

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра механічної та електричної інженерії

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту «Автомобільні двигуни» для
здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 274 Автомобільний транспорт освітньо-професійної
програми «Автомобільний транспорт»

Полтава 2024

Автомобільні двигуни. Методичні рекомендації для виконання курсового проекту здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт. Харак Р.М. Полтава, РВВ ПДАУ, 2024.

Розробник: Руслан ХАРАК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії, кандидат технічних наук, доцент

Методичні рекомендації розглянуті та схвалені на засіданні кафедри механічної та електричної інженерії, протокол № 1 від « 02» вересня 2024 року.

Завідувач кафедри механічної та електричної інженерії



Станіслав ПОПОВ

Методичні рекомендації розглянуті та схвалені радою з якості вищої освіти спеціальності «Автомобільний транспорт», протокол № 1 від «02» вересня 2024 року.

Голова ради з якості вищої освіти спеціальності «Автомобільний транспорт»



Сергій ЛЯШЕНКО

© ПДАУ, 2024 рік

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Курсовий проєкт «Автомобільні двигуни» є самостійною інженерною роботою здобувачів вищої освіти та займає особливе місце в системі підготовки здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт» за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт. Виконання проєкту закріплює та узагальнює знання, які здобувачів вищої освіти отримали під час аудиторних занять. У процесі курсового проєктування здобувач вищої освіти виконує комплексну задачу, готуючись до виконання складнішого завдання – дипломного проєктування. Під час виконання цього курсового проєкту здобувач вищої освіти повинен опиратися на знання та навички, отримані під час вивчення таких курсів: Технічна механіка, Автомобілі, Автомобільні двигуни. Поряд з цим курсове проєктування повинно навчити здобувача вищої освіти роботі з довідковою літературою, державними та міжнародними стандартами, нормами, вмівло поєднуючи їх з теоретичними знаннями, отриманими в процесі вивчення теоретичних положень відповідної дисципліни.

Мета курсового проєктування «Автомобільні двигуни» – зміцнення, поглиблення та узагальнення знань, отриманих при вивченні дисциплін «Автомобілі» і «Автомобільні двигуни» та набуття практичних навичок розрахунку та основ проєктування автомобільних двигунів.

Курсове проєктування сприяє формуванню таких компетентностей та програмних результатів навчання:

Загальні компетентності:

ЗК 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 10. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

Фахові компетентності:

ФК 1. Здатність використовувати у професійній діяльності знання нормативно-правових, законодавчих актів України, Правил технічної експлуатації автомобільного транспорту України, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту та їх систем.

ФК 2. Здатність використовувати у професійній діяльності знання з основ конструкції, експлуатаційних властивостей, робочих процесів і основ розрахунку автомобільних транспортних засобів.

ФК 3. Здатність проведення вимірювального експерименту і обробки його результатів.

ФК 6. Здатність розробляти з урахуванням безпекових, економічних, екологічних та естетичних параметрів технічні завдання і технічні умови на проєктування об'єктів автомобільного транспорту, його систем та окремих елементів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць, розраховувати завантаження устаткування та показники якості технологічних процесів.

ФК 14. Здатність брати активну участь у дослідженнях та експериментах, аналізувати, інтерпретувати і моделювати окремі явища і процеси у сфері автомобільного транспорту.

ФК 15. Здатність застосовувати математичні та статистичні методи збирання, систематизації, узагальнення та обробки інформації.

Програмні результати навчання:

ПРН 9. Аналізувати та оцінювати об'єкти автомобільного транспорту, їх системи та елементи.

ПРН 11. Розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації у процесі експлуатації, при ремонті та обслуговуванні об'єктів автомобільного транспорту, їх систем та елементів.

ПРН 23. Аналізувати техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники автомобільних транспортних засобів, їх систем та елементів.

ПРН 25. Презентувати результати досліджень та професійної діяльності фахівцям і нефахівцям, аргументувати свою позицію.

На курсове проектування «Автомобільні двигуни» відводиться 90 годин навчального навантаження, що відповідає 3 кредитам ЄКТС.

Задачею курсового проекту є систематизація і закріплення теоретичних знань студентів по основних питаннях теорії автомобіля, що має для інженера автомобільного транспорту першорядне значення.

Курсовий проект «Автомобільні двигуни» складається з пояснювальної записки обсягом до 40 сторінок і 2 графічних листів.

