d = 13151,3 \text{ Па}$ за рисунком 1.3 [14].

Дійсна секундна витрата повітря через дифузор

$$\begin{aligned} G_B &= \eta_v \frac{\pi D^2}{4} S \frac{n i}{120} \rho_o, \\ G_B &= 0,745 \frac{3,14 \cdot 0,079^2}{4} \cdot 0,062 \cdot \frac{5500 \cdot 1}{120} \cdot 1,169 = 0,01212 \text{ кг/с}, \end{aligned} \quad (4.3)$$

де $\eta_v = 0,745$ – коефіцієнт наповнення (з теплового розрахунку);

$D = 0,079 \text{ м}$ – діаметр циліндра (з теплового розрахунку);

$S = 0,062 \text{ м}$ – хід поршня (з теплового розрахунку);

$n = 5500 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання колінчастого валу;

$i = 1$ – число циліндрів.

Діаметр дифузора

$$\begin{aligned} d_d &= \sqrt{\frac{4 G_B}{\pi \cdot \mu_d \cdot \omega_B \cdot \rho_o}}, \\ d_d &= \sqrt{\frac{4 \cdot 0,009396}{3,14 \cdot 0,82 \cdot 150 \cdot 1,205}} = 10,4 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (4.4)$$

4.2 Розрахунок головного жиклера

Теоретична швидкість палива при витіканні з головного жиклера

$$\omega_{\text{тг}} = \sqrt{2 \left(\frac{\Delta p_{\text{Д}}}{\rho_{\text{Т}}} - g \cdot \Delta h \right)}, \quad (4.5)$$

$$\omega_{\text{тг}} = \sqrt{2 \left(\frac{13151,25}{740} - 9,81 \cdot 0,004 \right)} = 5,896 \text{ м/с}$$

де $\Delta p_{\text{Д}}$ – розрідження в дифузорі, Па;

$\rho_{\text{Т}} = 740 \text{ кг/м}^3$ – щільність палива (бензину);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

Δh – умовна висота стовпа палива, що затримує витікання палива з розпилювача, м:

$$\Delta h = (\Delta h_1 + \Delta h_{\text{пн}}); \quad (4.6)$$

де $\Delta h_1 = 0,02 \dots 0,05 \text{ м}$ – відстань між рівнем палива в камері поплавця і гирлом розпилювача. Прийнято $\Delta h_1 = 0,04 \text{ м}$.

$\Delta h_{\text{пн}}$ – кутова висота стовпа, пропорційна силам поверхневого натягу палива при витіканні його з гирла розпилювача (для бензину величина $\Delta h_{\text{пн}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ і нею зазвичай нехтують).

Дійсна швидкість палива при витіканні з головного жиклера

$$\omega_{\text{жг}} = \mu_{\text{жг}} \cdot \omega_{\text{тг}}, \quad (4.7)$$

$$\omega_{\text{жг}} = 0,79 \cdot 5,896 = 4,658 \text{ м/с},$$

де $\mu_{жг}$ – коефіцієнт витрати палива через жиклер;

$$\mu_{жг} = 0,78 \text{ – визначено за рисунком 2.2 [14] при виборі жиклера з } \frac{l_{ж}}{d_{ж}} = 6.$$

Годинна витрата палива на номінальному режимі розраховується за даними ефективної потужності і питомої витрати палива, отриманих в тепловому розрахунку (див. формулу 3.29):

$$G_T = g_e \cdot N_e = 2,736 \text{ кг/год.} \quad (4.8)$$

Паливо подається через один головний жиклер, приймаємо витрату палива через головний жиклер $G_{т.г} = 0,000760 \text{ кг/с}$.

Діаметр головного жиклера:

$$d_{ж.г} = \sqrt{\frac{16 \cdot G_{т.г}}{\pi \cdot \mu_{ж.г} \cdot w_{т.г} \cdot \rho_t}}, \quad (8.9)$$
$$d_{жг} = \sqrt{\frac{16 \cdot 0,00076}{3,14 \cdot 0,78 \cdot 5,896 \cdot 740}} = 0,000537 \text{ м.}$$

Округляємо до найближчого максимального значення із стандартного ряду $d_{жг} = 0,55 \text{ мм}$.

Конструкцією карбюратора передбачений жиклер пускового пристрою. Пусковий пристрій карбюратора призначене для збагачення горючої суміші при запуску двигуна. Приймаємо діаметр пускового пристрою $d_{ж.п} = 0,55 \text{ мм}$.

4.3 Розрахунок характеристики карбюратора

Характеристику карбюратора будують в межах Δp_d при $n_{\min} = 1200 \text{ хв}^{-1}$ (оберти холостого ході двигуна) до Δp_d при $n_{\max} = 6000 \text{ хв}^{-1}$. Визначення Δp_d при

повністю відкритій дросельній заслінці і заданій частоті обертання колінчастого вала здійснюється підбором значення коефіцієнта витрати μ_d , відповідного до отриманих значень розрідження в дифузорі Δp_d за формулою:

$$\Delta p_d = \left[\frac{\eta_v}{\mu_d} \left(\frac{D}{d_d} \right)^2 \cdot S \cdot \frac{n \cdot i}{120} \right]^2 \cdot \frac{\rho_0}{2} \quad (4.10)$$

Для розраховуваного діапазону обертів двигуна $n = 1200 \dots 6000 \text{ хв}^{-1}$ приймаємо значення $\mu_d = 0,79$, з подальшим коригуванням.

Тоді при $n_{\max} = 6000 \text{ хв}^{-1}$:

$$\Delta p_{d(6000)} = \left[\frac{0,7}{0,79} \left(\frac{0,079}{0,01} \right)^2 \cdot 0,062 \cdot \frac{6000 \cdot 1}{120} \right]^2 \cdot \frac{1,169}{2} = 17177,4 \text{ Па}$$

Встановивши дійсні значення Δp_d , уточнюємо μ_d та ще раз перераховуємо Δp_d . Прийняті та розраховані значення Δp_d , μ_d , n , η_v заносимо до таблиці 4.1.

Секундна витрата повітря через дифузор в залежності від розрядження:

$$G_b = \frac{\pi \cdot d_d^2}{4} \cdot \mu_d \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_0 \cdot \Delta p_d}, \quad (8.11)$$

$$G_{b(6000)} = \frac{3,14 \cdot 0,01^2}{4} \cdot 0,79 \cdot \sqrt{2 \cdot 1,169 \cdot 17177,4} = 0,01243 \text{ кг/с.}$$

Теоретична швидкість витікання палива з головного жиклера:

$$w_{т.г} = \sqrt{\frac{2}{\rho_t} \cdot (\Delta p_d - g \cdot \Delta h \cdot \rho_t)}, \quad (8.12)$$

$$\omega_{\text{т.г}(6000)} = \sqrt{\frac{2}{740} \cdot (17177,4 - 9,81 \cdot 0,04 \cdot 740)} = 6,756 \text{ м/с.}$$

Витрата палива через головний жиклер:

$$G_{\text{т.г}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ж.г}}^2}{4} \cdot \mu_{\text{ж.г}} \cdot \omega_{\text{т.г}} \cdot \rho_{\text{т}}, \quad (8.13)$$

$$G_{\text{т.г}(6000)} = \frac{3,14 \cdot 0,00055^2}{4} \cdot 0,8 \cdot 6,756 \cdot 740 = 0,0009497 \text{ кг/с.}$$

де $\mu_{\text{жг}}$ визначено за рисунком 2.2 [14] при виборі жиклера з $\frac{l_{\text{ж}}}{d_{\text{ж}}} = 6$.

Загальна витрата палива: $G_{\text{т}} = G_{\text{т.г}}$, т.к в карбюраторі один жиклер (відсутній економайзер).

Коефіцієнт надлишку повітря (для карбюратора з одним головним жиклером):

$$\alpha = \frac{G_{\text{в}}}{G_{\text{т}} \cdot \ell_0} = \left(\frac{d_{\text{д}}}{d_{\text{ж.г}}} \right)^2 \cdot \frac{\mu_{\text{д}}}{\ell_0 \cdot \mu_{\text{ж.г}}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_{\text{т}}} \cdot \frac{\Delta p_{\text{д}}}{\Delta p_{\text{д}} - g \cdot \Delta h \cdot \rho_{\text{т}}}} \quad (8.14)$$

$$\alpha = \left(\frac{0,01}{0,00055} \right)^2 \cdot \frac{0,79}{14,96 \cdot 0,8} \cdot \sqrt{\frac{1,169}{740} \cdot \frac{17177,4}{17177,4 - 9,81 \cdot 0,04 \cdot 740}} = 0,875.$$

Всі розраховані характеристики карбюратора заносимо до таблиці 4.1.

4.4 Висновки до розділу

Графік зміни коефіцієнта надлишку повітря α від частоти обертання двигуна n показано на рисунку 4.1, а характер зміни годинної витрати палива від частоти обертання двигуна n – на рисунку 4.2.

Таблиця 4.1 – Розрахункова характеристика карбюратора

Параметри	Розрідження в дифузорі Δp_d , Па						
	1237,6	2928,4	5676,1	8878,6	12676,3	16349,2	17177,4
$n, \text{хв}^{-1}$	1200	2000	2800	3600	4400	5500	6000
μ_d	0,74	0,82	0,82	0,81	0,79	0,79	0,79
η_v	0,88	0,9	0,895	0,86	0,82	0,745	0,7
$G_B, \text{кг/с}$	0,00312	0,00533	0,00742	0,00916	0,01068	0,01212	0,01243
$\mu_{ж.г}$	0,82	0,81	0,79	0,78	0,78	0,79	0,8
$\omega_{т.г}, \text{м/с}$	1,600	2,670	3,815	4,818	5,786	6,588	6,756
$G_{т.г}, \text{кг/с}$	0,0002305	0,0003801	0,0005296	0,0006603	0,0007930	0,0009146	0,0009497
$G_{т.г}, \text{кг/год}$	0,830	1,368	1,907	2,377	2,855	3,292	3,419
α	0,906	0,937	0,936	0,927	0,900	0,886	0,875

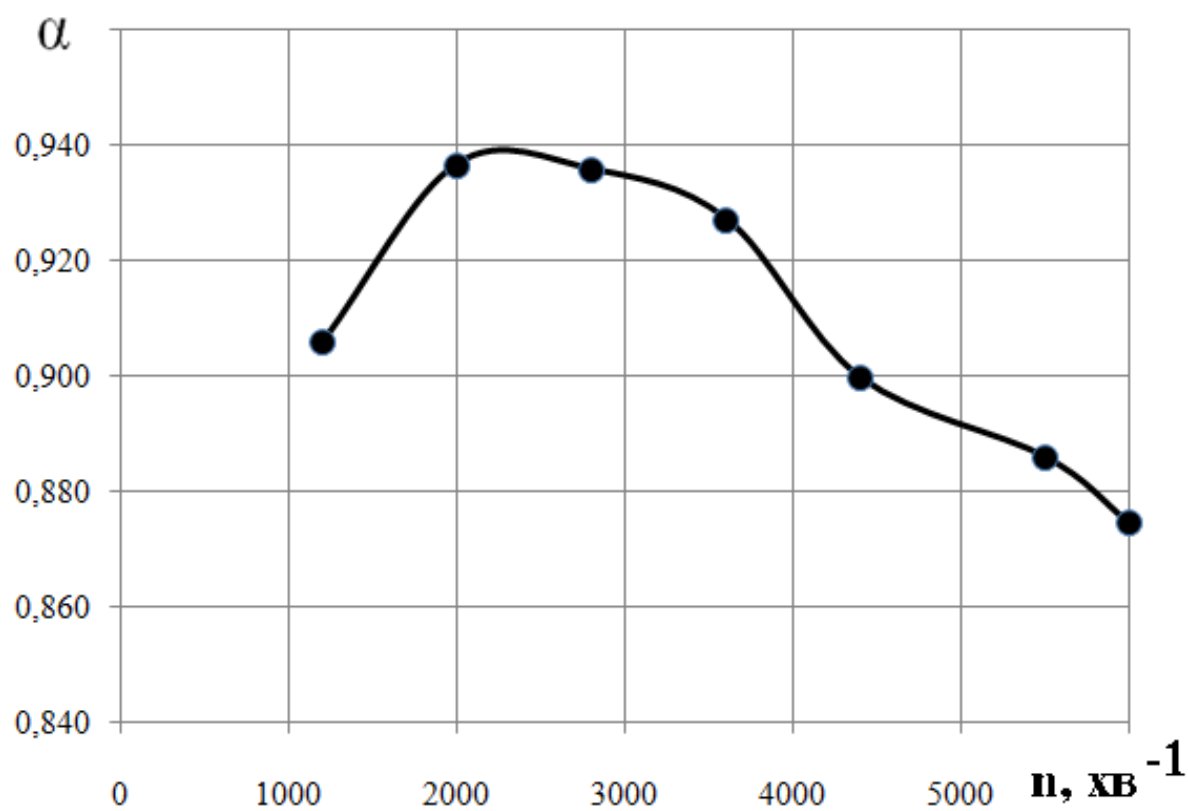


Рисунок 4.1 – Графік зміни коефіцієнта надлишку повітря α від частоти обертання двигуна n

