

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, Транспортний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Двигуни внутрішнього згорання

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка методики визначення температури та тиску повітря у
впускній системі 4-тактного ДВЗ

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

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Двигуни внутрішнього згорання

Чишко Д.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., професор Г.І. Слинько

(прізвище та ініціали)

Рецензент Мозговий А.В.

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
2020 рік

Форма № 25

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 Слинько Г.І.

« 10 » 12 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Чишко Дмитро Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка методики визначення температури та тиску у впускній системі 4-тактного ДВЗ

керівник проєкту (роботи) Слинько Г.І., д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» листопада 2020 року № 362

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 7 грудня 2020р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) 4-тактний 4-циліндровий бензиновий двигун з зовнішнім сумішоутворенням та іскровим запалюванням ВАЗ-2101 потужністю 47 кВт при 5700 хв⁻¹

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналітичний огляд літератури; тепловий розрахунок двигуна ВАЗ-2101; розробка методики визначення температури та тиску у впускній системі ДВЗ; визначення залежності показників двигуна від стану системи впуску; аналіз небезпек та розробка заходів охорони праці при роботі з ДВЗ; розрахунок економічного обґрунтування розробки методики; висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Схема випробувального стенда карбюраторного двигуна у комплекті з вимірювальним ланцюгом, зовнішній вигляд термістору у впускному колекторі, графік вимірювання тиску та температури у впускному колекторі, індикаторна діаграма двигуна ВАЗ-2101, сили, що діють на поршень і шатун, сили, що діють на кривошип, крутний момент від одного циліндра, діаграма сумарного індикаторного обертового моменту на валу двигуна, графік залежності крутного моменту від ефективного перерізу фільтру, графік залежності потужності від ефективного перерізу фільтру, графік залежності питомої витрати палива від ефективного перерізу фільтру, графік залежності годинної витрати палива від ефективного перерізу фільтру.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконавця завдан
1-5	Слинько Г.І., д.т.н., професор, завідувач каф. ДВЗ	01.09.20	10.12.20
6	Левченко Н.М., д.н.держ.упр., проф. каф. ПТБД	25.10.20	10.12.20
7	Лазуткін М.І., к.т.н., доцент.каф. ОПіНС		
н/контроль	Слинько В.В., ст. викладач каф. ДВЗ	10.12.20	

7. Дата видачі завдання « 1 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Пр
1	Вступ	05.09.20	
2	Аналіз літературних джерел	10.09.20	
3	Методи досліджень та устаткування	15.09.20	
4	Тепловий розрахунок двигуна ВА3-2101 на номінальному режимі	25.09.20	
5	Динамічний розрахунок двигуна ВА3-2101 на номінальному режимі	05.10.20	
6	Проведення експериментів	10.10.20	
7	Обробка експериментів	15.10.20	
8	Економічне обґрунтування наукової роботи	25.10.20	
9	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	09.11.20	
10	Формування висновків з магістерської роботи	20.11.20	
11	Оформлення магістерської роботи, нормоконтроль	23.11.20	
12	Розробка презентації та доповіді до захисту	04.12.20	
13	Подання роботи до захисту	07.12.20	

Студент(ка)

(підпис) Чишко Д.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 115 с., 20 табл., 23 рис., 3 дод., 27 джерел.

ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, ПОВІТРЯ, СИСТЕМА ВПУСКУ, ТИСК, ТЕМПЕРАТУРА, ARDUINO.

Актуальність теми дослідження полягає у підвищенні точності методики дослідженні властивостей паливо-повітряної суміші по всій довжині впускного колектора на рівномірність наповнення циліндрів двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням.

Мета роботи – визначення стану паливо-повітряної суміші у впускній системі бензинового 4-тактного двигуна внутрішнього згорання.

Об'єкт дослідження –впускна система двигуна внутрішнього згорання ВАЗ-2101.

Предмет дослідження – вплив стану паливо-повітряної суміші у впускній системі, на техніко-економічні показники двигуна.

За допомогою сучасних програмних засобів (Arduino) розроблено вимірювальний ланцюг, який визначає показники тиску з точністю 0,5% та температури з точністю $\pm 1\%$ у впускній системі двигуна.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше розроблено методику визначення техніко-економічних показників двигуна в залежності від стану та параметрів паливо-повітряної суміші у впускному колекторі.

Практична цінність роботи полягає в тому, що результати магістерської роботи можуть бути використані при дослідженні впливу стану повітряного фільтра тиску та температури на ефективні показники 4-тактного двигуна внутрішнього згорання.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАК І СИМВОЛІВ	7
ВСТУП	8
1 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВІТРЯ ВПУСКНОЇ СИСТЕМИ ДВЗ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ)	10
1.1 Дослідження і оптимізація швидкості повітряних потоків в газових трактах ДВЗ	10
1.2 Розрахунок тиску у впускному колекторі	11
1.3 Визначення оптимальної температури повітря у впускному колекторі двигуна	12
1.4 Висновки та вибір напрямку досліджень	13
2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТИСКУ У ВПУСКНІЙ СИСТЕМІ	14
2.1 Датчики використані в методиці дослідження	20
2.1.1 Модуль атмосферного тиску BMP280	20
2.1.2 Технічні характеристики BMP280	23
2.1.3 Підключення модуля BMP280 до плати Arduino	23
2.1.4 Терморезистор NTC 3950 100K	25
2.1.5 Технічні характеристики NTC 3950	26
2.1.6 Підключення термістора до Arduino	27
2.2 Програмний код	28
2.3 Результати вимірювання	33
2.4 Висновки з розділу	34
3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА ВАЗ-2101 НА НОМІНАЛЬНОМУ РЕЖИМІ	36
4 ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА ВАЗ-2101 НА НОМІНАЛЬНОМУ РЕЖИМІ	49
4.1 Визначення сил, що діють в кривошипно-шатунному механізмі	49
5. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕНOSTІ ПОВІТРЯНОГО ФІЛЬТРА НА ЕФЕКТИВНІ ПОКАЗНИКИ ДВИГУНА ВАЗ 2101	54
5.1 План проведення експерименту та подальшої обробки результатів дослідження стану повітря у системі впуску двигуна ВАЗ-2101	54

5.2 Отримані результати досліджень	56
5.3 Висновки за розділом	68
6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ	70
6.1 Визначення витрат на проведення магістерської роботи	70
6.2 Визначення витрат на матеріали	71
6.3 Розрахунок вартості палива й енергії	72
6.4 Розрахунок амортизації універсального устаткування	73
6.5 Розрахунок заробітної плати.....	74
6.6 Внески на соціальні заходи.....	75
6.7 Накладні витрати.....	76
6.8 Розрахунок економічної ефективності науково-дослідної роботи.....	77
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	79
7.1 Аналіз потенційних небезпек	79
7.2 Заходи по забезпеченню безпеки	80
7.3 Заходи по забезпеченню гігієнічної санітарії та гігієни праці	81
7.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки.....	87
7.5 Заходи з цивільного захисту	88
7.6 Висновок охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	89
8 ВИСНОВКИ.....	90
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	92
«Додаток А» Програмний код	96
«Додаток Б» Цифрові показання датчиків.....	99
«Додаток В» Протокол динамічного розрахунку	115

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАК І СИМВОЛІВ

ВМТ – верхня мертва точка

НМТ – нижня мертва точка;

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;

КШМ – кривошипно-шатунний механізм;

ГРМ – газорозподільний механізм;

ФММ – фізико-математична модель;

N_e – ефективна потужність;

η_e – ефективний ККД;

g_e – питома ефективна витрата палива, кг/(кВт·год);

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, м³.

ВСТУП

Впускна система одна з найголовніших систем двигуна внутрішнього згоряння, яка значно впливає на подальші процеси сумішоутворення та згоряння. Якісно наповнення циліндрів двигуна безпосередньо залежить від правильно спроектованого впускного колектору. Для оцінки системи впуску потрібно досліджувати стан повітря у впускному колекторі. Для цього потрібно точно визначати температуру і тиск на впуску.

Актуальність теми.

Основною функцією впускного колектору є розподіл робочої суміші по циліндрах. Конструктивні особливості впускного колектору не завжди відповідають вимогам рівномірного розподілу суміші, що в свою чергу впливає на нерівномірне наповнення циліндрів двигуна. Тому дослідження параметрів повітря(тиск, температура) у впускному колекторі бензинового двигуна є актуальним питанням.

Для точного визначення параметрів повітря розроблено методику дослідження, за допомогою якої можна дивитися на наповнення кожного циліндра. Виходячи з отриманих даних можна дізнатися як ці параметри впливають на показники двигуна.

Метою даної роботи є розробка методики дослідження стану повітря у впускній системі 4-тактного бензинового двигуна внутрішнього згоряння.

Для досягнення мети, вирішувався ряд завдань:

- аналіз існуючих досліджень системи впуску;
- розробка методики дослідження тиску та температури у впускному колекторі двигуна ВАЗ-2101 за допомогою Arduino;
- тепловий розрахунок двигуна ВАЗ-2101;

– проведення експерименту визначення залежності показників двигуна від ефективного перерізу фільтру;

Результати роботи опубліковані:

1) Слинько, Г.І. Розробка методики дослідження стану повітря у впускній системі двигуна [Текст] / Г.І. Слинько, Д.П. Чишко, Р.Ф. Сухонос // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем : Тези доповідей II Міжнарод. наук.-техн. інтернет-конф., 25-27 березня 2020 р. – Рівне: Нац. ун-т водного господарства та природокористування. – 2020. – С.34–35.

2) Слинько, Г.І. Методика визначення тиску повітря у впускній системі ДВЗ [Електронний ресурс] / Г.І. Слинько, Д.П. Чишко, Р.Ф. Сухонос, В.С. Яровий, Я.В. Рогов // Тиждень науки-2020. Транспортний факультет : щоріч. наук.-практ. конф., 13-17 квітня 2020 р. : тези доп. / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – НУ «Запорізька політехніка», 2020. – С. 46–47.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВІТРЯ ВПУСКНОЇ СИСТЕМИ ДВЗ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ)

1.1 Дослідження і оптимізація швидкості повітряних потоків в газових трактах ДВЗ

Вивчення газодинамічних характеристик і оптимізація газових трактів є важливим фактором у правильному налаштуванні і створенні паливо-повітряної суміші двигуна внутрішнього згоряння.

Основні вимоги, що пред'являються до впускного тракту, полягають в забезпеченні мінімального опору на впуску і рівномірному розподілі горючої суміші по циліндрах двигуна.

Правильно сконструйований впускний колектор дозволяє значно підвищити потужність двигуна. Потужність двигуна безпосередньо пов'язана з робочим об'ємом циліндрів і кількістю що подається в них паливо-повітряної суміші. Тобто чим більше в циліндрах згоряє палива, тим більш високу потужність розвиває силовий агрегат. Підвищити потужність двигуна можна шляхом збільшення його робочого об'єму, але це призводить до збільшення габаритів і маси конструкції, при цьому виникають серйозні проблеми, пов'язані з ростом сил інерції і різким збільшенням механічних навантажень на деталі силового агрегату, що призведе до зниження ресурсу двигуна. Найбільш ефективним способом в цій ситуації є наддув. При наддуванні поліпшується наповнення циліндрів свіжим повітрям, що дозволяє спалювати в циліндрах більшу кількість палива і отримувати за рахунок цього більш високу агрегатну потужність двигуна. Основним завданням наддуву є створення надлишкового тиску перед впускним клапаном.

Однак істотно поліпшити наповнення циліндрів можна, оптимізувавши форму впускного колектору [1].

Довжина трубопроводу розраховується так, щоб хвиля, кілька разів відбившись від його кінців, прийшла до клапану в потрібний момент. При короткому впускному колекторі двигун краще працює на високих оборотах, при низьких оборотах ефективніший довгий впускний тракт.

Зменшення опору на впуску за рахунок зменшення швидкості потоку шляхом збільшення перерізів трубопроводів не завжди можливо з кількох причин. По-перше, при збільшенні перетинів трубопроводів зростають габарити і маса двигуна, по-друге, зниження швидкості потоку зменшує турбулізацію свіжого повітря під час вступу його в циліндри, в результаті чого відбувається погіршення якості сумішоутворення як в бензинових, так і в дизельних двигунах.

Для дослідження стану газу в колекторі (тиск, температура, швидкість) необхідні сучасні методики вимірювань і випробувань

1.2 Розрахунок тиску у впускному колекторі

В даній роботі автор досліджує зміну тиску у впускному колекторі за допомогою математичної моделі роботи ГРМ [2].

Розроблено математичну модель роботи газорозподільного механізму, що дозволяє оцінити зміну тиску у впускному трубопроводі на всіх ділянках підйому клапана для подальшого діагностування ГРМ. Встановлено закон зміни висоти підйому клапана в залежності від кута повороту колінчастого валу, розрахована швидкість течії газу у впускному колекторі як функція висоти підйому клапана і швидкість руху поршня, а також тиск у впускному колекторі з урахуванням хвильових процесів. Для застосування рівняння нерозривності потоку при обчисленні швидкостей витікання газів через клапанну щілину пропонується використовувати деяку коригувальну функцію, що дозволяє отримати значення швидкості витікання при малих

висотах підйому клапана, близьких до реальних. При складанні математичної моделі були прийняті допущення, що швидкість обертання колінчастого валу постійна; газодинамічні процеси пренебрежимо малі; відносний тиск в початковий момент дорівнює 0; термодинамічними властивостями газу, в зв'язку з їх малістю, можна знехтувати. Проведена перевірка адекватності запропонованої математичної моделі опису процесу зміни тиску у впускному колекторі ДВЗ. Похибка розрахунків не перевищує 5%. Так як δ 5%, то прийняту модель можна вважати прийнятною та досить точно описуючою процеси, що відбуваються у впускному колекторі двигуна внутрішнього згоряння [2].

1.3 Визначення оптимальної температури повітря у впускному колекторі двигуна

Як відомо, ефективна робота двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), економічні та екологічні показники автомобіля в основному залежать від повноти згоряння горючої суміші в циліндрах двигуна. Повне згоряння горючої суміші в циліндрах двигуна залежить від якості освіти паливо-повітряної суміші, що складається з повітря і парів бензину[3].

Температура повітря на впуску необхідна для оцінки щільності повітря, щоб збалансувати паливну суміш для утворення оптимального складу паливо-повітряної суміші при роботі двигуна в різних режимах. Як відомо, холодне повітря має велику щільність, ніж гарячий, і потрібно більше палива для збереження оптимального співвідношення суміші повітря і палива. Таким чином, при зниженні температури повітря на впуску збільшується подача палива і, навпаки, при підвищенні температури повітря на впуску подача палива зменшується для підтримання оптимального складу паливо-повітряної суміші.

В роботі [4], за результатами проведених науково-дослідних робіт в Тюменському державному нафтогазовому університеті, з визначення оптимальної температури повітря у впускному колекторі двигуна зазначається, що температура повітря, при якій забезпечується оптимальний склад суміші повітря і палива, становить 40 - 60 °С.

Таким чином, температура повітря на впуску двигуна істотно впливає на якість утворення паливо-повітряної суміші. Тому аналіз та врахування впливу температури повітря на впуску на ефективні показники двигуна спрямовані на поліпшення паливно-економічних і екологічних показників автомобіля.

1.4 Висновки та вибір напрямку досліджень

Виходячи з аналітичного огляду літературних джерел встановлено, що дослідження тиску зазвичай проводять за допомогою математичних моделей впускної системи. Також визначення тиску проводять за допомогою аналогових приладів, наприклад вакуумметр, які вимірюють середній тиск всієї системи впуску. Тому розробка нових методик з використанням цифрових датчиків та електронного обладнання дозволить більш точно досліджувати тиск та температуру у впускній системі, як під час роботи двигуна на стаціонарних режимах так і на перехідних режимах.

В даній роботі необхідно:

- розробити методику визначення температури та тиску паливо-повітряної суміші у впускній системі 4-тактного ДВЗ, яка дозволить визначити вплив тиску та температури на ефективні показники двигуна.
- у відповідності з розробленою методикою встановити та випробувати вимірювальний ланцюг визначення впливу температури та тиску паливо-повітряної суміші у впускному колекторі на техніко-економічні показники ДВЗ.

2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТИСКУ У ВПУСКНІЙ СИСТЕМІ

Методика дослідження проводилася на модернізованому навантажувальному стенді на базі двигуна ВАЗ-2101 з гальмом індукційного типу. На рисунку 2.1 зображено зовнішній вигляд двигуна під час вимірювання показників тиску та температури у впускній системі.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд двигуна

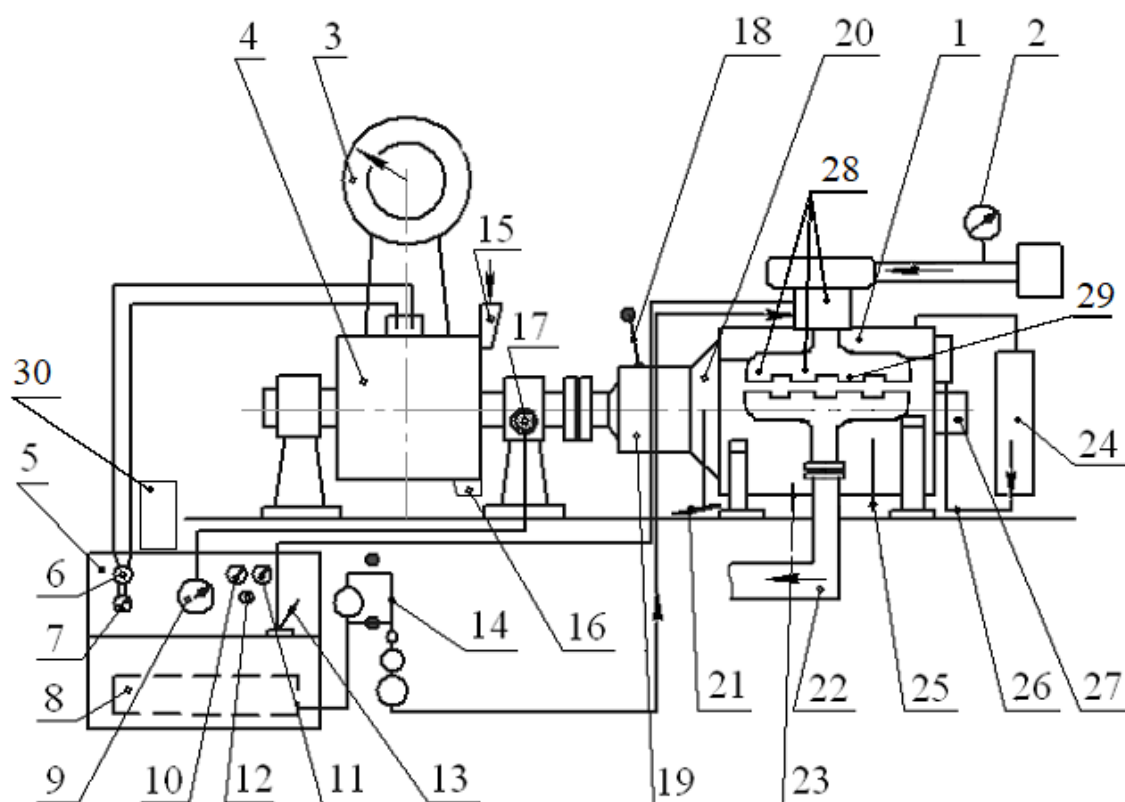


Рисунок 2.2 – Схема випробувального стенда карбюраторного двигуна у комплекті з вимірювальним ланцюгом

На рисунку 2.2 наведена схема модернізованого випробувального стенда карбюраторного двигуна. На цій схемі позначені:

- 1 – двигун;
- 2 – вакуометр, для вимірювання розрідження повітря у впускному колекторі;
- 3 – вимірювальний пристрій, який реєструє силу, яку розвиває на відповідному плечі гальмівний пристрій 4;
- 4 – гальмівний пристрій, який створює навантаження на двигун та забирає потужність, яку розвиває двигун;
- 5 – пульт керування стендом;
- 6 – реостат, за допомогою якого регулюють струм в котушці збудження гальмівного пристрою;

7 – амперметр, який реєструє струм в котушці збудження гальмівного пристрою;

8 – паливний бак;

9 – тахометр, який потрібний для вимірювання частоти обертання колінчастого вала двигуна n , хв^{-1} ;

10 – пристрій, який реєструє температуру масла в картері двигуна t_m , $^{\circ}\text{C}$;

11 – пристрій, який реєструє тиск в системі змащення двигуна p_m , кгс/см^2 ;

12 – замок запалювання;

13 – ручка керування положенням дросельної заслінки двигуна;

14 – сосуди для вимірювання об'єму палива, який витрачається двигуном (штіхпробер);

15 – подача охолоджуючої води в гальмівний пристрій;

16 – злив охолоджуючої води з гальмівного пристрою;

17 – датчик тахометра;

18 – важіль включення коробки переміни передач;

19 – коробка переміни передач;

20 – муфта зчеплення;

21 – педаль включення муфти зчеплення;

22 – колектор відпрацьованих газів;

23 – датчик температури масла в картері двигуна t_m , $^{\circ}\text{C}$;

24 – радіатор системи охолодження двигун;

25 – датчик тиску масла в системі змазки двигуна p_m , кгс/см^2 ;

26 – датчик температури води системи охолодження двигуна

27 – система вимірювання кута випередження запалювання θ , град.;

28 – датчики вимірювання тиску у впускному колекторі;

29 – датчик вимірювання температури у впускному колекторі;

30 – комп'ютер разом з вимірювальним ланцюгом.

В основі стенду знаходиться бензиновий 4-х тактний двигун ВАЗ 2101. Основні технічні характеристики двигуна надані в таблиці 2.1[5].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики двигуна ВАЗ-2101.

№ з/п	Показники	Характеристики
1	2	3
1	Тип	Карбюраторний, 4-х тактний
2	Число циліндрів та їх розташування	4-х циліндровий, рядний
3	Порядок роботи	1-3-4-2
4	Газорозподільний механізм	Привід клапанів рокерами від одного розподільчого валу
5	Робочій об'єм двигуна V_h , л	1,198
6	Діаметр циліндра D , мм	76
7	Хід поршня S , мм	66
8	Ступінь стиснення ϵ	8,8
9	Номінальна потужність (ефективна потужність, що гарантована заводом-виробником) N_e , кВт	45,6 (при $n = 5600$ хв-1)
10	Максимальний крутний момент M_k max, Н·м	87,3
11	Мінімальна частота обертання холостого ходу n_{min} , хв-1	750...800
12	Сорт палива	Бензин А-76, як замінник використовується А-92
13	Сорт масла	М-8М, М-12М, М-12ГІ, М-10ГІ
14	Охолоджуюча рідина	Тосол А-70
15	Передаточні числа МКПП: I передача II передача III передача IV передача	3,753 2,303 1,493 1,000

Для реалізації програмної частини методики обрано налагоджувальну плату Arduino Uno R3.

Arduino – налагоджувальна плата. Налагоджувальна плата являє друковану плату, в серці якої стоїть мікроконтролер – пристрій, який програмується. Мікроконтролер це мікросхема, яка містить в собі мікропроцесор, інтерфейси введення-виведення, пам'ять (оперативну та постійну), таймери та інші пристрої. Мікроконтролер – це практично повноцінний комп'ютер, розміщений в одному кристалі мікросхеми. У більшості плат Arduino використовуються мікроконтролери серії ATmega від виробника AVR[6].

Крім мікроконтролера на налагоджувальній платі є так звана обв'язка, необхідна для його роботи: це кварцовий генератор, що задає частоту роботи процесора, та конденсатори і резистори, що виконують фільтруючі і підтягуючі функції. На платі, разом з мікро контролером, розміщений "програматор" для завантаження прошивки, USB порт і стабілізатор живлення, що дозволяє жити плату від широкого діапазону постійних напруг: 5 – 19 вольт. Мікроконтролеру потрібно 5 вольт, що стабілізатор йому і забезпечує.

Завантаження прошивки. Що стосується так званого програматора: на платі встановлено USB-TTL перетворювач , який дозволяє Arduino (на її боці TTL – транзистор-транзистор логіка) буквально спілкуватися з комп'ютером (на його боці – USB) і обмінюватися даними. Але просто спілкуючись з комп'ютером завантажити прошивку не вийде, тому в пам'яті мікроконтролера "живе" завантажувач (він же bootloader), Який вміє ловити дані, що йдуть з комп'ютера і завантажувати їх в Flash пам'ять мікроконтролера. При кожному запуску мікроконтролера завантажувач чекає команду від комп'ютера завантаження нової прошивки. Якщо ніхто йому не відповідає якийсь час, він запускає вже наявну в пам'яті МК прошивку

Використання USB-TTL перетворювача додає нам можливість спілкуватися з платою за допомогою комп'ютера (смартфона, планшета) без використання додаткового апаратного забезпечення, тобто ми можемо як

управляти якимись пристроями (якщо це запрограмовано в коді прошивки), так і отримувати від Arduino дані, наприклад показання з датчиків[5].

Що стосується програмної частини, наданої Arduino, то це Arduino IDE (Integrated Development Environment - інтегроване середовище розробки), що включає в себе редактор коду, компілятор і все інше необхідне для завантаження прошивки в плату.

Arduino програмується на мові програмування C (C++) з відповідним йому синтаксисом. Вбудований складальник, препроцесор і компілятор (avrgcc або Win-AVR) пробачають велику кількість помилок і роблять багато за користувача автоматично. Купа базових функцій для управління виходами мікроконтролера, математика і деякі інші функції / макроси взяті з відкритого фреймворка для роботи з мікроконтролерами під назвою Wiring. Саме з нього приблизно на 80% складається базовий набір інструментів (функцій) Arduino. У зв'язку з цим самі розробники Arduino називають мову "спрощеним c++", і навіть дали йому окрему назву – Arduino Wiring[6].

При компіляції коду створюється окремий файл, в якому міститься код, доповнений необхідними налаштуваннями і з деякими підключеними бібліотеками. У на інших платформах(не Arduino), якщо ви, наприклад, хочете використовувати вивід в порт, чи використовуєте в коді роботу з рядками і математичні операції – вам потрібно вручну підключати відповідні модулі. Середовище Arduino IDE робить це автоматично, і ми навіть цього не бачимо. Також компіляція коду проходить в кілька етапів, що дозволяє наприклад використовувати функцію до її оголошення.

Зараз повернемося до такого поняття, як бібліотека. Бібліотека це набір файлів, в яких міститься додатковий код, яким ми можемо користуватися просто ознайомившись з документацією або подивившись приклади. Такий підхід називається "чорним ящиком", ми можемо навіть не здогадуватися, який складний код міститься в бібліотеці, але з легкістю користуватися можливостями, який цей код дає[6].

2.1 Датчики використані в методиці дослідження

Для даної методики були взяті датчик тиску BMP280 та термістор NTC-3950.