Текст у пояснювальній записці пишеться (друкується) на одній стороні листа А4. Сторінки повинні мати наскрізну нумерацію, а ілюстрації (схеми, графіки) – порядкові номери та підписуночі підписи. Таблиці також нумеруються й повинні мати заголовки. Графіки і таблиці розташовуються безпосередньо після відповідних розрахунків. У тексті записки повинні бути посилання на всі рисунки і таблиці.

Розрахунки виконуються в Міжнародній системі одиниць СІ. Індеси в розрахункових формулах приймаються відповідно до рекомендацій основних підручників і методичної розробки з курсового проекту.

Формули, коефіцієнти, нормативні розміри і т.д. повинні супроводжуватися посиланням на літературне джерело за допомогою цифр у квадратних дужках, що відповідають нумерації списку використаної літератури, наведеного наприкінці записки.

Графічна частина виконується, дотримуючись вимог ЄСКД, на двох листах формату А1, з рамками і заповненими кутовими штампами. Всі графіки, схеми і таблиці повинні бути пронумеровані і підписані. На графіках наносять рівномірні шкали всіх параметрів, вказують одиниці їх вимірювання. При здачі проекту на перевірку графічні листи складають штампами назовні.

Курсовий проект оформляється у вигляді зброшурованої пояснювальної записки з обкладинкою (титульним листом) і вкладених у неї графічних листів.

Тематика курсового проєкту передбачає тепловий та динамічний розрахунок автомобільного двигуна.

Тему курсового проєкту здобувачі вищої освіти обирають самостійно, узгоджуючи її з призначеним керівником проєкту, орієнтуючись на тематику та власні інтереси та вподобання.

Обрана тема курсового проєкту фіксується в індивідуального завданні.

Індивідуальне завдання підшивається одразу після титульного листа.

Виконаний курсовий проєкт вкладається в підписану папку і в такому вигляді здається на реєстрацію та перевірку методисту кафедри (кімн. 309).

Після перевірки курсовий проєкт захищається в призначений термін перед комісією. Лист оцінювання представлений в додатку А.

РОЗДІЛ 1. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА

Метою теплового розрахунку є: знаходження значень тиску і температури газів у характерних точках циклу, визначення індикаторних і ефективних показників двигуна.

Тиск наприкінці впуску визначається за формулою:

$$P_a = P_o - \Delta P_a, \text{ МПа} \quad (1.1)$$

де P_o – тиск навколишнього середовища, МПа;

ΔP_a – витрати тиску за рахунок опору впускної системи і затухання швидкості руху заряду в циліндрі, МПа.

Коефіцієнт залишкових газів розраховується за формулою:

$$\gamma_r = \frac{T_o + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r}, \quad (1.2)$$

де T_o – температура навколишнього середовища, К;

ΔT – підігрів заряду від нагрітих деталей двигуна, К;

T_r – температура на випуску, К;

P_r – тиск на випуску, МПа;

ε – ступінь стиску (вказується в завданні).

Температура в кінці впуску:

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} \quad (1.3)$$

Коефіцієнт на поповнення циліндрів:

$$\eta_v = \frac{T_o}{P_o} \cdot \left(\frac{P_a}{T_a} - \frac{P_r}{\varepsilon \cdot T_r} \right) \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \quad (1.4)$$

Параметри процесу стиску визначаються за формулами:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1}, \quad (5)$$

$$T_a = T_o \cdot \varepsilon^{n_1 - 1}, \quad (6)$$

де n_1 – показник політропи стиску, який визначається за формулою:

$$n = 1,41 - 0,02 \cdot (11 - C_m), \quad (1.5)$$

де C_m – швидкість поршня, м/с, який визначається за формулою:

$$C_m = \frac{S \cdot n}{30}, \quad (1.6)$$

де S – хід поршня, м;

n – номінальна частота обертання колінчастого валу, хв⁻¹.

Визначаємо кількість газів, що знаходяться в циліндрі в кінці стиску.

