

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гуманітарно-педагогічний факультет

Кафедра технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Дидактичне проектування навчального посібника
«Тепловий розрахунок двигуна автомобіля»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Галузь знань: 01 Освіта
Спеціальність: 015 Професійна освіта
Спеціалізація: 015.38 Транспорт
Освітня програма: Професійна освіта. Транспорт (Обслуговування та ремонт автомобілів)

КРПО. 19134.00.00

Виконав: студент 2 курсу
група ПОТМ-21-1



Підпис

Дмитро ГРАНАТ

Керівник: к.пед.н., ст. викл.



Підпис

Євген БОХОНЬКО

Нормоконтролер



Підпис

Віктор. ПРИЙМАК

До захисту допускаю

Завідувач кафедри технологічної та
професійної освіти і декоративного мистецтва



Підпис

Ірина АНДРОЩУК

18 12 2022 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

факультет гуманітарно-педагогічний
кафедра технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва
світній рівень другий (магістерський)
код спеціальності 01 Освіта
спеціальність 015 Професійна освіта
спеціалізація Транспорт
світня програма «Професійна освіта. Транспорт (Обслуговування та ремонт автомобілів)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

I.V. Андрощук
01. 03 2022

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Гранату Дмитру

(прізвище, ім'я)

Тема кваліфікаційної роботи Дидактичне проектування навчального посібника «Тепловий розрахунок двигуна автомобіля»

рівень кваліфікаційної роботи к.пед.н., ст. викл. Бохонько Є.О.
тверджено наказом ректора університету від 1.07.2022 р. №83

Строк подання студентом кваліфікаційної роботи на кафедру 20.12.2022 р.



Вихідні дані до проекту (роботи) робоча програма дисципліни «Технології (Автомобілі)»

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): проектування змісту основного тексту навчального посібника, розробка елементів методичного апарату навчального посібника

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Макет навчального посібника «Тепловий розрахунок двигуна автомобіля»

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Іван ГЕРНІЧЕНКО		
Нормоконтроль	Віктор ПРИЙМАК		

7. Дата видачі завдання 3.09.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

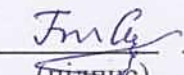
№ п/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи(роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	10.09.2022	виконано
2	1 розділ	1.10.2022	виконано
3	2 розділ	22.10.2022	виконано
4	Висновки, перелік посилань	19.11.2022	виконано
5	Проект навчального посібника	3.12.2022	виконано
6	Попередній захист	10-12.12.2022	виконано
7	Нормоконтроль	13-15.12.2022	виконано
8	Антиплагіат	16-18.12.2022	виконано
9	Рецензування	19-26.12.2022	виконано
10	Захист	28.12.2022	

Студент


(підпис)

Дмитро ГРАНАТ
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Євген БОХОНЬКО
(прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота на тему «Дидактичне проектування навчального посібника «Тепловий розрахунок двигуна автомобіля»» вирішує практичну задачу з розробки дидактичного забезпечення дисципліни «Автомобілі».

У роботі виконано аналіз літературних джерел схожої тематики, розроблено макет навчального посібника «Тепловий розрахунок двигуна автомобіля».

Кваліфікаційна робота виконана студентом спеціальності 015 Професійна освіта (Транспорт) кафедри технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва Хмельницького національного університету Гранатом Д.О. під керівництвом старшого викладача Бохонька Є.О.

Кваліфікаційна робота складає 75 сторінок, 2 таблиці, 22 рисунки та літературних джерел в кількості 24.