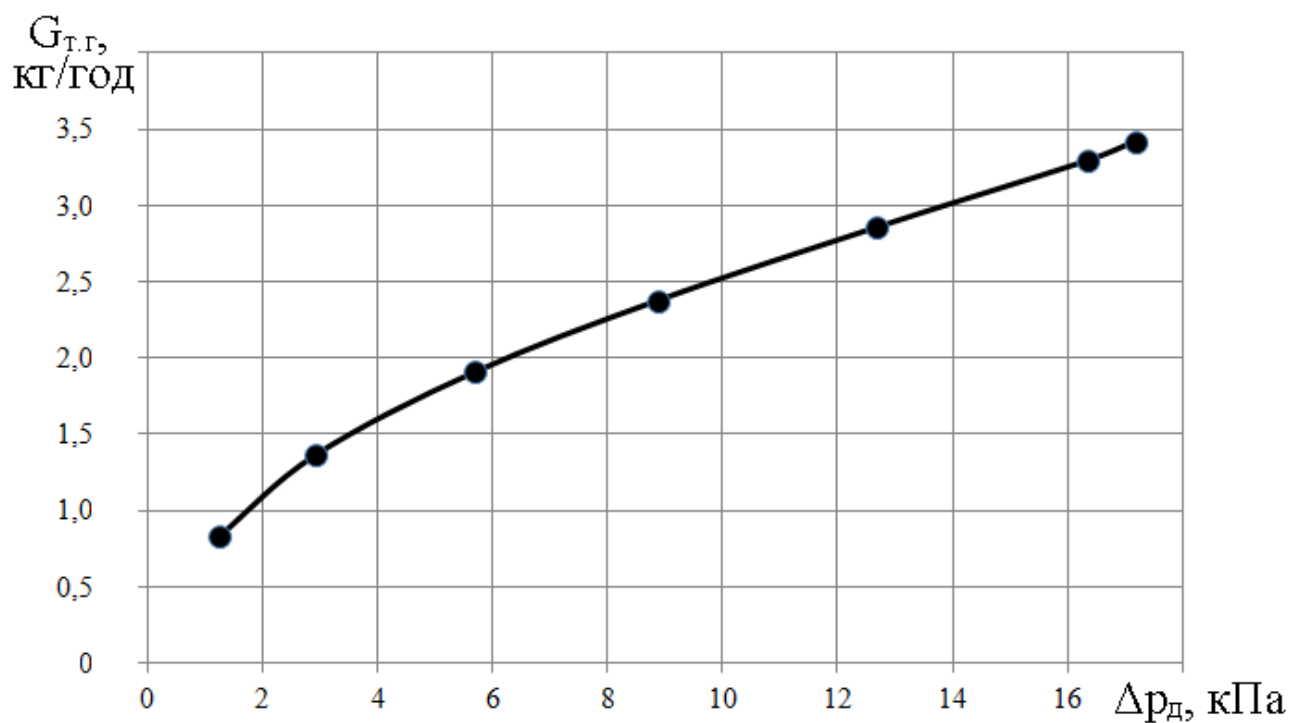


Рисунок 4.2 – Графік зміни годинної витрати палива від частоти обертання двигуна n

За отриманою розрахунковою характеристикою карбюратора можна зробити висновок, що коефіцієнт надлишку повітря розрахованого карбюратора на номінальному режимі $\alpha = 0,886$ дещо відрізняється від прийнятої в тепловому розрахунку ($\alpha = 0,85$), похибка складає 4,2 %. Розрахований карбюратор в першому наближенні відповідає пред'явленим до нього вимогам при роботі двигуна картингу на режимах середніх та високих обертів.

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАЛИВОПОДАЧІ НА ПОТУЖНІСТЬ ДВИГУНА МС-10 ДЛЯ КАРТИНГУ

5.1 Визначення показників двигуна МС-10 при $\alpha = \text{var}$

З аналізу літературних джерел встановлено, що для двигуна-приводу карту найважливішим параметром є потужність. Показники економічності, шумності, екологічності не є першочерговими.

Для дослідження впливу паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для картингу визначаємо основним показником паливоподачі коефіцієнт надлишку повітря α . Величина α є конструктивним та регульовальним параметром, що залежить від багатьох чинників (див. розділ 4).

За методикою, наведеній в розділі 3.1, готуємо дані для теплового розрахунку двигуна, приймаючи, що коефіцієнт надлишку повітря двигуна МС-10 може мати значення $\alpha = 0,8 \dots 1,0$. Приймаємо цей діапазон для варіативних розрахунків, з кроком 0,05. Також перераховуємо величину циклової масової подачі палива $\Delta m_{\text{тц}}$, що залежить від величини α (див. формулу 3.18). Результати зводимо до таблиці 5.1.

За допомогою комп'ютерної програми DVS-2 виконуємо теплові розрахунки двигуна МС-10 на номінальному режимі, при $\alpha = 0,8$, $\alpha = 0,9$, $\alpha = 0,95$, $\alpha = 1$. Отримані протоколи № 2, 3, 4, 5 наведені в додатку А.

В кінці кожного протоколу наведені циклові та питомі індикаторні показники двигуна, з яких за формулами 3.26–3.29 розраховуємо ефективні показники двигуна МС-10. Індикаторні та ефективні показники двигуна МС-10 зведено до таблиці 5.2, показано їх залежність від показників паливоподачі.

Таблиця 5.1 – Початкові дані для розрахунку робочого циклу двигуна МС-10 до програми Engine Calculation

№	Найменування величини	Численні величини					Позначення і одиниці виміру
I.	Код двигуна	0	0	0	0	0	У
II.	Вид розрахунку	0	1	0	0	0	–
III.	1. Теплота згорання палива 2. Показник процесу згорання		44000000 3,6				$H_{\text{ут}}$, Дж/кг m_1
IV.	3. Кількість циліндрів 4. Рядний (1); V-подібний (0) 5. Діаметр циліндра 6. Площа поршня 7. Радіус кривошипа 8. Відношення λ_k 9. Площа теплообміну поршня 10. Площа теплообміну кришки 11. Об'єм камери стиснення		1 1 0.079 0.0048992 0.031 0.31 0.005389 0.005879 0.0000405				i – D , м F_p , м ² r_k , м λ_k F_p' , м ² F_k , м ² V_c , м ³
V.	12. Тиск наддуву 13. Температура повітря		100000 298				p_k , Па T_k , К
VI.	14. Кут початку згорання 15. Кут кінця згорання		330 380				φ_c , град. φ_z , град.
VII.	16. Кутова швидкість валу 17. Коефіцієнт надлишку повітря 18. Циклова подача палива 19. Середня температура стінок	0,8 0.00002211	575,7 0,85 0.00002081 500	0,9 0.00001965	0,95 0.00001862	1,0 0.00001769	ω , рад/с α $\Delta m_{\text{тц}}$, кг/цикл T_w , К
VIII.	20. Тиск 21. Температура 22. Маса робочого тіла 23. Об'єм робочої порожнини		90000 370,9 0,0002910 0,0003442				p_a , Па T_a , К m_a , кг/цикл V_a , м ³
IX.	24. Маса поступально рухомих частин (приведена)		0,723				m_A , кг
X.	Розрахунковий крок		1				$\Delta\varphi$, град.

Таблиця 5.2 – Індикаторні та ефективні показники двигуна МС-10

Показник	Значення				
α	0,8	0,85	0,9	0,95	1
$\Delta m_{\text{тц}}, \text{ г/цикл}$	0,02211	0,02081	0,01965	0,01862	0,01769
$L_i, \text{ Дж/цикл}$	329,4	338,7	346,8	354,1	360,6
$p_i, \text{ МПа}$	1,085	1,115	1,142	1,166	1,187
$g_i, \text{ кг/(кВт·год)}$	0,241	0,221	0,466	0,189	0,177
η_i	0,471	0,469	0,203	0,465	0,463
$N_e, \text{ кВт}$	7,55	7,76	7,95	8,11	8,26
$g_e, \text{ кг/(кВт·год)}$	0,482	0,442	0,406	0,378	0,354
$G_T, \text{ кг/год}$	3,638	3,431	3,227	3,067	2,925
η_e	0,2355	0,235	0,233	0,2325	0,2315
$p_e, \text{ МПа}$	0,5425	0,558	0,571	0,583	0,5935

За таблицею 5.2 визначаємо вплив коефіцієнта надлишку повітря α на ефективні показники двигуна «Мотор Січ» МС-10, що працює на номінальному режимі: потужність N_e та питому витрату палива g_e .

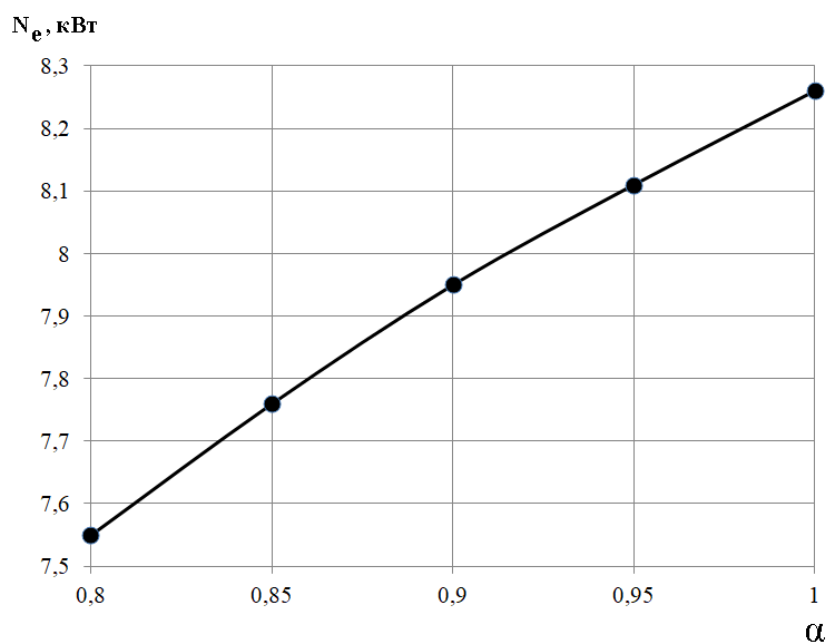


Рисунок 5.1 – Вплив коефіцієнта надлишку повітря α на ефективну потужність двигуна МС-10

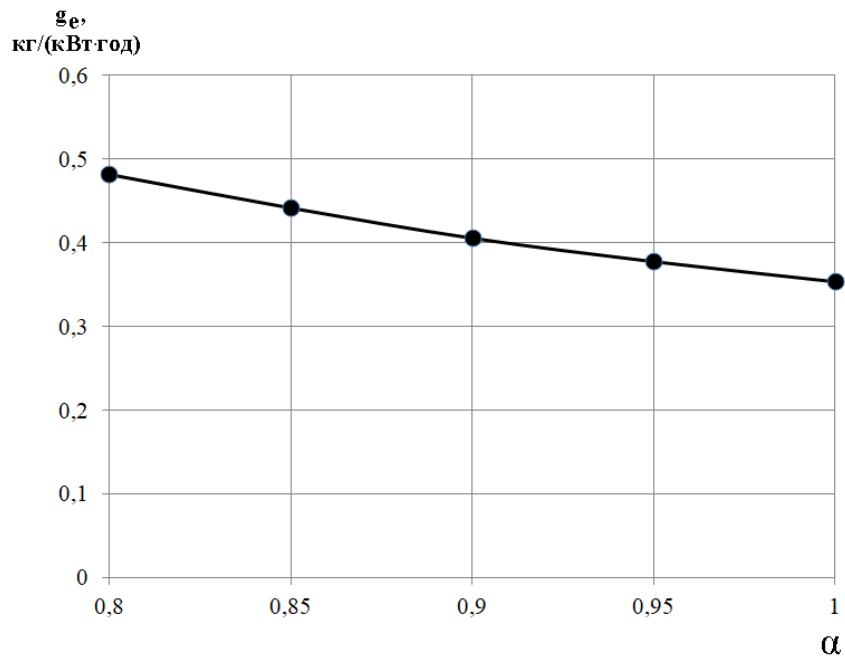


Рисунок 5.2 – Вплив коефіцієнта надлишку повітря α на питому витрату палива двигуна МС-10

З рисунку 5.1 видно, що збіднення паливоповітряної суміші на величину $\alpha = 0,05$ призводить до збільшення ефективної потужності N_e на 1,8...2,8 % та зменшення ефективної витрати палива g_e на 6,3...8,3 %. Такий результат пояснюється тим, що через швидкоплинність процесу згорання на номінальному режимі ($n = 5500 \text{ хв}^{-1}$) частина повітря не встигає окислитися (згоріти). І чим менше в циліндрі повітря, тобто чим багатша суміш ($\alpha \ll 1$), тим більша частка палива не встигає догоріти в циліндрі. Це паливо або догоряє у випускній системі, або викидається в атмосферу – так звані «неспалені вуглеводні». З огляду на те, що в нашому випадку двигун МС-10 встановлено на карт, можна вважати, що для двигуна бажаним є робота на паливоповітряній суміші зі складом $\alpha \rightarrow 1$.