Теоретична кількість повітря, необхідна для згоряння 1 кг палива:

$$L'_o = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right), \frac{\text{кг повітря}}{\text{кг палива}} \quad (1.7)$$

або

$$L_o = \frac{L'_o}{29}, \frac{\text{кмоль}}{\text{кг}} \quad (1.8)$$

Дійсна кількість повітря, необхідного для згоряння 1 кг палива:

$$L_d = a \cdot L_o, \frac{\text{КМОЛЬ}}{\text{КГ}} \quad (1.9)$$

Кількість залишкових газів у циліндрі:

$$M_r = \gamma_r \cdot a \cdot L_o, \frac{\text{КМОЛЬ}}{\text{КГ}} \quad (1.10)$$

Кількість газів, які знаходяться в циліндрі після згорання при $\alpha \geq 1$:

$$M_z = a \cdot L_o (H \cdot \gamma_r) + \frac{H}{4} + \frac{P}{32} \quad (1.11)$$

Коефіцієнт молекулярної зміни:

$$M_z = \frac{M_z}{M_c}, \quad (1.12)$$

де M_c – загальна кількість газів, що знаходяться в циліндрі в кінці стиску.

$$M_c = \alpha \cdot L_o (1 + \gamma_r) \quad (1.13)$$

Температура T_z визначається з рівняння:

$$M_z \cdot C_{pv} \cdot T_z = \frac{\xi \cdot Q_H}{\alpha \cdot L_o \cdot (1 + \gamma_r)} + T_c \cdot (C_{vc} + \lambda_p R_o) \quad (1.14)$$

де середні молекулярні теплоємності:

– повітря при постійному об'ємі:

$$C_{vc} = 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot T_c, \text{ кДж/кг}$$

– газів при постійному тиску:

$$C_{pz} = C_{vc} + R_o = 29,082 + 0,0024125 \cdot T_z$$

– газів при постійному об'ємі при $\alpha > 1$:

$$C_{vz} = \left(\frac{20,2}{1} + \frac{0,02}{1,6} \right) + \left(1515 + \frac{13,8}{1,6} \right) \cdot 10^{-4} T_z = 20,815 + 0,00247 \cdot T_z$$

ξ_z – коефіцієнт використання теплоти,

Q_H – нижча теплоутворююча здатність палива, кДж/кг.

$$P_z = \lambda_p \cdot P_c, \text{ МПа} \quad (1.15)$$

де λ_p – степінь підвищення тиску.

Степінь попереднього розширення для дизельних двигунів:

$$\rho = \frac{V_z}{V_c} = \frac{M_z}{\lambda_p} \cdot \frac{T_z}{T_c} \quad (1.16)$$

Степінь наступного розширення:

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} \quad (1.17)$$

Тиск в кінці розширення для дизельних двигунів:

$$P_B = \frac{P_z}{\delta^{n-1}}, \text{ МПа} \quad (1.18)$$

Побудова і аналіз індикаторної діаграми.

На вісі абсцис відкладаємо відрізок, що зображає в об'ємі камеру згорання V_c . Цей відрізок приймемо за 1. Потім в прийнятому масштабі відкладаємо об'єми

$$V_z = \rho \cdot V_c = 1,3814 \cdot V_c;$$

$$V_a = \varepsilon \cdot V_c = 15 \cdot V_c = V_c + V_n$$

Обравши на вісі ординат масштаб тисків в МПа/мм відкладаємо: $P_0, P_a, P_b, P_r, P_c, P'_z, P_z$.

Через точки P'_z і P_z, P_0 і P_r проводимо прямі паралельні вісі абсцис.

Точки a і c з'єднуємо політропою тиску.

$$P_x = P_a \cdot \left(\frac{V_a}{V_x}\right)^m; \quad (1.19)$$

а точки z і b – політропою розширення:

$$P_x = P_b \cdot \left(\frac{V_b}{V_x}\right)^m. \quad (1.20)$$

По побудованій діаграмі визначаємо середній теоретичний індикаторний тиск:

$$P_i = \mu \frac{F}{l_d} \quad (1.21)$$

де F – площа індикаторної діаграми.

l_d – довжина діаграми відрізком (V_n)

Для перевірки підраховуємо аналітичним шляхом:

$$P_{ip} = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[(\lambda \rho - 1) + \frac{\lambda \rho}{n - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n-1}} \right) - \frac{1}{n - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n-1}} \right) \right] \quad (1.22)$$

Точність побудови індикаторної діаграми:

$$\Delta = \frac{P_{ip} - P'_i}{P_{ip}} \cdot 100\% \quad (1.23)$$

Середній індикаторний тиск:

$$P_i = P_i \cdot v - \Delta P \quad (1.24)$$

де $v = 0,97$ – коефіцієнт неповноти діаграми.

$\Delta P = |P_2 - P_a|$ – втрати індикаторного тиску на здійснення газообміну.

