

Міністерство освіти і науки України  
Національний транспортний університет  
Автомеханічний факультет  
Кафедра «Двигуни і теплотехніка»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ  
З ДИСЦИПЛІНИ**

**«Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів»**

для здобувачів  
другого (магістерського) рівня  
денної форми здобуття вищої освіти  
*за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»  
галузі знань 14 «Електрична інженерія»,  
освітньо-професійною програмою  
«Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів»*

КИЇВ – 2024

Міністерство освіти і науки України  
Національний транспортний університет  
Автомеханічний факультет  
Кафедра «Двигуни і теплотехніка»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**  
**З ДИСЦИПЛІНИ**

**«Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів»**

для здобувачів  
другого (магістерського) рівня  
денної форми здобуття вищої освіти  
за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»  
галузі знань 14 «Електрична інженерія»,  
освітньо-професійною програмою  
«Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів»

*Затверджено*  
*на засіданні Науково–методичної ради*  
*Національного транспортного університету*  
*протокол № \_\_7\_\_ від «17» жовтня \_\_2024 р.*

Проректор з навчальної роботи  
професор Віталій ХАРУТА

КИЇВ – 2024

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів» для здобувачів другого (магістерського) рівня денної форми здобуття вищої освіти за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія», освітньо-професійною програмою «Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів» / Укладач М.П.Цюман. – К.: НТУ, 2024. – 19 с.

Укладач: Микола ЦЮМАН, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано Методичною комісією автомеханічного факультету  
протокол № 2 від «20» вересня 2024 року

Голова Методичної комісії факультету \_\_\_\_\_ Дмитро ЯЩЕНКО

© Микола ЦЮМАН, 2024 р.  
© Національний транспортний університет, 2024 р.

## ЗМІСТ

	Стор.
Загальні положення .....	4
1. Завдання на курсову роботу .....	4
2. Методичні вказівки до виконання курсової роботи .....	6
3. Контрольні питання до захисту курсової роботи .....	16
Список літератури .....	18
Додаток А .....	19

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Поршневі двигуни внутрішнього згоряння - основні джерела енергії на автомобільному транспорті. Одними з найважливіших проблем в галузі двигунобудування є підвищення надійності і ресурсу, паливної економічності і зниження кількості токсичних викидів двигунів внутрішнього згоряння.

Відповідно до навчального плану студенти спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування», що навчаються за освітньою програмою «Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів» виконують курсову роботу з дисципліни «Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів», зміст і обсяг якої визначено даними методичними вказівками.

Мета роботи – закріпити і поглибити теоретичні знання, отримані під час вивчення курсу та ознайомитись з особливостями використання систем моніторингу технічного стану автомобільних двигунів.

В курсовій роботі передбачено виконання дослідження показників автомобільного двигуна у експлуатаційних швидкісних та навантажувальних режимах роботи, отриманих за допомогою засобів моніторингу у реальних дорожніх умовах руху транспортного засобу, оцінювання впливу температурного стану двигуна та дорожніх умов на його паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність.

Всі розрахунки, пояснення та графічні залежності в курсовій роботі виконують на аркушах паперу формату А4. Розрахунки необхідно виконувати тільки в одиницях СІ. Зразок титульного аркуша записки наведено у додатку А.

### **1. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ**

Курсова робота передбачає розробку наступних розділів:

1. Підготовка вихідних даних про параметри двигуна в експлуатаційних режимах роботи, отриманих за допомогою засобів моніторингу у реальних дорожніх умовах руху транспортного засобу.

2. Уточнення математичної моделі автомобільного двигуна для обробки вихідних даних системи моніторингу.

3. Оцінювання впливу температурного стану двигуна на його паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність.

4. Оцінювання впливу дорожніх умов на паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність автомобільного двигуна.

Вихідні дані для виконання курсової роботи студенти отримують на основі вимірювань з використанням засобів моніторингу технічного стану двигуна в реальних умовах експлуатації. Дані мають стосуватись конкретної моделі автомобільного двигуна, яка становить науково-практичний інтерес, є сучасною та має перспективи до подальшого використання на автомобільному транспорті.

Для обраної для дослідження моделі двигуна та автомобіля, на якому отримують дані під час моніторингу у реальних умовах експлуатації, необхідно встановити наступні параметри з його технічної характеристики, приклад яких наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні технічні параметри двигуна 4Ч 8,2/7,56 автомобіля Богдан 21101

Найменування параметра	Значення
Маса автомобіля з водієм, кг	1100
Вид палива	бензин
Число / розташування циліндрів двигуна	4 / рядне
Літраж двигуна, л	1,596
Діаметр циліндра / хід поршня, мм	82,0 / 75,6
Ступінь стискання	9,8
Потужність двигуна, кВт / частота обертання колінчастого вала, хв <sup>-1</sup>	59 / 5200
Крутний момент, Н·м / частота обертання колінчастого вала, хв <sup>-1</sup>	120 / 2700
Число впускних / випускних клапанів на циліндр	1 / 1
Система нейтралізації відпрацьованих газів	трикомпонентний каталітичний нейтралізатор
Передаточні числа коробки передач	3,636
	1,95
	1,357
	0,941
	0,784
Передаточне число головної передачі	3,706
ККД трансмісії	0,941
Радіус кочення колеса, м	0,282
Коефіцієнт опору повітря	0,34
Площа фронтального перерізу автомобіля, м <sup>2</sup>	1,931

Таблиця вихідних параметрів двигуна та автомобіля завантажується у текст пояснювальної записки курсової роботи.

## **2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

### **1. Підготовка вихідних даних про параметри двигуна в експлуатаційних режимах роботи, отриманих за допомогою засобів моніторингу у реальних дорожніх умовах руху транспортного засобу**

Вихідні дані для виконання курсової роботи, отримані з використанням технічних засобів моніторингу у реальних умовах експлуатації двигуна, містяться у двох файлах:

- текстовому файлі формату «PPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС.txt», де PPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС складають відповідно рік, місяць, день, години, хвилини та секунди, коли отримано дані;

- геоінформаційному файлі «GEO\_PPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС.kml», який містить дані геолокації автомобіля, отримані у відповідний час під час моніторингу автомобільного двигуна.

Для подальшої роботи з даними необхідно завантажити файл «робоча таблиця.xlsx», який міститься у загальній папці із варіантами вихідних даних, куди послідовно вставляються вихідні дані, інші робочі дані, здійснюється аналіз отриманих результатів.

Дані у текстовому файлі «PPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС.txt» містять зашифровані у шістнадцятковому форматі поточні параметри роботи двигуна та параметри руху автомобіля. Для їхнього розшифрування використовуються вбудовані функції перетворення числових форматів MS Excel та математичні залежності для визначення параметрів відповідно до діагностичного протоколу отримання даних.

Дані текстового файлу необхідно повністю скопіювати та вставити у файл «робоча таблиця.xlsx», у виділену ячейку у вкладці «для імпорту даних з txt». Після вставки необхідно виконати імпорт тексту із масиву даних через відповідний функціонал MS Excel. У вікні майстру імпорту текстів вибрати формат даних «з розділювачами», символ-розділювач «пробіл».

Після першого циклу імпорту, дані зі стовпця «хвилини» перенести у стовбець «Зчитані дані починаючи зі значення "3b"» та знову здійснити імпорт тексту з цих даних (у стовбці «Зчитані дані починаючи зі значення "3b"») вибравши тепер формат даних «фіксованої ширини» і далі розділивши текст на стовбці по два символи.

Після імпорту треба видалити з імпортованих даних діапазон ячеек (із зсувом ліворуч) починаючи з стовбця «Зчитані дані починаючи зі значення "3b"» (стовбця F) до стовбця, що передує тому, де значення ячеек дорівнюють «3b», (стовбця Q).

Після цього, дані зі стовбця «години» слід імпортувати вибравши формат даних «з розділювачами», а символ-розділювач – «двокрапка»; на третьому кроці імпорту вказати розділювачем цілої та дробної частин «крапку» (кнопка «Детальніше»).

Потім у стовбці «час з початку роботи двигуна» треба скопіювати формулу для розрахунку часу починаючи з другої строчки даних до останньої строчки.

Розподілені таким чином дані треба вибрати починаючи з ячейки E2 до останньої ячейки з даними у стовбці AP та скопіювати ці дані.

Скопійовані дані треба вставити у вкладці «робоча таблиця» починаючи з ячейки A2 (під час вставки вибрати опцію «тільки значення»).

Після вставки даних у вкладці «робоча таблиця» починаючи з стовбця AM до BR будуть міститися робочі параметри двигуна: температура охолоджуючої рідини, співвідношення повітря/паливо, положення дросельної заслінки та інші.

У стовбцях BS – BV містяться розрахункові параметри: густина палива,  $\alpha$ , час відповіді  $\lambda$ -зонда, скорегована напруга  $\lambda$ -зонда, температура палива.

У стовбцях BX – CD містяться окремі параметри систем двигуна та використовуваного палива. Оскільки у використовуваному паливі може міститись певна частка етилового спирту, це впливатиме на визначення коефіцієнта надміру повітря  $\alpha$  (стовбець BT).

З метою встановлення дійсної величини вмісту етилового спирту у паливі шляхом встановлення відповідної частки у ячейці CD4 треба добитись мінімальної амплітуди коливань значень коефіцієнта надміру повітря  $\alpha$  відносно значення 1,0 в усталених режимах роботи двигуна (графічна залежність коефіцієнта надміру повітря приведена у однойменній вкладці).