За результатами теплового розрахунку (протоколи № 1–5, додаток А) будуємо індикаторні діаграми двигуна МС-10 на номінальному режимі, при коефіцієнтах надлишку повітря $\alpha = 0,8$, $\alpha = 0,85$, $\alpha = 0,9$, $\alpha = 0,95$, $\alpha = 1$ (див. рис. 5.3, 5.4).

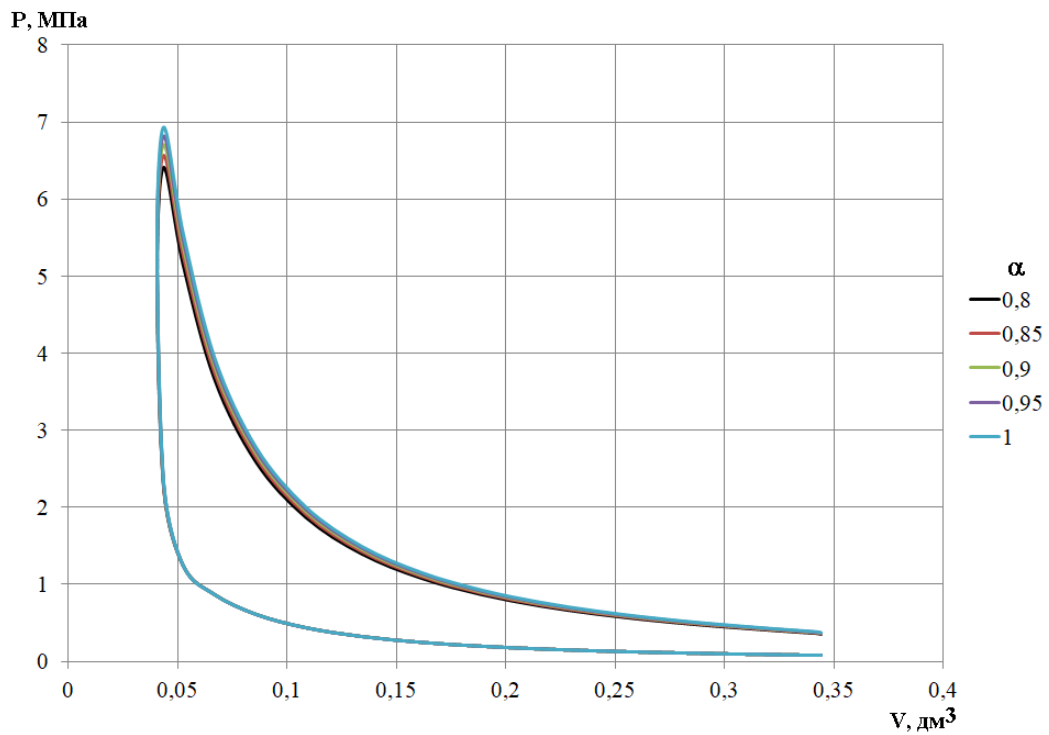


Рисунок 5.3 – Індикаторні діаграми залежності тиску від об’єму циліндра двигуна МС-10 на номінальному режимі при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α

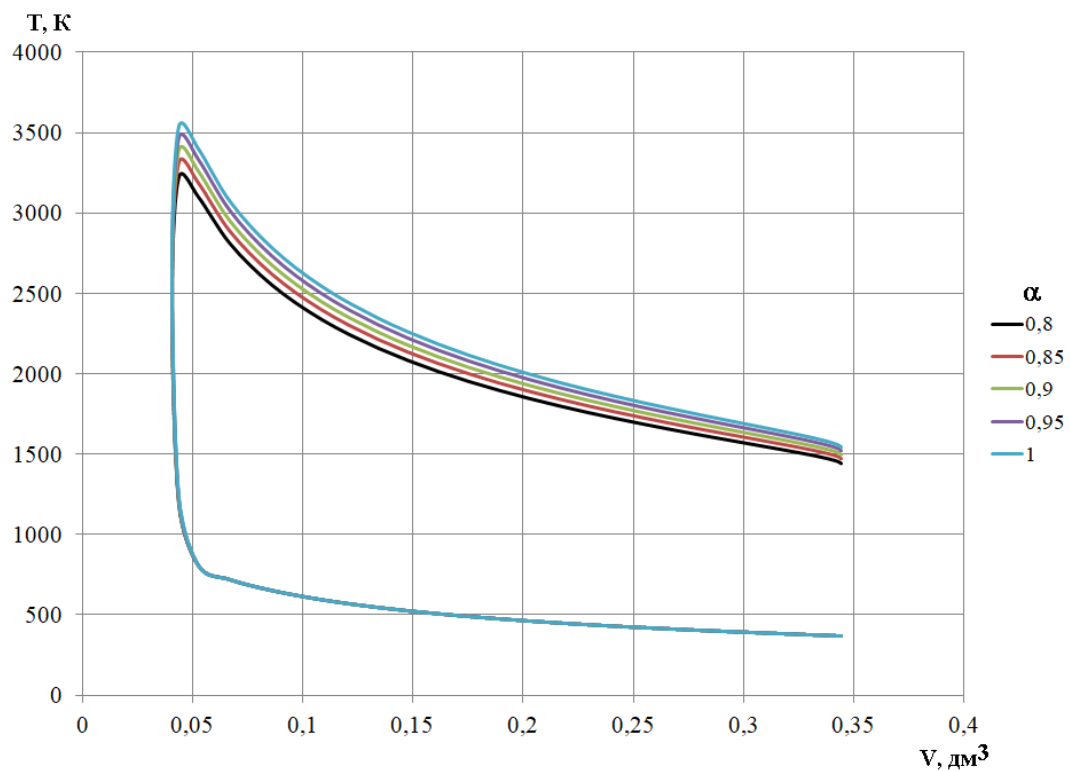


Рисунок 5.4 – Індикаторні діаграми залежності температури від об’єму циліндра двигуна МС-10 на номінальному режимі при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α

З графіку на рисунку 5.3 можна зробити висновок, що збіднення паливоповітряної суміші сприяє зростанню тиску в циліндрі. Зростання α на 0,05 збільшує максимальний тиск $p_{\max}$ в середньому на 0,13 МПа (див. табл. 5.3), тобто на 2,0 %.

Таблиця 5.3 – Значення максимальних температури і тиску в циліндрі двигуна МС-10 на номінальному режимі при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α

α	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0
$p_{\max}$	6,408	6,564	6,702	6,826	6,938
$T_{\max}$	3220,2	3311,5	3392,6	3466,4	3532,8

Для двигуна МС-10, що призначений для встановлення на карт, зростання максимального тиску при збідненні суміші (збільшення α) не є проблемою через достатній запас міцності двигуна. Це можна стверджувати на основі основного призначення двигуна (мотоблок) та тривалого досвіду експлуатації двигуна.

З графіку на рисунку 5.4 можна зробити висновок, що збіднення паливоповітряної суміші сприяє зростанню температури в циліндрі. Зростання α на 0,05 збільшує максимальну температуру $T_{\max}$ в середньому на 78 К (див. табл. 5.3), тобто на 2,4 %.

Варто зазначити, що має місце зростання не тільки максимальної температури, а також її зростання під час всього процесу розширення робочого тіла в циліндрі ($\varphi = 360 \dots 540^\circ$ ПКВ), що потребує додаткового дослідження.

5.2 Визначення зміни теплового стану двигуна МС-10

Теплові розрахунки ДВЗ, проведені у розділах 3.1 і 5.1, були виконані комп'ютерній програмі Engine Calculation, що побудована на основі фізико-математичної моделі (ФММ) другої модифікації (див. розділ 2.4). Під час цих розрахунків, окрім результатів, наведених у додатку А, було визначено ряд інших величин, зокрема, встановлено значення елементарної кількості теплоти за рахунок теплообміну зі стінками dQ_w при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α (див. додаток Б).

У ФММ елементарна кількість теплоти за рахунок теплообміну зі стінками визначається за формулою Ньютона-Ріхмана [12]:

$$dQ_w = \alpha_w F_w (T_w - T) \frac{d\varphi}{\omega}, \quad (5.1)$$

де α_w – коефіцієнт тепловіддачі на границі робоче тіло - тверда стінка;

F_w – площа поверхні тепловіддачі;

T_w – температура стінки;

T – температура робочого тіла;

ω – кутова швидкість обертання кривошипа.

Впродовж робочого циклу ДВЗ можливі різні співвідношення між температурами T_w і T . Якщо $T_w > T$, то величина $dQ_w > 0$, що означає наявність підведення теплоти від стінок до робочого тіла (таке положення має місце при впусканні і на початку стискування). Якщо $T_w < T$, то величина $dQ_w < 0$, при цьому теплота відводиться від робочого тіла в стінку (при згорянні, розширенні, випуску). Якщо $T_w = T$, то величина $dQ_w = 0$; теплообмін із зовнішнім середовищем відсутній, що можливо тільки в певний момент процесу стиснення [12].

Зміну елементарної кількості теплоти за рахунок теплообміну зі стінками

dQ_w від кута повороту кривошипа φ при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α показано на рисунку 5.5.

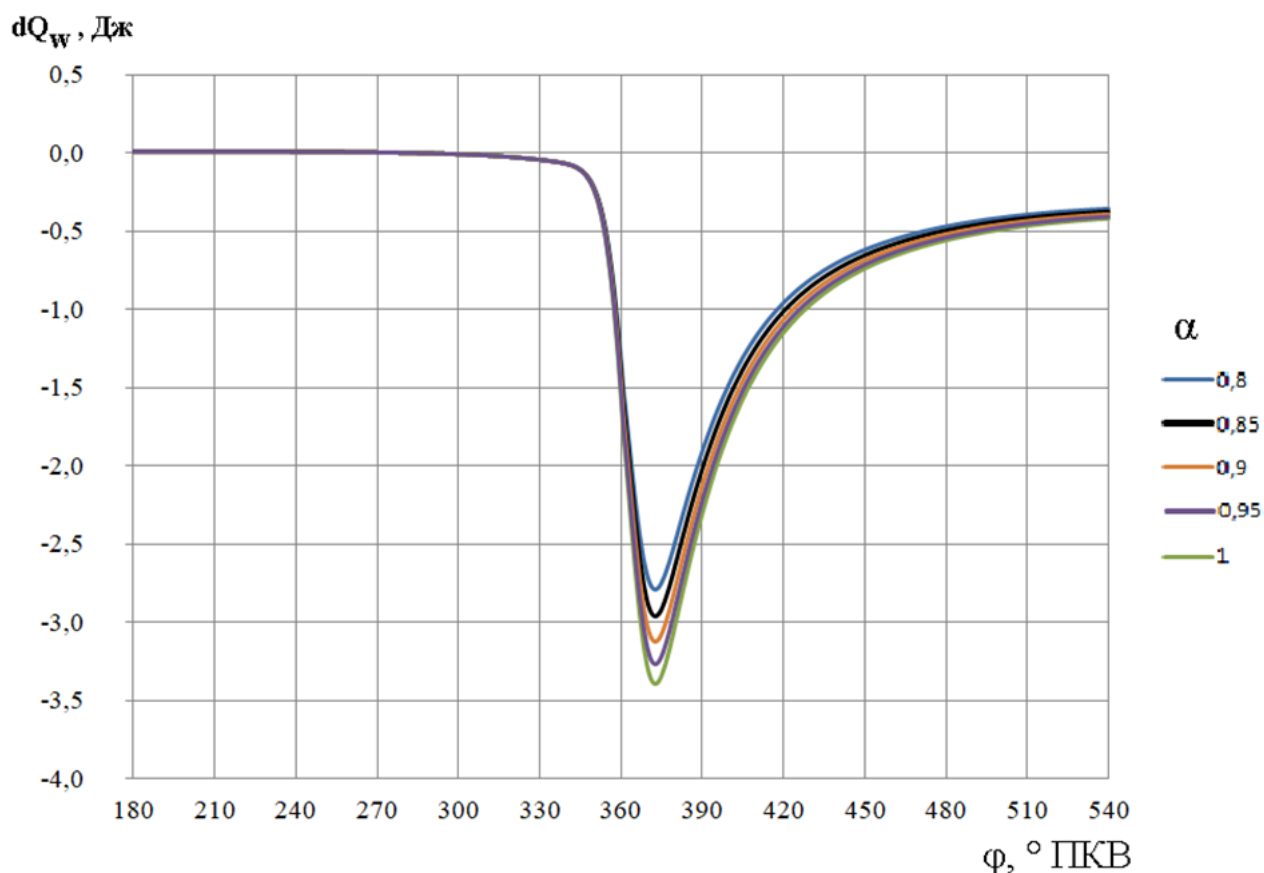


Рисунок 5.5 – Зміна елементарної кількості теплоти за рахунок теплообміну зі стінками dQ_w від кута повороту кривошипа φ при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α

З рисунку 5.5 та додатку Б випливає, що в кінці процесу впуску і на початку процесу стиснення має місце підігрів робочої суміші від стінок камери згорання ($dQ_w > 0$). При $\varphi = 289^\circ$ ПКВ має місце так звана квазіадіабатна точка, коли $dQ_w = 0$. Весь інший час робоче тіло нагріває стінки камери згорання.