2.1.1 Модуль атмосферного тиску BMP280

Модуль представляє з себе високоточний цифровий вимірювач тиску на базі мікро-чіпа BMP280 від фірми BOSCH. Після виготовлення кожен датчик проходить індивідуальні калібрування в заводських умовах. Його малі розміри, низьке енергоспоживання і висока вимірювальна здатність дозволили завоювати популярність серед безлічі розробників Arduino-проектів. Модуль BMP280 був розроблений фірмою як більш технологічна модель свого попередника BMP180. Дана модифікація надає користувачеві цілих 2 послідовних інтерфейсу обміну даними (SPI і I2C)

Крім здатності вимірювати показання тиску, модуль BMP280 має можливість визначати температуру навколишнього середовища. Всі вироблені обчислення можуть бути відфільтровані налаштованим програмним фільтром. На рисунку 2.1.1 показаний зовнішній вигляд модуля BMP280 і його електрична схема [7].

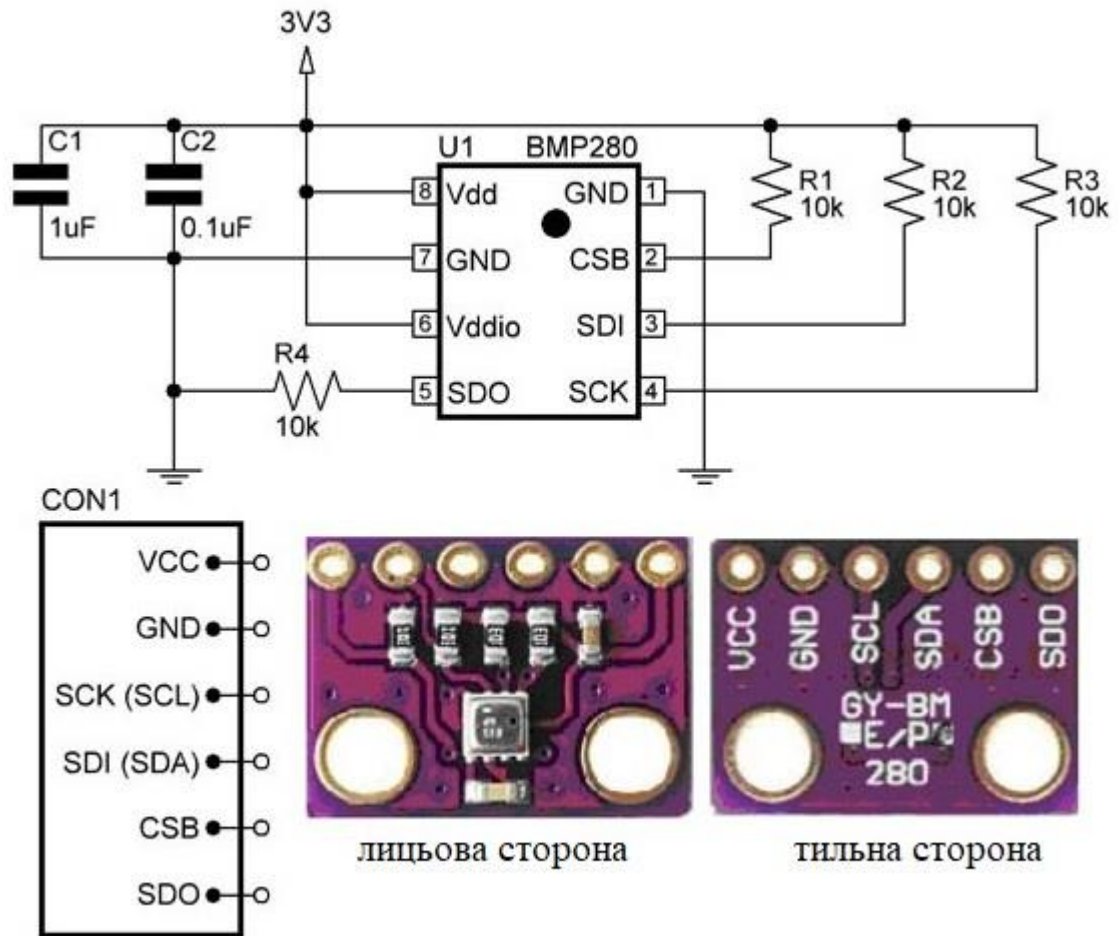


Рисунок 2.1.1– Зовнішній вигляд і електрична схема модуля BMP280 [7]

Як видно з вищенаведеної схеми на модулі передбачені конденсатори для фільтрації по лінії живлення і підтягуючі резистори інтерфейсів вводу / виводу.

Для вимірювання тиску у впускній системі двигуна, було зроблено герметичний корпус для датчика. До корпусу датчика підводиться вакуумна трубка від штуцера у впускному колекторі. На рисунку 2.2 показаний зовнішній вигляд корпусу датчика тиску



Рисунок 2.1.2 – Зовнішній вигляд корпусу датчика тиску



Рисунок 2.1.3 – Підведення вакуумних трубок до впускного колектору

2.1.2 Технічні характеристики BMP280

Основні технічні характеристики модуля BMP280:

- Напруга живлення: 1,71 В...3,6 В;
- Інтерфейс обміну даними: I2C або SPI;
- Струм споживання в робочому режимі: 2,7 мкА при частоті опитування 1 Гц;
- Діапазон вимірювання атмосферного тиску: 30 кПа – 110 кПа (± 12 Па);
- Діапазон вимірювання температури: $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- Максимальна частота роботи інтерфейсу I2C: 3,4 МГц;
- Максимальна частота роботи інтерфейсу SPI: 10 МГц;
- Розмір модуля: 21 x 18 мм;

2.1.3 Підключення модуля BMP280 до плати Arduino

Як згадувалося вище, модуль BMP280 може бути підключений до плати Arduino за допомогою двох інтерфейсів I2C або SPI. Для методики визначення тиску у впускній системі двигуна обраний тип підключення по SPI. Даний тип підключення може забезпечити підключення декількох датчиків одночасно. В даній методиці підключаються 3 датчика тиску.

Для роботи по SPI потрібно 6 проводів і підключати їх необхідно відповідно до схеми (рис. 2.1.4).

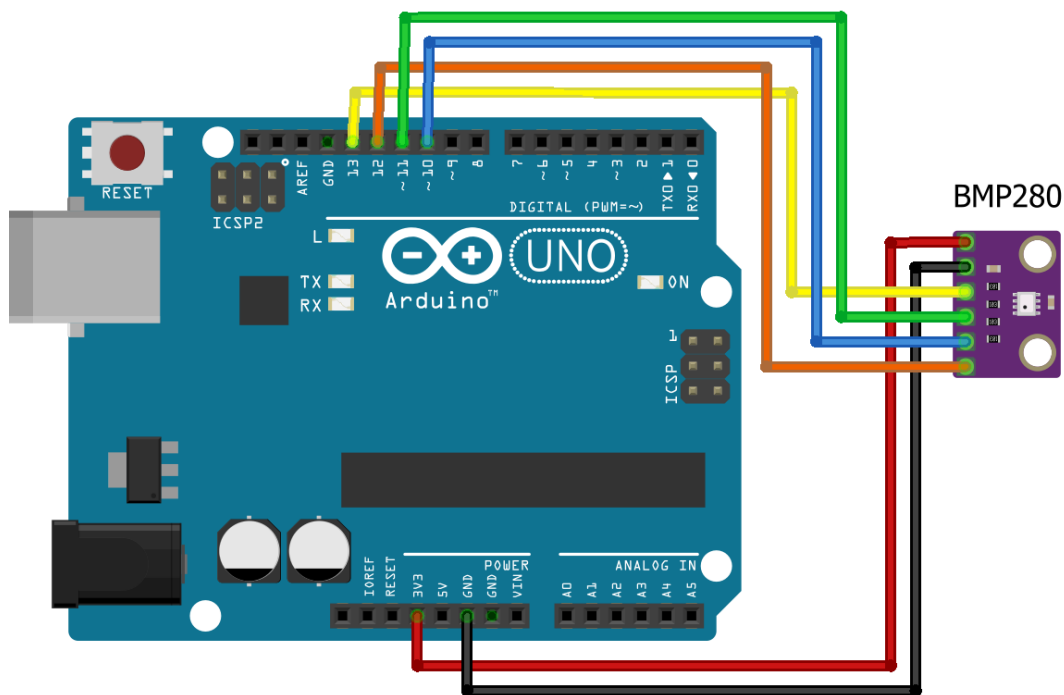


Рисунок 2.1.4 – Підключення BMP280 по SPI-інтерфейсу [7]

Вище наведена схема підключення складена відповідно до розташування апаратного інтерфейсу SPI на платах Arduino UNO, Nano, Mini і.т.п. Винятком є вихід CSB модуля BMP280. В даній схемі він підключений до 10-му піну Arduino, але може бути з'єднаний з будь-яким цифровим виходом, зазначеним при складанні програми.

Як правило, для BMP280 в Інтернеті можна знайти з десяток бібліотек, що спрощують роботу з ним. Бібліотека `Adafruit_BMP280.h` дозволяє максимально скоротити час на освоєння даного модуля, не урізаючи його функціонал. Методи бібліотеки дають можливість користувачеві вибрати спосіб підключення, а також налаштувати періодичність і точність вимірювань в залежності від режимів роботи.

2.1.4 Терморезистор NTC 3950 100K

Терморезистор (або термістор) - це такий резистор, який змінює свій електричний опір в залежності від температури.

Існує два види термісторів: РТС - з позитивним температурним коефіцієнтом, і NTC - з негативним. Позитивний коефіцієнт означає, що з підвищенням температури опір термістора росте. NTC-термістор поводить ся протилежним чином.

Також термістори відрізняються номінальним опором, який відповідає кімнатній температурі 25 С °. В даній роботі був використаний термістор NTC 3950 100K в скляному корпусі.

Для вимірювання температури у впускному колекторі термістор був загерметизований у штуцер та вкручено його у впускний колектор. На рисунку 2.1.5 зображено зовнішній вигляд термістору у впускному колекторі.

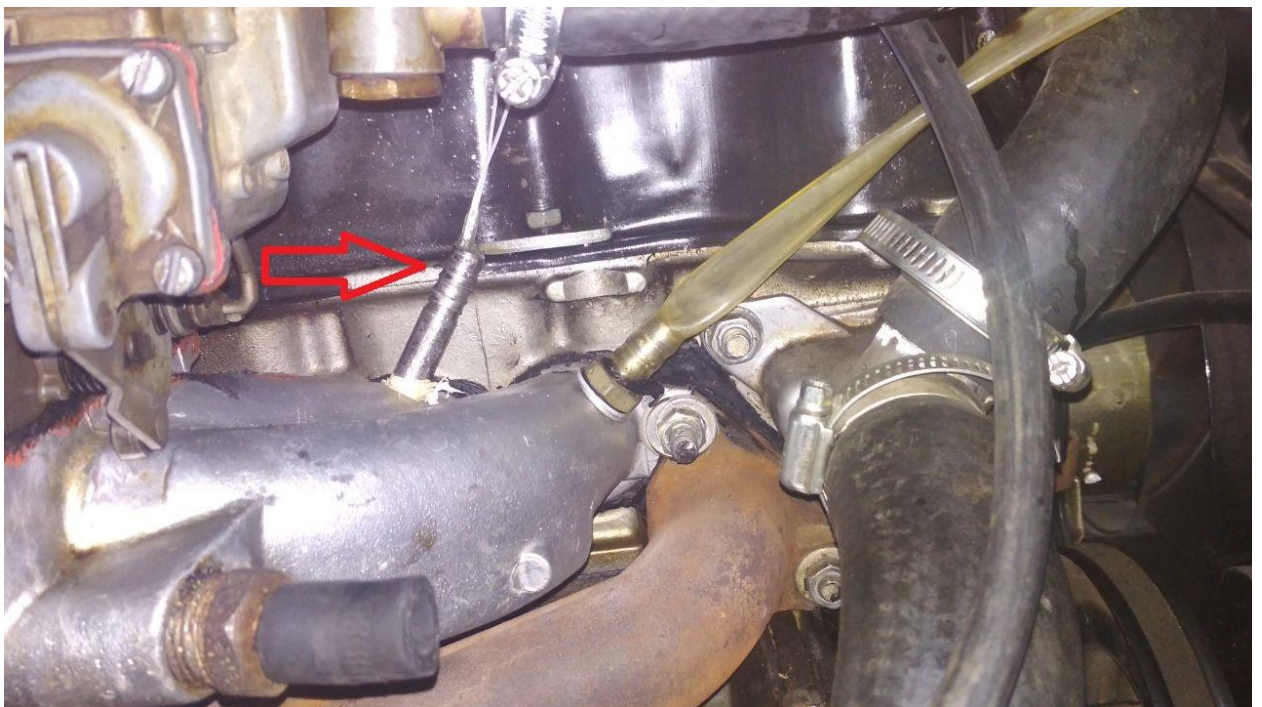


Рисунок 2.1.5 – Зовнішній вигляд термістору у впускному колекторі



Рисунок 2.1.6 – Зовнішній вигляд терморезистора NTC 3950 [8]

2.1.5 Технічні характеристики NTC 3950

Основні технічні характеристики терморезистору NTC 3950

- Матеріал корпусу: скло;
- Опір: 100 кОм з точністю $\pm 1\%$ при температурі 25 ° C;
- Значення B-value: B(0/100) 4036K з точністю $\pm 1\%$;
- Саморозігрів: 1,3 мВт/К в нерухомому повітрі;
- Мінімальна температура вимірювання: -55 ° C;
- Максимальна температура вимірювання: 300 ° C;
- Довжина виводів: 1 м; [8].

2.1.6 Підключення термістора до Arduino

Щоб виміряти опір термістора, підключимо його в якості нижнього плеча дільника напруги. Середню ж точку подільника підключимо до аналогового входу Arduino – A0. Електрична схема підключення терморезистора зображена на рисунку 2.1.7. Зовнішній вигляд макету зображено на рисунку 2.1.8 [8].

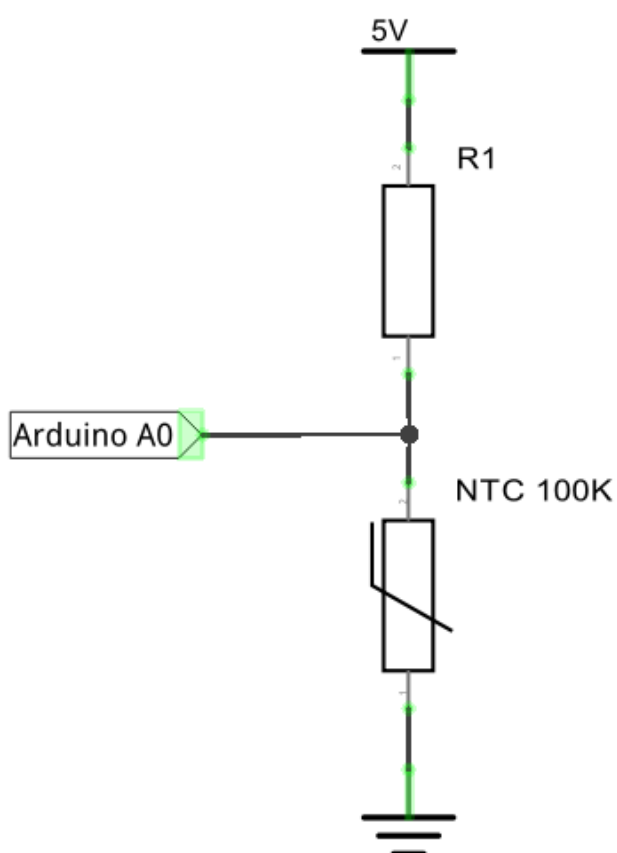


Рисунок 2.1.7 – Електрична схема підключення [8]

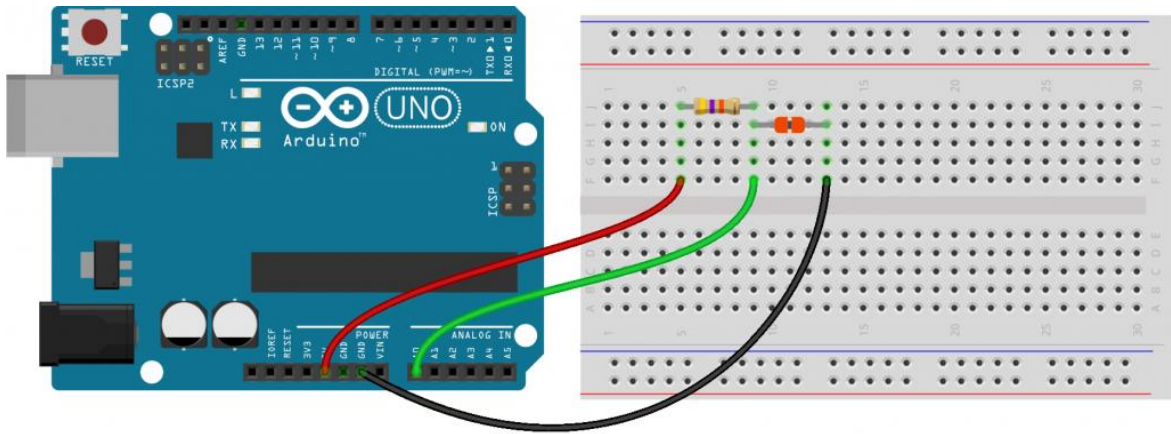


Рисунок 2.1.8 Зовнішній вигляд макета [8]

Який опір повинен мати резистор в верхньому плечі дільника? Як правило, використовують резистор з опором, що збігається по порядку з номіналом термістора. В даному випадку використаний резистор на $R1 = 100 \text{ кОм}$.

2.2 Програмний код

Для отримання показань від датчиків розроблено програмний код (скетч). Для початку роботи з датчиками потрібно встановити та підключити бібліотеки. Для підключення бібліотеки до програмного коду користуємося командою «`#include`».

Для датчику тиску BMP280 потрібно підключити бібліотеку `Adafruit_BMP280.h` а також файл `SPI.h`, для доступу до необхідних інтерфейсів роботи з шиною SPI.

```
#include <SPI.h> // Бібліотека для роботи з шиною SPI
#include <Adafruit_BMP280.h> // Бібліотека для роботи з датчиком BMP280
```

Далі використовуючи команду `#define` піни до яких буде підключено піни виводу CS датчиків тиску та пін до якого підключено термістор.

```
// пін до якого підключено термістора
#define TERM_PIN A0

// пін CS 1-го датчика bmp280
#define BMP1_CS 6

// пін CS 2-го датчика bmp280
#define BMP2_CS 7

// пін CS 3-го датчика bmp280
#define BMP3_CS 8
```

Використовуючи команду `#define` задаємо ім'я константам для роботи з термістором NTC3950:

```
#define B 3950 // B-коефіцієнт
#define SERIAL_R 100000 // опір послідовного резистора, 100 кОм
#define THERMISTOR_R 100000 // номінальний опір термістора, 100
кОм
#define NOMINAL_T 25 // номінальна температура (при якій TR = 100
кОм).
```

Далі має бути створений екземпляр класу `Adafruit_BMP280`, через який можна отримати доступ до всіх функцій датчика тиску.

```
Adafruit_BMP280 bmp1(BMP1_CS);
// перший датчик тиску
Adafruit_BMP280 bmp2(BMP2_CS);
// другий датчик тиску
Adafruit_BMP280 bmp3(BMP3_CS);
// третій датчик тиску
```

Також потрібно ввести змінну зберігання часу:

```
uint32_t ms, msT; // змінна зберігання часу (unsigned long)
```

Для того щоб отримувати показання з термістора в градусах Цельсія потрібно використовувати формулу Стейнхарта – Харта:

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C(\ln(R))^3$$

Рівняння має параметри А, В і С, які потрібно брати з специфікації до датчика. Для нашого термістора можна скористатися модифікованим рівнянням (В-рівняння):

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \ln\left(\frac{R}{R_0}\right)$$

У цьому рівнянні невідомим залишається тільки параметр В, який для NTC термістора дорівнює 4036К. В - параметр це коефіцієнт, який зазвичай дається в специфікації термістора. Інші параметри нам уже відомі:

– T0 - кімнатна температура в Кельвінах, для якої вказується номінал термістора; T0 = 25 + 273.15;

–Т – шукана температура, в Кельвінах;

– R – виміряний опір термістора в Омах;

– R0 – номінальний опір термістора в Омах.

Модифікуємо програму для Arduino, додавши розрахунок температури:

```
float tr = 1023.0 / t - 1;
tr = SERIAL_R / tr;
float steinhart;
steinhart = tr / THERMISTOR_R;
steinhart = log(steinhart);
steinhart /= B;
steinhart += 1.0 / (NOMINAL_T + 273.15);
steinhart = 1.0 / steinhart;
steinhart -= 273.15;
return steinhart;
```

Тепер необхідно ініціалізувати модуль. Робити це доцільно всередині функції setup () перед основним циклом:

```

void setup()
{
    Serial.begin(9600); // Для виведення налагоджувальної інформації в
    термінал

    if (!bmp1.begin()) { // Якщо датчик BMP280_1 не знайдено
        Serial.println(F("Could not find a valid BMP280_1 sensor, check
        wiring!")); // Виводимо повідомлення про помилку
    }
    if (!bmp2.begin()) { // Якщо датчик BMP280_2 не знайдено
        Serial.println(F("Could not find a valid BMP280_2 sensor, check
        wiring!")); // Виводимо повідомлення про помилку
    }
    if (!bmp3.begin()) { // Якщо датчик BMP280_3 не знайдено
        Serial.println(F("Could not find a valid BMP280_3 sensor, check
        wiring!")); // Виводимо повідомлення про помилку
    }

    pinMode(TERM_PIN, INPUT); // Встановлюємо режим роботи виводу,
    як "вхід"
}

```

Таким чином при виведенні повідомлення про помилку слід перевірити правильність підключення і відповідність його використовуваному інтерфейсу.

Далі відбувається зчитування даних з датчиків в основному циклі void loop() та їх виведення у монітор порта.

```

void loop()
{
    row_excel++; // номер строки + 1
    ms = millis(); // "скинути" таймер

```

```
Serial.print(bmp1.readPressure()); // Функція вимірювання тиску
Serial.print(" ");
Serial.print(bmp2.readPressure());
Serial.print(" ");
Serial.print(bmp3.readPressure());
Serial.print(" ");
delay(10);
Serial.print("\t");
if (ms - msT > 500) // умова таймера
{
    Serial.print(Temp(analogRead(TERM_PIN))); // зчитування значень
    температури з піну
    msT = ms; // "скинути" таймер
}
Serial.print("\t");
Serial.println(row_excel);
}
```

На рисунку 4.2.1, показано вікно виводу результатів вимірювання температури та тиску повітря.

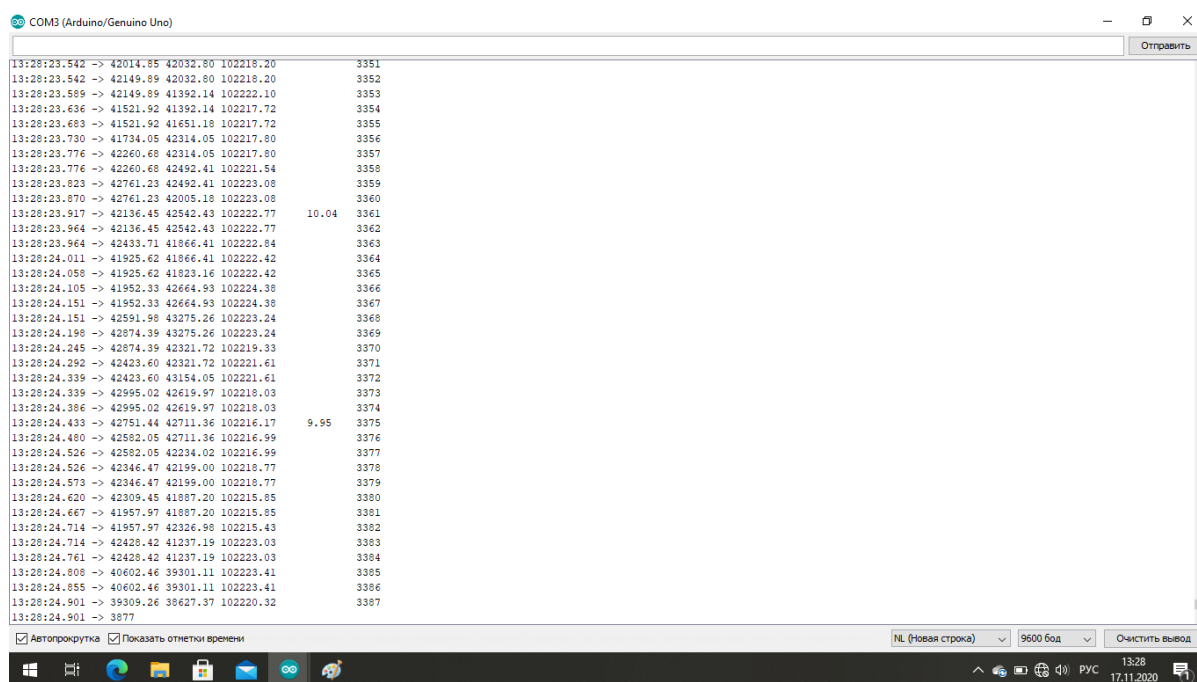


Рисунок 2.2.1- Вікно виводу результатів вимірювання температури та тиску повітря

2.3 Результати вимірювання

За допомогою даної методики вимірянні показники тиску у впускному колекторі в патрубці 4-го, 3-го циліндра двигуна та після впускного фільтра.

Так як, в показаннях датчиків є розбіжності, визначено що кожний датчик має свою свою систематичну похибку. Згідно даних з [9] найбільш близькі значення до реальних отримуємо з першого датчику, тому обираємо його як еталонний. Систематичну похибку визначено по середнім показникам датчиків за 5 секунд. Систематична похибка другого датчика складає 0,16 %, похибка третього датчика складає 0,10 %. Результати дослідження приведені в роботі враховують систематичну похибку.

На рисунку 2.3.1 зображено графік вимірювання тиску у впускних патрубках 4-го, 3-го циліндрів та у корпусі повітряного фільтру, а також температури у впускному патрубку 2-го циліндра. Цифрові значення цього експерименту наведені в додатку Б.

Експеримент проведений на такому режимі: при сталих обертах колінчатого валу $n = 1550 \text{ хв}^{-1}$ без навантаження (12:40:20), підвищили оберти до $n = 3100 \text{ хв}^{-1}$ та дали навантаження $2,2 \text{ кгс/см}^2$ (12:40:24), після чого (12:40:44) зняли навантаження та зменшили оберти до $n = 1200 \text{ хв}^{-1}$.

2.4 Висновки з розділу

Отримані результати співпадають з вивченими з літературних джерел. Точність визначення датчику тиску складає $\pm 12 \text{ Па}$, термістор визначає опір з точністю $\pm 1 \%$ при температурі 25°C . Дана методика дозволяє швидко та недорого налаштувати визначення як в дослідних цілях, так і для діагностування технічного стану ДВЗ.