У стовбцях CE – DM містяться показники паливної економічності та екологічності двигуна.

У стовбцях DN – DQ містяться параметри автомобіля, на якому отримано дані за допомогою технічних засобів моніторингу.

У стовбцях DR – DV містяться параметри швидкісного режиму автомобіля та показники, що від них залежать (шлях S, пройдений автомобілем та сила опору повітря Pw).

Стовбець DW містить дані про кут поздовжнього нахилу дороги  $\alpha$ , які отримані за допомогою аналізу даних про геолокацію автомобіля під час отримання даних технічними засобами системи моніторингу.

Для вставки даних про кут поздовжнього нахилу дороги  $\alpha$  у стовбець DW необхідно виконати аналіз даних з файлу «GEO\_RPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_XX\_СС.kml». З цією метою використовується програма `kml_to_google_altitude_converter`, яку необхідно встановити на комп'ютер.

Для встановлення програми `kml_to_google_altitude_converter` необхідно завантажити всі файли з папки «Програма для визначення кута нахилу дороги».

Перед запуском файлу

`kml_to_google_altitude_converter_new_1.0.0.0_x86_x64_arm_Debug.appxbundle` необхідно встановити довірений сертифікат.

Додавання сертифіката вручну на довіру до сертифіката локального комп'ютера:

- у провіднику клацніть правою кнопкою миші пакет програми (файл `kml_to_google_altitude_converter_new_1.0.0.0_x86_x64_arm_Debug.appxbundle`) та у спливаючому контекстному меню виберіть пункт «Властивості»;



- у діалоговому вікні «Властивості» виберіть вкладку «Цифрові підписи»;
- у списку «Підписи» виберіть підпис і натисніть кнопку «Деталі»;
- у діалоговому вікні «Відомості про цифровий підпис» натисніть кнопку «Переглянути сертифікат»;
- у діалоговому вікні «Сертифікат» натисніть кнопку «Встановити сертифікат»;
- у майстрі імпорту сертифікатів виберіть локальний комп'ютер і натисніть кнопку «Далі». Щоб продовжити, необхідно надати права адміністратора;
- виберіть «Помістити всі сертифікати до наступного сховища» та перейдіть до сховища «Довірені особи»;
- натисніть кнопку «Далі», а потім натисніть кнопку «Готово», щоб завершити роботу майстра.

Після установки довіреного сертифікату необхідно встановити програму запусивши файл пакету APPXBUNDLE. Програма буде доступна у списку програм у меню «Пуск».

Для роботи з файлом «GEO\_RPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_XX\_СС.kml» його треба помістити у папку «Зображення», перейменувавши на «GEO.kml». Також у папку «Зображення» треба помістити файл «RPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_XX\_СС.txt» та перейменувати його на «OBD.txt».

Після запуску програми kml\_to\_google\_altitude\_converter треба натиснути кнопку «Start». Після завершення роботи програми у папці «Зображення» буде створено файл «alfaOBD.txt», який містить мітки часу та відповідні значення кута нахилу дороги.

Дані з файлу «alfaOBD.txt» необхідно скопіювати та вставити у вкладку «для вставки кута нахилу дор.» у файлі «робоча таблиця.xlsx». Дані необхідно імпортувати з тексту у форматі «з розділювачами» з символом-розділювачем «пробіл» та розділювачем цілої та дробної частин «кома».

Дані стовбця В вкладки «для вставки кута нахилу дор.» необхідно скопіювати та вставити у стовбець DW вкладки «робоча таблиця».

У стовбцях DX – ER містяться дані параметрів, що визначають силу дорожнього опору, силу інерції, сумарну силу опору руху, потужність та крутний момент двигуна в залежності від умов руху автомобіля.

За результатами заповнення робочої таблиці даних необхідно побудувати графічні залежності від часу (стовчик А) в MS Excel наступних показників (слід будувати таким чином, щоб отримані діаграми вставляти у альбомну орієнтацію сторінки):

- температура охолоджуючої рідини (стовбець AM);
- положення дросельної заслінки (стовбець AO);
- частота обертання колінчастого валу двигуна (стовбець AP);
- коефіцієнт корекції часу впорскування (стовбець AT);
- кут випередження запалювання (стовбець AU);
- швидкість автомобіля (стовбець AV);
- годинна витрата палива, кг/год (стовбець CO);
- масова витрата повітря, кг/год (стовбець BE);
- сумарна витрата палива, г (стовбець DE);

- пройдений шлях, км (стовбець VI);
- коефіцієнт надміру повітря (стовбець VT);
- коефіцієнт наповнення (стовбець SE);
- температура ВГ (стовбець CF);
- кількість кисню, накопичена у нейтралізаторі (стовбець CM);
- температура нейтралізатора (стовбець CP);
- концентрації CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> до нейтралізатора (стовбці CR, CS, CT);
- ефективність нейтралізації CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці CV, CW, CX);
- концентрації CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> після нейтралізатора (стовбці CY, CZ, DA);
- масові викиди CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці DB, DC, DD);
- сумарні викиди CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці DF, DG, DH);
- сумарна шляхова витрата палива, г/км (стовбець DI);
- сумарні шляхові викиди CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці DJ, DK, DL);
- сили опору повітря, дороги, інерції та сумарна (стовбці DV, EA, EE, EF);
- кут поздовжнього нахилу дороги (стовбець DW);
- ефективна потужність двигуна (стовбець EQ);
- ефективний крутний момент двигуна (стовбець ER).

## **2. Уточнення математичної моделі автомобільного двигуна для обробки вихідних даних системи моніторингу**

Розрахунок показників двигуна під час обробки вихідних даних системи моніторингу здійснюється з використанням програми розрахунку, складеної з використанням математичної моделі двигуна. Загальний вигляд головного вікна програми показано на рис. 1.

Програма містить основні елементи, які дозволяють здійснювати процес моделювання.

Рядок меню 1 містить кнопки «Індикаторна діаграма», «Зберегти дані», «Завантажити дані». Натискання кнопки «Індикаторна діаграма» виводить розгорнуту індикаторну діаграму робочого циклу. Натискання кнопки «Зберегти дані» здійснює зчитування даних з полів для введення вихідних даних 2 та зберігає їх у тимчасовий файл у теці з програмою, а натискання кнопки «Завантажити дані» здійснює завантаження збережених у тимчасовому файлі дані у поля для введення вихідних даних 2. Таким чином, можливо зберігати підготовлені для моделювання двигуна дані та використовувати їх у наступному сеансі роботи з програмою.

Блок введення вихідних даних 2 містить поля для введення вхідних даних для моделювання робочого циклу і показників двигуна. Для моделювання необхідно визначити наступні дані, зазначені у таблиці 2.

Блок виведення результатів розрахунку 3 містить поля для виведення змодельованих показників двигуна, які представлені в таблиці 3.

Блок налаштування виведення графічних даних 4 містить параметри крайніх вертикальних і горизонтальних меж графічного вікна для виведення розгорнутої індикаторної діаграми. Ці поля заповнюються автоматично після виконання розрахунку. Змінюючи ці значення можна міняти масштаб

представлення індикаторної діаграми та детально досліджувати ті чи інші ділянки робочого циклу.

Кнопки управління програмою 5 дозволяють виконувати різні операції дослідження. Натискання кнопки «Розрахувати цикл» здійснює розрахунок на основі наявних у полях введення вхідних даних. Натискання кнопки «Порівняти графіки» дозволяє здійснювати порівняння індикаторних діаграм після розрахунку з оновленими вхідними параметрами. При цьому, вихідна діаграма виводиться суцільною лінією, а нова – штриховою. Натискання кнопки «Скинути графік» вимикає режим порівняння діаграм. Натискання кнопки «Завантажити експІД» вивдить у графічному вікні експериментальну індикаторну діаграму, завантажуючи дані з попередньо підготовленого файлу, у порівнянні із попередньо розрахованою діаграмою. Натискання кнопки «Вийти з програми» завершує сеанс роботи з програмою.

Блок вибору методу розрахунку 6 містить кнопки вибору методу розрахунку. Можливі такі варіанти:

- розрахунок за витратою повітря (коли при визначенні показників двигуна значення навантаження підбирається так, щоб забезпечити виміряну технічними засобами системи моніторингу витрату повітря двигуном);

- розрахунок за крутним моментом (коли при визначенні показників двигуна значення навантаження підбирається так, щоб забезпечити визначений на основі аналізу даних, виміряних технічними засобами системи моніторингу, ефективний крутний момент двигуна);

- одиночний розрахунок показників двигуна за параметрами, введеними у поля даних програми (використовується для уточнення вхідних параметрів двигуна для кращої адекватності моделювання).