12 грудня 2022 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Проектування змісту основного тексту навчального посібника.....	9
1.1 Аналіз літературних джерел з теми «Тепловий розрахунок двигуна»..	9
1.2 Проектування результатів навчання з теми.....	22
1.3 Формування дидактичних одиниць навчального матеріалу.....	24
1.4 Побудова структурно – смислової моделі основного тексту посібника.....	47
2 Розробка елементів методичного апарату навчального посібника.....	53
2.1 Укладання змісту посібника.....	53
2.2 Обґрунтування додаткового і пояснювального тексту посібника	61
2.3 Обґрунтування навчальних завдань посібника.....	64
2.4 Експертний аналіз якості посібника.....	69
Висновки.....	72
Перелік джерел посилання.....	73
Додаток А – Фрагмент навчального посібника «Тепловий розрахунок двигуна автомобіля»	
Додаток Б – Акт впровадження посібника «Тепловий розрахунок двигуна автомобіля»	

Вступ

На сьогоднішній день активно проводяться реформи в системі освіти України задля забезпечення нової якості освіти на всіх рівнях: від дошкільної до вищої освіти та освіти дорослих загалом. Одним з головних кроків на шляху до реалізації поставленої мети є оптимізація змісту освіти, а разом з цим і модернізація навчальних видань. Адже саме навчальна книга є одним з багатьох чинників, яка впливає на забезпечення якісної освіти.

На сьогоднішній день якісних україномовних навчальних посібників дуже мало. Це спричинено тим, що нормативні вимоги до навчальних посібників наслідують традиціям радянських часів. Необхідно осучаснювати видання навчальної літератури. Слід зазначити, що останнім часом у навчальних програмах збільшується обсяг самостійної поза аудиторної роботи та зменшується обсяг аудиторних занять. Тому студенти повинні мати змістовні, якісні посібники для самостійного вивчення матеріалу.

Слід зазначити, що останнім часом у навчальних програмах збільшується обсяг самостійної позааудиторної роботи та зменшується обсяг аудиторних занять. Тому студенти повинні мати змістовні, якісні посібники для самостійного вивчення матеріалу.

Важливим є наказ Міністерства освіти і науки «Щодо видання навчальної літератури для вищої школи» від 27 червня 2008 р. [13], який має додаток «Методичні рекомендації щодо структури, змісту та обсягів підручників і навчальних посібників для вищих навчальних закладів» і містить конкретні методичні рекомендації щодо структури, змісту, обсягу навчальної книги тощо. Документ містить конкретні методичні рекомендації щодо структури, змісту, обсягу навчальної книги тощо. Підтвердженням викладеного є напрацювання фахівців у сфері видання навчальних книг [22].

Тема «Тепловий розрахунок двигуна» є достатньо широкою. В ній присутня велика кількість математичного апарату, яка існує в тісному взаємозв'язку з основними фізичними явищами та законами. Проте інколи

студенти мають не досить гарні знання з математики та фізики. Саме тому посібник з даної теми сприятиме більш глибокому засвоєнню знань.

Слід зазначити, що в переліку підручників та навчальних посібників з теорії автомобіля відсутні такі, що забезпечують здійснення професійної підготовки та повністю відповідають особливостям, яких слід дотримуватися при розробці посібників нового покоління.

Тому мета роботи – обґрунтувати і укласти макет навчального посібника з теми «Тепловий розрахунок двигуна».

Об'єкт дослідження – процес вивчення теорії автомобіля студентами закладів фахової передвищої освіти.

Предмет дослідження – зміст навчального посібника з теми «Тепловий розрахунок двигунам автомобіля». Завдання дослідження:

- провести аналіз літературних джерел з теми «Тепловий розрахунок двигуна»;
- визначити результати навчання з теми «Тепловий розрахунок двигуна»;
- скомпонувати інформаційне поле;
- сформуванати дидактичні одиниці навчального матеріалу основного тексту посібника;
- побудувати структурно-сміслову модель основного тексту навчального посібника;
- обґрунтувати методичний апарат посібника «Тепловий розрахунок двигуна автомобіля»;
- розробити макет навчального посібника «Тепловий розрахунок двигуна автомобіля».
- виконати експертний аналіз якості посібника.

Методи дослідження: аналіз психолого-педагогічної та технічної літератури; абстрагування і конкретизація при проектування змісту навчання, формулюванні принципів і загальної логіки проектування і розробці на цій основі процедури проектування освітнього процесу.