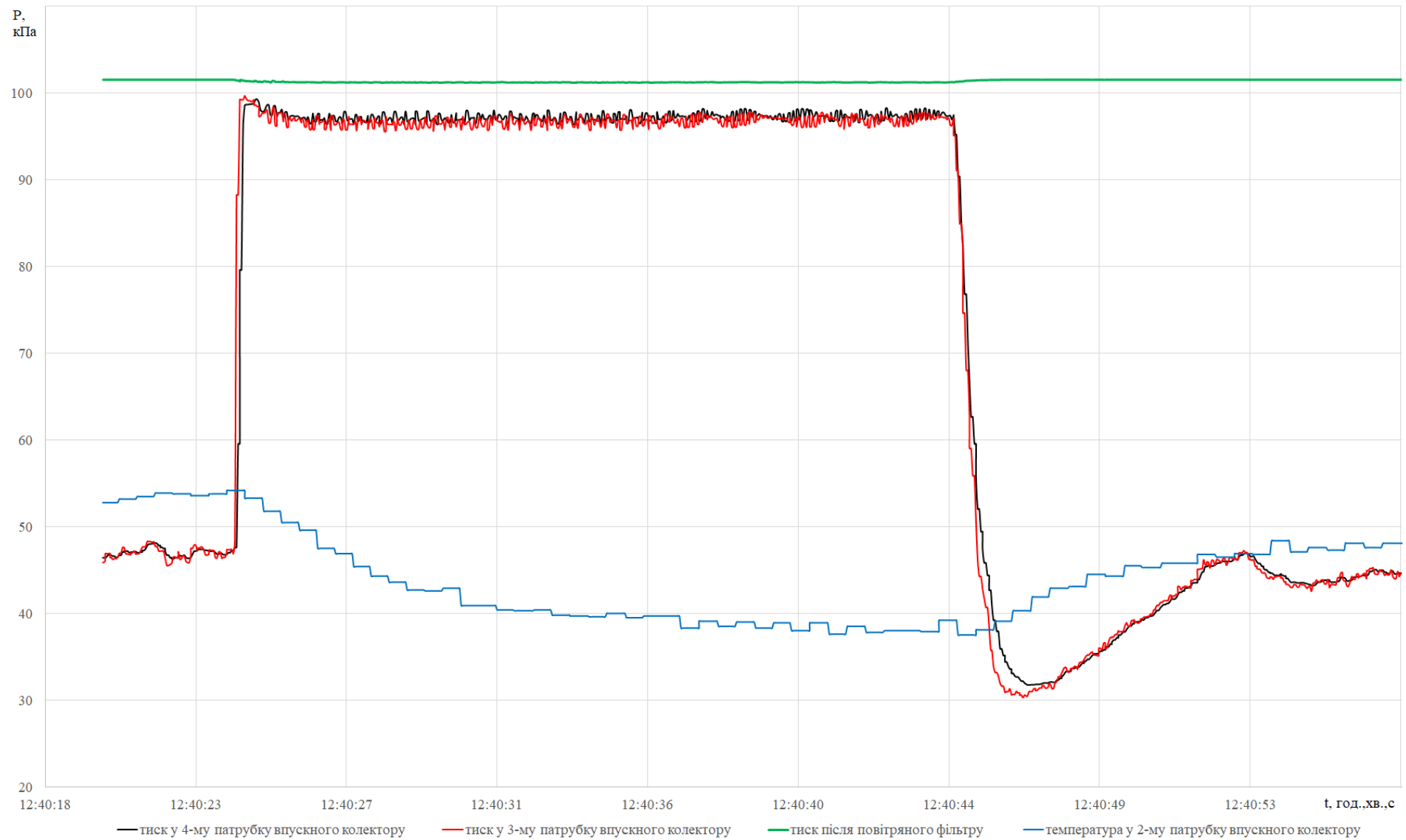


Рисунок 2.3.1 – Графік вимірювання тиску та температури у впускному колекторі

З ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА ВАЗ-2101 НА НОМІНАЛЬНОМУ РЕЖИМІ

Індивідуальне завдання до проєкту:

– двигун	ВАЗ 2101
– потужність	$N_e = 42 \text{ кВт}$;
– частота обертання валу	$n = 5500 \text{ хв}^{-1}$;
– число циліндрів	$i = 4$;
– розташування циліндрів:	рядне;
– тиск наддуву	$p_k = 0,101 \text{ МПа}$;
– температура повітря	$T_o = 293 \text{ К}$;
– ступінь стиснення	$\varepsilon = 8,5$;
– коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha = 0,82$;
– відношення ходу поршня до діаметра циліндра	$\frac{S}{D} = 0,868$;
– тактність	4
– вид палива:	бензин

Початкові дані для розрахунку

Початкові дані для розрахунку готуються в два етапи. На першому етапі виконують попередні розрахунки, щоб оцінити основні розміри циліндра, необхідні при використанні прийнятої ФММ[10].

За допомогою графіку на рис. 1, побудованого на підставі статистичних даних, виконують оцінку очікуваної величини середнього ефективного тиску p_e залежно від тиску наддуву p_k , температури наддувочного повітря T_k і типу двигуна. $p_k = 0,101 \text{ МПа}$, $T_k = 293 \text{ К}$.

Далі на основі формули ефективної потужності:

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

розраховують робочий об'єм даного циліндра:

$$V_h = \frac{N_e}{i \cdot p_e} \cdot \frac{\tau}{n} \quad (3.2)$$

$$V_h = \frac{60 \cdot 42 \cdot 1000}{4 \cdot 0,8 \cdot 10^6} \cdot \frac{2}{5500} = 0,0002864 \text{ м}^3$$

Діаметр циліндра (оціночний):

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi \cdot \frac{S}{D}}} \quad (3.3)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0.0002864}{3.14 \cdot 0,868}} = 0,0749 \text{ м}$$

Уточнюємо $D=0,075 \text{ м}$.

Хід поршня:

$$S = D \cdot \frac{S}{D} \quad (3.4)$$

$$S = 0,0749 \cdot 0,868 = 0,0651 \text{ м},$$

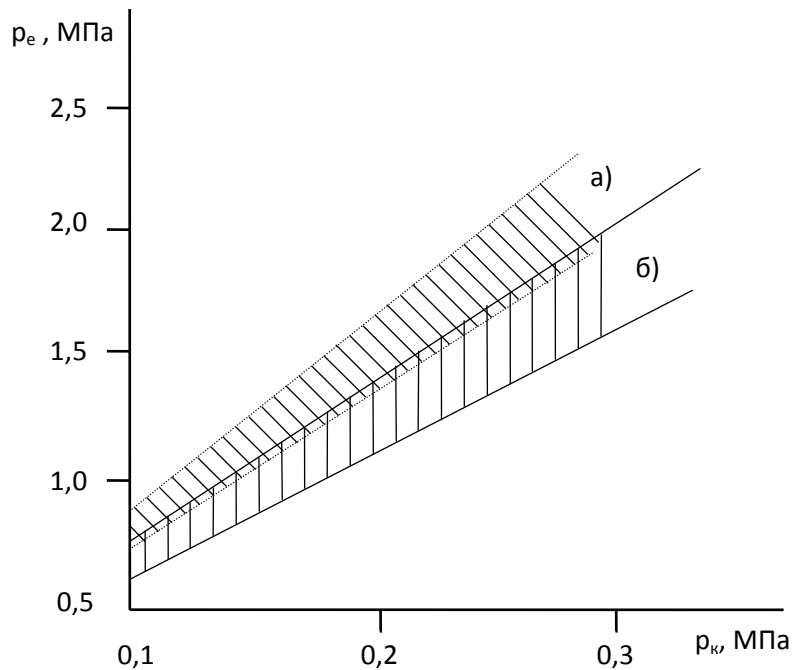
Уточнюємо $S=0,066 \text{ м}$.

Радіус кривошипа:

$$r_k = \frac{S}{2} \quad (3.5)$$

$$r_k = \frac{0.066}{2} = 0.033 \text{ м}$$

На другому етапі розраховують усі величини, які являються початковими при використанні ФММ.



а) поле з похилою штриховною – для бензинових ДВЗ;

б) поле з вертикальною штрихованою – для дизельних ДВЗ.

Рисунок 3.1 – Статистична залежність середнього ефективного тиску p_e від тиску наддуву p_k

I. Код двигуна.

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

II. Вид розрахунку: номінальний або дослідницький

III. Тип двигуна.

Тип двигуна (бензиновий або дизельний) впливає на вид палива і характер процесу згорання, який залежить від способу сумішоутворення.

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

2. Показник процесу згорання вибирають на основі рекомендацій за емпіричними даними:

– для бензинових ДВЗ $m_1 = 3,2...4,0$;

Обираємо 3,5.

IV. Конструктивні дані.

3. Кількість циліндрів: 4.

4. Рядний.

5. Діаметр циліндра $D = 0,075$ м.

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

$$F_{\pi} = \frac{\pi}{4} D^2, \quad (3.6)$$

$$F_{\pi} = \frac{3.14}{4} 0.075^2 = 0,004415 \text{ м}^2$$

і може відрізнятися від площі поверхні теплообміну поршня (див. п. 9 цього розділу).

7. Радіус кривошипа $r_k = 0,033$ м.

8. Відношення радіусу кривошипа до довжини шатуна $\frac{r_k}{L_{ш}}$ є конструктивним параметром, що характеризує геометрію кривошипно-шатунного механізму.

Обираємо 0,243.

Тоді:

$$L_{ш} = 0,033 / 0,243 = 0,136 \text{ м.}$$

9. Площа теплообміну поршня F_{π}' залежить від конфігурації днища.

– для бензинових ДВЗ $F_{\pi}' = (1,0 \dots 1,1) \cdot F_{\pi}$;

$$F_{\pi}' = 1,05 \cdot F_{\pi} = 1,05 \cdot 0,004415 = 0,004636 \text{ м}^2.$$

10. Площа теплообміну кришки F_k залежить від конструкції камери стиснення. У бензинових ДВЗ застосовують плоскі, шатрові, клиновидні,

овальні, напівсферичні та інші камери; для них має місце співвідношення $F_k = (1,1 \dots 1,3) \cdot F_n$:

$$F_k = 1,2 \cdot F_n = 1,2 \cdot 0,004415 = 0,005299 \text{ м}^2.$$

11. Об'єм камери стиснення розраховують за співвідношенням:

$$V_c = \frac{\pi}{2} D^2 \cdot r_k \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1}. \quad (3.7)$$

$$V_c = \frac{3,14}{2} 0,075^2 \cdot 0,033 \cdot \frac{1}{8,5 - 1} = 0,0000389 \text{ м}^3.$$

V. Наддув двигуна.

12. Тиск наддуву p_k встановлюють за індивідуальним завданням. $p_k = 0,101 \text{ МПа}$

13. Температура повітря на вході в двигун $T_o = 293 \text{ К}$.

VI. Регулювальні дані.

14. Кут початку згорання φ_c залежить від кута випередження запалення $\Delta\varphi_{оп}$ у бензинових ДВЗ або від кута випередження впорскування палива в дизельному ДВЗ.

Для бензинових ДВЗ:

$$\varphi_c = 360 - \Delta\varphi_{оп}, \quad (3.8)$$

$$\varphi_c = 360 - 29 = 331^\circ,$$

де $\Delta\varphi_{оп} = 10 \dots 25^\circ$ – величина, яка залежить від швидкохідності двигуна, розмірів і типу камери згорання.

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

$$\varphi_z = \varphi_c + \Delta\varphi_{cg}, \quad (3.9)$$

$$\varphi_z = 331 + 52 = 383^\circ,$$

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

Крім типу двигуна, основними чинниками, що впливають на тривалість згорання, є: частота обертання валу, розміри циліндра, турбулентність в заряді.

VII. Режимні дані.

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

$$\omega = 2\pi n / 60. \quad (3.10)$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 5500 / 60 = 575,7 \text{ с}^{-1}.$$

17. Коефіцієнт надлишку повітря α на номінальному режимі відомий за індивідуальним варіантом: $\alpha = 0,82$.

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

Цикловий масовий заряд повітря в циліндрі:

$$\Delta m_{вц} = V_h \cdot \rho_k \cdot \eta_v, \quad (3.11)$$

$$\Delta m_{вц} = 0.0002914 \cdot 1.201 \cdot 0.660 = 0.00023093 \text{ кг/цикл},$$

де щільність заряду на вході в циліндр визначається за формулою:

$$\rho_k = \frac{p_k}{RT_k}; \quad (3.12)$$

$$\rho_o = \frac{101000}{287 \cdot 293} = 1.201 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

коефіцієнт наповнення дорівнює:

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_k - \Delta p_{\text{вп}}}{p_k} \cdot \frac{T_k}{T_k + \Delta T + \gamma T_r} \quad (3.13)$$

$$\eta_v = \frac{8,5}{8,5 - 1} \cdot \frac{101000 - 10100}{101000} \cdot \frac{293}{293 + 10 + 0,15 \cdot 1000} = 0,660$$

У останній формулі:

$\Delta p_{\text{вп}} = (0,05 \dots 0,15) \cdot p_k = 0,1 \cdot 101000 = 10100$ – втрата тиску на впуску;

$\Delta T = 0 \dots 30$ К – підігрів заряду на впуску, причому для бензинових ДВЗ $\Delta T = 0 \dots 20$ К.

$\gamma = 0 \dots 0,2$ – коефіцієнт залишкових газів.

Значення коефіцієнта залишкових газів γ ближче до верхньої межі у бензинових ДВЗ і ближче до нижньої межі у дизельних.

$T_r = 700 \dots 1100$ К – температура залишкових газів. Для різних типів двигунів складає:

– у бензинових ДВЗ $T_r = 900 \dots 1100$ К;

Циклова масова подача палива

$$\Delta m_{\text{тц}} = \frac{\Delta m_{\text{вц}}}{\alpha \cdot \ell_o} \quad (3.14)$$

$$\Delta m_{\text{тц}} = \frac{0,00023093}{1 \cdot 14,96} = 0,000001882 \text{ кг/цикл.}$$

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:

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

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

Більші значення відносяться до форсованих ДВЗ з наддувом при малих величинах коефіцієнта надлишку повітря. Обираємо $T_w = 500 \text{ K}$.

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:

$$p_a = p_k - \Delta p_{\text{вп}}, \quad (3.15)$$

$$p_a = 101000 - 10100 = 90900 \text{ Па},$$

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:

$$T_a = \frac{1}{1 + \gamma} (T_k + \Delta T_{\text{вп}} + \gamma T_g). \quad (3.16)$$

$$T_a = \frac{1}{1 + 0,15} (293 + 10 + 0,15 \cdot 1000) = 393,9 \text{ K}.$$

Рекомендації по вибору величин, що входять у формулу, дані раніше в п. 18.

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

$$m_a = (1 + \gamma) \cdot \Delta m_{\text{вц}}. \quad (3.17)$$

$$m_a = (1 + 0,15) \cdot 0,00023093 = 0,0002656 \text{ кг/цикл}.$$

23. Початковий об'єм циліндра:

$$V_a = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot V_h. \quad (3.18)$$

$$V_a = \frac{8,5}{8,5 - 1} \cdot 0,0002914 = 0,0003303 \text{ м}^3.$$

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

$$P_a V_a = R m_a T_a. \quad (3.19)$$

$$90900 \cdot 0,0003303 = 287 \cdot 0,0002656 \cdot 393,9 \\ 30,02427 = 30,02589$$

Похибка цього рівняння складає 0,05 %.

ІХ. 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 комплекту (поршня, пальця, кілець) і частину маси шатуна, віднесеної до осі поршневого пальця:

$$m_A = [m'_n + (0,2 \dots 0,3) \cdot m'_{ш}] \cdot F_n, \quad (3.20)$$

$$m_A = [110 + 0,25 \cdot 140] \cdot 0,0044156 = 0,640 \text{ кг},$$

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 (у таблиці 1 вказані питомі маси, віднесені до одиниці площі поршня)[10].

Таблиця 3.1 – Питомі маси деталей КШМ

Двигуни	Маса поршневого комплекту $m'_п$, кг/м ²	Маса комплекту шатуна $m'_ш$, кг/м ²
Бензинові	40 – 150	50 – 250

Найбільші числові значення питомих мас характерні для двигунів застарілих конструкцій, а найменші – для сучасних найбільш швидкохідних ДВЗ.

Х. Розрахунковий крок рівний $\Delta\varphi = 10^\circ$.

Результати розрахунку на ПК отримують у вигляді двох протоколів, в одному з них дані теплового розрахунку, в іншому – дані динамічного 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 $\varphi = 180... 540^\circ$, що відповідає умовам ФММ моделі другої модифікації для чотиритактного ДВЗ.

У кінці протоколу наведені основні циклові і питомі показники:

- індикаторна робота $L_i = 287,3$ Дж/цикл;
- середній індикаторний тиск $p_i = 0,986$ МПа;
- індикаторний ККД $\eta_i = 0,464$;
- питома індикаторна витрата палива $g_i = 0,236 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$

Контроль і аналіз результатів розрахунку

Контрольною величиною для оцінки результатів розрахунку є ефективна потужність двигуна, яка розраховується за формулою:

$$N_e = i \cdot L_i \cdot \frac{n}{\tau} \cdot \eta_m, \quad (3.21)$$

$$N_e = 4 \cdot 287,3 \cdot \frac{5500}{2 \cdot 60} \cdot 0,8 = 42,1 \text{ кВт},$$

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

Значення механічного ККД ДВЗ може знаходитися в межах:

– для бензинових $\eta_m = 0,70 \dots 0,80$;

Похибка складає:

$$\frac{42,1 - 42}{42} = 0,003\%$$

Основними параметрами, які характеризують механічну і термічну напруженість деталей двигуна є тиск і температура робочого тіла. У протоколі теплового розрахунку знаходимо величини максимального тиску $p_{\max} = 5,734 \text{ МПа}$ і максимальної температури $T_{\max} = 3023 \text{ К}$. Для забезпечення надійної і тривалої роботи двигуна треба, щоб вони не перевершували відповідні максимально допустимі $p_{\text{доп}}$ і $T_{\text{доп}}$, наведені в таблиці 3.2[10].

Таблиця 3.2 – Максимальний тиск і температура за цикл

Тип двигунів	$p_{\text{доп}}$, МПа	$T_{\text{доп}}$, К
Бензинові	8 ... 10	3000 ... 3200

Таблиця 3.3 – Індикаторні показники сучасних двигунів

Тип двигунів	p_i , МПа	η_i	g_i , кг/(кВт·год)
Бензинові без наддува	1,10 ... 1,20	0,35 ... 0,40	0,205 ... 0,250
Бензинові з наддувом	1,30 ... 1,60	0,38 ... 0,43	0,190 ... 0,215

Індикаторні показники відповідають необхідним вимогам для сучасних ДВЗ.

За даними протоколу теплового розрахунку побудована згорнута індикаторна діаграма для номінального режиму в системах координат $p(V)$ у відповідному масштабі (див. рисунок 3.3).

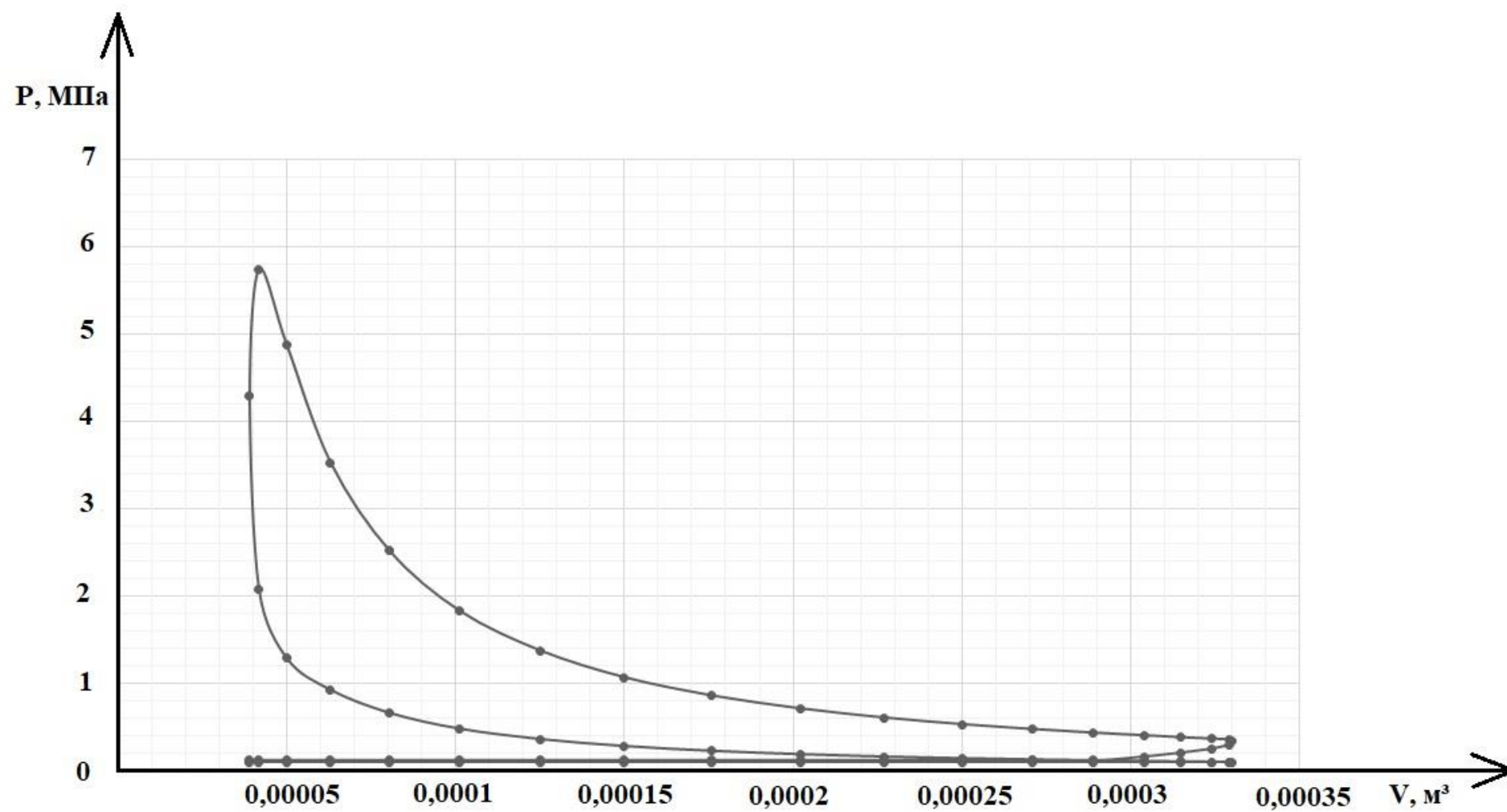


Рисунок 3.3 – Індикаторна діаграма двигуна ВАЗ-2101

4 ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА ВАЗ-2101 НА НОМІНАЛЬНОМУ РЕЖИМІ

4.1 Визначення сил, що діють в кривошипно-шатунному механізмі

Динамічний розрахунок двигуна виконують з метою визначення сил та моментів, що діють на деталі кривошипно-шатунного механізму (КШМ) [10]. Таблиця вихідних даних теплового розрахунку (див. табл. 3.1) містить величину m_A – наведену масу поступально рухомих частин, яка використовується при розрахунку сумарної сили P_n , що діє на поршень.

Протокол динамічного розрахунку (додаток В) двигуна ВАЗ-2101 містить запис основних сил, що діють у кривошипно-шатунному механізмі:

- на поршень – осьова сила P_n і бічна сила N ;
- на шатун – сила S ;
- на кривошип – тангенціальна сила T і нормальна сила K ;

і крутного моменту M на кривошипі від одного циліндра.

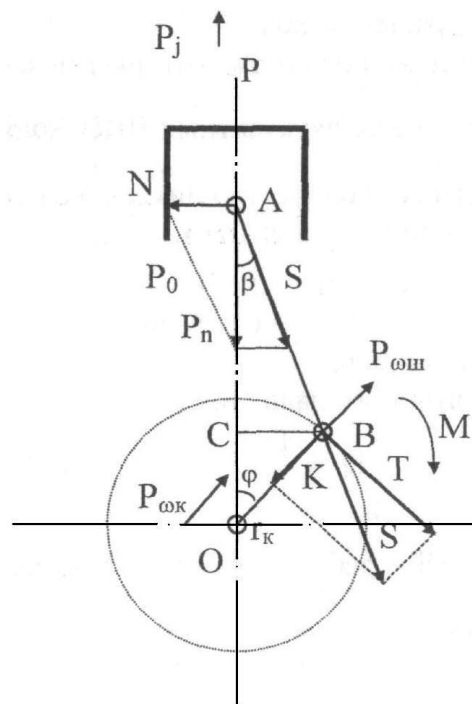


Рисунок 4.1 – Схема дії сил в кривошипно-шатунному механізмі [10]

У протоколі динамічного розрахунку результати записані в діапазоні зміни кута повороту валу $\varphi = 0 \dots 720^\circ$ (повний цикл для двотактних ДВЗ) з кроком запису $\Delta\varphi = 10^\circ$ ПКВ.

За результатами динамічного розрахунку будуюмо діаграми залежностей осьової сили на поршень P_p , бічної сили на поршень N і сили на шатун S , нормальної сили на кривошип K і на тангенціальної сили на кривошип T від кута повороту кривошипа φ (рисунки 4.2, 4.3).