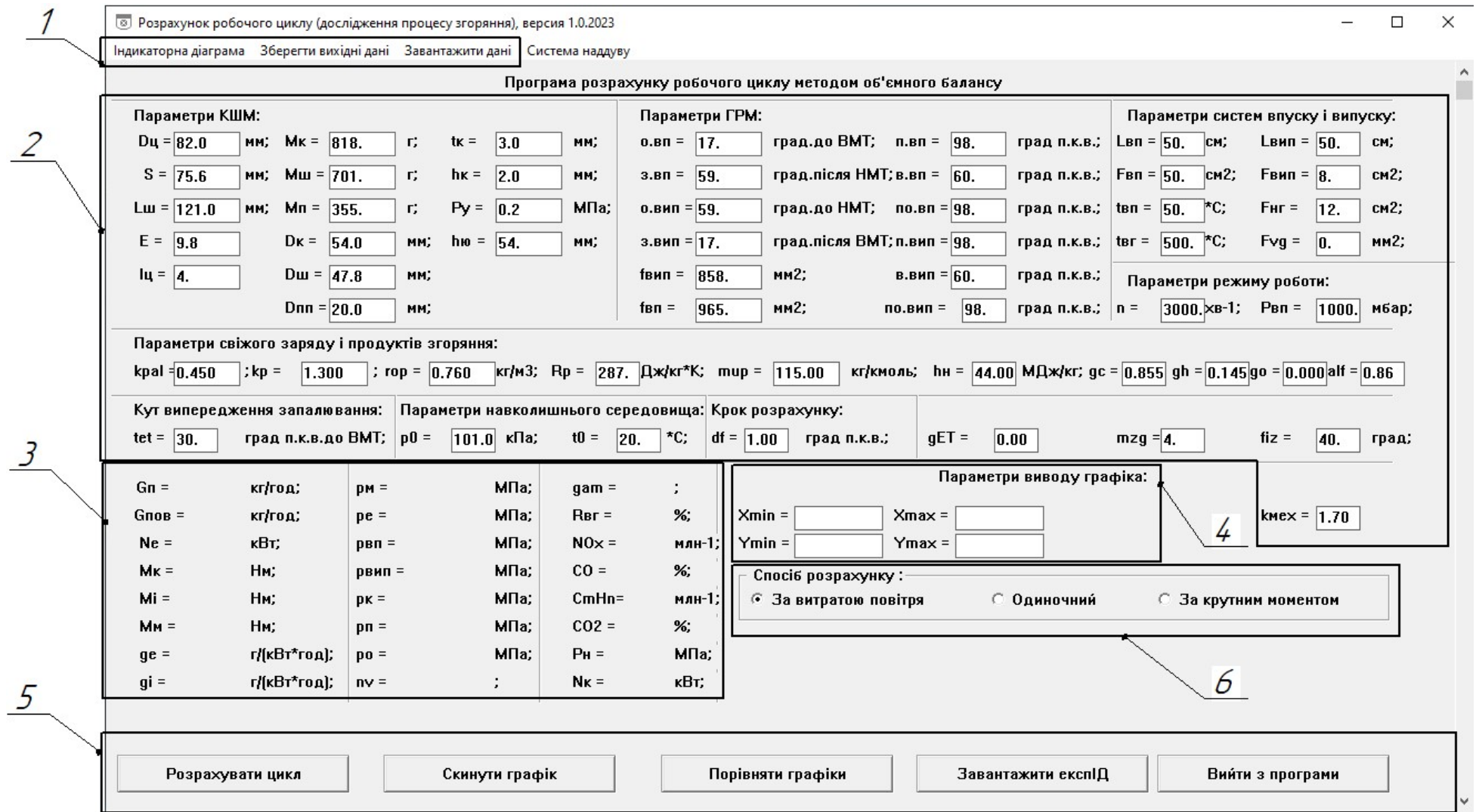


Рисунок 1 – Головне вікно програми розрахунку показників двигуна: 1 – рядок меню; 2 – блок введення вихідних даних; 3 – блок виведення результатів розрахунку; 4 – блок налаштування виведення графічних даних; 5 – кнопки управління програмою; 6 – блок вибору методу розрахунку

Таблиця 2 – Вихідні дані для моделювання робочого процесу двигуна

Параметри	Позначення параметрів	Параметри	Позначення параметрів
Діаметр циліндра	D	Довжина впускного трубопроводу	$L_{вп}$
Хід поршня	S	Прохідний переріз впускного колектора	$F_{вп}$
Довжина шатуна	$L_{ш}$		
Ступінь стиску	$\varepsilon$	Температура у впускному трубопроводі	$t_{вп}$
Число циліндрів	$i_{ц}$		
Маса кривошипу	$M_k$	Температура у випускному колекторі	$t_{вг}$
Маса шатуна	$M_{ш}$		
Маса поршня	$M_{п}$	Довжина випускного трубопроводу	$L_{вип}$
Діаметр корінної шийки	$D_k$		
Діаметр шатунної шийки	$D_{ш}$	Прохідний переріз випускного колектора	$F_{вип}$
Діаметр поршневого пальця	$D_{пп}$		
Ширина поршневого кільця	$t_k$	Прохідний переріз клапана рециркуляції ВГ	$F_{вг}$
Висота поршневого кільця	$h_k$	Частота обертання колінчастого вала двигуна	n
Пружність поршневого кільця	$P_y$		
Висота юбки поршня	$h_{ю}$	Абсолютний тиск на впуску	$P_{вп}$
Кут відкриття впускного клапану	о.вп	Співвідношення кількості водню і СО у продуктах згоряння	$k_{пал}$
Кут закриття впускного клапану	з.вп		
Кут відкриття випускного клапану	о.вип	Показник адіабати продуктів згоряння	$k_p$
		Густина палива	$\rho_{пвл}$
Кут закриття випускного клапану	з.вип	Газова стала продуктів згоряння	$R_p$
		Мольна маса палива	$\mu_{пал}$
Максимальна площа прохідного перерізу випускного клапану	$f_{вип}$	Нижча теплота згоряння палива	$h_H$
		Масова частка вуглецю в паливі	$g_C$
		Масова частка водню в паливі	$g_H$
		Масова частка кисню в паливі	$g_O$
Максимальна площа прохідного перерізу впускного клапану	$f_{вп}$	Коефіцієнт надміру повітря	$\alpha$
		Кут випередження запалювання/впорскування	$\theta$
		Атмосферний тиск	$p_0$
Тривалість підйому впускного клапану	п.вп	Температура навколишнього середовища	$T_0$
Тривалість вистою впускного клапану	в.вп	Крок розрахунку	df
Тривалість посадки впускного клапану	по.вп	Масова частка етанолу в паливі	$g_{ET}$
Тривалість підйому випускного клапану	п.вип	Показник характеру згоряння	mzg
Тривалість вистою випускного клапану	в.вип	Тривалість згоряння	fiz
		Коефіцієнт збільшення механічних втрат	$k_{мех}$
Тривалість посадки випускного клапану	по.вип		

Таблиця 3 – Змодельовані показники двигуна

Параметри	Позначення параметрів
Годинна витрата палива	$G_{\text{п}}$
Годинна витрата повітря	$G_{\text{пов}}$
Ефективна потужність	$N_{\text{е}}$
Крутний момент	$M_{\text{к}}$
Індикаторний крутний момент	$M_{\text{і}}$
Момент механічних втрат	$M_{\text{м}}$
Питома ефективна витрата палива	$g_{\text{е}}$
Питома індикаторна витрата палива	$g_{\text{і}}$
Середній тиск механічних втрат	$p_{\text{м}}$
Середній ефективний тиск циклу	$p_{\text{е}}$
Середній тиск гідравлічних втрат на впускному клапані	$p_{\text{вп}}$
Середній тиск гідравлічних втрат на випускному клапані	$p_{\text{вип}}$
Середній тиск втрат на тертя на поршневих кільцях	$p_{\text{к}}$
Середній тиск втрат на тертя на юбці поршня	$p_{\text{п}}$
Середній тиск втрат на тертя на підшипниках колінчастого валу і шатуна	$p_{\text{о}}$
Коефіцієнт наповнення	$\eta_{\text{v}}$
Коефіцієнт залишкових газів	$gam$
Ступінь рециркуляції ВГ	$R_{\text{вг}}$
Концентрація $NO_x$	$NO_x$
Концентрація $CO$	$CO$
Концентрація $C_mH_n$	$C_mH_n$
Концентрація $CO_2$	$CO_2$
Тиск наддуву	$P_{\text{н}}$
Потужність на привод компресора	$N_{\text{к}}$

Під час кожного сеансу роботи з програмою створюються або оновлюються файли в теці з програмою. Файл N.DAT окрім вказаних вище вихідних та змодельованих параметрів містить також поточні параметри стану робочого тіла в циліндрі, впускному та випускному трубопроводах, інші поточні параметри, що змінюються під час окремих процесів робочого циклу двигуна. Кожне натискання кнопки «Розрахувати цикл» додає новий блок розрахункових даних у файл N.DAT в кінці файлу. Для очищення цього файлу необхідно завершити сеанс роботи з програмою, зберігши попередньо вхідні дані, та запустити програму знову і завантажити збережені дані. Для перегляду файлу N.DAT можна використовувати стандартну програму «Блокнот».

Також при виконанні розрахунку формується файл «mod.dat» у папці з програмою. Файл містить послідовно розташовані показники двигуна, розраховані для кожного моменту часу для даних, отриманих під час моніторингу технічного стану в умовах експлуатації:

- ефективний крутний момент  $M_{\text{к}}$ ;
- індикаторний крутний момент  $M_{\text{і}}$ ;
- момент механічних втрат  $M_{\text{м}}$ ;
- ефективна потужність  $N_{\text{е}}$ ;
- питома ефективна витрата палива  $G_{\text{е}}$ ;
- питома індикаторна витрата палива  $G_{\text{і}}$ ;

- коефіцієнт наповнення EТАV;
- коефіцієнт залишкових газів GАM;
- годинна витрата палива GT;
- годинна витрата повітря GV.