Згідно значень dQ_w для кожного кута повороту кривошипа $d\varphi = 1^\circ$ ПКВ (див. додаток Б), визначаємо $\sum_{\varphi=1}^{720} dQ_w$ для двигуна МС-10 при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α (див. табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Величина $\sum dQ_w$

α	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0
$\sum dQ_w$, Дж	-312,81	-329,28	-344,15	-357,82	-368,04

З таблиці 5.4 видно, що зі збільшенням коефіцієнта надлишку повітря α на 0,05 кількість теплоти, що відводиться до стінок, отже, має бути видалена з двигуна системою охолодження, зростає в середньому на 0,7...1,3 %. В розділі 5.1 було встановлено, що зростання α на 0,05 збільшує максимальну температуру $T_{\max}$ в середньому на 78 К (на 2,4 %).

Таким чином, при форсуванні двигуна МС-10 одним з лімітуючих факторів збільшення потужності є необхідність підвищення ефективності системи охолодження. Також варто відмітити, що існуючі математичні моделі розрахунку робочого циклу ДВЗ не враховують якість розпилювання палива при сумішоутворенні. Таким чином, можна стверджувати, що оптимальне значення коефіцієнта надлишку повітря α для двигуна МС-10 складає 0,8..0,85.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Згідно теми магістерської роботи «Дослідження впливу паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для картингу» в розділі визначено основні небезпеки та заходи по їх усуненню.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

а. Недоліки в організації робочого місця дослідника в приміщенні дослідницької лабораторії, що може призвести до зниження працездатності та в подальшому – захворювання опорно-рухового апарату.

б. Можливість ураження електричним струмом, де основними причинами можуть бути: порушення правил з електробезпеки, що може призвести к травмам або до летального наслідку.

в. Небезпеки, які пов'язані під час підготовки до випробувань двигуна, зокрема: можливістю отриманню механічних травм при заміні системи паливоподачі, при установці датчиків кількості обертів; негативний вплив шуму при роботі двигуна.

г. Можливість отруєння випаровуваннями бензину, внаслідок відсутності або несправності місцевої витяжної вентиляції. Подразнююча дія при потрапленні палива на відкриті ділянки шкіри, невикористання індивідуальних засобів захисту.

д. Негативний вплив надмірних рівнів шуму при випробуванні двигуна, що може призвести до захворювань органів слуху.

е. Незадовільні параметри повітряного середовища в приміщенні дослідницької лабораторії, внаслідок неефективної роботи систем опалення та кондиціонування (повітрообміну).

є. Незадовільний рівень освітлення приміщення дослідницької лабораторії.

ж. Небезпеки, які пов'язані з використанням ПК при обробці отриманих результатів, зокрема: негативний вплив ПК, локальне стомлення; загальна втома; електромагнітне випромінювання; електростатичні поля.

з. Можливість загорянь бензину, або вибухів парів бензину.

и. Небезпеки, які пов'язані з умовами праці в надзвичайних ситуаціях.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

а. Заходи безпеки, при організації робочого місця дослідника

Одна з головних умов підвищення працездатності – правильно організоване робоче місце. Робоче місце дослідника – це сукупність усього того, що використовується в роботі, тобто меблі, комп'ютер, інші організаційно-технічні засоби.

На продуктивність розумової праці впливають відволікаючі, розсіюючі фактори: шум, розмови, переміщення сторонніх осіб, невміння дослідника довго концентрувати увагу на об'єкті дослідження. Ці фактори слід враховувати при організації праці дослідника.

Велику роль у продуктивності розумової праці відіграє звичка до місця роботи, робоча обстановка. Поняття робочої обстановки включає в себе робоче приміщення (кімната, кабінет, лабораторія, бібліотека); робочу зону (письмовий стіл, стілець, шафа, стелаж) і розміщення предметів у ній, температура і вологість повітря навколишнього середовища, освітлення (природне, штучне); звукове поле (шум, вібрація). При цьому необхідно керуватись НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників».

Кожному працівникові необхідно організувати робоче місце згідно з вимогами до технологічного процесу, обладнання, інструментів, пристосуванням та інших засобів праці.

Забезпечення сприятливих умов праці передбачає створення фізіолого-гігієнічного комфорту для виконання науково-дослідних робіт. Дослідники під час роботи працюють переважно сидячи за столом. Тому дуже важливо, щоб площа та об'єм робочою зони відповідали вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги».

Дослідження показують, що висота конторського стола має відповідати висоті ліктів людини у положенні сидячи, висота стільця - висоті колінного суглоба над підлогою, беручи до уваги висоту каблука. Сидіння стільця не повинно бути плоским. Незначне заглиблення створює зручність для робочої пози дослідника. Більш зручні та гігієнічні стільці з м'яким сидінням. Спинка стільця має бути широкою і вигнутою, за формою спини людини. Вимоги до стула наведено в Частині 5 «Вимоги до компонування робочого місця та до робочої пози» ДСТУ ISO 9241-5:2004 «Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі».

На столі не повинно бути нічого зайвого. Оскільки погляд працюючого здебільшого спрямований на лівий бік стола, то на ньому розміщують ще не виконані документи, праворуч - виконані. Розташовуючи столи у робочому приміщенні дослідника, слід виходити із цілей підвищення продуктивності праці при мінімумі витрат енергії. Одночасно беруть до уваги фізіолого-гігієнічні фактори - об'єм, площу, напрям денного світла і штучного освітлення, що падає на стіл.

До найважливіших заходів НОП (Наукова організація праці) на робочому місці відносять також виробничу естетику і культуру праці, тобто раціональне поєднання кольору устаткування і робочої зони, чистоту на робочому місці, естетичне оформлення робочого місця, одягу, позу і культуру праці.

Отже, комплекс заходів НОП на робочому місці працівника, зайнятого науково-дослідною роботою, забезпечує збереження здоров'я і виконання досліджень з найбільшою ефективністю.

б. Заходи з електробезпеки забезпечується як організаційними, так і технічними засобами.

До організаційних відносяться: до роботи допускаються особи, не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, пройшли навчання і перевірку знань з електробезпеки згідно НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» та згідно НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» отримали певну групу з електробезпеки.

Електрообладнання повинно відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.21-98 та іншим діючим нормативним актам.

Експлуатацію і ремонт електроустановок повинен здійснювати спеціально підготовлений персонал. Для кожного електроспоживчого обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи.

Технічні заходи: подача електроенергії може здійснюватися по шинопроводам так і по кабельних лініях.

Розташування струмоведучих частин на недоступній висоті. Висота розташування визначається значенням напруги: при напрузі до 1000 В - не менше 3,5 м, при напрузі більше 1000 В - не менше 6 м.

Встановлено, що опір ізоляції електричних дротів повинен бути не менше 0,5 Ом. Одним з найбільш ефективних захисних заходів є подвійна електроізоляція.

Захисне заземлення або занулення - це навмисне електричне з'єднання металевих частин обладнання, що не проводять струм, але можуть опинитися під напругою, з землею або з захисним нульовим дротом. Електрообладнання

необхідно заземлювати або занулювати у відповідності з ПУЕ - 2013 «Правила улаштування електроустановок».

Електричне блокування - це автоматичні пристрої, за допомогою яких запобігаються небезпечні дії людини. Вимоги блокуючих пристроїв визначені ПУЕ - 2013.

в. Заходи безпеки, при підготовці двигуна до випробувань

Для виключення механічних травм, при виконанні монтажних робіт, працівники зобов'язані пройти навчання і перевірку знань з питань охорони праці та техніки безпеки згідно НАОП 10.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Необхідне запобігання нахождення персоналу у небезпечних зонах та передбачення встановлення захисних пристроїв. При роботі з інструментом необхідне виконання НПАОП 0.00-1.30-01 «Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями».

В якості індивідуального засобу захисту слід передбачити згідно НПАОП 0.00-4.26-96 «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту»:

- захисні окуляри;
- захисні фартухи.

6.3 Заходи по забезпеченню гігієнічної санітарії та гігієни праці

д. Для мінімізації негативного впливу шуму передбачено використання індивідуальних і колективних засобів захисту.

До колективних відносять: шумопоглинальні екрани; та винос шумогенеруючого обладнання в окреме приміщення, згідно ДБН В.2.5-67: 2013 «Опалювання, вентиляція та кондиціонування».

До індивідуальних засобів захисту від шуму належать: навушники (ВЦНІОТ-2); протишумові вкладиші (ФПОШ "Беруши"); шумозаглушувальні шоломи (ШШЗ-65, ШШЛ-65, ВЦНІИОТ-2М); шоломофони і протишумні костюми.

г. Для попередження отруєнь шкідливими речовинами передбачено устрій місцевої витяжної вентиляція, яка забезпечує вловлювання шкідливих виділень (газів, парів, пилу) безпосередньо в місцях їх виділення, а відтак запобігає їх поширенню в приміщенні. У промисловості застосовують різноманітні місцеві відсмоктувачі, які можна умовно поділити на відсмоктувачі відкритого та закритого типу.

Згідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом. Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування.

Для визначення необхідного повітрообміну у приміщенні необхідно провести розрахунки з урахуванням всіх аспектів.

Розрахунок повітрообміну за умови виділення шкідливих речовин (газів, парів, пилу), що надходять у робочу зону, з метою розбавлення їх до гранично допустимих концентрацій розраховується за формулою:

$$L = \frac{G \cdot 3600}{q_{ГДК} - q_{пр}}, \quad (6.1)$$

$$L = \frac{130 \cdot 3600}{5 - 1,5} = 133714,3 \text{ м}^3/\text{год},$$

де G – кількість шкідливих речовин, що виділяються у виробничому приміщенні, мг/с;

$q_{\text{ГДК}}$ – гранично допустима концентрація шкідливих речовин в приміщенні, мг/м³. Визначається з ГН 2.2.5.686–98 «Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Гігієнічні нормативи»;

$q_{\text{пр}}$ – концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі, що подається в приміщення, яке розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} q_{\text{пр}} &= 0,3 \cdot q_{\text{ГДК}}, \\ q_{\text{пр}} &= 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ мг/м}^3. \end{aligned} \tag{6.2}$$

З розрахунку видно, що для належного повітрообміну у приміщенні з об'ємом в 640 м³, потрібна вентиляція, яка забезпечить необхідний повітрообмін, який дорівнюватиме 133714,3 м³/год. Коефіцієнт кратності повітрообміну k при цьому буде дорівнювати 208,9 одиниць, тому загальнообмінна вентиляція стає неефективною. Природна вентиляція є дієвою, якщо температура повітря всередині виробничого приміщення на 5...8 °С вища за температуру припливного повітря. У випадках, коли кількість чи токсичність речовин, які виділяються у повітря приміщення є такими, що викликають необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища, застосовують штучну механічну вентиляцію, а саме місцеву витяжну вентиляцію.