Індикаторний к.к.д. двигуна:

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot \alpha L_0}{Q_H \rho_H \eta_v} \quad (1.25)$$

Індикаторна питома витрата палива:

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \cdot \eta_i}, \text{ кг} / \text{кВт} \cdot \text{год} \quad (1.25)$$

Середній тиск механічних втрат:

$$P_H = 0,089 + 0,0118 C_H, \text{ МПа} \quad (1.26)$$

Середній ефективний тиск:

$$P_e = P_i - P_H, \text{ МПа} \quad (1.27)$$

Механічний ккд двигуна:

$$\eta_M = \frac{P_e}{P_i} \quad (1.28)$$

Літровий об'єм циліндра:

$$V_n = \frac{60\tau \cdot N_{eH}}{P_e \cdot i \cdot n}, \quad (1.29)$$

де N_{en} – потужність двигуна;

$\tau = 2$ для 4-тактних двигунів - коефіцієнт тактності.

Діаметр циліндра:

$$D = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4V_n}{\pi\psi}}, \text{ мм} \quad (1.30)$$

$\psi = S/D = 1,077$ (по прототипу)

Хід поршня:

$$S = D \cdot \psi, \text{ мм} \quad (1.31)$$

Приймаємо остаточно діаметр циліндра і визначаємо основні показники двигуна.

Літраж двигуна:

$$V_L = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S_i}{4 \cdot 10^6}, \text{ л} \quad (1.32)$$

Ефективна потужність:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_L \cdot n}{60\tau}, \text{ кВт} \quad (1.33)$$

Ефективний крутний момент:

$$M_e = \frac{30N_e}{\pi \cdot n}, \text{ кНм} \quad (1.34)$$

Годинна витрата палива:

$$G_T = \frac{N_e \cdot g_e}{1000}, \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (1.35)$$

Середня швидкість поршня:

$$C_n = \frac{S \cdot n}{30}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1.36)$$

Питома ефективна витрата палива:

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m}, \frac{\text{г}}{\text{екВт} \cdot \text{год}} \quad (1.37)$$

Ефективний ККД двигуна:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \quad (1.38)$$

Розбіжність між раніше прийнятою величиною швидкості поршня C_n і остаточно встановленими параметрами двигуна складає:

$$\Delta = \frac{12,47 - 10,7}{12,42} \cdot 100\% \quad (1.39)$$

Проаналізуємо причини виникнення такої розбіжності.

Швидкість поршня:

$$C_n = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{n}{30} \cdot S \quad (1.40)$$

тобто при одному й тому ж числі обертів колінчастого валу, визначеному завданням на проектуванні, швидкість поршня цілком залежить від ходу поршня S .

Збільшення потужності неодмінно збільшить літраж V_L двигуна.

$$N'_{ен} = \frac{P_e \cdot V_L \cdot n}{60\tau} = \kappa \cdot V_L \quad (1.41)$$

який в свою чергу прямо пропорційний ходу поршня:

$$V_L = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S \cdot i}{4 \cdot 10^6} = \frac{\pi \cdot \left(\frac{S}{\psi}\right)^2 \cdot S \cdot i}{4 \cdot 10^6} = K' \cdot S^3 \quad (1.42)$$

$$K' = \frac{\pi \cdot i}{4 \cdot 10^6 \cdot \psi^2}; \quad \psi = \frac{S}{D} - \text{величина стала, що приймається по}$$

прототипу.

Отже при фіксованій величині ψ літраж двигуна, а отже і потужність, цілком залежать від S .

Необхідність збільшення номінальної потужності двигуна викликана вимогою завдання на проектуванні забезпечити розрахункову швидкість на I робочій передачі $V_{p1} = 2,7$ м/с при збереженні номінальної сили тяги прототипу $P_H = 50$ кН. Швидкість же прототипу на I робочій передачі I режиму.

$$V_{p1} = 0,105 \frac{N_{a1} \cdot \tilde{A}_e}{i_{од}} = 0,105 \cdot \frac{1900 \cdot 0,78}{170,82} = 0,91 \frac{i}{n} \quad (1.43)$$

Дані заносимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати теплового розрахунку двигуна

Тиск газів, МПа	P_a		Температура газів, К	T_a	
	P_c			T_c	
	P_z			T_z	
	P_b			T_b	
	P_r			T_r	
Ккд.	η_i		Основні розміри, мм	D	
	η_m			S	
	η_e			V_L	
Середній індикаторний тиск, МПа				P_i	

РОЗДІЛ 2. ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА

Динамічний розрахунок двигуна включає в себе визначення сил, що діють на кривошипно-шатунний механізм, побудову індикаторних діаграм, визначення сил інерції, тиску газів, основних розмірів двигуна.