Для розрахунку необхідно підготувати два файли: «Grov.txt» та «Mk.txt». Ці файли формують за даними, що містяться у вкладках «дані для моделювання Gпов» та «дані для моделювання Mk» у файлі «робоча таблиця.xlsx». Дані з цих вкладок необхідно скопіювати та вставити у створені нові текстові файли відповідно «Grov.txt» та «Mk.txt». При копіюванні даних із вкладок «дані для моделювання Gпов» та «дані для моделювання Mk» звернути увагу на кількість строчок у блоці вихідних даних (треба вибрати кількість строчок, що відповідає кількості заповнених ячеек у стовбці А вкладки «робоча таблиця»). Після вставки даних у файли «Grov.txt» та «Mk.txt» їх необхідно зберегти.

Після створення файлів «Grov.txt» та «Mk.txt» їх необхідно помістити у папку з програмою розрахунку. Для розрахунку необхідно запуснути програму, вибрати спосіб розрахунку «За витратою повітря», натиснути кнопку «Розрахувати». Дочекатись завершення розрахунку, що буде відповідати появі змодельованих показників (таблиця 3) у вікні програми (розрахунок може тривати до 30 хвилин). Після завершення розрахунку закрити програму. Відкрити файл «mod.dat» та скопіювати отримані показники, вставити їх у стовбці ES – FB (застосувати імпорт тексту).

Знову запуснути програму, тепер вибрати спосіб розрахунку «За крутним моментом», натиснути кнопку «Розрахувати». Дочекатись завершення розрахунку, що буде відповідати появі змодельованих показників (таблиця 3) у вікні програми (розрахунок може тривати до 30 хвилин). Після завершення розрахунку закрити програму. Відкрити файл «mod.dat» та скопіювати отримані показники, вставити їх у стовбці FC – FL (застосувати імпорт тексту).

Побудувати порівняльні залежності розрахованих за різними способами показників від часу. Показники МК, NE, EТАV, GT, GV необхідно побудувати у порівнянні з однойменними показниками побудованими раніше на етапі 1. У разі значного відхилення визначених різними способами показників витрати палива (необхідно порівнювати показники в кінці масиву даних, які відповідають прогрітому двигуна) необхідно скорегувати параметр «коефіцієнт збільшення механічних втрат» та повторити розрахунки.

### **3. Оцінювання впливу температурного стану двигуна на його паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність.**

Для оцінювання впливу температурного стану двигуна на його показники необхідно виділити період часу, коли відбувається прогрів двигуна (по температурі охолоджуючої рідини).

Для визначеного діапазону часу необхідно представити вже побудовані на етапах 1 і 2 залежності показників двигуна (скопіювати побудовані діаграми та встановити межу максимального часу відповідно до визначеного часу прогріву двигуна). Виконати аналіз зміни показників двигуна у період прогріву та описати зроблені висновки з цього аналізу.

Для визначення ефекту впливу температурного стану двигуна на його показники необхідно здійснити порівняльний аналіз залежностей показників МК, МІ, ММ, НЕ, GE, GI, ETAV, GAM, GT, GV, визначених різними способами розрахунку.

Показники, визначені способом розрахунку за витратою повітря, відповідають дійсним показникам двигуна під впливом дійсної температури охолоджуючої рідини. Показники, визначені способом розрахунку за крутним моментом, відповідають показникам двигуна, які він мав би у прогрітому стані.

Для оцінки впливу температурного стану двигуна на збільшення витрати палива треба здійснити розрахунки сумарної витрати палива та сумарної шляхової витрати палива для порівнюваних показників за різними способами розрахунку (дані стовбців FA та FK) у період прогріву, використовуючи формули для визначення показників у стовбцях DE та DI. За розрахованими показниками побудувати порівняльні залежності та проаналізувати їх.

#### **4. Оцінювання впливу дорожніх умов на паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність автомобільного двигуна**

Для визначення впливу дорожніх умов на показники двигуна використовується параметр «кут поздовжнього нахилу дороги» (стовбець DW).

Для аналізу його впливу на показники двигуна необхідно відфільтрувати дані в робочій таблиці за температурою охолоджуючої рідини, стовбець AM (прогрітий двигун, температура в межах 86...95 °C), швидкістю автомобіля, стовбець AV (середній швидкісний режим 45...55 км/год), передаточним числом трансмісії, стовбець DR (передаточне число відповідає 4-й передачі коробки передач), прискоренням автомобіля, стовбець ED (усталений рух, прискорення близько 0 м/с<sup>2</sup>).

Вибрати для періоду час роботи двигуна у прогрітому стані наступні показники:

- кут поздовжнього нахилу дороги (стовбець DW);
- положення дросельної заслінки (стовбець AO);
- частота обертання колінчастого валу двигуна (стовбець AP);
- масова витрата повітря, кг/год (стовбець BE);
- коефіцієнт надміру повітря (стовбець BT);
- коефіцієнт наповнення (стовбець CE);
- годинна витрата палива, кг/год (стовбець CO);
- масові викиди CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці DB, DC, DD);
- ефективний крутний момент двигуна, визначений за витратою повітря (стовбець ES);
- ефективна потужність двигуна, визначена за витратою повітря (стовбець EV);
- питома ефективна витрата палива, визначена за витратою повітря (стовбець EW).

Вибрані показники скопіювати у вкладку «визначення впливу дор.умов» та зробити сортування даних за зростанням значень у стовбці A (за кутом поздовжнього нахилу дороги).



Для визначених показників побудувати графічні залежності від кута поздовжнього нахилу дороги (стовбець А) та проаналізувати за цими залежностями вплив кута нахилу дороги на показники автомобільного двигуна.

### **3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

1. Основні завдання моніторингу технічних об'єктів.
2. Існуючі методи моніторингу автомобільних двигунів.
3. Класифікація систем моніторингу техніки.
4. Основні етапи побудови систем моніторингу техніки.
5. Структура системи моніторингу технічного об'єкту.
6. Типи даних в системах моніторингу технічних об'єктів та способи їхнього отримання.
7. Режими роботи, зберігання та зчитування даних, контролери та стандарти бортових систем моніторингу технічного стану автомобільних двигунів.
8. Основні технічні засоби моніторингу стандарту OBD-II.
9. Програмне забезпечення бортової частини системи моніторингу для збору даних про параметри автомобільних двигунів.
10. Основні функціональні режими бортових систем стандарту OBD II
11. Основні завдання моніторингу параметрів роботи транспортного засобу за допомогою додатково встановлених систем.
12. Технічні засоби, що додатково встановлюються в ТЗ для моніторингу параметрів автомобільного двигуна.
13. Основні елементи GPS-трекера.
14. Варіанти організації контролю витрати палива.
15. Датчики контролю окремих параметрів транспортного засобу.
16. Датчики рівня палива.
17. Датчики витрати палива.
18. Основні параметри, що визначаються під час моніторингу режиму роботи та параметрів управління енергоустановкою.
19. Розрахункова схема робочих процесів системи «двигун-нейтралізатор» і основні рівняння математичної моделі.
20. Алгоритм математичної моделі автомобільного двигуна методом об'ємного балансу.
21. Моделювання процесів газообміну робочого циклу автомобільного двигуна.
22. Моделювання процесу згоряння робочого циклу автомобільного двигуна.
23. Моделювання основних показників робочого циклу автомобільного двигуна.
24. Моделювання зв'язків з навколишнім середовищем робочого циклу автомобільного двигуна.
25. Моніторинг параметрів автомобільної енергоустановки в умовах експлуатації

26. Модель функціонування інтелектуальної системи моніторингу параметрів автомобільної енергоустановки.
27. Структура підсистеми обробки і аналізу інформації інтелектуальної системи моніторингу параметрів автомобільної енергоустановки.
28. Структура автоматизованої бази даних інтелектуальної системи моніторингу параметрів автомобільної енергоустановки.
29. Структурно-алгоритмічна схема системи збору даних автомобільної енергоустановки в умовах експлуатації.
30. Укрупнення структура математичної моделі системи "дорожній транспортний засіб".
31. Загальна методика оцінювання паливної економічності автомобільного двигуна в їздовому циклі.
32. Алгоритм дослідження паливної економічності і екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитриченко М.Ф., Матейчик В.П., Грищук О.К., Цюман М.П. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: НТУ, 2013. – 164 с.
2. Дмитриченко М.Ф., Матейчик В.П., Волков В.П. та ін. Програмне забезпечення систем моніторингу транспорту / Під ред. Дмитриченка М.Ф. – К.: НТУ, 2016. – 208 с.
3. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б., Грищук І.В., Смешек М., Волкова Т.В., Цюман М.П. Інтелектуальні системи моніторингу транспорту. / Під редакцією Волкова В.П. – Харків: Вид-во ІТМТ, 2015. – 336 с.
4. Автомобільні двигуни Ф.І.Абрамчук, Ю.Ф.Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. Підручник. – К: Арістей, 2004, 2007. –476 с.
5. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія [Текст]: Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П.Марченка. - Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – 488 с.
6. Скоб Ю.О., Угрюмов М.Л., Халтурін В.О. Основи програмування сучасним Фортраном. Навчальний посібник до лабораторного практикуму. — Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2016. — 96 с.
7. Семенова І., Лавренюк М. Завдання з програмування на фортрані. Навчальний посібник. Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2012. – 84 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Двигуни і теплотехніка»

**РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до курсової роботи з дисципліни

**«Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів»**

Виконав: студент групи ДДм-І-1  
Бойчук І.Р.