е. Для ефективної роботи слід забезпечити належні метеоумови на робочому місці. Параметри мікроклімату приміщення встановлюють згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» в залежності від категорії робіт за важкістю. Для забезпечення цих параметрів передбачають системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря у

відповідності СНиП 2.04.05-91*У «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Заходи забезпечення належної чистоти повітря здійснюють згідно вимог ДСТУ EN 482:2016 «Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин». Використовують технологічні заходи і спеціальні методи і засоби нормалізації повітря робочої зони. Передбачають засоби контролю мікроклімату та чистоти повітря робочої зони.

Температурний режим за інших однакових умов також впливає на продуктивність праці. При низькій температурі у людини, що працює сидячи, німіють кінцівки, зменшується швидкість рухів. Теплий одяг, хоч і знижує втрату внутрішнього тепла, створює незручність і загальмовує рухи, прискорює стомлення. Підвищена температура також негативно позначається на продуктивності праці - прискорюється дихання, збільшується потовиділення, що призводить до втрати солі в організмі, з'являється відчуття слабості і втоми. Оптимальними параметрами температури у робочих приміщеннях дослідників є 19...21 °С, допустимими 18...22 °С, відносна вологість повітря 55...62 %.

Для забезпечення сприятливих умов праці на робочому місці дослідника необхідно, щоб повітря в кімнаті задовольняло вимоги гігієни. Від розмірів приміщення залежить чистота повітря. Незадовільним вважають повітря, яке містить 0,07 % вуглекислоти.

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції - вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати чисте і свіже.

Природна та штучна вентиляції повинні відповідати наступним санітарно-гігієнічним вимогам:

- створювати в робочій зоні приміщень нормовані метеорологічні умови праці (температуру, вологість і швидкість руху повітря);
- повністю усувати з приміщень шкідливі гази, пари, пил та аерозолі або розчиняти їх до допустимих концентрацій;
- не вносити в приміщення забруднене повітря ззовні або шляхом засмоктування із суміжних приміщень;
- не створювати на робочих місцях протягів;
- бути доступними для керування та ремонту під час експлуатації;
- не створювати під час експлуатації додаткових незручностей (наприклад, шуму, вібрацій, потрапляння дощу, снігу тощо).

Для нормалізації параметрів повітряного середовища в проекті передбачено: устрій технічних систем, які повинні забезпечувати параметри повітряного середовища у відповідності до норм, які вказані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Нормовані параметри повітряного середовища

Пора року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодна	18...22	40...60	0,1...0,3
Тепла	20...23	60...70	0,2...0,4

В холодний період необхідно передбачити установку парової, або водяної опалювальної системи. Для запобігання попадання холодного зовнішнього повітря в тамбур-шлюзах передбачені калорифери біметалічні типу КСк, КП-Ск згідно ДБН В.2.5–67:2013 «Опалювання, вентиляція та кондиціонування».

В літній період для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію, або загальнообмінну приточнообмінну вентиляцію згідно ДСТУ EN 482:2016 «Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин».

є. Освітлення є важливим фактором, що впливає на продуктивність праці дослідника. Добре освітлення дає змогу виконувати роботу, не напружуючи зір, створює відчуття бадьорості, посилює зорове сприймання. І навпаки, при поганому освітленні розвивається стан пригніченості, з'являється роздратованість і знижується увага, що призводить до помилок у виконанні науково-дослідних процедур.

Для працівників, зайнятих дослідженням, найсприятливішим є природне освітлення. Фізіологи стверджують, що при природному освітленні продуктивність праці на 10 % вища, ніж при штучному. У робочих приміщеннях освітлення може бути бічним, верхнім і комбінованим.

Для забезпечення рівномірного постійного освітлення робочих місць часто використовують штучне освітлення. Як джерела штучного освітлення застосовують електричні лампи розжарювання і люмінесцентні. Для достатнього освітлення робочого місця площа його повинна становити не менш як 33 % загальної площі зовнішніх стін. На якість штучного освітлення впливають розташовані поряд будинки, ступінь забрудненості вікон та інші причини. Освітлення має бути достатнім і не мигтіти, забезпечувати захист очей від прямого потрапляння світлових променів. Не повинно бути різких переходів від світла до тіні. Досить, якщо стіл 1,5 м завдовжки освітлюється однією настільною лампою потужністю 60 Вт, розташованою над ним на висоті 35 см.

Настільну лампу ставлять зліва і трохи попереду від працюючого, у противному разі тінь від правої руки погіршує видимість і перешкоджає працювати. Світло має бути м'яким і не осліплювати. Щоб запобігти осліпленню яскравим світлом, лампу прикривають зеленим або білим матовим абажуром. Краща гострота зору буває при білому освітленні, гірша - при голубому. Колір освітлення впливає не лише на зір, а й на загальне самопочуття і працездатність.

Для більшої ефективності як природного, так і штучного освітлення приміщення робочої кімнати рекомендується фарбувати у світлі тони. При цьому, чим світліше пофарбування стін, тим вища ефективність відбиття світла. Наприклад, коефіцієнт відбиття світла, що падає на поверхню білого кольору - 0,9, світло-жовтого - 0,75, салатного - 0,7, червоного - 0,29, темно-синього - 0,09 і чорного - 0,04.

Для забезпечення необхідного рівня освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» з урахуванням розряду зорової роботи (VII розряд, освітленість >200 лк).

ж. Технічними засобами, якими найчастіше користується дослідник, є персональний комп'ютер. Для забезпечення оптимальної працездатності і збереження здоров'я протягом часу роботи з комп'ютером повинні встановлюватися регламентовані перерви. Перед початком роботи необхідно переконатися, що монітори комп'ютера мають антиблікове покриття з коефіцієнтом відбиття не більше 0,5. Покриття повинне також забезпечувати зняття електростатичного заряду з поверхні екрана, іскріння і накопичення пилу. Корпус монітора повинен забезпечувати захист від іонізуючих та неіонізуючих випромінювань. Необхідно перевірити робоче положення комп'ютера відстань між стіною з віконними прорізами і столом має бути не менше 0,8 м. При невеликій кількості робочих місць бажано розташовувати столи біля протилежної стіни щодо віконних прорізів. Відстань між робочими столами повинно бути не менше 1,2 м. Не допускається знаходження другого робочого місця з боку задньої стінки комп'ютера.

Тривалість безперервної роботи з комп'ютером без регламентованої перерви не повинна перевищувати 2 годин. Під час регламентованого перерви з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку втоми доцільно виконувати комплекси вправ.

Монітор повинен бути розташований на робочому місці так, щоб поверхня екрана знаходилася в центрі поля зору на відстані 400...700 мм від очей користувача. Рекомендується розміщувати елементи робочого місця так, щоб витримувалася однакова відстань очей від екрана, клавіатури, тексту.

Зручна робоча поза при роботі з комп'ютером забезпечується регулюванням висоти робочого столу, крісла та підставки для ніг. Рациональною робочою позою може вважатися таке положення, при якому ступні працівника розташовані горизонтально на підлозі або підставці для ніг, стегна зорієнтовані у горизонтальній площині, верхні частини рук - вертикальні. Кут ліктьового суглоба коливається в межах 70...90°, зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20°, нахил голови 15...20°.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, де виконується робота на комп'ютерах, в тому числі на лазерних та світлодіодних принтерах, рекомендується збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів. Не рекомендується носити одяг з синтетичних матеріалів. Для зняття статичної електрики рекомендується час від часу доторкатися до металевих поверхонь.

Електромагнітне випромінювання згідно ДСН 239-96 «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» має показники, які наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 6.2 – Електромагнітне випромінювання дисплеїв і персональних комп'ютерів згідно ДСН 239-96

Вид електромагнітного випромінювання	Діапазон випромінювання	
	5...2000 Гц	2000...400000 Гц
Напруженість змінного електричного поля, В/м	25	2,5
Щільність магнітного потоку, нТл	100	25

У разі невідповідності електромагнітного випромінювання санітарним нормам передбачено: заміна моніторів з електронно-променевою трубкою на монітори з РК екраном з матовою поверхнею. Також випромінювання можна ослабити за допомогою зовнішнього захисного фільтру, обов'язково з провідниковим покриттям, що заземляється. Згідно ДСанПІН 3.3.2.007-98 "Гігієнічних вимог до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин".

У приміщеннях, де роботи виконують на обчислювальних машинах, при обмуровуванні стін і стелі використовують звукопоглинаючі матеріали - перфоровані конструкції, акустичну штукатурку та ін.

6.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

3. Проведений аналіз пожеж засвідчує, що близько 85 % пожеж відбувається внаслідок недбалості, халатності і недостатньої інформованості людей у тих чи інших у питаннях пожежної безпеки. Таким чином, існує реальна можливість істотно скоротити загальну кількість пожеж завдяки спланованому і конкретно направленому комплексу заходів протипожежного захисту:

– Усі працівники при прийнятті на роботу і за місцем роботи повинні проходити інструктажі з питань пожежної безпеки. Протипожежні інструктажі поділяються на вступний, первинний, повторний на робочому місці, позаплановий та цільовий.

– Обладнання і підтримання в справному стані блискавкозахисту на об'єктах згідно з вимогами ДБН 58-87 та РД 34.21.122-87 «Інструкція по влаштуванню блискавкозахисту будівель та споруд».

– Розміщення на території і об'єктах підприємства відповідних знаків безпеки, оформлених згідно з вимогами та рекомендаціями, викладеними у ДСТУ ІБО 6309:2007 «Знаки безпеки. Форма та колір».

– Керівник підприємства зобов'язаний вживати (у межах наданих йому прав) відповідних заходів реагування на факти порушень чи невиконання посадовими особами, іншими працівниками підприємства встановленого протипожежного режиму, вимог правил пожежної безпеки та інших нормативно-правових актів, що діють у цій сфері.

– Керівник підприємства зобов'язаний проводити службове розслідування випадків пожеж згідно з «Порядком обліку пожеж та їх наслідків», затвердженим Постановою КМУ № 2030 від 26.12.2003 року.

Для ліквідації пожежі у початковій стадії її розвитку, силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів.

Забезпечення засобами пожежогасіння території та об'єктів підприємства згідно з Додатку 2 «Правил пожежної безпеки в Україні», «Типовими нормами належності вогнегасників» (наказ МНС України від 02.04.2004 №151), «Правилами експлуатації вогнегасників» (наказ МНС від 02.04.2004 №152).

Для лабораторного приміщення визначаємо категорію приміщення за класом пожежі «А», матеріали за групою горючості «Г». Відповідно до площі приміщення 200 м² необхідно 5 вуглекислотних вогнегасників ВВК-5.

6.5 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

и. У разі загорання проводки, спробувати загасити вогнище вогню за допомогою вогнегасників, та звернутися до Державної служби України з

надзвичайних ситуацій. Якщо пожежу не вдалося загасити вогнегасником, виникає можливість розповсюдження пожежі по приміщенню.

З цивільного захисту відомо, що в умовах надзвичайних ситуацій найголовніше знати свої дії і чітко їх наслідувати. Для цього необхідне регулярне проведення інструктажів по пожежній безпеці відповідно до НАПБ А.01.001-2004 "Правила пожежної безпеки в Україні".

Для ефективнішого управління персоналом проводити навчання по пожежній безпеці. При пожежі дзвонити в пожежну службу і включити сигнал тривоги. Відключити усі електроприлади за допомогою автоматів на щитку.

У випадках неможливості загасити пожежу, слід прикрити ніс і рот тканиною, бажано вологою, і повзучи пробиратися поряд із стінкою до виходу.

Якщо спалахнув одяг, потрібно лягти на підлогу (землю) і, перекочуючись, збити вогонь або накинути на себе пальто, плащ і щільно притиснути, щоб припинити приплив повітря до вогню.

Необхідно триматися чимдалі від вікон, дзеркал, світильників, уважно стежити, щоб не впала на голову штукатурка.

Коли приїдуть пожежники, якомога більше розповісти про причину пожежі, описати матеріали, що горять, надати усю інформацію про пожежу.

У разі спалаху випробувального двигуна внутрішнього згорання, спробувати загасити вогонь за допомогою вогнегасників порошкового типу.

7 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

7.1 Використання у картингу двигуна «Мотор Січ» МС-10

В дипломному проекті розглянуто особливості роботи двигуна «Мотор Січ» МС-10 при встановленні його на карт, проведено розрахунок системи живлення. В результаті дослідження отримано, що ефективна потужність N_e зростає на 1,8...2,8 %, а питома ефективна витрата палива g_e зменшується на 6,3...8,3 %, що є доволі конкурентним показником у використанні двигуна у перегонах, де є важливим показником потужність двигуна та зменшення зупинок для дозаправки.