На поршневий палець діють сили тиску газів P_g та сили інерції мас кривошипно-шатунного механізму, що рухаються зворотно-поступально.

$$P_g = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (P_x - P_c), \text{ кН} \quad (2.1)$$

де P_x - значення тиску газів по індикаторній діаграмі, МПа. Під відрізком V_n на вісі абсцис індикаторної діаграми будуємо півколо радіусом рівним половині цього відрізка. Праворуч по горизонталі від центра півкола відкладаємо відрізок рівний:

$$\frac{r\lambda}{2}, \text{ мм} \quad (2.2)$$

де r – радіус кривошипу в масштабі діаграми, мм;

$\lambda = a_k/l$ – відношення радіуса кривошипу до довжини шатуна (за прототипом).

Із одержаної точки O проводимо ряд променів під кутами $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 160^\circ$ до перетину з півколами. Проекції кінців променів на окремі частини індикаторної діаграми показують які точки робочого процесу відповідають тим чи іншим кутам повороту колінчастого вала. Значення P_g при різних кутах повороту к.в. протягом робочого циклу заносимо до таблиці 2.

Сила інерції мас кривошипно-шатунного механізму, що рухається зворотно-поступально прикладемо до поршневого кільця.

$$P_i = -m\gamma\omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi) \quad (2.3)$$

де:

$$m = m_n + 0,275 \cdot m_n, \text{ кг}$$

$$\omega = \pi \cdot N / 30 - \text{кутова швидкість, с}^{-1}$$

$$r = \frac{S}{2} - \text{радіус кривошипа, м.}$$

Визначивши P_g і P_i , будуємо графік результуючих сил K , що діють на поршневий палець. P_g і P_i будується за результатами розрахунку. Сила P_i підраховується шляхом алгебраїчного додавання сил P_g і P_i .

На шатунну шийку діють дві сили P_t , що з'являються від дії результуючої P_e сили і направлена по шатуну і відцентрова сила інерції мас, що обертається.

Геометрична сума P_t та P_e дає результуючу силу R .

$$P_t = \frac{P_l}{\cos \beta}; \quad (2.4)$$

$$P_e = 0,725 \cdot m_m \cdot r \cdot \omega^2.$$

Для подальших розрахунків сил R , силу P_t розкладемо на дві складові: Z , спрямовану по радіусу кривошипу і тангенціальну T , перпендикулярну до радіусу.

$$T = P_l \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta};$$

$$Z = P_l \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta};$$

Сила T вважається додатньою, якщо вона співпадає з напрямком обертання к.в. і від'ємною якщо вона направлена до центру к.в.

Результуюча сила R :

$$R = \sqrt{(P_c \pm Z)^2 + T^2} \quad (2.5)$$

Результати розрахунку для різних положень к.ш.м. заносимо до таблиці 1.2.

На підставі отриманих даних будемо графіки $R = f(\varphi)$ та $T = f(\varphi)$.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунку сили для різних положень к.ш.м.

φ° , пов. кв.	Сили, кН						
	P_r	P_i	P_l	T	Z	P_e	R
0							
20							
40							
60							
80							
100							
120							
140							
160							
180							
200							
220							
240							
260							
280							
300							
320							
340							
360							
380							
400							
420							
440							

460							
480							
500							
520							
540							
560							
580							
600							
620							
640							
660							
680							
700							
720							

Визначаємо середню ординату діаграми $T = f(\varphi)$:

$$\rho = \frac{\Sigma F_H - \Sigma F_0}{l_d}, \text{ мм} \quad (2.6)$$

де ΣF_0 – сумарні площі всіх ділянок діаграми, розташованих під віссю абсцис відповідно, мм^2 .

l_d – довжина діаграми, мм.

По величині ρ перевіряється правильність побудови сумарної діаграми тангенціальних зусиль. Побудова вірна якщо:

$$\rho \cdot v \cdot \mu_l \cdot r \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \eta_m = N_{ен}, \text{ кВт} \quad (2.7)$$

де μ_l – масштаб сил діаграми, кН/мм .