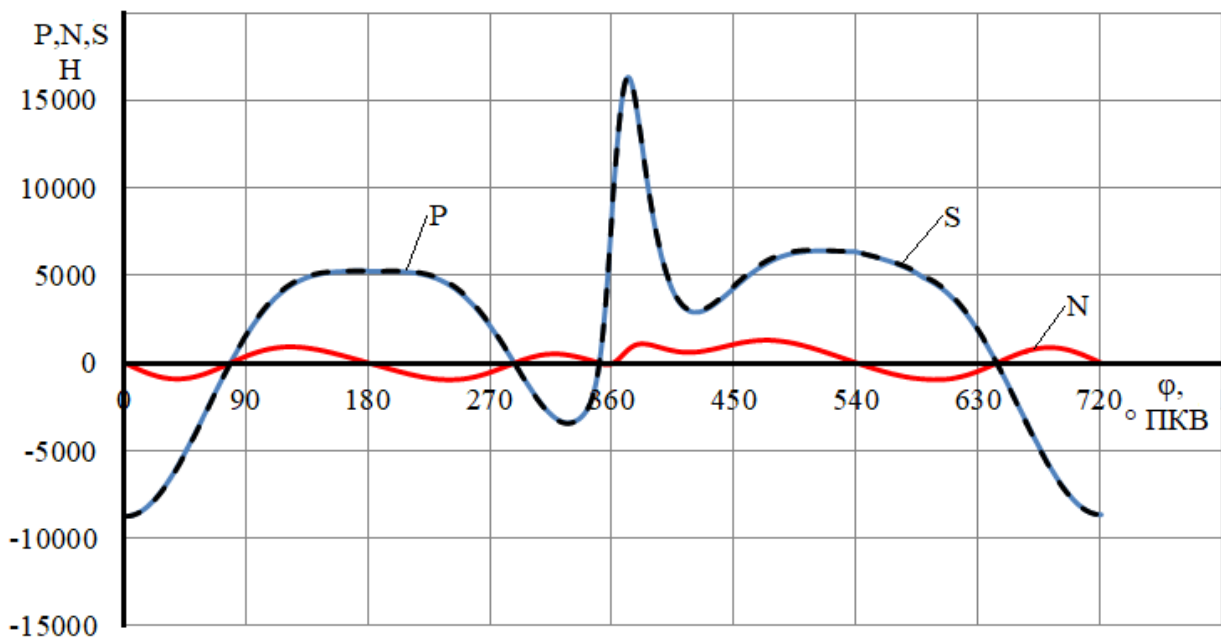


Рисунок 4.2 – Сили, що діють на поршень і шатун

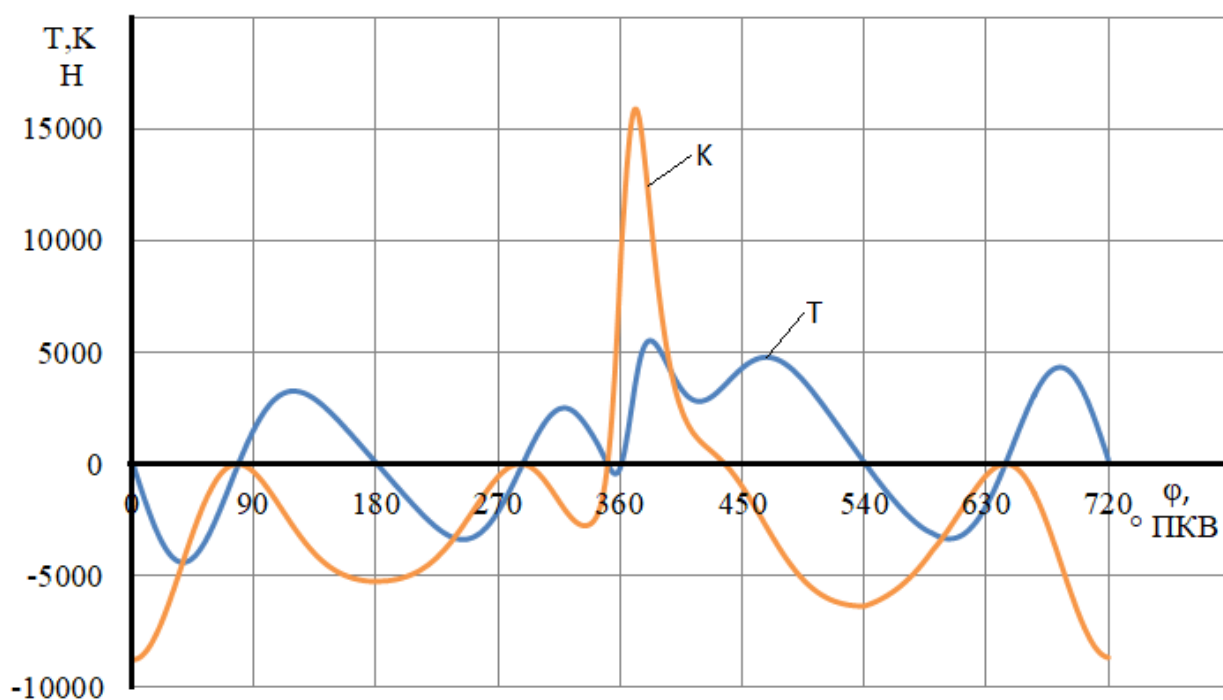


Рисунок 4.3 – Сили, що діють на кривошип

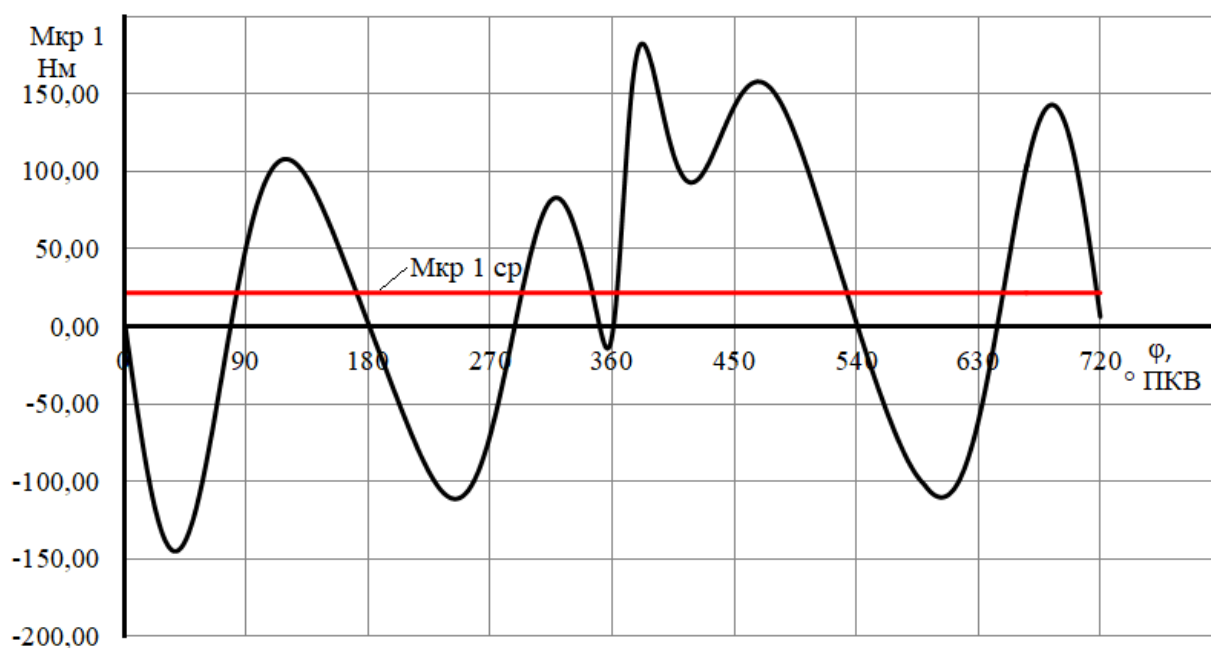


Рисунок 4.4 – Крутний момент від одного циліндра

Складовою частиною динамічного розрахунку є таблиця набігаючих крутних моментів і графік, що зображує вихідний крутний момент на валу двигуна. Останні (таблиця і графік) складаються з врахуванням числа

циліндрів, розташуванням циліндрів та порядку їх роботи, числа і розташування кривошипів на колінчатому валу двигуна.

Важливими параметрами в цьому випадку є кут розвороту кривошипів колінчастого валу $\Delta\phi_{кр}$, та кут розвалу блоків циліндрів γ в двигунах V-подібної конструкції.

У 4-х циліндровому рядному двигуні:

- порядок роботи циліндрів 1-3-4-2.
- шатунні шийки розташовані під кутом 180° .

Таблиця 4.1 – Таблиця набігаючих крутних моментів, для рядного 4-циліндрового ДВЗ

ϕ , $^\circ_{ПКВ}$	1-й циліндр M_1	2-й циліндр M_2	3-й циліндр M_2	4-й циліндр M_2	Сумарний момент M_Σ
0	0	0	0	0	0
20	-105,8	-43,2	-49	180,3	-17,7
40	-144,4	-85,2	-89,6	127,6	-191,6
60	-91	-110,2	-109,7	92,9	-218
80	6,6	-96,2	-91,2	122,3	-71,7
100	83,5	-33,9	-19,2	154,5	184,9
120	107,8	46,8	79,1	150,2	383,9
140	88	82,7	140,5	111,8	423
160	47,7	41,6	112,5	58,4	260,2
180	0	0	0	0	0
200	-43,2	180,3	-105,8	-49	-17,7
220	-85,2	127,6	-144,4	-89,6	-191,6
240	-110,2	92,9	-91,	-109,7	-218
260	-96,2	122,3	6,6	-91,2	-71,7
280	-33,9	154,5	83,5	-19,2	184,9
300	46,8	150,2	107,8	79,1	383,9
320	82,7	111,8	88	140,5	423
340	41,6	58,4	47,7	112,5	260,2
360	0	0	0	0	0
380	180,3	-49	-43,2	-105,8	-17,7
400	127,6	-89,6	-85,2	-144,4	-191,6
420	92,9	-109,7	-110,2	-91,	-218
440	122,3	-91,2	-96,2	6,6	-71,7

Продовження таблиці 4.1

460	154,5	-19,2	-33,9	83,5	184,9
480	150,2	79,1	46,8	107,8	383,9
500	111,8	140,5	82,7	88	423
520	58,4	112,5	41,6	47,7	260,2
540	0	0	0	0	0
560	-49	-105,8	180,3	-43,2	-17,7
580	-89,6	-144,4	127,6	-85,2	-191,6
600	-109,7	-91,	92,9	-110,2	-218
620	-91,2	6,6	122,3	-96,2	-71,7
640	-19,2	83,5	154,5	-33,9	184,9
660	79,1	107,8	150,2	46,8	383,9
680	140,5	88	111,8	82,7	423
700	112,5	47,7	58,4	41,6	260,2
720	0	0	0	0	0

$$M_{i\text{ ср}} = 21,6 \text{ Нм}$$

$$M_{\Sigma\text{ ср}} = 86,4 \text{ Нм}$$

За даними таблиці 4.1 будують діаграму сумарного індикаторного крутного моменту, на вихідному валу двигуна (рисунок 4.5).

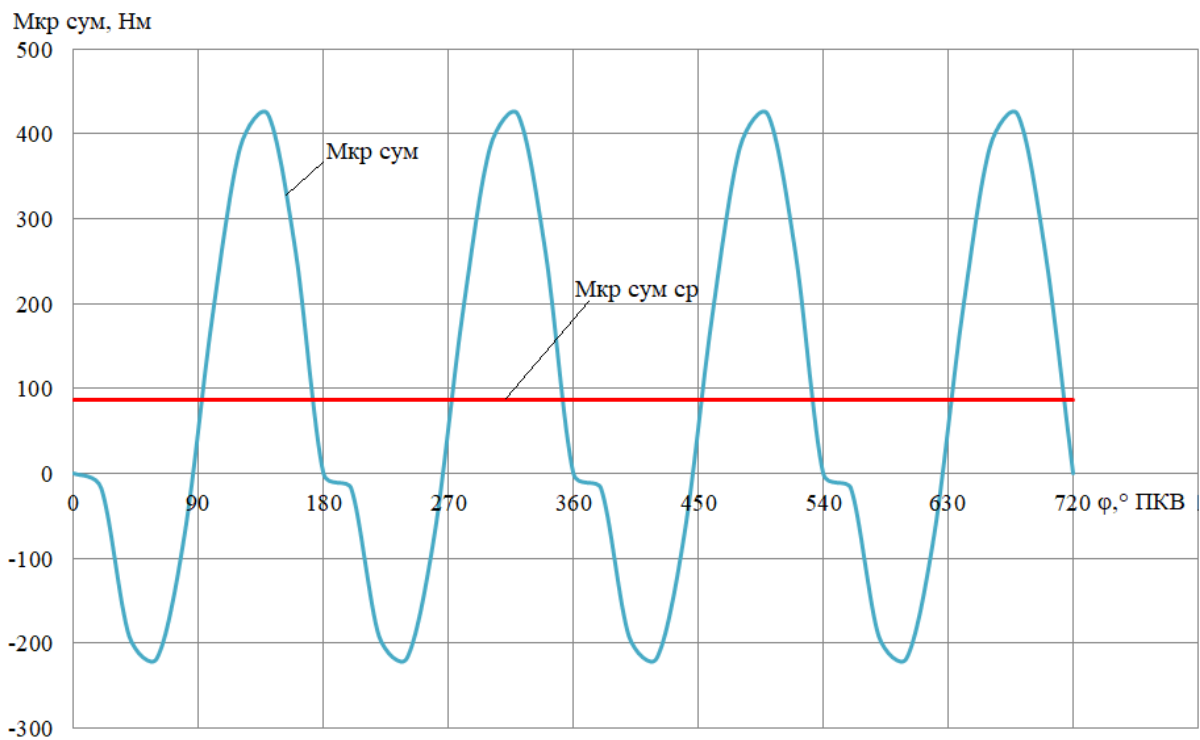


Рисунок 4.5 – Діаграма сумарного індикаторного обертового моменту на валу двигуна

5. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕНOSTІ ПОВІТРЯНОГО ФІЛЬТРА НА ЕФЕКТИВНІ ПОКАЗНИКИ ДВИГУНА ВАЗ 2101

Для того щоб застосувати розроблену методику в практичних цілях, поставлено задачу дослідити вплив стану системи впуску на показники двигуна. Фільтр впускного повітря двигуна з часом забруднюється, в залежності від умов експлуатація автомобіля. Тому за допомогою даної методики вирішено провести дослідження ступеня забрудненості повітряного фільтру та як він вплине на потужність та розхід палива. Забрудненість імітували через зменшення ефективного перерізу способом перемотування фільтру скотчем. Ефективний переріз фільтру зменшували від 100 % до 25 % з кроком зменшення в 25 %.

5.1 План проведення експерименту та подальшої обробки результатів дослідження стану повітря у системі впуску двигуна ВАЗ-2101

5.1.1 Згідно пункту 2.3 «Порядок проведення випробувань» методичних вказівок, випробування по зняттю швидкісної характеристики проводять в наступному порядку [5].

5.1.2 Двигун працює на сталому режимі $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$ під невеликим навантаженням. Поступово відкриваємо дросельну заслінку та додаємо навантаження на двигун. Проводимо 6...10 замірів, будуємо часткову швидкісну характеристику.

5.1.3 Повітряний фільтр частково закриваємо плівкою, тим самим зменшуючи його ефективну площу пропускання. Ступінь закриття можна

виміряти кутом β та виразити у відсотках. Наприклад, при $\beta = 90^\circ$ закрито 25 % поверхні фільтра.

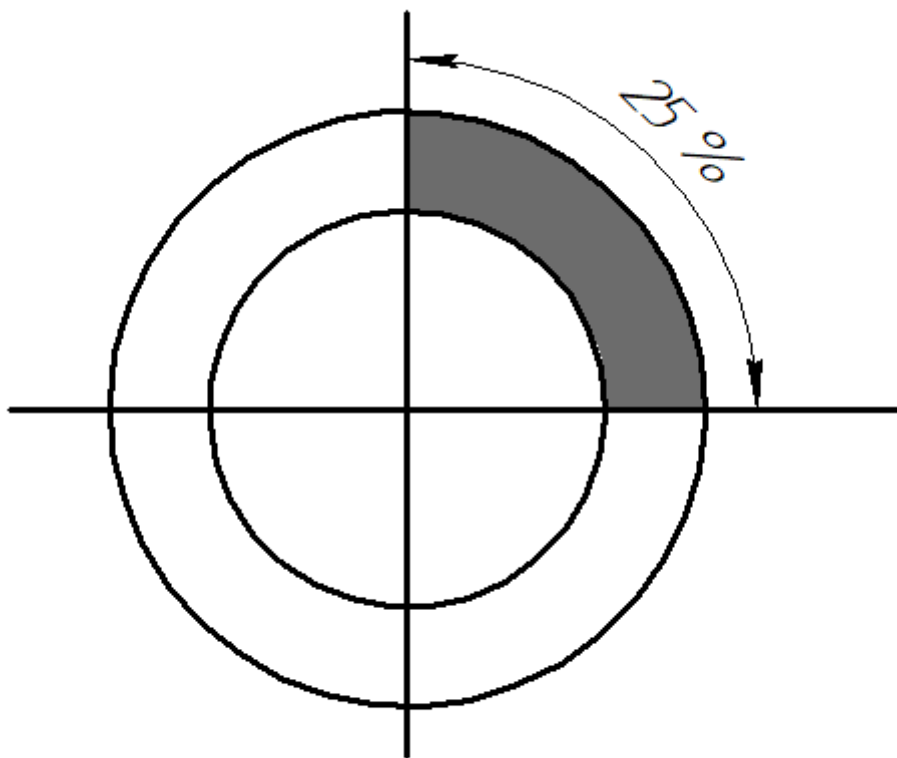


Рисунок 5.1 – Ефективний переріз повітряного фільтра 25 %

5.1.4 Проводимо випробування за пунктом 2.3 [5] з частково закритим фільтром при різних β .

5.1.5 Зводимо швидкісні характеристики до єдиної системи координат

5.1.6 Будуть отримані результати: внаслідок створення додаткового опору на впуску зміниться тиск у системі впуску. При збільшенні β максимальні оберти двигуна будуть зменшуватися. Ілюструвати графіками та зробити висновки.

5.2 Отримані результати досліджень

Таблиця 5.1. – Протокол випробування ДВЗ з ефективним перерізом фільтру 100%

№	$n, \text{хв}^{-1}$	$t, \text{с}$	$I, \text{А}$	$P_{\text{ваг}}, \text{кгс}$	$P_{\text{мастила}}, \text{кгс/см}^2$	$t_{\text{ох.під}}, ^\circ\text{C}$
1	1450	42	1,4	5,75	0	85
2	2350	28,5	1,2	5,65	1	85
3	2500	28	1	5,6	1,5	85
4	3000	25,2	1	5,5	1,5	90
5	3500	24,2	0,8	4,65	2	95
6	3850	24,3	0,7	3,4	2,5	90
7	4500	19	0,55	2,55	2,5	90

Таблиця 5.2. – Протокол випробування ДВЗ з ефективним перерізом фільтру 75%

№	$n, \text{хв}^{-1}$	$t, \text{с}$	$I, \text{А}$	$P_{\text{ваг}}, \text{кгс}$	$P_{\text{мастила}}, \text{кгс/см}^2$	$t_{\text{ох.під}}, ^\circ\text{C}$
1	1900	31,4	1,25	5,9	0,5	90
2	2450	29,2	1	5,35	0,5	90
3	2750	29,7	0,8	4,95	1	85
4	3000	25,2	0,85	4,6	1	85
5	3400	26,1	0,55	2,9	1	90
6	3850	23,3	0,45	2,2	1	90

Таблиця 5.3. – Протокол випробування ДВЗ з ефективним перерізом фільтру 50%

№	n, хв ⁻¹	t, с	I, А	P _{ваг} , кгс	P _{мастила} , кгс/см ²	t _{ох.рід} , °С
1	2150	32,3	0,9	4,7	0,5	80
2	2550	29,3	0,7	3,85	0,5	85
3	3000	27,1	0,55	2,8	0,5	85
4	3450	26,6	0,45	2,05	1	85
5	3650	21,9	0,4	1,95	1,5	85

Таблиця 5.4. – Протокол випробування ДВЗ з ефективним перерізом фільтру 25%

№	n, хв ⁻¹	t, с	I, А	P _{ваг} , кгс	P _{мастила} , кгс/см ²	t _{ох.рід} , °С
1	2100	31,2	0,8	3,65	0,5	80
2	2500	27,8	0,7	3,15	0,5	80
3	3050	28	0,6	2,5	0,5	80
4	3650	26,9	0,5	1,7	1	80
5	3800	26,2	0,4	1,3	1	80

По методиці визначаємо крутний момент, потужність, годинну витрату палива, питому витрату палива випробування двз з ефективним перерізом фільтру 100%

Обертальний момент двигуна M_K в Н·м розраховують за формулою:

$$M_K = P_{ваг} \cdot l, \quad (5.2.1)$$

$$M_{K_1} = 5,75 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 67,7 \text{ Н·м},$$

$$M_{K_2} = 5,65 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 66,5 \text{ Н·м},$$

$$M_{K_3} = 5,6 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 65,9 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_{K_4} = 5,5 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 64,7 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_{K_5} = 4,65 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 54,7 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_{K_6} = 3,4 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 40 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_{K_7} = 2,55 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 30 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

де $P_{\text{ваг}}$ – показання вимірювального пристрою навантаження, Н;

l – плече вагового пристрою гальма, м.

Ефективну потужність двигуна N_e в кВт (нетто або брутто) розраховують за формулою:

$$N_e = \frac{M_K \cdot n}{9549}, \quad (5.2.2)$$

$$N_{e_1} = \frac{67,7 \cdot 1450}{9549} = 10,28 \text{ кВт},$$

$$N_{e_2} = \frac{66,5 \cdot 2350}{9549} = 16,37 \text{ кВт},$$

$$N_{e_3} = \frac{65,9 \cdot 2500}{9549} = 17,26 \text{ кВт},$$

$$N_{e_4} = \frac{64,7 \cdot 3000}{9549} = 20,34 \text{ кВт},$$

$$N_{e_5} = \frac{54,7 \cdot 3500}{9549} = 20,06 \text{ кВт},$$

$$N_{e_6} = \frac{40 \cdot 3850}{9549} = 16,14 \text{ кВт},$$

$$N_{e_7} = \frac{30 \cdot 4500}{9549} = 14,15 \text{ кВт},$$

де n – частота обертання колінчастого валу в хв^{-1} .

Годинною витратою палива називається кількість палива, яка витрачається двигуном за 1 годину роботи. Годинну витрату палива G_t в кг/год розраховуємо за формулою:

$$G_t = 3,6 \frac{V \cdot \rho_T}{\tau}, \quad (5.2.3)$$

$$G_{t_1} = 3,6 \frac{31 \cdot 0,75}{42} = 1,993 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

$$G_{t_2} = 3,6 \frac{31 \cdot 0,75}{28,5} = 2,937 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

$$G_{t_3} = 3,6 \frac{31 \cdot 0,75}{29,3} = 2,857 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

$$G_{t_4} = 3,6 \frac{31 \cdot 0,75}{25,2} = 3,321 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

$$G_{t_5} = 3,6 \frac{31 \cdot 0,75}{24,2} = 3,459 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

$$G_{t_6} = 3,6 \frac{31 \cdot 0,75}{24,3} = 3,444 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

$$G_{t_7} = 3,6 \frac{31 \cdot 0,75}{19} = 4,405 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

де V – об'єм мірної ємності, см^3 ;

ρ_T – щільність палива при випробуваннях, г/см^3 ;

τ – тривалість вимірювання витрати палива, с.

Питомою витратою палива називається кількість палива, яка витрачається двигуном за 1 годину на кожен кВт отриманої потужності. Питому витрату палива g_e в $\text{г/(кВт} \cdot \text{год)}$ розраховують за формулою:

$$g_e = \frac{G_t}{N_e} \cdot 10^3, \quad (5.2.4)$$

$$g_{e_1} = \frac{1,993}{10,28} \cdot 10^3 = 194 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}},$$

$$g_{e_2} = \frac{2,937}{16,37} \cdot 10^3 = 179 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}},$$

$$g_{e_3} = \frac{2,857}{17,26} \cdot 10^3 = 166 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}},$$

$$g_{e_4} = \frac{3,321}{20,34} \cdot 10^3 = 163 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}},$$

$$g_{e_5} = \frac{3,459}{20,06} \cdot 10^3 = 172 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}},$$

$$g_{e_6} = \frac{3,444}{16,14} \cdot 10^3 = 213 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}},$$

$$g_{e_7} = \frac{4,405}{14,15} \cdot 10^3 = 311 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}},$$

де N_e – потужність нетто (брутто), яка визначається при випробуваннях (приведена), кВт;

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.5

Таблиця 5.5. – Результати розрахунків показників ДВЗ з ефективним перерізом фільтру 100%

$n, \text{хв}^{-1}$	$M_k, \text{Н} \cdot \text{м}$	$N_e, \text{кВт}$	$G_t, \frac{\text{кг}}{\text{год}}$	$g_e, \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$	$P_4, \text{Па}$	$P_3, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$
1450	67,7	10,28	1,993	194	99316,32	99286,14	36,76
2350	66,5	16,37	2,937	179	97389,24	97010,88	35,11
2500	65,9	17,26	2,989	173	97236,7	96859,75	38,60
3000	64,7	20,34	3,321	163	95032,32	94498,51	23,12
3500	54,7	20,06	3,459	172	95511,01	94929,84	25,79
3850	40	16,14	3,444	213	95515,37	94909,25	22,45
4500	30	14,15	4,405	311	94067,86	93509,25	16,47

де P_4 - тиск у 4-му патрубку впускного колектору, Па;

P_3 - тиску у 3-му патрубку впускного колектору, Па;

t – температура у 2-му патрубку впускного колектору, °С;

Розрахунки інших випробувань розраховуємо по такій же методиці та заносимо до таблиць 5.6.,5.7.,5.8.

Таблиця 5.6. – Результати розрахунків показників ДВЗ з ефективним перерізом фільтру 75%

$n, \text{хв}^{-1}$	$M_k, \text{Н} \cdot \text{м}$	$N_e, \text{кВт}$	$G_t, \frac{\text{кг}}{\text{год}}$	$g_e, \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$	$P_4, \text{Па}$	$P_3, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$
1900	69,5	13,82	2,666	193	98526,35	98169,49	38,73
2450	63,0	16,16	2,866	177	97853,18	97392,71	37,81
2750	58,3	16,78	2,818	167	97234,53	96853,74	36,38
3000	54,2	17,01	3,321	195	96150,20	95737,91	35,67
3400	34,1	12,16	3,207	264	95289,61	94782,64	35,09
3850	25,9	10,44	3,592	344	94961,72	94249,37	34,28

Таблиця 5.7. – Результати розрахунків показників ДВЗ з ефективним перерізом фільтру 50%

$n, \text{хв}^{-1}$	$M_k, \text{Н} \cdot \text{м}$	$N_e, \text{кВт}$	$G_t, \frac{\text{кг}}{\text{год}}$	$g_e, \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$	$P_4, \text{Па}$	$P_3, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$
2150	55,3	12,46	2,591	208	97759,78	97386,91	38,28
2550	45,3	12,10	2,857	236	96954,26	96530,74	35,49
3000	33,0	10,36	3,089	298	96789,84	96302,13	36,16
3450	24,1	8,72	3,147	361	95825,09	95307,13	35,72
3650	23,0	8,77	3,822	436	94397,64	93768,6	34,37

Таблиця 5.8. – Результати розрахунків показників ДВЗ з ефективним перерізом фільтру 25%

$n, \text{хв}^{-1}$	$M_k, \text{Н} \cdot \text{м}$	$N_e, \text{кВт}$	$G_t, \frac{\text{кг}}{\text{год}}$	$g_e, \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$	$P_4, \text{Па}$	$P_3, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$
2100	43,0	9,45	2,683	284	96999,89	96683,85	34,93
2500	37,1	9,71	3,011	310	96606,59	96184,75	34,22
3050	29,4	9,40	2,989	318	94492,27	94259,21	33,87
3650	20,0	7,65	3,112	407	93292,85	92706,48	32,15
3800	15,3	6,09	3,195	525	93008,11	92434,4	31,37

За результатами таблиць 5.6-5.8 побудовані графіки залежності показників двигуна від ефективного перерізу фільтру.