Також двигун «Мотор Січ» МС-10 можливо використовувати у сільському господарстві у мотоблоках, бензопилах, косарках та за рахунок меншої витрати палива буде економічно більш вигідним у використанні ніж від іншого виробника (див. табл. 7.1). Розрахунок економічної ефективності виконуємо згідно [30].

Таблиця 7.1 – Використання двигуна «Мотор Січ» МС-10

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Використання бензинового двигуна «Мотор Січ» МС-10 для приводу машин	1. Двигун внутрішнього згорання для картингу	Збільшення конкурентності картингу завдяки покращенням параметрів потужності двигуна
	2. У сільському господарстві	Зменшення витрат палива при виконуванні більшого об'єму виконаних робіт

7.2 Аналіз характеристики потенційного ринку

Таблиця 7.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Головні конкуренти	Sodikart
		RiMO
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	спадає
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Особливих вимог немає
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Картинг для прокату, не для перегонів, тому особливих вимог немає

7.3 Перелік вимог до товару для кожної групи клієнтів

Таблиця 7.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
1	Покататися, розважитися	Люди з високим та середнім достатком	Клієнти з різним достатком, зважаючи на це витрачають різний час на катання на картах, різні знання техніки та низький рівень майстерності керування картою. Витрачають більше моторесурсу карту	Надійність, низька вартість експлуатаційних та витратних матеріалів, простота конструкції
2	Тренування	Спортсмени	Індивідуальна манера керування	Керованість, потужність

7.4 Проведення SWOT- аналізу середовища реалізації інноваційного проекту

Таблиця 7.4 – SWOT-аналіз

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
- низька вартість матеріалів виробництва - двигун українського виробництва має більш дешеві запчастини ніж у конкурентів	– немає можливості провести іспит на автодромі чи полігоні – відсутність спеціального обладнання для тестування вузлів картингу
Можливості:	Загрози:
– можливість конкурувати із закордонними виробниками; відкритий ринок внаслідок відсутності сертифікацій для прокатних картів	– орієнтованість виключно на внутрішній ринок – збільшення витрат на виробництво за рахунок використання стендових іспитів може призвести до здорожчення кінцевого продукту та його збільшення вартості

7.5 Розробка ринкової стратегії проекту.

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 7.5).

Таблиця 7.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота вхо- ду у сегмент
1	Господарі прокату	готові	помірний	висока	середня
2	Спортсмени	готові	помірний	висока	середня
Які цільові групи обрано: обидві групи					

7.6 Створення карти стейкхолдерів



Рисунок 7.1 – Карта стейкхолдерів

7.7 Оплата праці та ЄСВ

Таблиця 7.6 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом виконуваних робіт, грн / годину	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку	Розмір премії, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.	ЄСВ (22%), грн.
	за зміну	на добу							
Виробничі працівники, в тому числі:	1	1	25	240	6000	10	600	6600	1452
1. Основні працівники	1	1	3	960	2880	0	0	11520	2534,4
2. Допоміжні працівники	2	2	1000	5	5000	0	0	10000	2200
Разом виробничих працівників	4	4	X	X	X	X	600	28120	6186,4

Таблиця 7.7 - Склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу

Посада	Кількість осіб	Посадовий оклад, грн	Преміальний відсоток до окладу, %	Сума премії, грн	Місячна заробітна плата, грн	Річний фонд оплати праці, грн	ЄСВ, грн
Керівник робіт	1	8000	15	1200	9200	36800	8096
Разом управлінського персоналу	1	8000	X	1200	9200	36800	8096

7.8 Визначення матеріальних витрат та вартість спожитих послуг

Таблиця 7.8 – Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Норматив у розрахунку на один. продук. (послуг)	Виробнича програма	Обсяг сировини	Ціна	Сума грн
Шасі карта	1	1	1	60000	60000
Двигун МС-10	1	1	1	10000	10000
Колеса набір	1	1	1	3500	3500
Разом	3	3	3	73500	73500

Таблиця 7.9 – Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Норматив у розрахунку на один. продук. (послуг)	Виробнича програма	Обсяг послуг	Тарифи, грн [31, 32]	Сума, грн
Електропостачання	100 кВт·год	1	100 кВт·год	2,14	214
Водопостачання та водовідведення	1 м ³	1	1 м ³	45,74	45,74
Разом	х	х	х	х	259,74

Примітка: тарифи для юридичних осіб.

7.9 Визначення річної суми амортизації з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації та визначення витрат на поточний ремонт у розмірі 2% від балансової вартості основних засобів

Таблиця 7.10 – Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Норма амортиза- ції	Первісна вартість ОЗ на 01.01	Надійшло ОЗ		Вибуло ОЗ		Сума грн
			дата	пер. вар.	дата	пер. вар.	
1	2	3	4	5	6	7	8
Комп'ютер	125	15000	Сер.20	15000	Лис.20	14500	500
Набір інструментів	500	2000	Жов.20	2000	Лис.20	1500	500
Разом	625	17000	х	17000	х	16000	1000

7.10 Висновки за розділом

Таблиця 7.11 – Кошторис витрат

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
Сировина та матеріали	73500	73500
Електропостачання	214	214
Водопостачання	45,74	45,74
Разом	73759,74	73759,74
Заробітна плата основних виробничих працівників	28120	28120
ЄСВ	6186,4	6186,4
амортизація	1000	1000
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів поточний ремонт	340	340
Виробнича собівартість	35646,4	35646,4
Адміністративні витрати	36800	36800
ЄСВ	8096	8096
Повна собівартість	154302,14	154302,14

Таблиця 7.12 – Розрахунок фінансового результату

№ періоду	Обсяги виробництва (послуг)	Обсяги реалізації	Залишок нереалізованої продукції	Ціна	Дохід	Витрати	Фінансовий результат
1	1	1	0	185200	30897,86	154302,14	
Разом	1	1	0	185200	30897,86	154302,14	

З таблиці 7.12 можна зробити висновок, що інвестиційний проект побудови карту з двигуном «Мотор Січ» МС-10 є перспективним. Дохід від складання 1 карту складе 30897,86 грн.

ВИСНОВКИ

В **першому розділі** проведено аналіз літературних джерел за тематикою дослідження. Обґрунтовано актуальність та перспективність використання у картингу 1-циліндрового 4-тактного бензинового двигуна «Мотор Січ» МС-10.

В **другому розділі** розглянуто конструкцію і технічні характеристики бензинового двигуна «Мотор Січ» МС-10. Обрано методики дослідження впливу показників паливоподачі на потужність двигуна МС-10 для картингу.

В **третьому розділі** виконано тепловий розрахунок двигуна МС-10. Похибка розрахунку складає 0,2 %.

В **четвертому розділі** наведено результати розрахунку системи живлення двигуна «Мотор Січ» МС-10, що встановлюється на картинг. Виконано розрахунок параметрів паливоповітряної суміші у карбюраторі, визначено основні розміри повітряного дифузора, головного жиклера, розрахована характеристика карбюратора при роботі двигуна в діапазоні обертів від $n = 1200 \text{ хв}^{-1}$ до $n = 6000 \text{ хв}^{-1}$. Похибка, розрахована за коефіцієнтом надлишку повітря α , складає 4,2 %.

В **п'ятому розділі** наведено результати теплових розрахунків з визначення впливу коефіцієнта надлишку повітря, що змінювався в межах $\alpha = 0,8 \dots 1$, на показники двигуна. Встановлено, що при збідненні паливоповітряної суміші на величину $\alpha = 0,05$ ефективна потужність N_e зростає на 1,8...2,8 %, а питома ефективна витрата палива g_e зменшується на 6,3...8,3 %. Одночасно з цим зростає температури в циліндрі. Зростання α на 0,05 збільшує максимальну температуру $T_{\max}$ в середньому на 78 К (на 2,4 %).

Визначено елементарну кількість теплоти за рахунок теплообміну зі стінками dQ_w при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α . Встановлено, що зі збільшенням коефіцієнта надлишку повітря α на 0,05 кількість теплоти, що відводиться до стінок, отже, має бути видалена з двигуна системою охолодження, зростає в середньому на 0,7...1,3 %.

Оптимальне значення коефіцієнта надлишку повітря α для двигуна МС-10 складає 0,8...0,85.

У **шостому розділі** проведено аналіз потенційних небезпек, які можуть підстерігати дослідника при проведенні дослідження бензинового чотиритактного двигуна для карту, розроблено заходи по їх усуненню, розглянуто заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

У **сьомому розділі** розраховано економічну складову інвестиційного проекту побудови карту з двигуном «Мотор Січ» МС-10. Дохід від складання 1 карту 30897,86 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Карт (машина) [Електронний ресурс] / Сайт «Вікіпедія. Свободна енциклопедія». – 2020. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Карт_\(машина\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Карт_(машина))
2. Файгин, А. Предпосылки к проектированию [Електронний ресурс] / А. Файгин. – Сайт «Чемпионат и первенство Нижегородской области по картингу». – 2009. – Режим доступу: <http://karting.nnov.ru/?p=121>
3. Классификация и технические требования к гоночным автомобилям «карт» [Електронний ресурс] / Сайт «Картинг России». – 2006. – Режим доступу: https://kartingrf.ru/wp-content/uploads/2013/01/TREB_06_15_WEB.pdf
4. Классификация и технические требования (КиТТ) для кольцевых гонок на асфальтовом покрытии по картингу [Електронний ресурс] / Утв. А.Н. Авраменко. – Сайт «Беларусская автомобильная федерация». – 2018. – Режим доступу: <http://baf.by/wp-content/uploads/2017/11/КиТТ-2018-картинг.pdf>
5. Бензиновые двигатели Honda серии GX [Електронний ресурс] / Сайт «Двигатели Honda». – Режим доступу: <http://www.honda-gx.ru/>
6. Уриханян, Х.П. Картинг - спорт юных [Текст] / Х.П. Уриханян. – М.: Изд-во ДОСААФ СССР, 1988. – 133 с.
7. Тодоров, М.Р. Картинг России [Текст] / М.Р. Тодоров. – СПб.: Акцидент, 2002. – 128 с.
8. Рихтер Т. Картинг [Текст] / Т. Рихтер. – Пер. с польського яз. – М.: Машиностроение, 1988. – 400 с.
9. Тодоров, М. Всё о карте [Електронний ресурс] / М. Тодоров // Моделист-Конструктор. – 1973. – №10, 11, 12. – Режим доступу: <http://www.kartingprofi.ru/pub/allaboutkart/index.php>
10. Двигатели «Мотор Січ» 05853 (МС-10П), «Мотор Січ» 05853-01 (МС-10П-01), «Мотор Січ» 05853-02 (МС-10П-02), «Мотор Січ» 05853-03 (МС-10П-03), «Мотор Січ» 05853-04 (МС-10П-04) : Руководство по експлуатації

0585300000 РЭ [Текст] / В.Ф. Омельченко // Запорожье: АО «Мотор Сич». – 2012. – 44 с.

11. Двигатель внутреннего сгорания «Мотор Сич МС-10П» [Электронный ресурс] / Сайт «Мотор Сич. Фирменный интернет-магазин». – Режим доступа: <http://tnp.motorsich.com/catalog/8-Dvigateli-vnutrennego-sgoraniya/70-Dvigatel-vnutrennego-sgoraniya-Motor-Sich-MS-10P.html>

12. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Теорія ДВЗ» для студентів спеціальності 7(8).05050304 «Двигуни внутрішнього згорання» всіх форм навчання [Текст] / Укл.: Г.І. Слинько, Я.О. Єгоров. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 50 с.

13. Егоров, Я. А. Физико-математическая модель рабочего цикла двигателя внутреннего сгорания автотракторного типа [Текст] : Учеб. пособие / Я.А. Егоров. – К.: УМК ВО, 1991. – 56 с.

14. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Системи паливopодачі й управління ДВЗ» для студентів спеціальності 8.05050304 «Двигуни внутрішнього згорання» усіх форм навчання [Текст] / В.О. Мазін, О.М. Складєвський. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 32 с.

15. Расчет и проектирование карбюраторов: Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Системы топливопитания автотракторных ДВС» [Текст] / Составители: Е.А. Егшин, И.П. Маков. – Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 1994. – 36 с.

16. Егшин Е.А., Маков И.П. Некоторые расчетные зависимости и статистические данные по подбору топливной аппаратуры: Учебное пособие [Текст]. – Набережные Челны: КамПИ, 1995. – 104 с.

17. Тодоров, М.Р. Картинг [Текст] / М.Р. Тодоров. – М.: ДОСААФ, 1979. – 112 с.