Керівник: доцент Цюман М.П.

2023

Міністерство освіти і науки України  
Національний транспортний університет  
Автомеханічний факультет  
Кафедра «Двигуни і теплотехніка»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ  
З ДИСЦИПЛІНИ**

**«Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів»**

для здобувачів  
другого (магістерського) рівня  
денної форми здобуття вищої освіти  
*за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»  
галузі знань 14 «Електрична інженерія»,  
освітньо-професійною програмою  
«Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів»*

КИЇВ – 2024

Міністерство освіти і науки України  
Національний транспортний університет  
Автомеханічний факультет  
Кафедра «Двигуни і теплотехніка»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**  
**З ДИСЦИПЛІНИ**

**«Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів»**

для здобувачів  
другого (магістерського) рівня  
денної форми здобуття вищої освіти  
за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»  
галузі знань 14 «Електрична інженерія»,  
освітньо-професійною програмою  
«Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів»

*Затверджено  
на засіданні Науково–методичної ради  
Національного транспортного університету  
протокол № \_\_7\_\_ від «17» жовтня \_\_2024 р.*

Проректор з навчальної роботи  
професор Віталій ХАРУТА

КИЇВ – 2024

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів» для здобувачів другого (магістерського) рівня денної форми здобуття вищої освіти за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія», освітньо-професійною програмою «Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів» / Укладач М.П.Цюман. – К.: НТУ, 2024. – 19 с.

Укладач: Микола ЦЮМАН, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано Методичною комісією автомеханічного факультету  
протокол № 2 від «20» вересня 2024 року

Голова Методичної комісії факультету \_\_\_\_\_ Дмитро ЯЩЕНКО

© Микола ЦЮМАН, 2024 р.  
© Національний транспортний університет, 2024 р.

## ЗМІСТ

	Стор.
Загальні положення .....	4
1. Завдання на курсову роботу .....	4
2. Методичні вказівки до виконання курсової роботи .....	6
3. Контрольні питання до захисту курсової роботи .....	16
Список літератури .....	18
Додаток А .....	19



## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Поршневі двигуни внутрішнього згоряння - основні джерела енергії на автомобільному транспорті. Одними з найважливіших проблем в галузі двигунобудування є підвищення надійності і ресурсу, паливної економічності і зниження кількості токсичних викидів двигунів внутрішнього згоряння.

Відповідно до навчального плану студенти спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування», що навчаються за освітньою програмою «Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів» виконують курсову роботу з дисципліни «Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів», зміст і обсяг якої визначено даними методичними вказівками.

Мета роботи – закріпити і поглибити теоретичні знання, отримані під час вивчення курсу та ознайомитись з особливостями використання систем моніторингу технічного стану автомобільних двигунів.

В курсовій роботі передбачено виконання дослідження показників автомобільного двигуна у експлуатаційних швидкісних та навантажувальних режимах роботи, отриманих за допомогою засобів моніторингу у реальних дорожніх умовах руху транспортного засобу, оцінювання впливу температурного стану двигуна та дорожніх умов на його паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність.

Всі розрахунки, пояснення та графічні залежності в курсовій роботі виконують на аркушах паперу формату А4. Розрахунки необхідно виконувати тільки в одиницях СІ. Зразок титульного аркуша записки наведено у додатку А.

### **1. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ**

Курсова робота передбачає розробку наступних розділів:

1. Підготовка вихідних даних про параметри двигуна в експлуатаційних режимах роботи, отриманих за допомогою засобів моніторингу у реальних дорожніх умовах руху транспортного засобу.

2. Уточнення математичної моделі автомобільного двигуна для обробки вихідних даних системи моніторингу.

3. Оцінювання впливу температурного стану двигуна на його паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність.

4. Оцінювання впливу дорожніх умов на паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність автомобільного двигуна.

Вихідні дані для виконання курсової роботи студенти отримують на основі вимірювань з використанням засобів моніторингу технічного стану двигуна в реальних умовах експлуатації. Дані мають стосуватись конкретної моделі автомобільного двигуна, яка становить науково-практичний інтерес, є сучасною та має перспективи до подальшого використання на автомобільному транспорті.

Для обраної для дослідження моделі двигуна та автомобіля, на якому отримують дані під час моніторингу у реальних умовах експлуатації, необхідно встановити наступні параметри з його технічної характеристики, приклад яких наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні технічні параметри двигуна 4Ч 8,2/7,56 автомобіля Богдан 21101

Найменування параметра	Значення
Маса автомобіля з водієм, кг	1100
Вид палива	бензин
Число / розташування циліндрів двигуна	4 / рядне
Літраж двигуна, л	1,596
Діаметр циліндра / хід поршня, мм	82,0 / 75,6
Ступінь стискання	9,8
Потужність двигуна, кВт / частота обертання колінчастого вала, хв <sup>-1</sup>	59 / 5200
Крутний момент, Н·м / частота обертання колінчастого вала, хв <sup>-1</sup>	120 / 2700
Число впускних / випускних клапанів на циліндр	1 / 1
Система нейтралізації відпрацьованих газів	трикомпонентний каталітичний нейтралізатор
Передаточні числа коробки передач	3,636
	1,95
	1,357
	0,941
	0,784
Передаточне число головної передачі	3,706
ККД трансмісії	0,941
Радіус кочення колеса, м	0,282
Коефіцієнт опору повітря	0,34
Площа фронтального перерізу автомобіля, м <sup>2</sup>	1,931

Таблиця вихідних параметрів двигуна та автомобіля завантажується у текст пояснювальної записки курсової роботи.

## **2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

### **1. Підготовка вихідних даних про параметри двигуна в експлуатаційних режимах роботи, отриманих за допомогою засобів моніторингу у реальних дорожніх умовах руху транспортного засобу**

Вихідні дані для виконання курсової роботи, отримані з використанням технічних засобів моніторингу у реальних умовах експлуатації двигуна, містяться у двох файлах:

- текстовому файлі формату «PPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС.txt», де PPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС складають відповідно рік, місяць, день, години, хвилини та секунди, коли отримано дані;

- геоінформаційному файлі «GEO\_PPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС.kml», який містить дані геолокації автомобіля, отримані у відповідний час під час моніторингу автомобільного двигуна.

Для подальшої роботи з даними необхідно завантажити файл «робоча таблиця.xlsx», який міститься у загальній папці із варіантами вихідних даних, куди послідовно вставляються вихідні дані, інші робочі дані, здійснюється аналіз отриманих результатів.

Дані у текстовому файлі «PPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС.txt» містять зашифровані у шістнадцятковому форматі поточні параметри роботи двигуна та параметри руху автомобіля. Для їхнього розшифрування використовуються вбудовані функції перетворення числових форматів MS Excel та математичні залежності для визначення параметрів відповідно до діагностичного протоколу отримання даних.

Дані текстового файлу необхідно повністю скопіювати та вставити у файл «робоча таблиця.xlsx», у виділену ячейку у вкладці «для імпорту даних з txt». Після вставки необхідно виконати імпорт тексту із масиву даних через відповідний функціонал MS Excel. У вікні майстру імпорту текстів вибрати формат даних «з розділювачами», символ-розділювач «пробіл».

Після першого циклу імпорту, дані зі стовпця «хвилини» перенести у стовбець «Зчитані дані починаючи зі значення "3b"» та знову здійснити імпорт тексту з цих даних (у стовбці «Зчитані дані починаючи зі значення "3b"») вибравши тепер формат даних «фіксованої ширини» і далі розділивши текст на стовбці по два символи.

Після імпорту треба видалити з імпортованих даних діапазон ячеек (із зсувом ліворуч) починаючи з стовбця «Зчитані дані починаючи зі значення "3b"» (стовбця F) до стовбця, що передує тому, де значення ячеек дорівнюють «3b», (стовбця Q).

Після цього, дані зі стовбця «години» слід імпортувати вибравши формат даних «з розділювачами», а символ-розділювач – «двокрапка»; на третьому кроці імпорту вказати розділювачем цілої та дробної частин «крапку» (кнопка «Детальніше»).

Потім у стовбці «час з початку роботи двигуна» треба скопіювати формулу для розрахунку часу починаючи з другої строчки даних до останньої строчки.

Розподілені таким чином дані треба вибрати починаючи з ячейки E2 до останньої ячейки з даними у стовбці AP та скопіювати ці дані.

Скопійовані дані треба вставити у вкладці «робоча таблиця» починаючи з ячейки A2 (під час вставки вибрати опцію «тільки значення»).

Після вставки даних у вкладці «робоча таблиця» починаючи з стовбця AM до BR будуть міститися робочі параметри двигуна: температура охолоджуючої рідини, співвідношення повітря/паливо, положення дросельної заслінки та інші.

У стовбцях BS – BV містяться розрахункові параметри: густина палива,  $\alpha$ , час відповіді  $\lambda$ -зонда, скорегована напруга  $\lambda$ -зонда, температура палива.

У стовбцях BX – CD містяться окремі параметри систем двигуна та використовуваного палива. Оскільки у використовуваному паливі може міститись певна частка етилового спирту, це впливатиме на визначення коефіцієнта надміру повітря  $\alpha$  (стовбець BT).