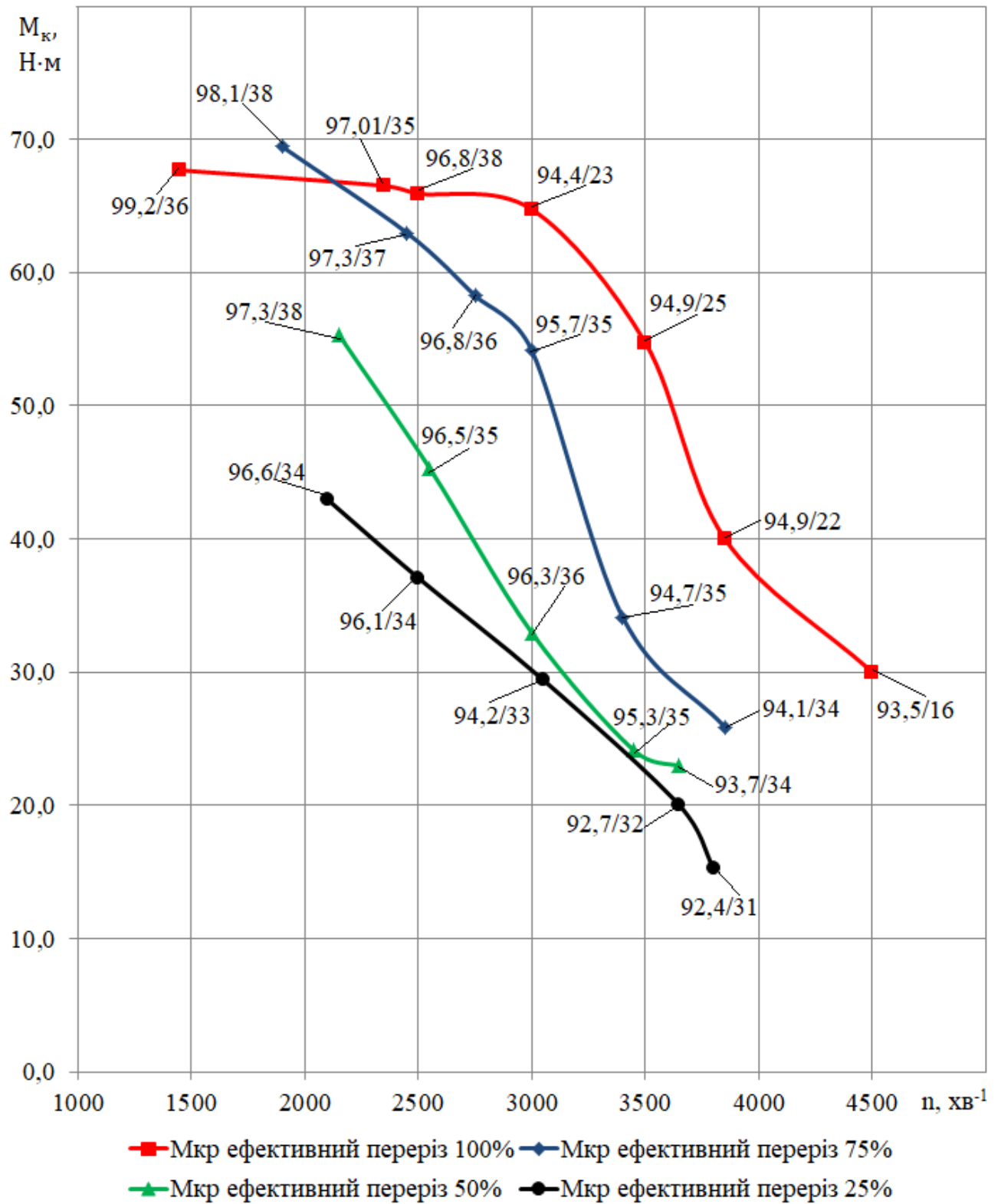


Рисунок 5.3 – Графік залежності крутного моменту від ефективного перерізу фільтру

На рисунку 5.3 графік залежності крутного моменту від ефективного перерізу фільтру; цифровими значеннями показано тиск у 3-му патрубку

впускного колектору, кПа / температура у 2-му патрубку впускного колектору, °C.

З графіку видно що, при зменшенні ефективного перерізу фільтру на 25% крутний момент зменшується від 6 % до 43 %. Найбільше зменшення крутного моменту при $n = 3500 \text{ хв}^{-1}$. При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 50% крутний момент зменшується від 15 % до 56 %. Найбільше зменшення крутного моменту при $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$. При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 75% крутний момент зменшується від 36 % до 62 %. Найбільше зменшення крутного моменту при $n = 3800 \text{ хв}^{-1}$.

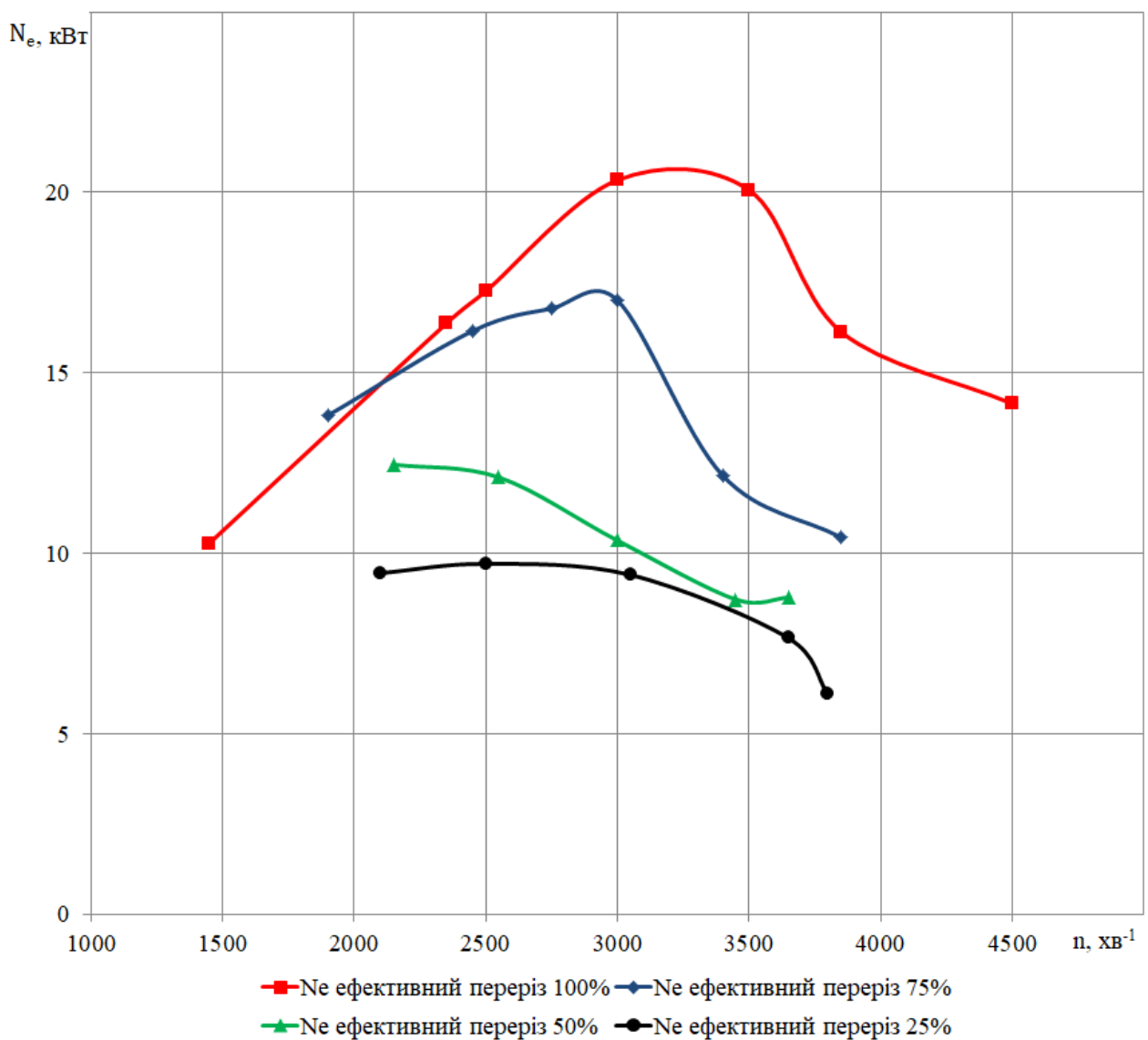


Рисунок 5.4 – Графік залежності потужності від ефективного перерізу фільтру

З графіку видно що, при зменшенні ефективного перерізу фільтру на 25% потужність зменшується від 4 % до 40 %. Найбільше зменшення потужності при $n = 3500 \text{ хв}^{-1}$. При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 50 % потужність зменшується від 17 % до 59 %. Найбільше зменшення потужності при $n = 3500 \text{ хв}^{-1}$. При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 75 % потужність зменшується від 35 % до 63 %. Найбільше зменшення потужності при $n = 3800 \text{ хв}^{-1}$.

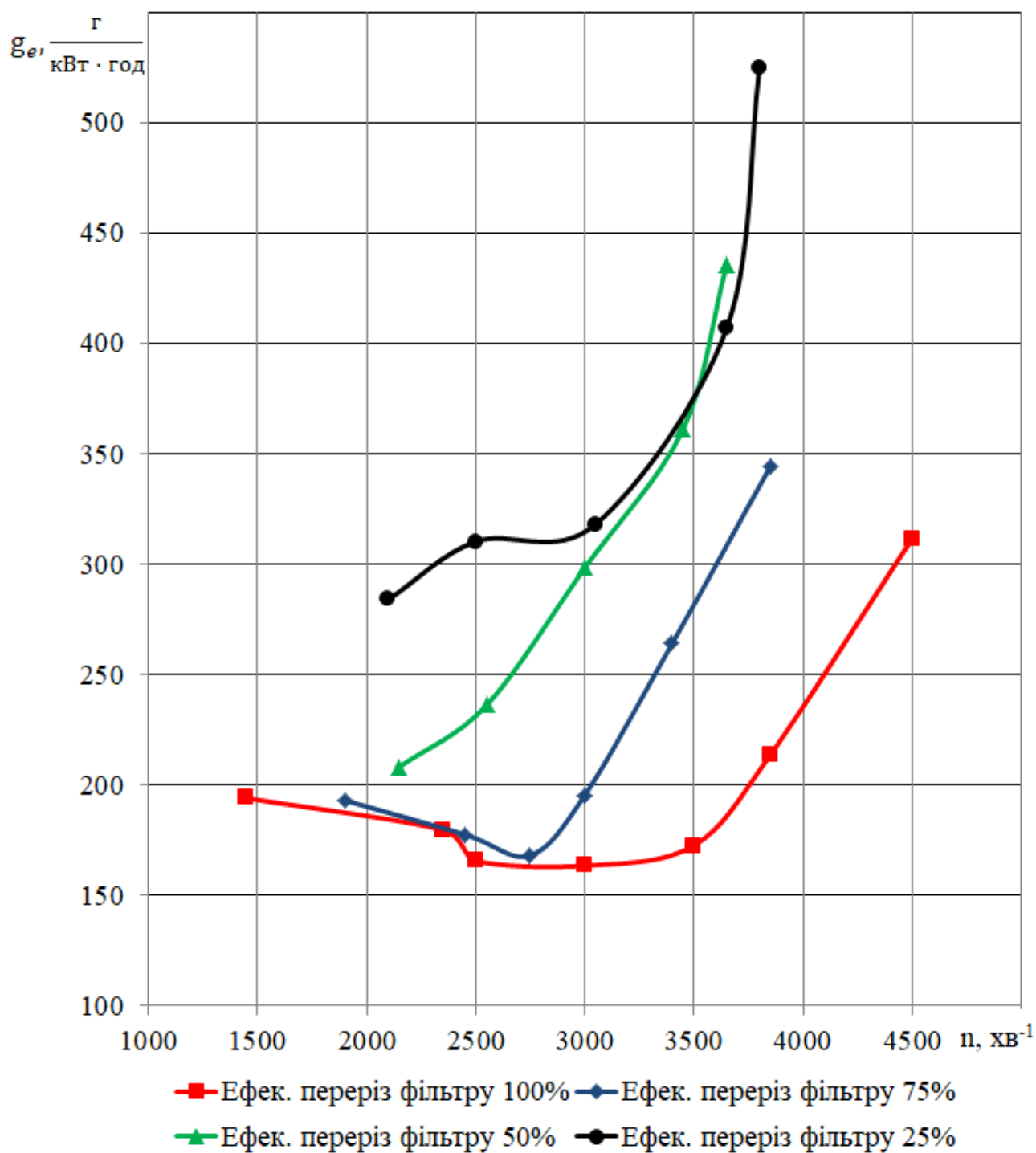


Рисунок 5.5 – Графік залежності питомої витрати палива від ефективного перерізу фільтру

З графіку видно що, при зменшенні ефективного перерізу фільтру на 25% питома витрата палива збільшується від 1,5 % до 61 %. Найбільше збільшення питомої витрати палива при $n = 3850 \text{ хв}^{-1}$. При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 50% питома витрата палива збільшується від 16 % до 136 %.

Найбільше збільшення питомої витрати палива при $n = 3650 \text{ хв}^{-1}$. При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 75% питома витрата палива збільшується від 58 % до 162 %. Найбільше збільшення питомої витрати палива при $n = 3800 \text{ хв}^{-1}$.

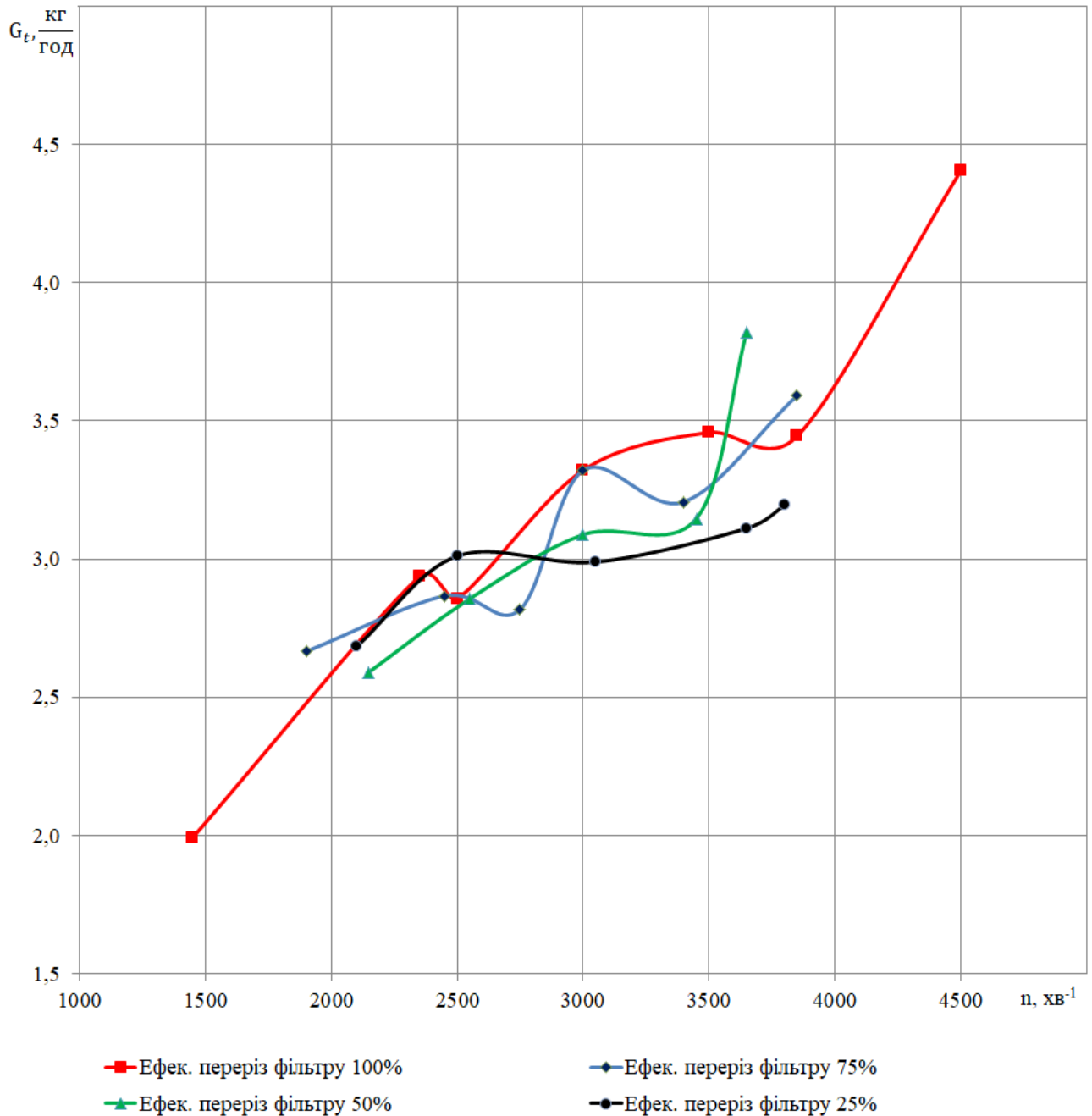


Рисунок 5.6 – Графік залежності годинної витрати палива від ефективного перерізу фільтру

З графіку видно що, при зменшенні ефективного перерізу фільтру на 25%, 50%, 75% годинна витрата палива практично не змінюється;

5.3 Висновки за розділом

Як видно з графіків 5.3 – 5.6 зменшення ефективного перерізу фільтру значно впливає на показники двигуна.

При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 25 %:

- потужність в середньому зменшується на 22 %;
- крутний момент в середньому зменшується на 23 %;
- питома витрата палива в середньому збільшується на 26 %;
- годинна витрата палива практично не змінюється;

При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 50 %:

- потужність в середньому зменшується на 41 %;
- крутний момент в середньому зменшується на 40 %;
- питома витрата палива в середньому збільшується на 77 %;
- годинна витрата палива практично не змінюється.

При зменшенні ефективного перерізу фільтру на 75%:

- Зменшилась температура охолоджуючої рідини;
- потужність в середньому зменшується на 51 %;
- крутний момент в середньому зменшується на 51 %;
- питома витрата палива в середньому збільшується на 103 %;
- годинна витрата палива практично не змінюється.

З таблиць 5.5 – 5.8 видно що, з підвищенням обертів двигуна збільшується швидкість повітряного потоку, що призводить до зменшення температури повітря у впускному колекторі двигуна.

При ефективному перерізі фільтру 100 % та підвищенні обертів двигуна $n = 1450 \dots 4500 \text{ хв}^{-1}$, тиск зменшується з 99,3 кПа до 94 кПа в 4-му патрубку та з 99,2 кПа до 93,5 кПа в 3-му патрубку впускного колектору двигуна.

При ефективному перерізі фільтру 75 % та підвищенні обертів двигуна $n = 1900 \dots 3850 \text{ хв}^{-1}$, тиск зменшується з 98,5 до 94,9 кПа в 4-му патрубку та з 98,1 кПа до 94,2 кПа в 3-му патрубку впускного колектору двигуна.

При ефективному перерізі фільтру 50 % та підвищенні обертів двигуна $n = 2150 \dots 3650 \text{ хв}^{-1}$, тиск зменшується з 97,7 кПа до 94,3 кПа в 4-му патрубку та з 97,3 кПа до 93,7 кПа в 3-му патрубку впускного колектору двигуна.

При ефективному перерізі фільтру 25 % та підвищенні обертів двигуна $n = 2100 \dots 3800 \text{ хв}^{-1}$, тиск зменшується з 96,9 кПа до 93 кПа у 4-му патрубку та з 96,6 кПа до 92,4 кПа в 3-му патрубку впускного колектору двигуна.

6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Магістерська робота наукового спрямування не передбачає безпосередньо розробки нових конструкцій двигунів, тому визначаємо витрати на її проведення за умов мінімізації витрат трудових, матеріальних й грошових ресурсів. Користуємось методиками [14,15].

6.1 Визначення витрат на проведення магістерської роботи

Для визначення грошових витрат на проведення науково-дослідної роботи складають кошторис витрат по статтях:

- матеріали за винятком зворотних відходів,
- покупні комплектуючі деталі і вироби;
- паливо й енергія з боку;
- спеціальне устаткування і технологічне оснащення;
- амортизація універсального устаткування;
- заробітна плата основна і додаткова;
- внески на соціальні заходи;
- накладні витрати.

6.2 Визначення витрат на матеріали

В ході роботи було витрачено ряд матеріалів які занесені до таблиці 6.1. В таблиці 6.1 записано найменування, кількість, вартість одиниць, сумарна вартість, вартість разом з транспортно-заготівельними витратами.

Витрати на основні матеріали V_m розраховуються за формулою:

$$V_m = \sum_{i=1}^n (H_{mi} \cdot C_{mi}) \cdot K_{т.з.} \quad (6.1)$$

де H_{mi} – норма витрат i -го матеріалу, нат. один.;

C_{mi} – ціна i -го матеріалу без ПДВ, грн;

$K_{т.з.}$ – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, який приймається від 0,1 до 0,15.

Результати розрахунків зводимо у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок витрат на матеріали

№ п/п	Матеріал	Одиниця виміру	Витрати матеріалу на тему	Ціна за одиницю виміру	Сума витрат, грн.
1	Папір А-4	пачка	2	120	240
2	Канц. товари	грн.	1	350	350
3	Впускний колектор	грн.	1	400	400
4	Штуцери	грн.	4	30	120
5	Прокладки впускного і випускного колектора	грн.	2	100	200
6	Набір прокладок на карбюратор ДААЗ	грн.	1	200	200
7	Герметик	грн.	2	100	200
8	Arduino Uno R3	грн	1	187	187
9	Макетна плата	грн	1	44	44
10	Комплект проводів	грн	1	79	79

Продовження таблиці 6.1

11	Датчик тиску BMP280	грн	3	43	129
12	Термістор NTC 3950	грн	1	19	19
13	Резистор 100 кОм	грн	1	2	2
Підсумок за винятком зворотних витрат		—	—	—	2170
Транспортно-заготівельні витрати		%	10	10	217
Разом із транспортно-заготівельн. витратами		—	—	—	2387

6.3 Розрахунок вартості палива й енергії

Витрати на силову енергію E_c визначають по формулі:

$$E_c = \frac{P_y \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_v \cdot C_e}{\text{ККД}}, \quad (6.2)$$

де P_y – установлена потужність енергетичних струмоприймачів устаткування, кВт;

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу роботи даного виду устаткування, годин;

$\Phi_{\text{еф}} = 69 \cdot 8 = 552$ год, – для комп'ютерного обладнання;

де 69 – кількість робочих днів магістранта;

8 – кількість робочих годин в день;

$\Phi_{\text{еф}} = 4$ год, кількість робочих годин двигуна;

K_v – коефіцієнт використання енергетичних установок по потужності і часу ($K_v \approx 0,8 \dots 0,9$);

C_e – ціна 1 кВт·години електроенергії, грн./(кВт·год);

ККД = 0,8.....0,9.

Виконані розрахунки заносять у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунок вартості енергоресурсів

Устаткування	Вид енерго-ресурсів	Норма витрати	Φ_{ef}	Ціна чи вартість, грн.	Вартість енерго-ресурсів, грн.
Комп'ютерне обладнання	електрична енергія	0,065	552	1,95	70
Двигун ВАЗ-2101	бензин А-92	10	4	23,50	230,5
Разом					300,5

6.4 Розрахунок амортизації універсального устаткування

Суму амортизаційних відрахувань від балансової вартості універсального устаткування, апаратів і приладів, що відносяться до основних фондів, розраховується у відповідності із зайнятістю їх для даної роботи.

Результати розрахунку зводять у таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок амортизації універсального устаткування

Устаткування, прилади	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
Комп'ютерне обладнання	8500	50	354

Продовження таблиці 6.3

Двигун Ваз2101	20000	50	833
Разом			1187

$$H_A = B_{\text{в}} \cdot \frac{A_H}{100} \cdot \frac{n_{\text{р.м.}}}{12} \quad (6.3)$$

де $B_{\text{в}}$ - балансова вартість , $B_{\text{в}} = 15000$ грн

A_H - норма амортизації, $A_H = 50\%$;

$n_{\text{р.м}}$ - кількість робочих місяців, $n_{\text{р.м}} = 1$ міс.

6.5 Розрахунок заробітної плати

У цю статтю включається заробітна плата всіх категорій працівників, що безпосередньо зайняті в процесі проведення всіх етапів робіт. Сума заробітної плати розраховується на основі зайнятості виконавців по окремих етапах робіт і середньоденного заробітку для кожної категорії персоналу.

Розрахунок основної заробітної плати роблять у таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок основної і заробітної плати

Посада виконавця	К-ть, людей	Місячний оклад, грн.	Середньоденна зарплата, грн.	Зайнятість НДР, днів	Підсумкова сума основної зарплати, грн.
Керівник	1	9500,00	475,00	49	23275
Магістрант	1	2400,00	120,00	69	8280
Економіст	1	9100,00	455,00	10	4550
Спеціаліст з охорони праці	1	8500,00	425,00	10	6250
Норма контроль	1	7500,00	375,00	10	3750
Підсумок	5	–	1850	148	46105

До підсумкової суми основної зарплати робітників додається премія в розмірі 10 %:

$$ЗП = 46105 \cdot 0,1 = 4610,5 \text{ грн.} \quad (6.4)$$

6.6 Внески на соціальні заходи

Внески на соціальні заходи визначають у процентному відношенні від суми основної і додаткової зарплати з урахуванням премій:

$$B_{cz} = \frac{(ЗП_o + ЗП_d) \cdot Y_{cz}}{100\%} \quad (6.5)$$

$$B_{cz} = \frac{(46105 + 4610,5) \cdot 22\%}{100\%} = 11157,41 \text{ грн,}$$

де $Y_{c/стр}$ – питома вага внесків на соціальні заходи, визначається за даними діючого законодавства, %, приймаємо 22%.

6.7 Накладні витрати

Накладні витрати розраховуються у відсотках від основної заробітної плати виконавців (50 %).

$$B_n = 3\Pi_o \cdot 0,5, \quad (6.6)$$

$$B_n = 46105 \cdot 0,5 = 23052,5 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на виконання НДР

Витрати	Сума, грн.	Питома вага до підсумку, %
Матеріали за винятком зворотних відходів	2387	2,84
Паливо й енергія з боку	300,5	0,36
Амортизація універсального устаткування	1187	1,41
Заробітна плата основна і додаткова	46105	54,76
Відрахування на соціальні заходи	11157,41	13,25
Накладні витрати	23052,5	27,38
Усього	84189,41	100

6.8 Розрахунок економічної ефективності науково-дослідної роботи

В зв'язку з тим, що результати дослідження мають теоретичний характер визначаємо техніко-економічну ефективність роботи з урахуванням наступних показників:

- важливості дослідження для народного господарства;
- складності розробки;
- результативності й можливості використання.

Важливість теоретичного дослідження оцінюють по його призначенню:

- рішення проблемних питань;
- задоволення вимог спеціальної техніки;
- пошук принципово нових конструктивних і технологічних рішень і т. і.

Складність виконання роботи визначають порівнянням отриманих результатів даного дослідження з результатами відомих аналогічних досліджень з обліком грошових і трудових витрат на їхнє проведення.

Результативність роботи можна визначити по повноті рішень поставленого завдання: отриманий результат відповідає планованому, задовільний (часткове рішення) чи негативний.