Ординату ρ відкладаємо на сумарній діаграмі тангенціальних зусиль, після чого знаходимо ділянку, на якій надлишкова площа має максимальне значення $F_{\text{надл.макс.}}$. Відповідно їй надлишкова робота:

$$L_{\text{ндл.}} = \mu \cdot F_{\text{надл.макс.}}, \quad \text{кНм} \quad (2.8)$$

Момент інерції маховика I_M , необхідний для забезпечення заданого ступеня нерівномірності обертання к.в. $\delta = 0,01 \dots 0,03$:

$$I_M = \frac{0,8 \cdot L_{\text{ндл.макс.}}}{\delta \cdot \omega^2} \quad (2.9)$$

Маса маховика:

$$m = \frac{4 \cdot I_M}{D_{\text{мах}}^2}, \text{ кг} \quad (2.10)$$

де $D_{\text{мах}}$ – діаметр маховика.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Захарчук В.І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів. Київ : Каравела, 2022. 232 с.
2. Ладанюк А.П., Власенко Л.О., Кишенько В.Д. Технічна експлуатація автомобілів. навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2020. 352 с.
3. Данильян О., Дзьобань О. Технічна експлуатація автомобілів : підручник .Харків : Право. 2019. 368 с.
4. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів : підручник – 6-те вид. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
5. Дубянський О.В., Хрунь В.М. Конструювання та розрахунок автомобіля : навч. посібник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2014. Ч. 1: Трансмсія автомобіля. 170 с.
6. Дубянський О.В., Хрунь В.М. Конструювання та розрахунок автомобіля : навч. посібник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2014. Ч. 2: Ходова частина, системи керування, підвіска автомобіля та гусеничних машин. 172 с.
7. Головчук А.Ф, Орлов В.Ф., Строков О.П. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Кн. 1. Трактори : підруч. / за ред. А.Ф. Головчука. Київ : Грамота, 2003. 336 с.
8. Трактори та автомобілі. Ч. 1. Автотракторні двигуни : навч. посіб. / М.Г. Сандомирський та ін. / за ред. А. Т. Лебедева. Київ : Вища школа, 2000. 477 с.
9. Надикто В.Т., Крижачківський М.Л., Кюрчев В.М., Абдула С.Л. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві : навч. посіб. Мелітополь, 2005. 337 с.
10. Гавриш В.І., Бондаренко О.В. Основи теорії розрахунку мобільних енергетичних засобів : навч. посіб. Миколаїв : МДАУ, 2011. 284 с.
11. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І., Коханівський С.П., Антоненко А.Ф. Трактори / За ред. Я. Ю. Білоконя. Київ : Урожай, 1998. 368 с.
12. Розрахунок автомобільних двигунів : навч. посіб. / В.Г. Дяченко та ін. / за ред. В. Г. Дяченка, В.С. Саловського. Кіровоград : КДТУ, 2003. 266 с.

Додаток А

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ Форма навчання _____
Спеціальність _____ Курс _____, група _____

**ЛИСТ ОЦІНЮВАННЯ
курсного проєкту
«Автомобільні двигуни»**

здобувача вищої освіти _____
на тему _____

Обсяг курсового проєкту _____ Кількість використаних джерел _____

Результати оцінювання

№ п/п	Критерії оцінювання курсового проєкту	Максимальна кількість балів	Отримані бали
1	Відповідність змісту курсового проєкту вимогам навчально-методичних рекомендацій щодо його виконання;	5	
2	Обґрунтування основних інженерних, технологічних рішень, відповідність прийнятих рішень виданому завданню на проєктування;	10	
3	Дотримання під час виконання розрахунків, проєктування та конструювання вимог державних норм;	10	
4	Забезпечення ефективності та раціональності прийнятих рішень та відповідність отриманих результатів сучасній практиці;	10	
5	Використання сучасних комп'ютерних технологій;	10	
6	Уміння працювати з нормативними та довідковими документами, наявність посилань на використані джерела;	5	
7	Оформлення пояснювальної записки, графічних матеріалів згідно з вимогами конструкторської та технологічної документації, ДСТУ.	9	
Загальна кількість балів за виконання курсового проєкту (до захисту)		59	

Висновки (підкреслити):

- рекомендувати до захисту без доопрацювання;
- рекомендовано до захисту за умови доопрацювання: _____
- не рекомендовано до захисту, необхідно суттєво доопрацювати _____

Роботу перевіряв: _____ (_____)

« _____ » _____ 20__ р.