З метою встановлення дійсної величини вмісту етилового спирту у паливі шляхом встановлення відповідної частки у ячейці CD4 треба добитись мінімальної амплітуди коливань значень коефіцієнта надміру повітря  $\alpha$  відносно значення 1,0 в усталених режимах роботи двигуна (графічна залежність коефіцієнта надміру повітря приведена у однойменній вкладці).

У стовбцях CE – DM містяться показники паливної економічності та екологічності двигуна.

У стовбцях DN – DQ містяться параметри автомобіля, на якому отримано дані за допомогою технічних засобів моніторингу.

У стовбцях DR – DV містяться параметри швидкісного режиму автомобіля та показники, що від них залежать (шлях S, пройдений автомобілем та сила опору повітря Pw).

Стовбець DW містить дані про кут поздовжнього нахилу дороги  $\alpha$ , які отримані за допомогою аналізу даних про геолокацію автомобіля під час отримання даних технічними засобами системи моніторингу.

Для вставки даних про кут поздовжнього нахилу дороги  $\alpha$  у стовбець DW необхідно виконати аналіз даних з файлу «GEO\_RPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_ХХ\_СС.kml». З цією метою використовується програма `kml_to_google_altitude_converter`, яку необхідно встановити на комп'ютер.

Для встановлення програми `kml_to_google_altitude_converter` необхідно завантажити всі файли з папки «Програма для визначення кута нахилу дороги». Перед запуском файлу

`kml_to_google_altitude_converter_new_1.0.0.0_x86_x64_arm_Debug.appxbundle` необхідно встановити довірений сертифікат.

Додавання сертифіката вручну на довіру до сертифіката локального комп'ютера:

- у провіднику клацніть правою кнопкою миші пакет програми (файл `kml_to_google_altitude_converter_new_1.0.0.0_x86_x64_arm_Debug.appxbundle`) та у спливаючому контекстному меню виберіть пункт «Властивості»;

- у діалоговому вікні «Властивості» виберіть вкладку «Цифрові підписи»;
- у списку «Підписи» виберіть підпис і натисніть кнопку «Деталі»;
- у діалоговому вікні «Відомості про цифровий підпис» натисніть кнопку «Переглянути сертифікат»;
- у діалоговому вікні «Сертифікат» натисніть кнопку «Встановити сертифікат»;
- у майстрі імпорту сертифікатів виберіть локальний комп'ютер і натисніть кнопку «Далі». Щоб продовжити, необхідно надати права адміністратора;
- виберіть «Помістити всі сертифікати до наступного сховища» та перейдіть до сховища «Довірені особи»;
- натисніть кнопку «Далі», а потім натисніть кнопку «Готово», щоб завершити роботу майстра.

Після установки довіреного сертифікату необхідно встановити програму запусивши файл пакету APPXBUNDLE. Програма буде доступна у списку програм у меню «Пуск».

Для роботи з файлом «GEO\_RPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_XX\_СС.kml» його треба помістити у папку «Зображення», перейменувавши на «GEO.kml». Також у папку «Зображення» треба помістити файл «RPPP\_MM\_ДД\_ГГ\_XX\_СС.txt» та перейменувати його на «OBD.txt».

Після запуску програми `kml_to_google_altitude_converter` треба натиснути кнопку «Start». Після завершення роботи програми у папці «Зображення» буде створено файл «alfaOBD.txt», який містить мітки часу та відповідні значення кута нахилу дороги.

Дані з файлу «alfaOBD.txt» необхідно скопіювати та вставити у вкладку «для вставки кута нахилу дор.» у файлі «робоча таблиця.xlsx». Дані необхідно імпортувати з тексту у форматі «з розділювачами» з символом-розділювачем «пробіл» та розділювачем цілої та дробної частин «кома».

Дані стовбця В вкладки «для вставки кута нахилу дор.» необхідно скопіювати та вставити у стовбець DW вкладки «робоча таблиця».

У стовбцях DX – ER містяться дані параметрів, що визначають силу дорожнього опору, силу інерції, сумарну силу опору руху, потужність та крутний момент двигуна в залежності від умов руху автомобіля.

За результатами заповнення робочої таблиці даних необхідно побудувати графічні залежності від часу (стовбчик А) в MS Excel наступних показників (слід будувати таким чином, щоб отримані діаграми вставляти у альбомну орієнтацію сторінки):

- температура охолоджуючої рідини (стовбець AM);
- положення дросельної заслінки (стовбець AO);
- частота обертання колінчастого валу двигуна (стовбець AP);
- коефіцієнт корекції часу впорскування (стовбець AT);
- кут випередження запалювання (стовбець AU);
- швидкість автомобіля (стовбець AV);
- годинна витрата палива, кг/год (стовбець CO);
- масова витрата повітря, кг/год (стовбець BE);
- сумарна витрата палива, г (стовбець DE);

- пройдений шлях, км (стовбець VI);
- коефіцієнт надміру повітря (стовбець VT);
- коефіцієнт наповнення (стовбець SE);
- температура ВГ (стовбець CF);
- кількість кисню, накопичена у нейтралізаторі (стовбець CM);
- температура нейтралізатора (стовбець CP);
- концентрації CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> до нейтралізатора (стовбці CR, CS, CT);
- ефективність нейтралізації CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці CV, CW, CX);
- концентрації CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> після нейтралізатора (стовбці CY, CZ, DA);
- масові викиди CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці DB, DC, DD);
- сумарні викиди CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці DF, DG, DH);
- сумарна шляхова витрата палива, г/км (стовбець DI);
- сумарні шляхові викиди CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці DJ, DK, DL);
- сили опору повітря, дороги, інерції та сумарна (стовбці DV, EA, EE, EF);
- кут поздовжнього нахилу дороги (стовбець DW);
- ефективна потужність двигуна (стовбець EQ);
- ефективний крутний момент двигуна (стовбець ER).

## **2. Уточнення математичної моделі автомобільного двигуна для обробки вихідних даних системи моніторингу**

Розрахунок показників двигуна під час обробки вихідних даних системи моніторингу здійснюється з використанням програми розрахунку, складеної з використанням математичної моделі двигуна. Загальний вигляд головного вікна програми показано на рис. 1.

Програма містить основні елементи, які дозволяють здійснювати процес моделювання.

Рядок меню 1 містить кнопки «Індикаторна діаграма», «Зберегти дані», «Завантажити дані». Натискання кнопки «Індикаторна діаграма» виводить розгорнуту індикаторну діаграму робочого циклу. Натискання кнопки «Зберегти дані» здійснює зчитування даних з полів для введення вихідних даних 2 та зберігає їх у тимчасовий файл у теці з програмою, а натискання кнопки «Завантажити дані» здійснює завантаження збережених у тимчасовому файлі дані у поля для введення вихідних даних 2. Таким чином, можливо зберігати підготовлені для моделювання двигуна дані та використовувати їх у наступному сеансі роботи з програмою.

Блок введення вихідних даних 2 містить поля для введення вхідних даних для моделювання робочого циклу і показників двигуна. Для моделювання необхідно визначити наступні дані, зазначені у таблиці 2.

Блок виведення результатів розрахунку 3 містить поля для виведення змодельованих показників двигуна, які представлені в таблиці 3.

Блок налаштування виведення графічних даних 4 містить параметри крайніх вертикальних і горизонтальних меж графічного вікна для виведення розгорнутої індикаторної діаграми. Ці поля заповнюються автоматично після виконання розрахунку. Змінюючи ці значення можна міняти масштаб

представлення індикаторної діаграми та детально досліджувати ті чи інші ділянки робочого циклу.

Кнопки управління програмою 5 дозволяють виконувати різні операції дослідження. Натискання кнопки «Розрахувати цикл» здійснює розрахунок на основі наявних у полях введення вхідних даних. Натискання кнопки «Порівняти графіки» дозволяє здійснювати порівняння індикаторних діаграм після розрахунку з оновленими вхідними параметрами. При цьому, вихідна діаграма виводиться суцільною лінією, а нова – штриховою. Натискання кнопки «Скинути графік» вимикає режим порівняння діаграм. Натискання кнопки «Завантажити експІД» вивдить у графічному вікні експериментальну індикаторну діаграму, завантажуючи дані з попередньо підготовленого файлу, у порівнянні із попередньо розрахованою діаграмою. Натискання кнопки «Вийти з програми» завершує сеанс роботи з програмою.

Блок вибору методу розрахунку 6 містить кнопки вибору методу розрахунку. Можливі такі варіанти:

- розрахунок за витратою повітря (коли при визначенні показників двигуна значення навантаження підбирається так, щоб забезпечити виміряну технічними засобами системи моніторингу витрату повітря двигуном);

- розрахунок за крутним моментом (коли при визначенні показників двигуна значення навантаження підбирається так, щоб забезпечити визначений на основі аналізу даних, виміряних технічними засобами системи моніторингу, ефективний крутний момент двигуна);

- одиночний розрахунок показників двигуна за параметрами, введеними у поля даних програми (використовується для уточнення вхідних параметрів двигуна для кращої адекватності моделювання).