Аналіз залежності між цими показниками й витратами на їхнє досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичних робіт за формулою:

$$K_{\text{ндр}} = \frac{J^n \cdot R \cdot T}{B_{\text{ндр}} \cdot t_{\text{ндр}}} \cdot n, \quad (6.7)$$

$$K_{\text{ндр}} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 2}{84,189 \cdot 0,25} \cdot 3 = 2,56$$

де $K_{\text{ндр}}$ – рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності робіт);

J^n – важливість роботи;

R – результативність роботи;

T – технічна складність виконання НДР;

$V_{\text{НДР}}$ – витрати на проведення НДР, тис грн;

n – показник використання результатів НДР:

$n = 0$ – результати НДР не використовуються;

$n = 1$ – результати НДР використовуються частково;

$n = 2$ – результати НДР використовуються в дослідно-конструкторських роботах (ДКР);

$n = 3$ – результати НДР можуть бути використані без проведення ДКР.

При значенні $K_{\text{НДР}} \geq 1$ дослідницька робота вважається ефективною. Наприклад, для НДР, у яких $V_{\text{НДР}} < 130$ тис. грн. і $t_{\text{НДР}} \leq 2$ років, можна застосовувати значення $J = 2...5$; $R = 2...5$; $T = 1...3$ (табл. 7.6).

Таблиця 6.6 – Значення оцінних факторів

Оцінні фактори	J	R	T	C	t_{ϕ}	n
Припустимі значення	2...5	1...4	1...3	–	–	1...8
Прийняті значення	3	3	2	–	–	3

Розрахований показник оцінки техніко-економічної ефективності вище 1, що підтверджує економічну ефективність роботи. При впровадженні отриманих результатів роботи в технологічний процес обслуговування ДВЗ дозволить підтвердити якість робіт без використання трудомістких робіт.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У розділі подано аналіз потенційних небезпек та основні заходи з охорони праці при розробці методики визначення температури та тиску у впускній системі 4-тактного ДВЗ.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

– можливість ураження електричним струмом, де основними причинами можуть бути: випадкове доторкання і наближення до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою та порушення правил з електробезпеки, що може призвести к травмам або до летального наслідку.

– небезпеки, які пов'язані з використанням ПК при обробці отриманих результатів, зокрема:

а) незадовільне освітлення робочого місця може призвести до втоми та травмування дослідника;

б) тривалого статичного напруження м'язів спини, шиї, рук і ніг, що призводить до втоми і специфічних скарг.

в) важкість, напруженість, монотонність роботи за ПК, призводять до захворювань загально-невротичного характеру у вигляді підвищеної загальної втоми, головного болю, відчуття важкості голови, поганого сну.

г) незадовільні параметри повітряного середовища мікроклімату в приміщенні лабораторії обладнаної ПК, внаслідок неефективної роботи систем опалення та кондиціонування (повітрообміну).

– незадовільна організація робочого місця створює підвищену втому.

- незадовільні параметри мікроклімату в приміщенні дослідницької лабораторії, внаслідок нагріву повітряного середовища від роботи двигуна внутрішнього згорання.
- незадовільний рівень освітлення приміщення дослідницької лабораторії призводить до перевтомлення органів зору дослідника, зниження загальної продуктивності та уваги що призводить до помилок у виконанні науково-дослідних процедур.
- незадовільний стан повітряного середовища через шкідливі речовини, які входять в відпрацьовані гази, викидаються двигунами автомобілів і призводить до отруєння організму.
- підвищення рівень шуму та вібрації від працюючого двигуна на робочому місці призводить до погіршення самопочуття, зниження працездатності та уваги дослідника що може привести до травмування.
- під час проведення експерименту можливе попадання паливо-мастильних матеріалів на розігріті частини двигуна що може призвести до пожежі, внаслідок чого можливе травмування, отруєння або летальній наслідок.
- при неефективному управлінні персоналом невоєнізованих формувань можливе травмування та навіть загибель людей.

7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Пройшли навчання і перевірку знань з електробезпеки та згідно ДНАОП 1.1.10-1.01-2000 "Правила безпечної експлуатації електроустановок - споживачів" отримали певну групу з електробезпеки. Для запобігання ураження електричним струмом необхідно зробити захисне заземлення. 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»[16].

7.3 Заходи по забезпеченню гігієнічної санітарії та гігієни праці

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, опалення, вентиляція и кондиціонування[19].

Оскільки висота дослідницького приміщення становить 4,90 м, встановлюємо люмінесцентні лампи типів ЛБ чи ЛД міцність 60Ват, що буде відповідають В класу зорової роботи відповідно 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) [18].

Захист персоналу від шуму двигуна, в виробничих приміщеннях і на робочих місцях забезпечується згідно вимог ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму».

Для захисту від шуму передбачають наступні заходи:

- віброізоляція стенду з двигуном, застосування індивідуальних віброізованих фундаментів для обладнання зі значними динамічними навантаженнями, а також віброізоляція трубопроводів інженерних мереж[22].

При роботі на ПК проводимо заміри шкідливих факторів на робочому місці та вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії вносимо до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця 7.1. - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{\text{вим}}$	Час дії год.	ГДК, ГДР, показники, $P_{\text{доп}}$	$X_{\text{визн}}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, t, °C	27,5	9	23,5-26,4	3	3,3	3
Освітленість приміщення E, лк	200	10	300	—	3,1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{\text{ор}}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму L, дБА	95	5	80	—	3,2	1,25
Загальні енергозатрати організму, Вт	190	7	290	0,57	3,3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному	63000	7	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	81	7	75	0,95		
Тривалість робочого дня, год.	10	10	8	0,23		

2. Відповідно до додатка А [25] , за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для інженера-дослідника центральній заводської лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 139 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії І-а.

3. З додатків, відповідно до категорії робіт І-а, розряду зорових робіт Б-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

4. Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{\text{визн}}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

– для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС - індекс, додаток Б [25]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{\text{визн}}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{\text{визн}} = \frac{3 \cdot t_2}{T} = \frac{3 \cdot 9}{10} = 2.7; \quad (7.1)$$

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2:

а) Загальні енергозатрати організму, $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{190 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 290} = \frac{1330}{2320} = 0,57; \quad (7.2)$$

б) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{\text{знач}} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{63000 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 40000} = 1,38; \quad (7.3)$$

в) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{\text{знач}} = 1,0$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{81 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0,95; \quad (7.4)$$

г) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{\text{знач}} = 0,15$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,23; \quad (7.5)$$

5. Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 2,7$, з таблиці 7.2 – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{\text{вим}} = 200$ лк, за додатками Г [25] та табл. Г.1 – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{\text{вим}} = 95$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}$ за формулою 7.6:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,57 + 1,38 + 0,95 + 0,23 = 3,13; \quad (7.6)$$

З таблиці 7.3 [22] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 3,13$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

6. Оскільки загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень,

відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці інженера-дослідника центральній заводській лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 ступеню.

7. Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

– для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{\text{ст}} = X_i = 3$;

– при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 10 годин, тому – $X_{\text{ст}} = X_i = 1$;

– для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення X_i визначаємо по формулі 7.7:

$$X_i = X_{\text{ст}} \cdot \frac{T}{8} = 2 \cdot 0,625 = 1,25; \quad (7.7)$$

– для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 2 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{\text{ст}} = X_i = 3$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , по формулі 7.8:

$$X_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 1,25 + 3 = 8,25; \quad (7.8)$$

8. Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 8,25$, на підставі Типового положення «Про оцінку

умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [25]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

9. На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції:

а) умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

б) відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника лабораторії належать до категорії І-а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії І-а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом – 21,0-23,4 °С;
- освітленість кабінетів та робочих кімнат відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого – $E = 300$ лк;
- рівень шуму в робочий зоні інженера-дослідника ЦЗЛ – 80 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 139 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 40000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 75 %;
- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

в) для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціювання приміщення;
 - освітленість приміщення відповідає нормам тому корегувати немає необхідності;
 - для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника лабораторії необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;
 - для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год.
 - для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;
 - для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.
- г) якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [25], у розмірі 20 %.

7.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Для запобігання виникненню пожежі в дослідницькій лабораторії необхідно розрахувати кількість вогнегасників та місце їх установки. В лабораторії застосовується паливо(бензин), олія, дизпаливо, розчинники. Ці речовини можна віднести до класу пожежі А. Приміщення по вибухонебезпечності та пожежонебезпечності можна віднести до категорії В.

Площа приміщення складає 110м². Тому кількість вогнегасників вибираємо 4 вогнегасника ПВП-5 відповідно документу ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [27].

7.5 Заходи з цивільного захисту

Невоєнізовані формування – це група робітників та службовців об'єкта, які об'єднані в окремий підрозділ, оснащений спеціальною технікою і майном, без звільнення їх основної роботи і призначені для ведення РІНР при виникненні надзвичайної ситуації.

Формування можуть бути загального призначення і забезпечення (служб ЦО), за підпорядкованістю – територіальні й об'єктові.

Невоєнізовані формування загального призначення є основними підрозділами НФ ЦО. Вони створюються на територіях відповідно до адміністративно-територіального поділу України, на об'єктах господарювання і призначені для пошуку і порятунку потерпілих у районах лиха, надання їм долікарняної допомоги, проведення невідкладних робіт, які сприяють порятунку людей, захисту їх життя та здоров'я. Організаційно вони можуть бути зведені в загони, команди, групи.

Невоєнізовані формування забезпечення створюються в адміністративно-територіальних одиницях, на об'єктах господарювання і призначені для вирішення спеціальних завдань та всебічного забезпечення РІНР у районах стихійного лиха й вогнищах ураження.

Організаційно це можуть бути загони, команди, колони, бригади, дружини, групи, відділення, пости. Вони можуть виконувати такі завдання:

- Ведення розвідки;
- Забезпечення зв'язком;
- Ведення медичної розвідки, надання медичної допомоги;
- Проведення протиепідемічних і санітарно-гігієнічних заходів;

- Локалізація і гасіння пожеж;
- Ведення інженерної розвідки, РІНР, відновлення і ремонт доріг та дорожніх споруд;
- Ведення аварійно-технічних робіт на мережах і спорудах комунально-енергетичного господарства;
- Проведення санітарної і спеціальної обробки людей, техніки, майна, а також територій;
- Перевезення людей і матеріальних цінностей;
- Підтримка суспільного порядку, несення комендантської служби;
- Забезпечення гарячим харчуванням, водою, продовольством, одягом, взуттям тощо.

Територіальні невоєнізовані формування загального призначення створюються на базі підприємств та організацій обласного, районного, міського підпорядкування, підкоряються начальникам Цивільної оборони відповідних територій і використовуються за їхніми розпорядженнями [26].

7.6 Висновок охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

В даному розділі розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть впливати на дослідника. Розроблені заходи по їх усуненню. Розроблені заходи з пожежної безпеки та цивільного захисту.

8 ВИСНОВКИ

Виходячи з аналітичного огляду літературних джерел встановлено що питання дослідження тиску та температури повітря у впускній системі є актуальним. Розробка нових методик з використанням цифрових датчиків та електронного обладнання дозволить більш точно досліджувати тиск та температуру у впускній системі, як під час роботи двигуна на стаціонарних режимах так і на перехідних режимах.

Розроблено методику визначення температури та тиску. Розроблено вимірювальний ланцюг що складається з комп'ютера, мікроконтролеру Arduino Uno R3, датчиків тиску BMP280, термістору NTC3950. Для отримання показників з вимірювального ланцюгу розроблено програмний код. Дана методика дозволяє визначати показники тиску з точністю $\pm 0,5\%$, а показники температури з точністю $\pm 1\%$.

Проведено тепловий та динамічний розрахунок двигуна ВАЗ-2101 на номінальних режимах. Отримано індикаторну діаграму двигуна та графіки сил що діють на кривошипно-шатунний механізм. Побудовано графіки крутного моменту від одного циліндру та діаграму сумарного індикаторного обертового моменту на валу двигуна.

Для застосування методики в практичних цілях було проведено дослідження ступеню забрудненості повітряного фільтру на ефективні показники двигуна ВАЗ-2101. Забрудненість фільтру імітували зменшенням його ефективного перерізу. З отриманих результатів видно що зменшення ефективного перерізу фільтра на 25% в середньому зменшує потужність на 22%, крутний момент на 23% та збільшення питомої витрати палива двигуна в середньому на 26%.

Розроблено засоби охорони праці при випробуваннях двигуна внутрішнього згоряння. Проведено аналіз потенційних небезпек та розроблено заходи по їх забезпеченню. Проведено заходи по цивільному захисту.

Проведено економічне обґрунтування магістерської роботи. Розрахований показник оцінки техніко-економічної ефективності вище 1, що підтверджує економічну ефективність роботи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Тихонов Р.А. Исследование и оптимизация скорости воздушных потоков в газовых трактах двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Р.А. Тихонов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – С. 194-199.
2. Кузнецов, В.Н. Расчет давления во впускном коллекторе многоцилиндрового двигателя [Текст] / В.Н. Кузнецов, В.И. Беяев, Ф.П. Мельников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2015. - №3(125). - С.122-126
3. Акунов Б.У. Влияние температуры воздуха во впускном коллекторе двигателя на длительность импульса открытия форсунки при эксплуатации автомобиля в различных условиях [Текст] / Акунов Б.У., Касымбеков К.Дж.// Вестник СибАДИ. – Том 16, № 1. 2019. Сквозной номер выпуска – 65. – С.32-39
4. И.В. Карнаухова. Определение оптимальной температуры воздуха во впускном коллекторе двигателя [Текст] / И.В. Карнаухова // Вестник СибАДИ, выпуск 3(37). – 2014. – С .7-12.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Теорія ДВЗ» та «Основи теорії і динаміки автомобільних двигунів» для студентів спеціальностей 7(8).05050304 «Двигуни внутрішнього згорання», 7(8).05050305 «Колісні та гусеничні транспортні засоби» всіх форм навчання [Текст] / Укл.: Г.І. Слинько, Р.Ф. Сухонос – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 58 с.
6. О платформе Arduino [Електронний ресурс] / Сайт «<https://alexgyver.ru/>». – 2020. – Режим доступу: <https://alexgyver.ru/lessons/about-arduino/>
7. Датчик атмосферного давления BMP280 [Електронний ресурс] / Сайт «<https://3d-diy.ru/>». – 2020. – Режим доступу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/sensor-bmp280/>
8. Ардуино: терморезистор NTC 100K [Електронний ресурс] / Сайт «<https://robotclass.ru/>». – 2017. – Режим доступу:

<https://robotclass.ru/tutorials/arduino-thermistor-100k>.

9. GISMETEO.UA: Прогноз погоди по Україні [Електронний ресурс] / Сайт «<https://www.gismeteo.ua/>». – 2020. – Режим доступу: <https://www.gismeteo.ua/weather-zaporizhia-5093/>

10. Методичні вказівки до курсового проєкту 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.

11. Слинько, Г.І. Методика визначення тиску повітря у впускній системі ДВЗ [Електронний ресурс] / Г.І. Слинько, Д.П. Чишко, Р.Ф. Сухонос, В.С. Яровий, Я.В. Рогов // Тиждень науки-2020. Транспортний факультет : щоріч. наук.-практ. конф., 13-17 квітня 2020 р. : тези доп. / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – НУ «Запорізька політехніка», 2020. – С. 46–47.

12. Методичні вказівки до виконання комплексної курсової роботи для магістрантів спеціальності 8.05050304 «Двигуни внутрішнього згорання» всіх форм навчання / Укл.: Г.І. Слинько, Р.Ф. Сухонос – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 14 с.

13. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов [Текст] / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008 – 496 с.

14. Методичні вказівки до виконання економічного розділу дипломного проєкту для студентів спеціальності 7.05050304 “Двигуни внутрішнього згорання” для усіх форм навчання /Укладачі: доцент, к.е.н. О.Є.Борисенко, - Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. -26с.

15. Методичні рекомендації щодо виконання економічного розділу дипломного проєкту здобувачами вищої освіти технічних спеціальностей за освітнім ступенем «магістр» [Текст] / Левченко Н.М. – НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 13с.

16. 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)

17. 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. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-14>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям [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)

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

20. 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)

21. 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)

22. 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)

23. Цивільна оборона та цивільний захист [Текст] : навч. посіб. для вузів / М. І. Стеблюк. – К. : Знання, 2013, - 487 с

24. 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. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96>.

25. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання / М.І. Лазуткін, М.О. Журавель : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018. – 44 с.

26. 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)

27. 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). – На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 66 с. – (Національний стандарт України).

«Додаток А» Програмний код

```

#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>

// пин термистора
#define TERM_PIN A0
// пин CS 1го bmp280
#define BMP1_CS 6
// пин CS 2го bmp280
#define BMP2_CS 7
// пин CS 3го bmp280
#define BMP3_CS 8

#define B 3950 // B-коэффициент
#define SERIAL_R 102000 // сопротивление последовательного резистора, 102
кОм
#define THERMISTOR_R 100000 // номинальное сопротивления термистора,
100 кОм
#define NOMINAL_T 25 // номинальная температура (при которой TR = 100
кОм)

Adafruit_BMP280 bmp1(BMP1_CS);
Adafruit_BMP280 bmp2(BMP2_CS);
Adafruit_BMP280 bmp3(BMP3_CS);

uint32_t ms, msT;

```

```

float Temp(int16_t t)
{
    float tr = 1023.0 / t - 1;
    tr = SERIAL_R / tr;
    float steinhart;
    steinhart = tr / THERMISTOR_R;
    steinhart = log(steinhart);
    steinhart /= B;
    steinhart += 1.0 / (NOMINAL_T + 273.15);
    steinhart = 1.0 / steinhart;
    steinhart -= 273.15;
    return steinhart;
}

int row_excel = 0;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    if (!bmp1.begin()) {
        Serial.println(F("Could not find a valid BMP280_1 sensor, check wiring!"));
    }
    if (!bmp2.begin()) {
        Serial.println(F("Could not find a valid BMP280_2 sensor, check wiring!"));
    }
    if (!bmp3.begin()) {
        Serial.println(F("Could not find a valid BMP280_3 sensor, check wiring!"));
    }
    pinMode(TERM_PIN, INPUT);
}

```

```

void loop()
{
  row_excel++; // номер строки + 1
  ms = millis();
  Serial.print(bmp1.readPressure());
  Serial.print(" ");
  delay(10);
  Serial.print(bmp2.readPressure());
  Serial.print(" ");
  delay(10);
  Serial.print(bmp3.readPressure());
  Serial.print(" ");
  delay(10);
  Serial.print("\t");
  if (ms - msT > 500)
  {
    Serial.print(Temp(analogRead(TERM_PIN)));
    msT = ms;
  }
  Serial.print("\t");
  Serial.println(row_excel);
}

```

«Додаток Б» Цифрові показання датчиків

час	4 циліндр	3 циліндр	пов.фільтр	температура
12:40:19,975	46442,21	45883,32	101549,27	52,8
12:40:20,022	46442,21	45883,32	101547,13	
12:40:20,069	46438,9	46115,7	101552,33	
12:40:20,069	46438,9	46883,41	101552,33	
12:40:20,115	46598,69	46883,41	101548,78	
12:40:20,162	46802,55	46900,69	101548,78	
12:40:20,209	46802,55	46900,69	101543,67	
12:40:20,209	46739,54	46452,34	101543,67	
12:40:20,243	46739,54	46452,34	101548,88	
12:40:20,287	46634,38	46230,16	101546,8	
12:40:20,334	46634,38	46328,65	101546,8	
12:40:20,381	46473,86	46328,65	101548,28	
12:40:20,428	46565,3	46479,12	101548,28	
12:40:20,428	46565,3	46479,12	101547,89	
12:40:20,475	46747,7	46943,38	101547,89	53,2
12:40:20,522	46747,7	46943,38	101550,03	
12:40:20,568	47116,64	47616,37	101550,68	
12:40:20,615	47116,64	47589,39	101550,68	
12:40:20,615	47258,99	47589,39	101550,85	
12:40:20,662	47225,57	46879,76	101550,85	
12:40:20,709	47225,57	46879,76	101547,13	
12:40:20,756	47045,4	46789,72	101547,13	
12:40:20,803	47045,4	46789,72	101555,53	
12:40:20,803	47112,96	46981,22	101555,53	
12:40:20,850	47112,96	46981,22	101546,8	
12:40:20,897	47157,28	47212,8	101546,08	
12:40:20,944	47157,28	46835,7	101546,08	
12:40:20,944	47178,66	46835,7	101550,94	
12:40:20,991	47036	46891,68	101550,94	53,5
12:40:21,037	47036	46891,68	101551,93	
12:40:21,084	47108,62	47226,87	101551,93	
12:40:21,131	47108,62	47653,64	101541,24	
12:40:21,131	47288,91	47653,64	101548,32	
12:40:21,178	47288,91	47697,9	101548,32	
12:40:21,225	47481,22	47697,9	101551,44	
12:40:21,272	47844,03	48283,62	101551,44	
12:40:21,319	48031,73	48295,71	101555,56	
12:40:21,366	48031,73	48295,71	101547,22	
12:40:21,413	48072,28	48205,97	101547,22	
12:40:21,460	48072,28	48291,76	101543,05	
12:40:21,460	48160,39	48291,76	101550,28	
12:40:21,507	48160,39	47736,11	101550,28	53,9
12:40:21,554	48085,6	47736,11	101550,94	
12:40:21,601	47871,14	47207,1	101550,94	
12:40:21,648	47871,14	47207,1	101555,72	
12:40:21,648	47658,33	47200,29	101555,72	
12:40:21,694	47658,33	47199,07	101551,17	
12:40:21,741	47519,69	47199,07	101547,72	
12:40:21,788	47519,69	46375,72	101547,72	
12:40:21,788	47194,21	46375,72	101552,16	
12:40:21,835	46761,94	45536,91	101552,16	
12:40:21,882	46761,94	45536,91	101547,82	
12:40:21,929	46468,61	45642,18	101547,82	
12:40:21,976	46468,61	45773,35	101548,47	
12:40:21,976	46322,98	45773,35	101554,4	
12:40:22,023	46322,98	46513,57	101554,4	53,8

12:40:22,069	46451,05	46513,57	101544,69	
12:40:22,116	46450,55	46451,9	101544,69	
12:40:22,163	46450,55	46451,9	101549,79	
12:40:22,163	46708,39	47131,95	101549,79	
12:40:22,210	46708,39	46266,56	101546,66	
12:40:22,245	46662,58	46266,56	101547,39	
12:40:22,288	46662,58	46611,85	101547,39	
12:40:22,335	46751,71	46611,85	101551,44	
12:40:22,382	46495,54	46018,28	101551,44	
12:40:22,382	46495,54	46018,28	101551,28	
12:40:22,429	46376,82	45871,15	101551,28	
12:40:22,476	46376,82	45871,15	101550,61	
12:40:22,523	46488,32	46654,33	101550,61	
12:40:22,523	46488,32	47498,19	101551,28	53,6
12:40:22,570	46831,44	47498,19	101553,41	
12:40:22,617	47215,76	47878,79	101553,41	
12:40:22,663	47215,76	47878,79	101551,77	
12:40:22,710	47357,76	47203,72	101551,77	
12:40:22,710	47357,76	47530,35	101547,59	
12:40:22,757	47415,11	47530,35	101547,59	
12:40:22,804	47415,11	47648,32	101553,84	
12:40:22,851	47438,71	47648,32	101553,58	
12:40:22,898	47380,17	47281,93	101548,74	
12:40:22,945	47307,23	46752	101548,74	
12:40:22,992	47307,23	46752	101546,92	
12:40:23,039	47225,46	46832,84	101546,92	
12:40:23,039	47225,46	47292,4	101551,53	53,8
12:40:23,086	47204,2	47292,4	101552,36	
12:40:23,133	47204,2	47254,89	101552,36	
12:40:23,180	47237,99	47254,89	101548,47	
12:40:23,226	47052,52	46436,95	101548,47	
12:40:23,226	47052,52	46436,95	101548,25	
12:40:23,272	46874,94	46387,09	101548,25	
12:40:23,319	46874,94	47081,11	101549,96	
12:40:23,366	46968,75	47081,11	101549,96	
12:40:23,412	46968,75	46340,59	101547,16	
12:40:23,412	46907,38	46340,59	101546,17	
12:40:23,459	46808,72	46484,53	101546,17	
12:40:23,506	46808,72	46484,53	101554,66	
12:40:23,553	46835,62	47049,68	101554,66	
12:40:23,553	46835,62	47356,9	101553,25	54,2
12:40:23,600	47042,84	47356,9	101553,25	
12:40:23,647	47042,84	47369,02	101552,26	
12:40:23,694	47311,78	47369,02	101554,4	
12:40:23,741	47209,56	46871,6	101554,4	
12:40:23,741	47209,56	46871,6	101533,1	
12:40:23,788	47664,04	48337,7	101533,1	
12:40:23,835	47664,04	88220,75	101446,75	
12:40:23,881	59596,05	88220,75	101446,75	
12:40:23,928	59596,05	99251,13	101363,31	
12:40:23,928	79618,03	99251,13	101513,02	
12:40:23,975	79618,03	99211,64	101513,02	
12:40:24,022	96045,41	99211,64	101435,56	
12:40:24,069	98621,55	99672,28	101435,56	
12:40:24,069	98621,55	99672,28	101397,05	53,3
12:40:24,116	98686,16	99309,97	101397,05	
12:40:24,163	98686,16	99097,11	101397,47	
12:40:24,210	98724,09	99097,11	101369,72	
12:40:24,243	98724,09	99005,48	101369,72	
12:40:24,287	98766,52	99005,48	101347,17	
12:40:24,334	98818,13	99190,36	101347,17	
12:40:24,334	98818,13	98600,85	101409,72	

12:40:24,381	99273,92	98601,25	101409,72	
12:40:24,428	99273,92	98419,29	101314,13	
12:40:24,475	98932,93	98419,29	101314,13	
12:40:24,475	98932,93	97315,42	101351,49	
12:40:24,522	98024,67	97315,42	101303,33	
12:40:24,569	97877,75	97651,57	101303,33	
12:40:24,616	97877,75	97651,57	101381,35	51,8
12:40:24,663	98246,38	97758,54	101381,35	
12:40:24,663	98246,38	98003,06	101328,02	
12:40:24,710	98637,71	98003,06	101328,02	
12:40:24,757	98637,71	96548,42	101335	
12:40:24,803	97517,17	96548,42	101230,49	
12:40:24,850	97460,52	97732,67	101409,49	
12:40:24,897	98501,4	98323,62	101409,49	
12:40:24,944	98501,4	96224,15	101298,49	
12:40:24,991	97278,51	96224,15	101298,49	
12:40:24,991	97278,51	97627,72	101295,27	
12:40:25,038	97737,63	97627,72	101295,27	
12:40:25,085	97737,63	97685,32	101276,93	
12:40:25,131	98105,14	97685,32	101348,26	50,5
12:40:25,178	97073,48	96683,23	101348,26	
12:40:25,178	97073,48	97536,31	101291,25	
12:40:25,225	97811,16	97536,31	101291,25	
12:40:25,272	97811,16	96061,07	101274,79	
12:40:25,319	96863,96	96061,07	101274,79	
12:40:25,319	96863,96	97134,12	101262,28	
12:40:25,366	97307,44	97134,12	101271,89	
12:40:25,413	97391,58	96744,94	101271,89	
12:40:25,460	97391,58	97058,28	101274,69	
12:40:25,507	97298,46	97058,28	101274,69	
12:40:25,507	97298,46	96804,29	101266,73	
12:40:25,554	97340,75	96804,29	101266,73	
12:40:25,601	97340,75	96995,04	101261,96	
12:40:25,648	97149,77	96995,04	101260,38	49,6
12:40:25,694	97075,64	96568,99	101260,38	
12:40:25,694	97075,64	96951,92	101257,74	
12:40:25,741	97174,46	96951,92	101257,74	
12:40:25,788	97174,46	96103,05	101266,83	
12:40:25,835	96737,63	96103,05	101266,83	
12:40:25,835	96737,63	96807,31	101279,89	
12:40:25,882	97255,67	96807,31	101272,82	
12:40:25,929	96530,24	95797,43	101272,82	
12:40:25,976	96530,24	95797,43	101253,33	
12:40:26,023	97658,62	96950,03	101253,33	
12:40:26,023	97658,62	95806,47	101256,85	
12:40:26,070	96718,3	95806,47	101256,85	
12:40:26,116	96718,3	97312,51	101238,1	
12:40:26,163	97597,3	97312,51	101238,1	47,5
12:40:26,210	97597,3	96394,68	101225,85	
12:40:26,210	96866,46	96590,47	101239,57	
12:40:26,257	96926,83	96590,47	101239,57	
12:40:26,305	96926,83	96731,71	101275,06	
12:40:26,352	97148,6	96731,71	101275,06	
12:40:26,352	97148,6	95823,97	101254,98	
12:40:26,399	96480,5	95823,97	101254,98	
12:40:26,446	96480,5	96883,04	101256,63	
12:40:26,493	97647,89	96883,04	101252,9	
12:40:26,539	96751,32	95694,15	101252,9	
12:40:26,539	96751,32	97327,97	101227,89	
12:40:26,586	97379,29	97327,97	101227,89	
12:40:26,633	97379,29	96339,4	101239,02	
12:40:26,680	96752,55	96339,4	101239,02	46,9