18. Методичні вказівки до переддипломної практики, виконання та захисту кваліфікаційної роботи магістрів, що навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», освітня програма «Двигуни внутрішнього згорання» [Текст] / Укл.: Г. І. Слинько, В. І. Кубіч, Р. Ф. Сухонос. – Запоріжжя:

ЗНТУ, 2018. – 38 с.

19. Картинг своїми руками [Електронний ресурс] / Сайт «Как сделать?». – Режим доступу: <https://kak-cdelat.ru/mehanizmi-i-oborudovanie/507-karting-svoimi-rukami.html>

20. Тодоров, М. Всё о карте [Текст] / М. Тодоров // Моделист-Конструктор. – 1978. – № 9. – С.8–9.

21. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання [Текст] / Укл.: М. І. Лазуткін, М. О. Журавель – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 р. – 44 с.

22. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) зі спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Двигуни внутрішнього згорання» для усіх форм навчання [Текст] / Укл. : М. І. Лазуткін – Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2020 – 34 с.

23. Природне і штучне освітлення [Текст] : ДБН В.2.5-28-2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с. – (Державні будівельні норми України)

14. Захист територій, будинків і споруд від шуму [Текст] : ДБН В.1.1-31:2013. – На заміну СНиП II-12-77 ; чинний з 01.06.2014. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 75 с. – (Державні будівельні норми України)

25. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Текст] : ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 66 с. – (Національний стандарт України)

26. Правила пожежної безпеки в Україні [Текст] : НАПБ А.01.001-14. – На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30. – К. : МВС України, 2014. – 47 с. – (Нормативний акт пожежної безпеки)

27. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.042-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. – (Державні санітарні норми)

28. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом [Текст] : ДСТУ Б В.2.5-82:2016. – На заміну ДБН В.2.5-27-2006 ; чинний від 2017-04-01. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 109 с. – (Державний Стандарт України)

29. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-1.71-13. – Чинний від 2014-03-28. – К. : Міненерговугілля України, 2013. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-14>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

30. Методичні рекомендації щодо виконання економічного розділу дипломного проекту здобувачами вищої освіти технічних спеціальностей за освітнім ступенем «магістр» [Текст]. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 12 с.

31. Тарифи для юридичних споживачів [Електронний ресурс]. – Сайт «ПАТ Запоріжжяобленерго». – Режим доступу: <https://www.zoe.com.ua/однозонний-облік-підприємств/>

32. НКРЕКП, Постанова від 04.02.2020 № 283 "Про внесення змін до постанови Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, від 16 червня 2016 року № 1141" [Електронний ресурс]. – Сайт «НКРЕКП». – 2020. – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=49176>

33. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-7.15-18. – На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18. – К. : Мінсоцполітики України, 2018. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

34. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Текст] : ДБН В.2.5-67:2013. – На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України)

35. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань [Електронний ресурс] : ДСН 239-96. – На заміну СанПиН 2963-84 ; чинний від 1996-08-01. – К. : МОЗ України, 1996. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96>.

36. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс] – Чинний від 2012-11-21. : станом на 01.01.2020 р. – К. : ВР України, 2012. 21 – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. – (Закон України)

Додаток А – Протоколи теплового розрахунку двигуна «Мотор Січ» МС-10 на
номінальному режимі в комп'ютерній програмі Engine Calculation

ПРОТОКОЛ N - 1 ($\alpha = 0,85$)
РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО
ЗГОРАННЯ АВТОТРАКТОРНОГО ТИПУ

$\varphi, ^\circ$	P, Па	T, К	m, кг	V, м ³
180	87174	371,0	0,000291	0,000344
190	87894	372,3	0,000291	0,000343
200	89802	375,0	0,000291	0,000338
210	93044	379,3	0,000291	0,000330
220	97875	385,3	0,000291	0,000318
230	104700	393,2	0,000291	0,000304
240	114127	403,4	0,000291	0,000286
250	127066	416,4	0,000291	0,000265
260	144895	432,7	0,000291	0,000242
270	169735	453,0	0,000291	0,000216
280	204917	478,3	0,000291	0,000189
290	255788	509,7	0,000291	0,000161
300	331032	548,7	0,000291	0,000134
310	444619	596,7	0,000291	0,000109
320	617629	654,7	0,000291	0,000086
330	875143	721,9	0,000291	0,000067
340	1249722	809,4	0,000291	0,000052
350	2270933	1212,2	0,000293	0,000044
360	5192690	2508,3	0,000302	0,000041
370	6564383	3311,5	0,000310	0,000044
380	5269700	3186,5	0,000312	0,000052
390	3750249	2887,2	0,000312	0,000067
400	2648530	2620,4	0,000312	0,000086
410	1913678	2396,9	0,000312	0,000109
420	1431153	2214,0	0,000312	0,000134
430	1110390	2065,3	0,000312	0,000161
440	892417	1944,2	0,000312	0,000189
450	740772	1845,2	0,000312	0,000216
460	632992	1764,2	0,000312	0,000242
470	555033	1697,6	0,000312	0,000265
480	497925	1642,7	0,000312	0,000286
490	455810	1597,6	0,000312	0,000304
500	424790	1560,6	0,000312	0,000318
510	402242	1530,4	0,000312	0,000330
520	386401	1506,1	0,000312	0,000338
530	376118	1486,8	0,000312	0,000343
540	365871	1473,5	0,000312	0,000344

ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ ЦИКЛУ

$L_i = 338,7$ Дж/цикл $P_i = 1,115$ МПа

$\eta_i = 0,469$ $g_i = 0,221$ кг/(кВт·год)

ПРОТОКОЛ N - 2 ($\alpha = 0,8$)
РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО
ЗГОРАННЯ АВТОТРАКТОРНОГО ТИПУ

$\varphi, ^\circ$	P, Па	T, К	m, кг	V, м ³
180	87174	371,0	0,000291	0,000344
190	87894	372,3	0,000291	0,000343
200	89802	375,0	0,000291	0,000338
210	93044	379,3	0,000291	0,000330
220	97875	385,3	0,000291	0,000318
230	104700	393,2	0,000291	0,000304
240	114127	403,4	0,000291	0,000286
250	127066	416,4	0,000291	0,000265
260	144895	432,7	0,000291	0,000242
270	169735	453,0	0,000291	0,000216
280	204917	478,3	0,000291	0,000189
290	255788	509,7	0,000291	0,000161
300	331032	548,7	0,000291	0,000134
310	444619	596,7	0,000291	0,000109
320	617629	654,7	0,000291	0,000086
330	875143	721,9	0,000291	0,000067
340	1248825	808,8	0,000291	0,000052
350	2248538	1199,7	0,000293	0,000044
360	5082326	2449,7	0,000302	0,000041
370	6408221	3220,2	0,000312	0,000044
380	5147161	3099,5	0,000313	0,000052
390	3666239	2810,9	0,000313	0,000067
400	2591093	2552,9	0,000313	0,000086
410	1873349	2336,6	0,000313	0,000109
420	1401761	2159,5	0,000313	0,000134
430	1088120	2015,4	0,000313	0,000161
440	874912	1898,1	0,000313	0,000189
450	726544	1802,3	0,000313	0,000216
460	621077	1723,8	0,000313	0,000242
470	544786	1659,3	0,000313	0,000265
480	488903	1606,3	0,000313	0,000286
490	447701	1562,7	0,000313	0,000304
500	417367	1527,0	0,000313	0,000318
510	395335	1497,9	0,000313	0,000330
520	379881	1474,5	0,000313	0,000338
530	369879	1456,1	0,000313	0,000343
540	359931	1443,4	0,000313	0,000344

ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ ЦИКЛУ

$L_i = 329,4$ Дж/цикл $P_i = 1,085$ МПа

$\eta_i = 0,471$ $g_i = 0,241$ кг/(кВт·год)

ПРОТОКОЛ N - 3 ($\alpha = 0,9$)
РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО
ЗГОРАННЯ АВТОТРАКТОРНОГО ТИПУ

$\varphi, ^\circ$	P, Па	T, К	m, кг	V, м ³
180	87174	371,0	0,000291	0,000344
190	87894	372,3	0,000291	0,000343
200	89802	375,0	0,000291	0,000338
210	93044	379,3	0,000291	0,000330
220	97875	385,3	0,000291	0,000318
230	104700	393,2	0,000291	0,000304
240	114127	403,4	0,000291	0,000286
250	127066	416,4	0,000291	0,000265
260	144895	432,7	0,000291	0,000242
270	169735	453,0	0,000291	0,000216
280	204917	478,3	0,000291	0,000189
290	255788	509,7	0,000291	0,000161
300	331032	548,7	0,000291	0,000134
310	444619	596,7	0,000291	0,000109
320	617629	654,7	0,000291	0,000086
330	875143	721,9	0,000291	0,000067
340	1250513	809,9	0,000291	0,000052
350	2290678	1223,3	0,000293	0,000044
360	5289918	2560,3	0,000301	0,000041
370	6701755	3392,6	0,000309	0,000044
380	5377245	3263,6	0,000311	0,000052
390	3823815	2954,9	0,000311	0,000067
400	2698730	2680,0	0,000311	0,000086
410	1948868	2450,1	0,000311	0,000109
420	1456762	2262,0	0,000311	0,000134
430	1129767	2109,1	0,000311	0,000161
440	907629	1984,7	0,000311	0,000189
450	753122	1883,0	0,000311	0,000216
460	643324	1799,7	0,000311	0,000242
470	563909	1731,1	0,000311	0,000265
480	505731	1674,7	0,000311	0,000286
490	462819	1628,2	0,000311	0,000304
500	431200	1590,1	0,000311	0,000318
510	408200	1558,9	0,000311	0,000330
520	392022	1533,7	0,000311	0,000338
530	381491	1513,7	0,000311	0,000343
540	370982	1499,8	0,000311	0,000344

ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ ЦИКЛУ

$L_i = 346,8$ Дж/цикл $P_i = 1,142$ МПа

$\eta_i = 0,466$ $g_i = 0,203$ кг/(кВт·год)

ПРОТОКОЛ N - 4 ($\alpha = 0,95$)
РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО
ЗГОРАННЯ АВТОТРАКТОРНОГО ТИПУ

$\varphi, ^\circ$	P, Па	T, К	m, кг	V, м ³
180	87174	371,0	0,000291	0,000344
190	87894	372,3	0,000291	0,000343
200	89802	375,0	0,000291	0,000338
210	93044	379,3	0,000291	0,000330
220	97875	385,3	0,000291	0,000318
230	104700	393,2	0,000291	0,000304
240	114127	403,4	0,000291	0,000286
250	127066	416,4	0,000291	0,000265
260	144895	432,7	0,000291	0,000242
270	169735	453,0	0,000291	0,000216
280	204917	478,3	0,000291	0,000189
290	255788	509,7	0,000291	0,000161
300	331032	548,7	0,000291	0,000134
310	444619	596,7	0,000291	0,000109
320	617629	654,7	0,000291	0,000086
330	875143	721,9	0,000291	0,000067
340	1251233	810,4	0,000291	0,000052
350	2308631	1233,4	0,000293	0,000044
360	5378271	2607,6	0,000300	0,000041
370	6826442	3466,4	0,000308	0,000044
380	5474682	3333,8	0,000310	0,000052
390	3890351	3016,3	0,000310	0,000067
400	2744066	2734,1	0,000310	0,000086
410	1980608	2498,3	0,000310	0,000109
420	1479835	2305,5	0,000310	0,000134
430	1147207	2148,8	0,000310	0,000161
440	921309	2021,3	0,000310	0,000189
450	764218	1917,1	0,000310	0,000216
460	652598	1831,7	0,000310	0,000242
470	571870	1761,4	0,000310	0,000265
480	512728	1703,5	0,000310	0,000286
490	469096	1655,8	0,000310	0,000304
500	436937	1616,6	0,000310	0,000318
510	413529	1584,5	0,000310	0,000330
520	397045	1558,5	0,000310	0,000338
530	386291	1537,8	0,000310	0,000343
540	375546	1523,4	0,000310	0,000344

ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ ЦИКЛУ

$L_i = 354,1$ Дж/цикл $P_i = 1,166$ МПа

$\eta_i = 0,465$ $g_i = 0,189$ кг/(кВт·год)

ПРОТОКОЛ N - 5 ($\alpha = 1$)
РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО
ЗГОРАННЯ АВТОТРАКТОРНОГО ТИПУ