1

Розрахунок робочого циклу (дослідження процесу згоряння), версія 1.0.2023

Індикаторна діаграма Зберегти вихідні дані Завантажити дані Система наддуву

Програма розрахунку робочого циклу методом об'ємного балансу

2

**Параметри КШМ:**  
 $D_c = 82.0$  мм;  $M_k = 818.$  г;  $t_k = 3.0$  мм;  
 $S = 75.6$  мм;  $M_{ш} = 701.$  г;  $h_k = 2.0$  мм;  
 $L_{ш} = 121.0$  мм;  $M_p = 355.$  г;  $P_y = 0.2$  МПа;  
 $E = 9.8$ ;  $D_k = 54.0$  мм;  $h_{ю} = 54.$  мм;  
 $I_c = 4.$ ;  $D_{ш} = 47.8$  мм;  
 $D_{пп} = 20.0$  мм;

**Параметри ГРМ:**  
о.вп =  $17.$  град.до ВМТ; п.вп =  $98.$  град п.к.в.;  
з.вп =  $59.$  град.після НМТ; в.вп =  $60.$  град п.к.в.;  
о.вип =  $59.$  град.до НМТ; по.вп =  $98.$  град п.к.в.;  
з.вип =  $17.$  град.після ВМТ; п.вип =  $98.$  град п.к.в.;  
 $f_{вип} = 858.$  мм<sup>2</sup>; в.вип =  $60.$  град п.к.в.;  
 $f_{вп} = 965.$  мм<sup>2</sup>; по.вип =  $98.$  град п.к.в.;

**Параметри систем впуску і випуску:**  
 $L_{вп} = 50.$  см;  $L_{вип} = 50.$  см;  
 $F_{вп} = 50.$  см<sup>2</sup>;  $F_{вип} = 8.$  см<sup>2</sup>;  
 $t_{вп} = 50.$  \*C;  $F_{нг} = 12.$  см<sup>2</sup>;  
 $t_{вг} = 500.$  \*C;  $F_{vg} = 0.$  мм<sup>2</sup>;

**Параметри режиму роботи:**  
 $n = 3000.$  хв-1;  $P_{вп} = 1000.$  мбар;

**Параметри свіжого заряду і продуктів згоряння:**  
 $k_{ра} = 0.450$ ;  $k_p = 1.300$ ;  $\rho_{ор} = 0.760$  кг/м<sup>3</sup>;  $P_p = 287.$  Дж/кг\*K;  $m_{ур} = 115.00$  кг/кмоль;  $h_n = 44.00$  МДж/кг;  $g_c = 0.855$   $g_h = 0.145$   $g_o = 0.000$   $a_{lf} = 0.86$

3

**Кут випередження запалювання:**  $t_{et} = 30.$  град п.к.в.до ВМТ;  
**Параметри навколишнього середовища:**  $p_0 = 101.0$  кПа;  $t_0 = 20.$  \*C;  
**Крок розрахунку:**  $d_f = 1.00$  град п.к.в.;  $g_{ET} = 0.00$   $m_{zg} = 4.$   $f_{iz} = 40.$  град;

**Параметри виводу графіка:**  
 $X_{min} =$   $X_{max} =$   $Y_{min} =$   $Y_{max} =$   $k_{mex} = 1.70$

**Спосіб розрахунку:**  
 За витратою повітря  Одиничний  За крутним моментом

5

Розрахувати цикл Скинути графік Порівняти графіки Завантажити експлД Вийти з програми

Рисунок 1 – Головне вікно програми розрахунку показників двигуна: 1 – рядок меню; 2 – блок введення вихідних даних; 3 – блок виведення результатів розрахунку; 4 – блок налаштування виведення графічних даних; 5 – кнопки управління програмою; 6 – блок вибору методу розрахунку



Таблиця 2 – Вихідні дані для моделювання робочого процесу двигуна

Параметри	Позначення параметрів	Параметри	Позначення параметрів
Діаметр циліндра	D	Довжина впускного трубопроводу	$L_{вп}$
Хід поршня	S	Прохідний переріз впускного колектора	$F_{вп}$
Довжина шатуна	$L_{ш}$		
Ступінь стиску	$\varepsilon$	Температура у впускному трубопроводі	$t_{вп}$
Число циліндрів	$i_{ц}$		
Маса кривошипу	$M_k$	Температура у випускному колекторі	$t_{вг}$
Маса шатуна	$M_{ш}$		
Маса поршня	$M_{п}$	Довжина випускного трубопроводу	$L_{вип}$
Діаметр корінної шийки	$D_k$		
Діаметр шатунної шийки	$D_{ш}$	Прохідний переріз випускного колектора	$F_{вип}$
Діаметр поршневого пальця	$D_{пп}$		
Ширина поршневого кільця	$t_k$	Прохідний переріз клапана рециркуляції ВГ	$F_{вг}$
Висота поршневого кільця	$h_k$	Частота обертання колінчастого вала двигуна	n
Пружність поршневого кільця	$P_y$		
Висота юбки поршня	$h_{ю}$	Абсолютний тиск на впуску	$P_{вп}$
Кут відкриття впускного клапану	о.вп	Співвідношення кількості водню і СО у продуктах згоряння	$k_{пал}$
Кут закриття впускного клапану	з.вп		
Кут відкриття випускного клапану	о.вип	Показник адіабати продуктів згоряння	$k_p$
		Густина палива	$\rho_{пвл}$
Кут закриття випускного клапану	з.вип	Газова стала продуктів згоряння	$R_p$
		Мольна маса палива	$\mu_{пал}$
Максимальна площа прохідного перерізу випускного клапану	$f_{вип}$	Нижча теплота згоряння палива	$h_H$
		Масова частка вуглецю в паливі	$g_C$
		Масова частка водню в паливі	$g_H$
		Масова частка кисню в паливі	$g_O$
Максимальна площа прохідного перерізу впускного клапану	$f_{вп}$	Коефіцієнт надміру повітря	$\alpha$
		Кут випередження запалювання/впорскування	$\theta$
		Атмосферний тиск	$p_0$
Тривалість підйому впускного клапану	п.вп	Температура навколишнього середовища	$T_0$
Тривалість вистою впускного клапану	в.вп	Крок розрахунку	df
Тривалість посадки впускного клапану	по.вп	Масова частка етанолу в паливі	$g_{ET}$
Тривалість підйому випускного клапану	п.вип	Показник характеру згоряння	mzg
Тривалість вистою випускного клапану	в.вип	Тривалість згоряння	fiz
		Коефіцієнт збільшення механічних втрат	$k_{мех}$
Тривалість посадки випускного клапану	по.вип		

Таблиця 3 – Змодельовані показники двигуна

Параметри	Позначення параметрів
Годинна витрата палива	$G_{\text{п}}$
Годинна витрата повітря	$G_{\text{пов}}$
Ефективна потужність	$N_{\text{е}}$
Крутний момент	$M_{\text{к}}$
Індикаторний крутний момент	$M_{\text{і}}$
Момент механічних втрат	$M_{\text{м}}$
Питома ефективна витрата палива	$g_{\text{е}}$
Питома індикаторна витрата палива	$g_{\text{і}}$
Середній тиск механічних втрат	$p_{\text{м}}$
Середній ефективний тиск циклу	$p_{\text{е}}$
Середній тиск гідравлічних втрат на впускному клапані	$p_{\text{вп}}$
Середній тиск гідравлічних втрат на випускному клапані	$p_{\text{вип}}$
Середній тиск втрат на тертя на поршневих кільцях	$p_{\text{к}}$
Середній тиск втрат на тертя на юбці поршня	$p_{\text{п}}$
Середній тиск втрат на тертя на підшипниках колінчастого валу і шатуна	$p_{\text{о}}$
Коефіцієнт наповнення	$\eta_{\text{v}}$
Коефіцієнт залишкових газів	$gam$
Ступінь рециркуляції ВГ	$R_{\text{вг}}$
Концентрація $NO_x$	$NO_x$
Концентрація $CO$	$CO$
Концентрація $C_mH_n$	$C_mH_n$
Концентрація $CO_2$	$CO_2$
Тиск наддуву	$P_{\text{н}}$
Потужність на привод компресора	$N_{\text{к}}$

Під час кожного сеансу роботи з програмою створюються або оновлюються файли в теці з програмою. Файл N.DAT окрім вказаних вище вихідних та змодельованих параметрів містить також поточні параметри стану робочого тіла в циліндрі, впускному та випускному трубопроводах, інші поточні параметри, що змінюються під час окремих процесів робочого циклу двигуна. Кожне натискання кнопки «Розрахувати цикл» додає новий блок розрахункових даних у файл N.DAT в кінці файлу. Для очищення цього файлу необхідно завершити сеанс роботи з програмою, зберігши попередньо вхідні дані, та запустити програму знову і завантажити збережені дані. Для перегляду файлу N.DAT можна використовувати стандартну програму «Блокнот».

Також при виконанні розрахунку формується файл «mod.dat» у папці з програмою. Файл містить послідовно розташовані показники двигуна, розраховані для кожного моменту часу для даних, отриманих під час моніторингу технічного стану в умовах експлуатації:

- ефективний крутний момент  $M_{\text{к}}$ ;
- індикаторний крутний момент  $M_{\text{і}}$ ;
- момент механічних втрат  $M_{\text{м}}$ ;
- ефективна потужність  $N_{\text{е}}$ ;
- питома ефективна витрата палива  $G_{\text{е}}$ ;
- питома індикаторна витрата палива  $G_{\text{і}}$ ;

- коефіцієнт наповнення ETAV;
- коефіцієнт залишкових газів GAM;
- годинна витрата палива GT;
- годинна витрата повітря GV.