12:40:26,727	96752,55	96551,75	101272,1	
12:40:26,727	96751,8	96551,75	101251,13	
12:40:26,774	97212,72	96608,56	101251,13	
12:40:26,821	97212,72	95795,9	101267,58	
12:40:26,868	96441,32	95795,9	101267,58	
12:40:26,868	96441,32	96918,72	101255,14	
12:40:26,914	97832,11	96918,72	101255,14	
12:40:26,961	97832,11	95775,62	101231,05	
12:40:27,008	96859,6	95775,62	101231,05	
12:40:27,055	96859,6	97263,22	101235,56	
12:40:27,055	97082,78	96406,86	101265,61	
12:40:27,102	97022	96406,86	101265,61	
12:40:27,149	97022	96374,9	101251,36	
12:40:27,196	96492,28	96374,9	101251,36	45,4
12:40:27,243	97507,72	96672,3	101252,44	
12:40:27,277	97507,72	95648,01	101234,67	
12:40:27,321	96738,39	97177,73	101233,25	
12:40:27,368	97257,29	97177,73	101233,25	
12:40:27,415	97257,29	96350,3	101250,03	
12:40:27,415	96882,34	96350,3	101250,03	
12:40:27,462	96882,34	96768,17	101264,78	
12:40:27,509	96657,63	96768,17	101264,78	
12:40:27,556	96657,63	96577,19	101250,37	
12:40:27,602	97400,29	96577,19	101250,37	
12:40:27,602	96628,35	95800,39	101256,78	
12:40:27,649	96628,35	96909,54	101223,14	
12:40:27,696	97490,26	96909,54	101223,14	44,3
12:40:27,743	97490,26	95918,72	101247,74	
12:40:27,790	96887,96	95918,72	101247,74	
12:40:27,790	96887,96	97143,07	101272,29	
12:40:27,837	96853,74	96579,14	101272,29	
12:40:27,884	97304	96579,14	101248,82	
12:40:27,931	97304	96099,92	101260,51	
12:40:27,931	96509,57	96099,92	101260,51	
12:40:27,977	96509,57	96830,9	101221,27	
12:40:28,024	97789, 9	96830,9	101221,27	
12:40:28,071	97789,9	95581,92	101232,92	
12:40:28,118	96883,23	95581,92	101232,92	
12:40:28,118	96883,23	97217,65	101268,97	
12:40:28,165	96848,67	96385,54	101233,02	
12:40:28,212	97126,79	96385,54	101233,02	43,6
12:40:28,259	97126,79	96367,2	101255,08	
12:40:28,307	96381,3	96367,2	101255,08	
12:40:28,307	96381,3	96665,11	101230,82	
12:40:28,353	97842,77	96665,11	101230,82	
12:40:28,400	97842,77	95622,57	101232,14	
12:40:28,447	96851,67	97073,56	101272,19	
12:40:28,447	96915,64	97073,56	101272,19	
12:40:28,494	96915,64	96313,61	101241,52	
12:40:28,541	97195,36	96313,61	101241,52	
12:40:28,588	97195,36	96722,18	101270,05	
12:40:28,635	96402,33	96722,18	101270,05	
12:40:28,635	96402,33	96687,26	101233,02	
12:40:28,682	97912,35	95837,78	101233,02	
12:40:28,728	96737,85	95837,78	101231,14	42,7
12:40:28,775	96737,85	96884	101261,92	
12:40:28,822	97020,52	95879,19	101229,41	
12:40:28,869	97096,28	95879,19	101229,41	
12:40:28,916	97096,28	96871,76	101256,82	
12:40:28,963	96435,42	96503,59	101256,82	
12:40:28,963	97866,1	96503,59	101217,72	
12:40:29,010	97866,1	95815,29	101235,66	

12:40:29,057	96812,58	95815,29	101235,66	
12:40:29,103	96812,58	96912,06	101268,57	
12:40:29,150	97025,49	95976,22	101234,6	
12:40:29,197	97122,88	95976,22	101234,6	
12:40:29,244	97122,88	97205,15	101254,62	42,6
12:40:29,291	96438,66	96535,63	101227,14	
12:40:29,291	97888,92	96535,63	101227,14	
12:40:29,338	97888,92	96008,25	101208,44	
12:40:29,385	96811,63	96008,25	101208,44	
12:40:29,432	96811,63	96865,17	101249,91	
12:40:29,478	97093,55	96865,17	101249,91	
12:40:29,478	97093,55	95586,86	101243,33	
12:40:29,525	97018,3	97303,99	101243,33	
12:40:29,572	96445	97303,99	101261,6	
12:40:29,619	96445	96426,82	101228,19	
12:40:29,619	97624,96	96426,82	101228,19	
12:40:29,666	97624,96	96423,03	101216,93	
12:40:29,713	96886,71	96423,03	101216,93	
12:40:29,760	96886,71	96755,43	101240,03	42,9
12:40:29,807	97146,71	95742,36	101240,03	
12:40:29,807	97034,41	95742,36	101263,41	
12:40:29,854	97034,41	97127,78	101258,24	
12:40:29,901	96609,42	97127,78	101258,24	
12:40:29,948	96609,42	96098,55	101248,36	
12:40:29,995	97502,87	96098,55	101248,36	
12:40:29,995	97502,87	97121,04	101224,24	
12:40:30,041	96652,83	96669,82	101224,24	
12:40:30,088	96652,83	96669,82	101234,38	
12:40:30,135	97708,75	96084,68	101254,46	
12:40:30,135	96922,32	96084,68	101254,46	
12:40:30,182	96922,32	96826,14	101258,47	
12:40:30,229	96961,2	96826,14	101258,47	
12:40:30,276	96961,2	95734,37	101254,46	40,9
12:40:30,323	97213,85	97272,73	101254,46	
12:40:30,323	97213,85	97272,73	101257,16	
12:40:30,370	96433,38	96392,99	101215,55	
12:40:30,416	97958,23	96392,99	101215,55	
12:40:30,463	97958,23	96651,89	101231,08	
12:40:30,510	96821,5	96651,89	101231,08	
12:40:30,510	96821,5	96717,07	101261,46	
12:40:30,557	97134,68	95811,7	101261,46	
12:40:30,604	97134,68	95811,7	101239,58	
12:40:30,651	97163,53	96932,51	101239,58	
12:40:30,651	96548,11	96932,51	101254,55	
12:40:30,698	96548,11	96007,56	101227,24	
12:40:30,745	97641,14	96007,56	101227,24	
12:40:30,791	97641,14	97190,47	101220,55	40,9
12:40:30,838	96817,42	96622,58	101220,55	
12:40:30,838	96817,42	96622,58	101258,24	
12:40:30,885	97538,89	96156,73	101258,24	
12:40:30,932	97030,16	96156,73	101262,13	
12:40:30,979	97030,16	96857,26	101262,29	
12:40:31,026	96913,13	96857,26	101262,29	
12:40:31,026	96913,13	95744,29	101255,67	
12:40:31,073	97384,67	95744,29	101255,67	
12:40:31,120	97384,67	97222,94	101242,38	
12:40:31,166	96569,93	96279,81	101242,38	
12:40:31,166	96569,93	96279,81	101234,54	
12:40:31,213	98028,78	97316,65	101234,54	
12:40:31,260	96967,27	97316,65	101246,33	
12:40:31,307	96967,27	96760,15	101267,78	40,4
12:40:31,340	97483,91	96760,15	101267,78	

12:40:31,387	97483,91	96592,43	101272,72	
12:40:31,434	97086,1	96815,86	101272,72	
12:40:31,434	97086,1	96815,86	101273,55	
12:40:31,481	96957,18	95866,7	101273,55	
12:40:31,528	97317,49	95866,7	101253,53	
12:40:31,575	97317,49	96914,53	101243	
12:40:31,575	96546,17	96914,53	101243	
12:40:31,622	96546,17	95707,4	101226,38	
12:40:31,668	97870,62	97421,42	101226,38	
12:40:31,715	97870,62	97421,42	101241,13	
12:40:31,762	96941,52	96469,86	101241,13	
12:40:31,762	97231,12	96469,86	101257,08	
12:40:31,809	97231,12	96381,94	101237,5	40,3
12:40:31,856	97072,38	96785,59	101237,5	
12:40:31,903	97072,38	96785,59	101248,53	
12:40:31,950	96492,11	95698,26	101248,53	
12:40:31,950	97572,39	95698,26	101224,07	
12:40:31,997	97572,39	97137,65	101230,82	
12:40:32,043	96847,72	97137,65	101230,82	
12:40:32,090	96847,72	96404,26	101262,52	
12:40:32,138	97342,07	96540,18	101262,52	
12:40:32,138	97342,07	96540,18	101236,19	
12:40:32,185	97009,78	96749,53	101236,19	
12:40:32,231	96559,61	96749,53	101251,82	
12:40:32,278	96559,61	95692,39	101223,09	
12:40:32,325	97627,35	97078,73	101223,09	
12:40:32,372	97627,35	97078,73	101236,35	40,4
12:40:32,372	96904,92	96275,89	101236,35	
12:40:32,418	97463,94	96275,89	101268,61	
12:40:32,465	97463,94	97104,53	101233,72	
12:40:32,512	96976,49	97104,53	101233,72	
12:40:32,559	96976,49	96700,25	101260,55	
12:40:32,559	96791,64	96129,58	101260,55	
12:40:32,606	96791,64	96129,58	101244,52	
12:40:32,653	97431,11	96926,8	101244,52	
12:40:32,700	96554	96926,8	101223,85	
12:40:32,747	96554	95677,61	101230,36	
12:40:32,747	97981,28	97177,5	101230,36	
12:40:32,793	97981,28	97177,5	101260,22	
12:40:32,840	96892,08	96338,86	101260,22	
12:40:32,887	96892,08	96338,86	101246,66	39,8
12:40:32,934	97168,91	97029,22	101255,05	
12:40:32,981	97087,14	96763,64	101247,64	
12:40:33,028	96506,17	95981,59	101247,64	
12:40:33,075	96506,17	95981,59	101231,85	
12:40:33,121	97687,39	96973,81	101231,85	
12:40:33,121	96763,55	96973,81	101233,49	
12:40:33,168	96763,55	95860,23	101272,46	
12:40:33,215	97757,21	97392,79	101272,46	
12:40:33,262	97757,21	97392,79	101252,49	
12:40:33,309	97024,71	96502,03	101252,49	
12:40:33,309	97024,71	96502,03	101255,21	
12:40:33,389	96985,03	97080,03	101255,21	
12:40:33,389	97249,61	97080,03	101258,67	39,7
12:40:33,436	97249,61	96729,26	101217,92	
12:40:33,483	96420,17	96077,22	101217,92	
12:40:33,529	96420,17	96077,22	101220,49	
12:40:33,576	97821,92	96884,31	101220,49	
12:40:33,576	96949,75	96884,31	101263,44	
12:40:33,623	96949,75	95912,66	101249,52	
12:40:33,670	97255,19	97479,19	101249,52	
12:40:33,717	97255,19	97479,19	101252,09	

12:40:33,764	97122,42	96604,31	101252,09	
12:40:33,764	97122,42	96604,31	101242,11	
12:40:33,811	96607,25	96436,89	101242,11	
12:40:33,857	97608,89	96436,89	101232,17	
12:40:33,904	97608,89	96822,25	101245,83	
12:40:33,951	96770,6	95739,28	101245,83	39,6
12:40:33,998	96770,6	95739,28	101265,64	
12:40:33,998	97640,69	97116,91	101265,64	
12:40:34,045	96958,78	97116,91	101226,15	
12:40:34,092	96958,78	96315	101247,55	
12:40:34,139	96844,82	96963,79	101247,55	
12:40:34,185	96844,82	96963,79	101211,28	
12:40:34,185	97380,67	96732,58	101211,28	
12:40:34,232	97380,67	96732,58	101222,14	
12:40:34,279	96460,38	96056,03	101222,14	
12:40:34,326	97935,39	96962,45	101263,21	
12:40:34,360	97935,39	96962,45	101232,77	
12:40:34,406	96823,96	95920,89	101232,77	
12:40:34,452	97077,89	97517,94	101259,49	40
12:40:34,499	97192,19	97517,94	101235,57	
12:40:34,546	97192,19	96610,76	101226,52	
12:40:34,593	96622,77	96868,01	101226,52	
12:40:34,640	96622,77	96868,01	101232,11	
12:40:34,640	97605,78	96868,34	101232,11	
12:40:34,687	97605,78	96868,34	101251,27	
12:40:34,734	96841,82	95984,02	101251,27	
12:40:34,781	97799,78	96859,22	101260,91	
12:40:34,827	97799,78	96859,22	101240,07	
12:40:34,827	97051,33	95749,34	101240,07	
12:40:34,874	97051,33	95749,34	101258,17	
12:40:34,921	97006,49	97452,91	101258,17	
12:40:34,968	97006,49	97452,91	101222,8	
12:40:35,015	97341,17	96519,67	101222,8	39,5
12:40:35,015	96545,83	96559,31	101222,24	
12:40:35,062	96545,83	96559,31	101257,03	
12:40:35,109	98023,52	96807,81	101257,03	
12:40:35,156	98023,52	96807,81	101242,81	
12:40:35,202	96903,46	95816,29	101242,81	
12:40:35,202	97100,6	97111,32	101266,67	
12:40:35,249	97100,6	97111,32	101235,57	
12:40:35,296	97180,44	96190,78	101235,57	
12:40:35,343	97180,44	96190,78	101213,75	
12:40:35,377	96555,16	97253,39	101213,75	
12:40:35,421	96555,16	97253,39	101232,11	
12:40:35,468	97773,68	96721,7	101232,11	
12:40:35,468	96921,5	96246,23	101268,58	
12:40:35,515	96921,5	96246,23	101248,73	39,7
12:40:35,562	97677,82	96908,11	101248,73	
12:40:35,609	97677,82	96908,11	101252,12	
12:40:35,656	96969,27	95799,65	101252,12	
12:40:35,656	96848,13	97308,09	101229,32	
12:40:35,703	96848,13	97308,09	101214,5	
12:40:35,750	97337,53	96520,85	101214,5	
12:40:35,796	97337,53	96520,85	101245,86	
12:40:35,843	96585,05	96761,12	101245,86	
12:40:35,890	96585,05	96761,12	101253,01	
12:40:35,890	97832,75	96824,92	101253,01	
12:40:35,937	96998,49	95917,32	101243,89	
12:40:35,984	96998,49	95917,32	101250,97	
12:40:36,031	97018,64	97100,55	101250,97	
12:40:36,078	97350,24	96097,5	101231,61	
12:40:36,125	96642,52	97524,91	101225,63	

12:40:36,171	96642,52	97524,91	101246,1	
12:40:36,218	97867,97	96702,45	101246,1	
12:40:36,265	97867,97	96702,45	101259,36	
12:40:36,265	96885,67	97171,76	101259,36	
12:40:36,312	96885,67	97171,76	101271,54	
12:40:36,359	97980,42	96999,34	101271,54	
12:40:36,394	97205,47	96542,97	101262,07	
12:40:36,438	97205,47	96542,97	101270,62	
12:40:36,485	97638,51	96982,26	101270,62	
12:40:36,485	97638,51	96982,26	101263,97	
12:40:36,532	97325,38	96124,42	101263,97	
12:40:36,579	97346,49	97035,98	101251,36	38,3
12:40:36,626	97346,49	97035,98	101247,25	
12:40:36,673	97294,22	96016,97	101247,25	
12:40:36,719	97294,22	96016,97	101244,39	
12:40:36,719	96916,39	97231,79	101244,39	
12:40:36,766	96916,39	96072,26	101246,36	
12:40:36,813	97419,67	96072,26	101246,36	
12:40:36,860	96774,45	97431,73	101247,19	
12:40:36,907	96774,45	97431,73	101240,53	
12:40:36,907	97655,85	96129,82	101240,53	
12:40:36,954	97655,85	96129,82	101247,09	
12:40:37,001	96728,38	97554,44	101247,09	
12:40:37,047	97893,1	96412,97	101254,26	
12:40:37,094	97893,1	96412,97	101254,26	
12:40:37,094	96836,72	97645	101255,58	39,1
12:40:37,141	96836,72	97645	101258,05	
12:40:37,188	98142,39	96590,31	101258,05	
12:40:37,235	98142,39	97491,18	101276,08	
12:40:37,282	97084,93	97491,18	101276,08	
12:40:37,329	97992,96	96899,11	101271,97	
12:40:37,329	97992,96	96899,11	101268,25	
12:40:37,376	97287,36	97315,43	101268,25	
12:40:37,423	97287,36	97315,43	101279,6	
12:40:37,470	97864,79	97085,68	101279,6	
12:40:37,517	97400,7	96951,72	101260,61	
12:40:37,564	97533,24	97058,8	101251,79	
12:40:37,610	97533,24	97058,8	101233,86	
12:40:37,657	97398,76	96507,29	101233,86	38,5
12:40:37,704	97398,76	96991,34	101238,39	
12:40:37,704	97089,87	96991,34	101238,39	
12:40:37,751	97275,11	96159,52	101247,78	
12:40:37,798	97275,11	96159,52	101252,28	
12:40:37,845	96939,13	97071,09	101252,28	
12:40:37,892	96939,13	97071,09	101251,07	
12:40:37,892	97453,32	96079,97	101251,07	
12:40:37,939	96832,97	97188,15	101247,61	
12:40:37,986	96832,97	97188,15	101247,61	
12:40:38,032	97822,73	96042,39	101258,54	
12:40:38,079	97822,73	96042,39	101253,28	
12:40:38,079	96812,3	97305,28	101253,28	
12:40:38,126	96812,3	96094,5	101261,17	
12:40:38,173	97973,78	96094,5	101261,17	39
12:40:38,220	96885,91	97525,62	101272,57	
12:40:38,267	96885,91	97525,62	101268,52	
12:40:38,267	98101	96340,44	101268,52	
12:40:38,314	98101	96340,44	101280,75	
12:40:38,361	96954,8	97621,86	101280,75	
12:40:38,394	98153,8	96337,4	101287,11	
12:40:38,440	98153,8	96337,4	101287,11	
12:40:38,487	96940,74	97631,07	101275,1	
12:40:38,534	96940,74	97631,07	101281,08	

12:40:38,534	98046,21	96395,75	101281,08	
12:40:38,581	98046,21	97646,02	101262,69	
12:40:38,627	97233,5	97646,02	101262,69	
12:40:38,674	97862,16	96652,97	101262,59	
12:40:38,721	97862,16	96652,97	101262,59	38,3
12:40:38,721	97400,18	97523,58	101248,86	
12:40:38,768	97400,18	96931,76	101245,41	
12:40:38,815	97617,28	96931,76	101245,41	
12:40:38,862	97432,88	97404,29	101237,67	
12:40:38,909	97432,88	97404,29	101237,67	
12:40:38,909	97379,32	97120,54	101261,05	
12:40:38,956	97379,32	97120,54	101255,78	
12:40:39,002	97393,38	97379,62	101255,78	
12:40:39,049	97393,38	97099,82	101251,66	
12:40:39,096	97159,43	97099,82	101251,66	
12:40:39,143	97381,75	97200,54	101259,24	
12:40:39,190	97006,11	97144,56	101264,27	
12:40:39,237	97006,11	97144,56	101260,28	38,9
12:40:39,284	97410,4	97061,27	101260,28	
12:40:39,331	96920,3	97190,74	101257,49	
12:40:39,331	96920,3	97190,74	101257,49	
12:40:39,377	97574,55	97004,07	101253,25	
12:40:39,423	97574,55	97004,07	101245,41	
12:40:39,470	96770,57	97195,02	101245,41	
12:40:39,517	96770,57	96887,31	101248,44	
12:40:39,517	97599,75	96887,31	101248,44	
12:40:39,564	96776,72	97052,08	101248,31	
12:40:39,611	96776,72	97052,08	101248,31	
12:40:39,658	97685,88	96634,15	101262,46	
12:40:39,705	97685,88	96634,15	101263,11	
12:40:39,705	96832,91	97124,34	101263,11	
12:40:39,752	96832,91	96295,97	101262,19	38
12:40:39,798	97978,99	96295,97	101262,19	
12:40:39,845	96864,29	97050,4	101279,57	
12:40:39,892	96864,29	97050,4	101276,52	
12:40:39,892	98101,61	96091,26	101276,52	
12:40:39,939	98101,61	97161,73	101263,11	
12:40:39,986	96902,32	97161,73	101263,11	
12:40:40,033	98148,28	96061,89	101269,37	
12:40:40,080	98148,28	96061,89	101269,37	
12:40:40,127	97011,11	97288,97	101252	
12:40:40,127	97011,11	97288,97	101263,94	
12:40:40,173	98107,53	96019,34	101263,94	
12:40:40,220	98107,53	97285,03	101253,08	
12:40:40,267	97175,23	97285,03	101253,08	
12:40:40,267	98001,77	96113,92	101254,66	38,9
12:40:40,314	98001,77	96113,92	101250,11	
12:40:40,361	97339,5	97407,85	101250,11	
12:40:40,408	97339,5	96138,11	101242,32	
12:40:40,456	97845,39	96138,11	101242,32	
12:40:40,503	97362,69	97578,42	101240,02	
12:40:40,503	97362,69	97578,42	101240,02	
12:40:40,550	97355,22	96420,91	101244,69	
12:40:40,597	97355,22	97687,89	101249,46	
12:40:40,643	97391,08	97687,89	101249,46	
12:40:40,690	97391,08	96598,13	101244,78	
12:40:40,690	97000,69	96598,13	101244,78	
12:40:40,737	97288,11	97492,93	101255,88	
12:40:40,784	97288,11	97492,93	101255,88	
12:40:40,831	96805,93	96887,68	101254,39	37,6
12:40:40,878	96805,93	97403,4	101257,85	
12:40:40,878	97764,67	97403,4	101257,85	

12:40:40,924	96806,31	97081,01	101280,23	
12:40:40,971	96806,31	97081,01	101280,23	
12:40:41,018	97943,23	96865,11	101257,46	
12:40:41,065	97943,23	97009,83	101263,88	
12:40:41,065	96842,39	97009,83	101263,88	
12:40:41,112	96842,39	96194,4	101259,77	
12:40:41,159	98056,61	96194,4	101259,77	
12:40:41,206	97123,27	96942,88	101238,86	
12:40:41,253	97123,27	96942,88	101238,86	
12:40:41,253	97522,57	95825,72	101233,44	
12:40:41,300	97522,57	97290,03	101237,22	
12:40:41,347	97242,1	97290,03	101237,22	38,5
12:40:41,394	97242,1	96184,63	101244,96	
12:40:41,427	97155,14	96184,63	101244,96	
12:40:41,472	97377,44	97651,65	101245,35	
12:40:41,519	97377,44	96593,96	101262,13	
12:40:41,519	96823,47	96593,96	101262,13	
12:40:41,566	96823,47	97511,72	101267,07	
12:40:41,613	97636,69	97511,72	101267,07	
12:40:41,660	96666,89	96721,34	101254,33	
12:40:41,707	96666,89	96721,34	101254,33	
12:40:41,707	98069,02	96968,68	101273,32	
12:40:41,753	98069,02	97000,11	101252,68	
12:40:41,800	97013,63	97000,11	101252,68	
12:40:41,847	97013,63	96303,87	101246,21	
12:40:41,894	97965,63	96303,87	101246,21	37,8
12:40:41,941	97313,14	97031,15	101244,78	
12:40:41,941	97313,14	96024,22	101225,3	
12:40:41,988	97503,29	96024,22	101225,3	
12:40:42,034	97503,29	97238,03	101243,71	
12:40:42,081	97304,66	97238,03	101243,71	
12:40:42,128	96909,47	96101,39	101247,85	
12:40:42,128	96909,47	96101,39	101247,85	
12:40:42,175	97511,81	97463,51	101260,52	
12:40:42,222	97511,81	96450,94	101268,49	
12:40:42,269	96728	96450,94	101268,49	
12:40:42,316	96728	97545,7	101271,54	
12:40:42,316	97899,55	97545,7	101271,54	
12:40:42,363	96886,69	96912,29	101259,21	
12:40:42,410	96886,69	97276,82	101259,21	38
12:40:42,445	98229,6	97276,82	101258,55	
12:40:42,489	98229,6	96960,59	101250,06	
12:40:42,536	97093,5	96960,59	101250,06	
12:40:42,583	97891,27	96606,57	101244,89	
12:40:42,583	97891,27	97006,98	101244,89	
12:40:42,630	97348,85	97006,98	101259,14	
12:40:42,677	97348,85	96203,93	101241,69	
12:40:42,724	97533,84	96203,93	101241,69	
12:40:42,771	97533,84	97097,38	101249,75	
12:40:42,771	97443,93	97097,38	101249,75	
12:40:42,818	97201,24	96094,9	101244,49	
12:40:42,865	97201,24	97186,99	101244,49	
12:40:42,911	97354,64	97186,99	101255,75	
12:40:42,958	96827,38	96095,5	101259,96	
12:40:43,005	97592,14	97439,36	101259,03	
12:40:43,052	97592,14	96250,15	101259,03	
12:40:43,099	96749,79	96250,15	101261,44	
12:40:43,146	96749,79	97633,56	101276,25	
12:40:43,146	97868,04	97633,56	101276,25	
12:40:43,193	97868,04	96487,15	101264,74	
12:40:43,239	96966,84	96487,15	101264,74	
12:40:43,286	98117,92	97634,36	101266,87	