$\varphi, ^\circ$	P, Па	T, К	m, кг	V, м ³
180	87174	371,0	0,000291	0,000344
190	87894	372,3	0,000291	0,000343
200	89802	375,0	0,000291	0,000338
210	93044	379,3	0,000291	0,000330
220	97875	385,3	0,000291	0,000318
230	104700	393,2	0,000291	0,000304
240	114127	403,4	0,000291	0,000286
250	127066	416,4	0,000291	0,000265
260	144895	432,7	0,000291	0,000242
270	169735	453,0	0,000291	0,000216
280	204917	478,3	0,000291	0,000189
290	255788	509,7	0,000291	0,000161
300	331032	548,7	0,000291	0,000134
310	444619	596,7	0,000291	0,000109
320	617629	654,7	0,000291	0,000086
330	875143	721,9	0,000291	0,000067
340	1251876	810,8	0,000291	0,000052
350	2324683	1242,4	0,000293	0,000044
360	5457220	2650,1	0,000300	0,000041
370	6937722	3532,8	0,000307	0,000044
380	5561476	3396,9	0,000309	0,000052
390	3949509	3071,4	0,000309	0,000067
400	2784312	2782,6	0,000309	0,000086
410	2008746	2541,4	0,000309	0,000109
420	1500264	2344,4	0,000309	0,000134
430	1162632	2184,3	0,000309	0,000161
440	933395	2054,0	0,000309	0,000189
450	774012	1947,5	0,000309	0,000216
460	660777	1860,2	0,000309	0,000242
470	578885	1788,4	0,000309	0,000265
480	518887	1729,2	0,000309	0,000286
490	474619	1680,4	0,000309	0,000304
500	441980	1640,2	0,000309	0,000318
510	418210	1607,2	0,000309	0,000330
520	401454	1580,5	0,000309	0,000338
530	390500	1559,3	0,000309	0,000343
540	379545	1544,4	0,000309	0,000344

ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ ЦИКЛУ

$L_i = 360,6$ Дж/цикл $P_i = 1,187$ МПа

$\eta_i = 0,463$ $g_i = 0,177$ кг/(кВт·год)

Додаток Б – Значення елементарної кількості теплоти за рахунок теплообміну зі стінками dQ_w двигуна «Мотор Січ» МС-10 на номінальному режимі при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α , Дж

φ , °ПКВ	α				
	0,8	0,85	0,9	0,95	1
0	-0,375	-0,391	-0,406	-0,419	-0,419
...	...	...	...	...	...
180	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
...	...	...	...	...	...
190	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
...	...	...	...	...	...
200	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
...	...	...	...	...	...
210	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
...	...	...	...	...	...
220	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
...	...	...	...	...	...
230	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
...	...	...	...	...	...
240	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
...	...	...	...	...	...
250	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
...	...	...	...	...	...
260	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
...	...	...	...	...	...
270	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
...	...	...	...	...	...
280	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
...	...	...	...	...	...
290	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
...	...	...	...	...	...
300	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006
...	...	...	...	...	...
310	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014	-0,014
311	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015	-0,015
312	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016
313	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017
314	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018
315	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019	-0,019
316	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020
317	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021
318	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022
319	-0,024	-0,024	-0,024	-0,024	-0,024
320	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025

321	-0,026	-0,026	-0,026	-0,026	-0,026
322	-0,028	-0,028	-0,028	-0,028	-0,028
323	-0,029	-0,029	-0,029	-0,029	-0,029
324	-0,031	-0,031	-0,031	-0,031	-0,031
325	-0,033	-0,033	-0,033	-0,033	-0,033
326	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034
327	-0,036	-0,036	-0,036	-0,036	-0,036
328	-0,038	-0,038	-0,038	-0,038	-0,038
329	-0,040	-0,040	-0,040	-0,040	-0,040
330	-0,042	-0,042	-0,042	-0,042	-0,042
331	-0,044	-0,044	-0,044	-0,044	-0,044
332	-0,046	-0,046	-0,046	-0,046	-0,046
333	-0,048	-0,048	-0,048	-0,048	-0,048
334	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050
335	-0,052	-0,052	-0,052	-0,052	-0,052
336	-0,055	-0,055	-0,055	-0,055	-0,055
337	-0,057	-0,057	-0,057	-0,057	-0,057
338	-0,060	-0,060	-0,060	-0,060	-0,060
339	-0,064	-0,064	-0,064	-0,064	-0,064
340	-0,067	-0,067	-0,068	-0,068	-0,068
341	-0,072	-0,072	-0,072	-0,072	-0,073
342	-0,077	-0,078	-0,078	-0,078	-0,078
343	-0,084	-0,085	-0,085	-0,085	-0,086
344	-0,093	-0,093	-0,094	-0,094	-0,095
345	-0,103	-0,104	-0,105	-0,106	-0,106
346	-0,116	-0,118	-0,119	-0,120	-0,121
347	-0,133	-0,135	-0,137	-0,138	-0,140
348	-0,154	-0,157	-0,159	-0,162	-0,164
349	-0,180	-0,184	-0,188	-0,191	-0,194
350	-0,214	-0,219	-0,224	-0,228	-0,232
351	-0,255	-0,263	-0,269	-0,275	-0,280
352	-0,307	-0,317	-0,325	-0,333	-0,341
353	-0,371	-0,384	-0,395	-0,406	-0,416
354	-0,449	-0,466	-0,481	-0,495	-0,508
355	-0,543	-0,565	-0,585	-0,603	-0,620
356	-0,655	-0,684	-0,709	-0,733	-0,754
357	-0,787	-0,823	-0,856	-0,886	-0,913
358	-0,939	-0,984	-1,025	-1,063	-1,097
359	-1,111	-1,167	-1,217	-1,264	-1,307
360	-1,302	-1,370	-1,431	-1,488	-1,540
361	-1,510	-1,591	-1,664	-1,732	-1,794
362	-1,673	-1,765	-1,848	-1,926	-1,996
363	-1,840	-1,942	-2,036	-2,123	-2,202
364	-2,004	-2,118	-2,222	-2,318	-2,407
365	-2,162	-2,287	-2,401	-2,507	-2,604
366	-2,310	-2,445	-2,568	-2,683	-2,788
367	-2,442	-2,586	-2,718	-2,841	-2,953

368	-2,555	-2,708	-2,847	-2,977	-3,095
369	-2,647	-2,807	-2,952	-3,087	-3,211
370	-2,716	-2,881	-3,031	-3,170	-3,298
371	-2,763	-2,931	-3,084	-3,226	-3,357
372	-2,788	-2,957	-3,112	-3,256	-3,389
373	-2,792	-2,963	-3,118	-3,262	-3,395
374	-2,779	-2,949	-3,104	-3,247	-3,379
375	-2,752	-2,920	-3,073	-3,215	-3,346
376	-2,713	-2,879	-3,029	-3,169	-3,298
377	-2,666	-2,828	-2,976	-3,113	-3,239
378	-2,612	-2,771	-2,915	-3,049	-3,172
379	-2,555	-2,709	-2,850	-2,981	-3,101
380	-2,494	-2,645	-2,782	-2,910	-3,026
381	-2,433	-2,580	-2,713	-2,837	-2,951
382	-2,370	-2,513	-2,642	-2,763	-2,873
383	-2,309	-2,447	-2,573	-2,690	-2,797
384	-2,248	-2,382	-2,505	-2,618	-2,722
385	-2,189	-2,319	-2,438	-2,548	-2,649
386	-2,131	-2,257	-2,373	-2,480	-2,577
387	-2,074	-2,197	-2,309	-2,413	-2,508
388	-2,019	-2,138	-2,247	-2,348	-2,440
389	-1,965	-2,081	-2,187	-2,285	-2,374
390	-1,913	-2,026	-2,129	-2,224	-2,311
391	-1,863	-1,972	-2,072	-2,164	-2,249
392	-1,814	-1,920	-2,017	-2,107	-2,189
393	-1,766	-1,870	-1,964	-2,051	-2,131
394	-1,720	-1,821	-1,913	-1,997	-2,075
395	-1,676	-1,774	-1,863	-1,945	-2,021
396	-1,633	-1,729	-1,815	-1,895	-1,968
397	-1,592	-1,685	-1,769	-1,847	-1,918
398	-1,552	-1,642	-1,724	-1,800	-1,869
399	-1,513	-1,601	-1,681	-1,755	-1,822
400	-1,476	-1,562	-1,640	-1,711	-1,777
401	-1,440	-1,524	-1,600	-1,669	-1,733
402	-1,406	-1,487	-1,561	-1,629	-1,691
403	-1,373	-1,452	-1,524	-1,590	-1,651
404	-1,341	-1,418	-1,488	-1,553	-1,612
405	-1,310	-1,385	-1,453	-1,517	-1,574
406	-1,280	-1,354	-1,420	-1,482	-1,538
407	-1,251	-1,323	-1,388	-1,448	-1,503
408	-1,223	-1,294	-1,357	-1,416	-1,470
409	-1,197	-1,265	-1,327	-1,385	-1,437
410	-1,171	-1,238	-1,299	-1,355	-1,406
411	-1,146	-1,212	-1,271	-1,326	-1,376
412	-1,122	-1,187	-1,245	-1,298	-1,347
413	-1,099	-1,162	-1,219	-1,271	-1,319
414	-1,077	-1,139	-1,194	-1,245	-1,292

415	-1,056	-1,116	-1,170	-1,220	-1,266
416	-1,035	-1,094	-1,147	-1,196	-1,241
417	-1,015	-1,073	-1,125	-1,173	-1,217
418	-0,996	-1,052	-1,103	-1,151	-1,194
419	-0,977	-1,033	-1,083	-1,129	-1,171
420	-0,959	-1,014	-1,063	-1,108	-1,149
421	-0,942	-0,995	-1,043	-1,088	-1,128
422	-0,925	-0,977	-1,025	-1,068	-1,108
423	-0,909	-0,960	-1,007	-1,049	-1,088
424	-0,893	-0,944	-0,989	-1,031	-1,069
425	-0,878	-0,928	-0,972	-1,014	-1,051
426	-0,863	-0,912	-0,956	-0,997	-1,033
427	-0,849	-0,897	-0,940	-0,980	-1,016
428	-0,835	-0,882	-0,925	-0,964	-1,000
429	-0,822	-0,868	-0,910	-0,949	-0,984
430	-0,809	-0,855	-0,896	-0,934	-0,968
...	...	...	...	...	...
440	-0,700	-0,739	-0,774	-0,807	-0,836
...	...	...	...	...	...
450	-0,619	-0,653	-0,684	-0,712	-0,738
...	...	...	...	...	...
460	-0,556	-0,587	-0,614	-0,640	-0,663
...	...	...	...	...	...
470	-0,508	-0,535	-0,560	-0,583	-0,604
...	...	...	...	...	...
480	-0,469	-0,494	-0,517	-0,538	-0,557
...	...	...	...	...	...
500	-0,413	-0,435	-0,455	-0,473	-0,489
...	...	...	...	...	...
510	-0,393	-0,414	-0,432	-0,449	-0,465
...	...	...	...	...	...
520	-0,377	-0,397	-0,414	-0,430	-0,445
...	...	...	...	...	...
530	-0,365	-0,384	-0,400	-0,416	-0,430
...	...	...	...	...	...
720	-0,356	-0,375	-0,391	-0,406	-0,419

Додаток В – Специфікації складальних креслень

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Документация			
	A1			10-00.10.000 СБ	Двигатель			
					Сборочные единицы			
			1	10-00.10.001	Маховик в сборе	1		
			2	10-00.10.002	Фильтр масляный	1		
			3	10-00.10.003	Насос бензиновый	1		
			4	10-00.10.004	Высоковольтный провод	1		
			5	10-00.10.005	Карбюратор	1		
			6	10-00.10.006	Глушитель шума выпуска	1		
					Детали			
Подп. и дата			7	10-00.10.007	Блок цилиндров	1		
			8	10-00.10.008	Цилиндр	1		
			9	10-00.10.009	Головка блока цилиндров	1		
			10	10-00.10.010	Поршень	1		
			11	10-00.10.011	Палец поршневой	1		
			12	10-00.10.012	Вал коленчатый	1		
			13	10-00.10.013	Пружина клапана внутренняя	2		
			14	10-00.10.014	Пружина клапана внешняя	2		
			15	10-00.10.015	Шатун	1		
			16	10-00.10.016	Клапан впускной	1		
			17	10-00.10.017	Клапан выпускной	2		
			18	10-00.10.018	Вал распределительный	1		
	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	10-00.10.000 СП	
		Разраб.	Иванов А.О.				Лит.	Лист
Пров.		Слинько Г.И.				1	3	
Н.контр.		Слинько В.В.				Двигатель НУ "Запорізька політехніка" Група Т-419м		
	Утв.	Слинько Г.И.						

[illegible]