Для розрахунку необхідно підготувати два файли: «Grov.txt» та «Mk.txt». Ці файли формують за даними, що містяться у вкладках «дані для моделювання Gпов» та «дані для моделювання Mk» у файлі «робоча таблиця.xlsx». Дані з цих вкладок необхідно скопіювати та вставити у створені нові текстові файли відповідно «Grov.txt» та «Mk.txt». При копіюванні даних із вкладок «дані для моделювання Gпов» та «дані для моделювання Mk» звернути увагу на кількість строчок у блоці вихідних даних (треба вибрати кількість строчок, що відповідає кількості заповнених ячеек у стовбці А вкладки «робоча таблиця»). Після вставки даних у файли «Grov.txt» та «Mk.txt» їх необхідно зберегти.

Після створення файлів «Grov.txt» та «Mk.txt» їх необхідно помістити у папку з програмою розрахунку. Для розрахунку необхідно запусити програму, вибрати спосіб розрахунку «За витратою повітря», натиснути кнопку «Розрахувати». Дочекатись завершення розрахунку, що буде відповідати появі змодельованих показників (таблиця 3) у вікні програми (розрахунок може тривати до 30 хвилин). Після завершення розрахунку закрити програму. Відкрити файл «mod.dat» та скопіювати отримані показники, вставити їх у стовбці ES – FB (застосувати імпорт тексту).

Знову запусити програму, тепер вибрати спосіб розрахунку «За крутним моментом», натиснути кнопку «Розрахувати». Дочекатись завершення розрахунку, що буде відповідати появі змодельованих показників (таблиця 3) у вікні програми (розрахунок може тривати до 30 хвилин). Після завершення розрахунку закрити програму. Відкрити файл «mod.dat» та скопіювати отримані показники, вставити їх у стовбці FC – FL (застосувати імпорт тексту).

Побудувати порівняльні залежності розрахованих за різними способами показників від часу. Показники МК, NE, ETAV, GT, GV необхідно побудувати у порівнянні з однойменними показниками побудованими раніше на етапі 1. У разі значного відхилення визначених різними способами показників витрати палива (необхідно порівнювати показники в кінці масиву даних, які відповідають прогрітому двигуна) необхідно скорегувати параметр «коефіцієнт збільшення механічних втрат» та повторити розрахунки.

### **3. Оцінювання впливу температурного стану двигуна на його паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність.**

Для оцінювання впливу температурного стану двигуна на його показники необхідно виділити період часу, коли відбувається прогрів двигуна (по температурі охолоджуючої рідини).

Для визначеного діапазону часу необхідно представити вже побудовані на етапах 1 і 2 залежності показників двигуна (скопіювати побудовані діаграми та встановити межу максимального часу відповідно до визначеного часу прогріву двигуна). Виконати аналіз зміни показників двигуна у період прогріву та описати зроблені висновки з цього аналізу.

Для визначення ефекту впливу температурного стану двигуна на його показники необхідно здійснити порівняльний аналіз залежностей показників МК, МІ, ММ, НЕ, GE, GI, ETAV, GAM, GT, GV, визначених різними способами розрахунку.

Показники, визначені способом розрахунку за витратою повітря, відповідають дійсним показникам двигуна під впливом дійсної температури охолоджуючої рідини. Показники, визначені способом розрахунку за крутним моментом, відповідають показникам двигуна, які він мав би у прогрітому стані.

Для оцінки впливу температурного стану двигуна на збільшення витрати палива треба здійснити розрахунки сумарної витрати палива та сумарної шляхової витрати палива для порівнюваних показників за різними способами розрахунку (дані стовбців FA та FK) у період прогріву, використовуючи формули для визначення показників у стовбцях DE та DI. За розрахованими показниками побудувати порівняльні залежності та проаналізувати їх.

#### **4. Оцінювання впливу дорожніх умов на паливну економічність, екологічні показники та енергоефективність автомобільного двигуна**

Для визначення впливу дорожніх умов на показники двигуна використовується параметр «кут поздовжнього нахилу дороги» (стовбець DW).

Для аналізу його впливу на показники двигуна необхідно відфільтрувати дані в робочій таблиці за температурою охолоджуючої рідини, стовбець AM (прогрітий двигун, температура в межах 86...95 °C), швидкістю автомобіля, стовбець AV (середній швидкісний режим 45...55 км/год), передаточним числом трансмісії, стовбець DR (передаточне число відповідає 4-й передачі коробки передач), прискоренням автомобіля, стовбець ED (усталений рух, прискорення близько 0 м/с<sup>2</sup>).

Вибрати для періоду час роботи двигуна у прогрітому стані наступні показники:

- кут поздовжнього нахилу дороги (стовбець DW);
- положення дросельної заслінки (стовбець AO);
- частота обертання колінчастого валу двигуна (стовбець AP);
- масова витрата повітря, кг/год (стовбець BE);
- коефіцієнт надміру повітря (стовбець BT);
- коефіцієнт наповнення (стовбець CE);
- годинна витрата палива, кг/год (стовбець CO);
- масові викиди CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> (стовбці DB, DC, DD);
- ефективний крутний момент двигуна, визначений за витратою повітря (стовбець ES);
- ефективна потужність двигуна, визначена за витратою повітря (стовбець EV);
- питома ефективна витрата палива, визначена за витратою повітря (стовбець EW).

Вибрані показники скопіювати у вкладку «визначення впливу дор.умов» та зробити сортування даних за зростанням значень у стовбці A (за кутом поздовжнього нахилу дороги).

Для визначених показників побудувати графічні залежності від кута поздовжнього нахилу дороги (стовбець А) та проаналізувати за цими залежностями вплив кута нахилу дороги на показники автомобільного двигуна.

### **3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

1. Основні завдання моніторингу технічних об'єктів.
2. Існуючі методи моніторингу автомобільних двигунів.
3. Класифікація систем моніторингу техніки.
4. Основні етапи побудови систем моніторингу техніки.
5. Структура системи моніторингу технічного об'єкту.
6. Типи даних в системах моніторингу технічних об'єктів та способи їхнього отримання.
7. Режими роботи, зберігання та зчитування даних, контролери та стандарти бортових систем моніторингу технічного стану автомобільних двигунів.
8. Основні технічні засоби моніторингу стандарту OBD-II.
9. Програмне забезпечення бортової частини системи моніторингу для збору даних про параметри автомобільних двигунів.
10. Основні функціональні режими бортових систем стандарту OBD II
11. Основні завдання моніторингу параметрів роботи транспортного засобу за допомогою додатково встановлених систем.
12. Технічні засоби, що додатково встановлюються в ТЗ для моніторингу параметрів автомобільного двигуна.
13. Основні елементи GPS-трекера.
14. Варіанти організації контролю витрати палива.
15. Датчики контролю окремих параметрів транспортного засобу.
16. Датчики рівня палива.
17. Датчики витрати палива.
18. Основні параметри, що визначаються під час моніторингу режиму роботи та параметрів управління енергоустановкою.
19. Розрахункова схема робочих процесів системи «двигун-нейтралізатор» і основні рівняння математичної моделі.
20. Алгоритм математичної моделі автомобільного двигуна методом об'ємного балансу.
21. Моделювання процесів газообміну робочого циклу автомобільного двигуна.
22. Моделювання процесу згоряння робочого циклу автомобільного двигуна.
23. Моделювання основних показників робочого циклу автомобільного двигуна.
24. Моделювання зв'язків з навколишнім середовищем робочого циклу автомобільного двигуна.
25. Моніторинг параметрів автомобільної енергоустановки в умовах експлуатації

26. Модель функціонування інтелектуальної системи моніторингу параметрів автомобільної енергоустановки.
27. Структура підсистеми обробки і аналізу інформації інтелектуальної системи моніторингу параметрів автомобільної енергоустановки.
28. Структура автоматизованої бази даних інтелектуальної системи моніторингу параметрів автомобільної енергоустановки.
29. Структурно-алгоритмічна схема системи збору даних автомобільної енергоустановки в умовах експлуатації.
30. Укрупнення структура математичної моделі системи "дорожній транспортний засіб".
31. Загальна методика оцінювання паливної економічності автомобільного двигуна в їздовому циклі.
32. Алгоритм дослідження паливної економічності і екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитриченко М.Ф., Матейчик В.П., Грищук О.К., Цюман М.П. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: НТУ, 2013. – 164 с.
2. Дмитриченко М.Ф., Матейчик В.П., Волков В.П. та ін. Програмне забезпечення систем моніторингу транспорту / Під ред. Дмитриченка М.Ф. – К.: НТУ, 2016. – 208 с.
3. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б., Грищук І.В., Смешек М., Волкова Т.В., Цюман М.П. Інтелектуальні системи моніторингу транспорту. / Під редакцією Волкова В.П. – Харків: Вид-во ІТМТ, 2015. – 336 с.
4. Автомобільні двигуни Ф.І.Абрамчук, Ю.Ф.Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. Підручник. – К: Арістей, 2004, 2007. –476 с.
5. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія [Текст]: Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П.Марченка. - Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – 488 с.
6. Скоб Ю.О., Угрюмов М.Л., Халтурін В.О. Основи програмування сучасним Фортраном. Навчальний посібник до лабораторного практикуму. — Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2016. — 96 с.
7. Семенова І., Лавренюк М. Завдання з програмування на фортрані. Навчальний посібник. Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2012. – 84 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Двигуни і теплотехніка»

**РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до курсової роботи з дисципліни

**«Системи моніторингу технічного стану автомобільних двигунів»**

Виконав: студент групи ДДм-І-1  
Бойчук І.Р.

Керівник: доцент Цюман М.П.

2023