12:40:43,333	98117,92	96658,98	101266,87	
12:40:43,333	97022,64	96658,98	101256,5	
12:40:43,380	97022,64	97616,6	101245,48	
12:40:43,427	98189,92	97616,6	101245,48	
12:40:43,461	97086,57	96832,89	101247,29	37,9
12:40:43,505	97086,57	97687,51	101247,29	
12:40:43,552	98198,16	97687,51	101248,21	
12:40:43,599	98198,16	96864	101245,22	
12:40:43,599	97082,82	96864	101245,22	
12:40:43,646	97082,82	97594,68	101230,28	
12:40:43,693	98127,32	97594,68	101230,28	
12:40:43,740	97243,02	96911,25	101247,78	
12:40:43,787	97243,02	97432,11	101247,78	
12:40:43,833	98052,03	96996,79	101253,05	
12:40:43,880	97343,1	96996,79	101253,05	
12:40:43,927	97889,91	97402,84	101250,58	
12:40:43,974	97889,91	97402,84	101250,58	
12:40:43,974	97463,52	97134,93	101254,96	39,2
12:40:44,021	97463,52	97224,9	101250,91	
12:40:44,068	97764,36	97224,9	101250,91	
12:40:44,115	97764,36	97145,82	101245,08	
12:40:44,162	97453,57	97145,82	101245,08	
12:40:44,209	97320,79	96922,4	101250,67	
12:40:44,209	97320,79	97061,37	101250,67	
12:40:44,256	97383,62	97061,37	101258,41	
12:40:44,302	97383,62	96260,5	101275,2	
12:40:44,349	96950,84	96260,5	101275,2	
12:40:44,396	97479,28	97066,2	101256,02	
12:40:44,396	97479,28	95077,38	101256,02	
12:40:44,443	95203,19	95077,38	101313,86	
12:40:44,478	95203,19	91039,12	101313,86	
12:40:44,523	90397,32	91039,12	101338,39	37,5
12:40:44,569	90397,32	84917,97	101351,88	
12:40:44,616	85089,67	84917,97	101351,88	
12:40:44,663	82419,66	81353,72	101372,78	
12:40:44,663	82419,66	74627,18	101372,78	
12:40:44,710	76837,35	74627,18	101407,92	
12:40:44,757	76837,35	68022,06	101432,87	
12:40:44,804	71405,35	68022,06	101432,87	
12:40:44,851	66634,68	62728,85	101445,5	
12:40:44,851	66634,68	59025,94	101445,5	
12:40:44,897	62691,84	59025,94	101454,99	
12:40:44,944	62691,84	55872,11	101454,99	
12:40:44,991	59580,78	55872,11	101467,56	
12:40:45,038	59580,78	50573,06	101486,09	
12:40:45,038	55701	50573,06	101486,09	38,1
12:40:45,085	52075,66	46125,74	101492,83	
12:40:45,132	52075,66	44286,2	101492,83	
12:40:45,179	49461,74	44286,2	101498,33	
12:40:45,226	49461,74	42771,7	101502,48	
12:40:45,226	47423,44	42771,7	101502,48	
12:40:45,272	45869,45	41752,13	101500,5	
12:40:45,320	45869,45	40698,31	101500,5	
12:40:45,366	44412,13	40698,31	101516,21	
12:40:45,413	44412,13	38481,31	101516,21	
12:40:45,413	42707,04	38481,31	101520,25	
12:40:45,460	42707,04	35754,37	101530,52	
12:40:45,494	40892,71	35754,37	101530,52	
12:40:45,539	39250,88	33885,37	101529,69	
12:40:45,585	39250,88	33213,8	101529,69	39,1
12:40:45,632	37968,94	33213,8	101534,39	
12:40:45,679	37968,94	32741,17	101532,82	

12:40:45,726	35968,37	31967,64	101540,22	
12:40:45,773	35968,37	31633,97	101540,22	
12:40:45,820	35187,2	31633,97	101537,19	
12:40:45,867	35187,2	30906,65	101537,19	
12:40:45,867	34456,07	30906,65	101540,55	
12:40:45,914	34456,07	31003,44	101536,71	
12:40:45,961	33947,86	31003,44	101536,71	
12:40:46,008	33621,97	31324,99	101543,45	
12:40:46,054	33621,97	30602,06	101543,45	
12:40:46,054	33132,68	30602,06	101542,03	
12:40:46,101	33132,68	30688,58	101542,03	40,3
12:40:46,148	32835,87	30688,58	101542,63	
12:40:46,195	32709,12	31017,54	101539,66	
12:40:46,242	32709,12	30846,14	101539,66	
12:40:46,289	32468,89	30846,14	101543,78	
12:40:46,289	32468,89	30593,03	101543,78	
12:40:46,336	32230,39	30593,03	101545,99	
12:40:46,383	32230,39	30314,87	101545,16	
12:40:46,430	32002,22	30609,24	101545,16	
12:40:46,476	31890,94	30485,11	101541,31	
12:40:46,511	31795,47	30485,11	101539,99	
12:40:46,555	31795,47	30992,67	101539,99	
12:40:46,602	31806,28	30992,67	101541,71	
12:40:46,649	31806,28	31029,15	101539	41,9
12:40:46,696	31820,83	31332,03	101539	
12:40:46,743	31848,8	31332,03	101540,65	
12:40:46,743	31848,8	31140,3	101540,65	
12:40:46,790	31849,66	31140,3	101541,57	
12:40:46,837	31849,66	31346,07	101543,28	
12:40:46,884	31896,4	31433,77	101543,28	
12:40:46,930	31947,49	31433,77	101539,17	
12:40:46,930	31947,49	31687,97	101539,17	
12:40:46,978	32020,16	31687,97	101544,36	
12:40:47,024	32020,16	31414,96	101544,36	
12:40:47,071	32015,06	31414,96	101545,85	
12:40:47,118	32015,06	31610,51	101550,13	
12:40:47,118	32060,66	31854,96	101550,13	
12:40:47,165	32132,73	31854,96	101544,76	42,9
12:40:47,212	32132,73	31366,91	101544,76	
12:40:47,259	32105,45	31366,91	101542,89	
12:40:47,306	32105,45	32016,67	101541,96	
12:40:47,353	32349,15	32137,28	101549,96	
12:40:47,399	32349,15	32711,7	101549,96	
12:40:47,446	32567,97	32711,7	101545,35	
12:40:47,493	32567,97	33154,23	101545,35	
12:40:47,493	32837	33154,23	101537,85	
12:40:47,528	32837	33439,29	101543,44	
12:40:47,572	33098,23	33766,22	101543,44	
12:40:47,619	33347,73	33766,22	101543,64	
12:40:47,666	33347,73	33266,59	101543,64	
12:40:47,713	33365,37	33266,59	101542,66	43,1
12:40:47,760	33365,37	33702,09	101551,11	
12:40:47,760	33563,27	33647,72	101551,11	
12:40:47,807	33703,71	33647,72	101543,21	
12:40:47,853	33703,71	33876,48	101543,21	
12:40:47,900	33794,78	33876,48	101541,67	
12:40:47,947	33794,78	33566,57	101541,67	
12:40:47,947	33868,01	33566,57	101546,93	
12:40:47,994	33868,01	34264,79	101544,53	
12:40:48,041	34094,1	34406,79	101544,53	
12:40:48,088	34302,32	34406,79	101544,69	
12:40:48,135	34302,32	34700,43	101544,69	

12:40:48,135	34516,07	34700,43	101543,21	
12:40:48,182	34516,07	35019,06	101543,21	
12:40:48,228	34739	35222,8	101545,02	44,5
12:40:48,275	34739	35222,8	101546,17	
12:40:48,322	34958,61	35467,4	101546,17	
12:40:48,369	35181,58	35467,4	101539,6	
12:40:48,369	35181,58	35579,7	101539,6	
12:40:48,416	35372,27	35221,31	101547,1	
12:40:48,463	35372,27	35221,31	101542,16	
12:40:48,510	35385,43	35148,87	101542,16	
12:40:48,557	35454,72	35148,87	101544,46	
12:40:48,557	35454,72	35982,3	101544,46	
12:40:48,604	35692,37	35982,3	101547,19	
12:40:48,651	35692,37	35813,74	101547,19	
12:40:48,698	35848,26	36575,88	101540,35	
12:40:48,745	35848,26	36575,88	101536,07	
12:40:48,745	36139,6	36004,13	101536,07	44,3
12:40:48,792	36185,25	36004,13	101540,67	
12:40:48,839	36185,25	36766,16	101540,67	
12:40:48,886	36490,96	37213,79	101540,44	
12:40:48,932	36490,96	37213,79	101543,08	
12:40:48,932	36712,57	37309,43	101543,08	
12:40:48,979	36972,3	37309,43	101543,97	
12:40:49,026	36972,3	37584,02	101543,97	
12:40:49,073	37235,77	37584,02	101545,22	
12:40:49,120	37235,77	38023,17	101545,22	
12:40:49,120	37531,39	37913,42	101546,6	
12:40:49,167	37531,39	37913,42	101541,92	
12:40:49,214	37686,89	37930,93	101541,92	
12:40:49,260	37903,56	37930,93	101544,63	
12:40:49,307	37903,56	38595,34	101544,63	45,5
12:40:49,354	38185,78	38950,36	101548,35	
12:40:49,354	38185,78	38950,36	101545,45	
12:40:49,401	38435,17	38546,34	101545,45	
12:40:49,448	38614,72	38546,34	101545,28	
12:40:49,495	38614,72	39176,25	101545,28	
12:40:49,530	38856,83	39176,25	101544,46	
12:40:49,573	38856,83	39286,05	101544,46	
12:40:49,573	39061,94	39012,29	101544,96	
12:40:49,620	39061,94	39012,29	101546,77	
12:40:49,667	39072,11	38920,72	101546,77	
12:40:49,713	39089,44	38920,72	101544,46	
12:40:49,760	39089,44	39362,39	101544,46	
12:40:49,760	39278,71	39395,52	101545,78	
12:40:49,807	39278,71	39395,52	101545,78	45,3
12:40:49,854	39309,23	39588,81	101545,61	
12:40:49,901	39540,71	39588,81	101545,28	
12:40:49,948	39540,71	39644,3	101545,28	
12:40:49,995	39633,11	39644,3	101545,05	
12:40:49,995	39633,11	39645,13	101545,05	
12:40:50,041	39750,36	39941,5	101544,79	
12:40:50,088	39750,36	39941,5	101546,44	
12:40:50,135	39894,65	40410,68	101546,44	
12:40:50,182	40162,71	40410,68	101545,38	
12:40:50,182	40162,71	40618,95	101545,38	
12:40:50,229	40383,42	40934,63	101547,1	
12:40:50,276	40383,42	40934,63	101547,1	
12:40:50,323	40688,91	41268,59	101551,96	
12:40:50,370	40869,1	41268,59	101548,5	45,8
40869,10 412	41049,82	41461,78	101547,75	
12:40:50,416	41049,82	41461,78	101547,75	
12:40:50,463	41180,33	41496,99	101546,03	

12:40:50,510	41180,33	41496,99	101547,78	
12:40:50,544	41363,56	42068,68	101547,78	
12:40:50,589	41668,48	42068,68	101546,79	
12:40:50,636	41668,48	41676,83	101546,79	
12:40:50,636	41685,67	42014,8	101548,67	
12:40:50,682	41685,67	42014,8	101548,67	
12:40:50,729	41837,58	42213,08	101549,99	
12:40:50,776	42163,26	42213,08	101551,3	
12:40:50,823	42163,26	43094,94	101551,3	
12:40:50,823	42463,6	43094,94	101546,86	45,8
12:40:50,870	42463,6	42738,49	101546,86	
12:40:50,917	42625,58	43024,95	101546,03	
12:40:50,964	42625,58	43024,95	101543,67	
12:40:51,011	42811,23	43142,7	101543,67	
12:40:51,011	42953,19	43142,7	101542,25	
12:40:51,057	42953,19	43060,64	101542,25	
12:40:51,104	43115,67	42974,21	101549,82	
12:40:51,151	43115,67	42974,21	101549,82	
12:40:51,199	43114,98	43780,3	101551,24	
12:40:51,199	43545,87	43780,3	101550,41	
12:40:51,245	43545,87	43918,55	101550,41	
12:40:51,292	43585,62	43918,55	101545,8	
12:40:51,339	43585,62	44022,24	101545,8	
12:40:51,386	43940,74	45078,35	101548,6	46,8
12:40:51,386	43940,74	45078,35	101543,83	
12:40:51,433	44437,41	45163,66	101543,83	
12:40:51,480	44822,24	45163,66	101547,71	
12:40:51,526	44822,24	46187,14	101547,71	
12:40:51,561	45418,66	45656,18	101547,61	
12:40:51,605	45418,66	45656,18	101547,61	
12:40:51,652	45420,19	45915,98	101548,6	
12:40:51,652	45552,23	45915,98	101543,92	
12:40:51,699	45552,23	45245,08	101543,92	
12:40:51,746	45506,93	46105,02	101547,88	
12:40:51,793	45506,93	46105,02	101547,88	
12:40:51,840	45674,25	45531,35	101543,17	
12:40:51,887	45752,49	46192,29	101546,46	46,5
12:40:51,933	45847,58	46192,29	101547,88	
12:40:51,980	45847,58	46023,11	101547,88	
12:40:52,027	45988,35	45872,73	101553,87	
12:40:52,074	45988,35	45872,73	101553,87	
12:40:52,074	46042,88	46315,36	101552,22	
12:40:52,121	46026,35	46315,36	101550,17	
12:40:52,168	46026,35	45564,47	101550,17	
12:40:52,215	46017,61	45954,41	101551,17	
12:40:52,262	46017,61	45954,41	101551,17	
12:40:52,262	46029,31	46427,43	101548,86	
12:40:52,308	46029,31	46427,43	101548,86	
12:40:52,355	46137,14	46258,7	101551,66	
12:40:52,402	46374,88	46258,7	101549,59	
12:40:52,449	46374,88	46588,5	101549,59	46,9
12:40:52,449	46251,54	46202,75	101552,81	
12:40:52,496	46251,54	46202,75	101552,81	
12:40:52,543	46561,51	46984,96	101553,86	
12:40:52,578	46741,42	46984,96	101550,35	
12:40:52,622	46741,42	47024,16	101550,35	
12:40:52,669	46871,21	47253,19	101557,65	
12:40:52,716	46871,21	47253,19	101557,65	
12:40:52,716	46955,64	47021,55	101548,1	
12:40:52,763	46955,64	47021,55	101548,1	
12:40:52,810	46901,45	46277,94	101547,05	
12:40:52,857	46576,22	46277,94	101548,21	

12:40:52,904	46576,22	46188,11	101548,21	
12:40:52,904	46612,17	46153,86	101551,24	
12:40:52,951	46612,17	46153,86	101551,24	46,8
12:40:52,997	46292,67	45451,09	101547,88	
12:40:53,044	45968,32	45451,09	101550,25	
12:40:53,091	45968,32	45205,11	101550,25	
12:40:53,091	45784,12	45089,57	101541,61	
12:40:53,138	45784,12	45089,57	101541,61	
12:40:53,185	45471,71	44702,9	101544,19	
12:40:53,232	45471,71	44702,9	101544,19	
12:40:53,279	45270,78	44656,5	101545,5	
12:40:53,279	45058,37	44656,5	101552,32	
12:40:53,325	45058,37	44166,03	101552,32	
12:40:53,372	44797,21	44063,5	101549,95	
12:40:53,419	44797,21	44063,5	101549,95	
12:40:53,466	44680,08	44209,45	101547,14	
12:40:53,466	44680,08	44209,45	101547,14	48,4
12:40:53,513	44565,3	43949,15	101550,01	
12:40:53,560	44434,14	44226,68	101548,3	
12:40:53,595	44434,14	44226,68	101548,3	
12:40:53,639	44436,64	44302,34	101549,88	
12:40:53,686	44436,64	44302,34	101549,88	
12:40:53,733	44594,87	44252,43	101549,61	
12:40:53,780	44447,17	44085,68	101545,4	
12:40:53,780	44447,17	44085,68	101545,4	
12:40:53,827	44345,75	43653,86	101543,53	
12:40:53,873	44345,75	43653,86	101543,53	
12:40:53,920	44087,5	43378,99	101546,16	
12:40:53,920	44087,5	43378,99	101546,16	
12:40:53,967	43868,63	43247,82	101547,25	
12:40:54,014	43621,56	43014,3	101547,64	47,1
12:40:54,061	43621,56	43014,3	101547,64	
12:40:54,108	43647,64	43353,11	101544,61	
12:40:54,155	43647,64	43353,11	101544,61	
12:40:54,155	43616,4	43315,98	101544,52	
12:40:54,201	43544,75	43063,37	101547,32	
12:40:54,248	43544,75	43063,37	101547,32	
12:40:54,295	43581,46	43439,39	101547,58	
12:40:54,342	43581,46	43439,39	101547,58	
12:40:54,342	43578,32	43308,85	101548,63	
12:40:54,389	43578,32	43308,85	101548,63	
12:40:54,436	43486,1	43125,89	101547,41	
12:40:54,483	43473,74	42892,41	101548,07	
12:40:54,530	43473,74	42892,41	101548,07	
12:40:54,530	43374,36	43093,84	101547,8	47,6
12:40:54,576	43374,36	43093,84	101547,8	
12:40:54,612	43253,28	42557,59	101547,14	
12:40:54,656	43272,51	43499,07	101549,28	
12:40:54,703	43272,51	43499,07	101549,28	
12:40:54,750	43461,22	43876,96	101552,25	
12:40:54,797	43461,22	43876,96	101552,25	
12:40:54,797	43641,79	43668,5	101552,25	
12:40:54,844	43641,79	43668,5	101552,25	
12:40:54,890	43695,91	43855,39	101550,53	
12:40:54,937	43827,37	43892,41	101549,78	
12:40:54,984	43827,37	43892,41	101549,78	
12:40:54,984	43869,46	43423,8	101544,87	
12:40:55,031	43869,46	43423,8	101544,87	
12:40:55,078	43892,83	43918,1	101547,08	47,3
12:40:55,125	43892,83	42962,72	101550,11	
12:40:55,172	43763,36	42962,72	101550,11	
12:40:55,172	43646,77	43350,46	101546,19	

12:40:55,219	43646,77	43350,46	101546,19	
12:40:55,265	43635,56	43317,62	101548,23	
12:40:55,312	43635,56	43317,62	101548,23	
12:40:55,359	43751,67	44119,2	101541,75	
12:40:55,406	43751,67	44119,2	101541,75	
12:40:55,453	44184,8	44687,79	101550,69	
12:40:55,500	44184,8	44687,79	101550,69	
12:40:55,547	44157,57	44032,07	101546,75	
12:40:55,547	44157,57	43743,44	101546,75	
12:40:55,594	44057,84	43743,44	101548,89	48,1
12:40:55,628	43782,75	43157,2	101551,94	
12:40:55,672	43782,75	43157,2	101551,94	
12:40:55,719	43866,24	43690,16	101548,82	
12:40:55,766	43866,24	44271,65	101548,82	
12:40:55,813	44199,36	43954,88	101549,48	
12:40:55,860	44199,36	43954,88	101549,48	
12:40:55,906	44269,37	44543,5	101550,47	
12:40:55,953	44269,37	44543,5	101550,47	
12:40:56,000	44300,95	44113,53	101546,85	
12:40:56,000	44300,95	44306,98	101546,85	
12:40:56,047	44393,67	44306,98	101552,86	
12:40:56,094	44409,21	44574,13	101551,22	
12:40:56,141	44409,21	44574,13	101551,22	47,6
12:40:56,188	44370,64	44018,16	101552,28	
12:40:56,235	44370,64	44924,56	101552,28	
12:40:56,235	44489,87	44924,56	101554,67	
12:40:56,281	44866,03	45175,54	101552,6	
12:40:56,328	44866,03	45175,54	101552,6	
12:40:56,375	45005,57	45300,85	101550,79	
12:40:56,422	45005,57	45300,85	101550,79	
12:40:56,422	45074,04	44579,1	101555,89	
12:40:56,469	45074,04	44533,31	101555,89	
12:40:56,516	44842,47	44533,31	101550,3	
12:40:56,563	44969,29	45036,24	101553,03	
12:40:56,610	44969,29	45036,24	101553,03	
12:40:56,610	45008,54	44841,96	101551,78	
12:40:56,657	45008,54	44841,96	101551,78	48,1
12:40:56,704	44805,54	44401,25	101552,27	
12:40:56,751	44786,66	44584,41	101550,96	
12:40:56,797	44786,66	44584,41	101550,96	
12:40:56,797	44629,42	44466,72	101552,37	
12:40:56,844	44629,42	44466,72	101552,37	
12:40:56,891	44919,51	45031,6	101550,89	
12:40:56,938	44919,51	44299,35	101550,89	
12:40:56,985	44603,36	44034,39	101548,1	
12:40:57,032	44603,36	44034,39	101548,1	
12:40:57,079	44699,09	44829,8	101554,02	
12:40:57,125	44699,09	44248,7	101554,02	
12:40:57,172	44679,04	44248,91	101554,08	
12:40:57,172	44679,04	44595,53	101554,08	48,1
12:40:57,219	44670,01	44595,53	101548,65	
12:40:57,266	44722,96	44709,86	101548,65	
12:40:57,313	44722,96	44709,86	101548,65	

Додаток В Протокол динамічного розрахунку

	P	N	S	T	K	M
10	-8577,25	-326,288	-8583,46	-1664,05	-8420,61	-54,9136
20	-8004,74	-635,271	-8029,91	-3206,75	-7361,81	-105,823
30	-7069,46	-838,684	-7119,03	-4160,87	-5776,49	-137,309
40	-5839,44	-903,624	-5908,94	-4377,13	-3969,43	-144,445
50	-4401,48	-821,134	-4477,42	-3860,55	-2267,91	-127,398
60	-2852,54	-607,484	-2916,5	-2757,98	-948,45	-91,0133
70	-1290,37	-300,57	-1324,91	-1312,38	-181,821	-43,3085
80	195,554	48,0332	201,367	201,127	-9,83713	6,63718
90	1531,84	383,677	1579,16	1538,3	-356,884	50,7639
100	2666,8	659,325	2747,09	2530,83	-1068,39	83,5172
110	3573,37	843,59	3671,6	3104,04	-1961,01	102,433
120	4249,03	924,171	4348,37	3268,24	-2868,27	107,852
130	4712,86	906,314	4799,21	3092,22	-3670,24	102,043
140	5000,18	807,468	5064,96	2671,01	-4303,43	88,1434
150	5155,54	650,352	5196,4	2097,84	-4754,12	69,2288
160	5224,92	456,739	5244,84	1446,04	-5041,56	47,7193
170	5248,19	243,603	5253,84	762,275	-5198,25	25,1551
180	5252,91	22,2775	5252,96	69,4019	-5252,5	2,29026
190	5240,29	-199,346	5244,08	-622,87	-5206,96	-20,5547
200	5231	-415,142	5247,45	-1310,52	-5081,17	-43,2473
210	5188,65	-615,555	5225,03	-1977,13	-4836,52	-65,2453
220	5076,47	-785,559	5136,89	-2584,23	-4439,53	-85,2797
230	4850,92	-904,981	4934,61	-3067,32	-3865,49	-101,221
240	4469,23	-951,779	4569,45	-3340,68	-3117,66	-110,242
250	3897,67	-907,898	4002,02	-3313,43	-2244,4	-109,343
260	3119,53	-766,236	3212,25	-2916,01	-1347,39	-96,2282
270	2142,02	-536,507	2208,19	-2132,33	-573,809	-70,3668
280	1001,81	-247,683	1031,98	-1028,23	-87,9155	-33,9314
290	-230,987	54,5308	-237,337	236,156	-23,6423	7,79316
300	-1449,74	315,322	-1483,64	1420,85	-427,063	46,8879
310	-2508,64	482,428	-2554,6	2253,18	-1203,82	74,3549
320	-3223,38	520,536	-3265,14	2507,58	-2091,21	82,7501
330	-3393,61	428,091	-3420,51	2114,79	-2688,41	69,7879
340	-2867,49	250,663	-2878,43	1261,63	-2587,2	41,6338
350	-416,839	19,3482	-417,288	98,5294	-405,489	3,25147
360	8427,53	-35,7409	8427,61	-182,816	8425,62	-6,03293
370	16054,7	610,737	16066,3	3114,72	15761,5	102,786
380	13639	1082,42	13681,9	5463,88	12543,6	180,308
390	8542,54	1013,44	8602,45	5027,88	6980,15	165,92
400	5160,89	798,622	5222,32	3868,5	3508,18	127,661
410	3454,73	644,51	3514,34	3030,16	1780,09	99,9952
420	2912,97	620,354	2978,29	2816,41	968,544	92,9415
430	3075,09	716,291	3157,42	3127,54	433,299	103,209
440	3605,35	885,567	3712,52	3708,08	-181,363	122,367
450	4274,73	1070,68	4406,77	4292,76	-995,916	141,661
460	4934,5	1219,98	5083,07	4682,9	-1976,88	154,536
470	5496,5	1297,6	5647,59	4774,59	-3016,39	157,561
480	5919,08	1287,41	6057,47	4552,8	-3995,62	150,242
490	6195,73	1191,48	6309,26	4065,17	-4825,06	134,15
500	6344,78	1024,6	6426,98	3389,27	-5460,67	111,846
510	6399,33	807,251	6450,05	2603,95	-5901,06	85,9304
520	6397,69	559,257	6422,09	1770,62	-6173,18	58,4303
530	6374,73	295,893	6381,59	925,9	-6314,07	30,5547
540	6354,96	26,9512	6355,01	83,9622	-6354,46	2,77075
550	6150,01	-233,953	6154,46	-731,001	-6110,9	-24,123
560	5930,13	-470,625	5948,77	-1485,67	-5760,26	-49,0273
570	5670,81	-672,755	5710,57	-2160,86	-5285,96	-71,3083
580	5334,19	-825,439	5397,67	-2715,43	-4664,91	-89,609
590	4874,93	-909,461	4959,04	-3082,5	-3884,62	-101,722
600	4449,64	-947,606	4549,42	-3326,03	-3103,99	-109,759
610	3818,48	-889,451	3920,7	-3246,11	-2198,79	-107,122
620	2958,64	-726,718	3046,58	-2765,62	-1277,9	-91,2654
630	1868	-467,874	1925,7	-1859,55	-500,404	-61,3651
640	568,608	-140,58	585,728	-583,599	-49,899	-19,2588
650	-892,63	210,729	-917,166	912,605	-91,3635	30,116
660	-2446,29	532,072	-2503,49	2397,53	-720,625	79,1185
670	-4005,56	770,296	-4078,95	3597,67	-1922,15	118,723
680	-5473,64	883,925	-5544,55	4258,14	-3551,1	140,518
690	-6752,64	851,82	-6806,16	4208,02	-5349,43	140,159
700	-7753,03	677,735	-7782,59	3411,16	-6995,2	112,568
710	-8402,39	390,009	-8411,43	1986,09	-8173,59	65,5411
720	-8652,75	36,6961	-8652,83	187,702	-8650,79	6,19416