Результати дослідження апробовані шляхом прийняття участі у Всеукраїнській науково-практичній конференції “Актуальні проблеми професійної та технологічної освіти: погляд у майбутнє” (28 жовтня 2022 року, м. Умань) та висвітлено в одній публікації [5].

Результати кваліфікаційної роботи (посібник «Тепловий розрахунок двигуна») впроваджено в освітній процес Володимир – Волинського педагогічного коледжу ім.А.Ю. Кримського (Додаток Б).

1 Проектування змісту основного тексту навчального посібника

1.1 Аналіз літературних джерел з теми “Тепловий розрахунок двигуна”

В даному розділі проведемо аналіз різних посібників, підручників, методичних рекомендацій для виконання теплового розрахунку двигуна внутрішнього згоряння.

Цікавим, корисним та з повним розкриттям суті вказаних тем є методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Автомобільні двигуни” [10]. У виданні наведена методика виконання розрахунків робочого процесу і теплового балансу, зовнішніх і динамічних характеристик двигунів внутрішнього згоряння, виконання ескізного та конструктивного компонування двигунів. Наведена програма виконання розрахунку теплового балансу за допомогою комп’ютера.

Тема теплового розрахунку розкрита досить широко та складається з таких підтем: аналіз умов роботи, вибір прототипу і компонування двигуна, вибір і обґрунтування основних вхідних параметрів для розрахунку робочого процесу двигуна, параметри робочого тіла, параметри навколишнього середовища і залишкових газів, процес наповнення, процес стиску, процес згоряння, процеси розширення та впуску, індикаторні параметри робочого циклу ефективні показники двигуна, визначення основних розмірів двигунів, побудова індикаторної діаграми двигуна.

Автори зазначають, що тепловий розрахунок двигуна необхідно починати з техніко-економічного обґрунтування проекту з урахуванням сучасних тенденцій розвитку перспективного типу автомобільних двигунів.

Виходячи з умов роботи двигуна, що проектується, з урахуванням заданих параметрів та питань економіки, необхідно, визначити найбільш

ефективний робочий процес, тип охолодження, форму камери згорання, механізм газорозподілу й розташування клапанів. Таку роботу починають із детального аналізу матеріалів по двигуну-прототипу, а також по іншим аналогічним двигунам. Для вибору прототипу необхідно розглянути ряд двигунів, по своїм параметрам, близьким до двигуна, що проектується. При виборі прототипу не слід орієнтуватися тільки на двигуни, що випускаються нашою промисловістю в минулий час. Необхідно використовувати перспективні типи автомобільних двигунів, а також використовувати матеріали по науково-дослідницьким роботам і випробуванням двигунів. На підставі вивчення цих матеріалів треба стисло проаналізовані позитивні та негативні якості прототипу.

Однією з значних переваг даного видання є те, що автори використовуються комплексний підхід до питання теплового розрахунку двигунів, дають рекомендації по його виконанню які можуть бути реалізовані з використання комп'ютерної техніки.

Основний текст посібника написаний в строгому академічному стилі без будь яких пояснювальних коментарів. Фрагмент посібника показаний на рисунку 1.1

2.5. Процес наповнення

2.5.1 Ступінь підігріву заряду, ΔT , залежить від навантаження двигуна, частоти обертання валу, основних розмірів двигуна, матеріалу поршнів та умов охолодження двигуна.

По дослідним даним для легкопаливних двигунів $\Delta T=0...20\text{ K}$, а для дизелів $\Delta T=10...40\text{ K}$.

2.5.2 Щільність заряду на впуску, ρ_0 , кг./м³, визначають по формулі

$$\rho_0 = \frac{P_0 \cdot 10^6}{B \cdot T_0},$$

де $B=287$ Дж/(кг·К) – універсальна газова постійна повітря.

Для двигунів з наддуванням щільність заряду на впуску, ρ_k , кг/м³, визначають по формулі

$$\rho_k = \frac{P_k \cdot 10^6}{B \cdot T_0}.$$

2.5.3 Утрати тиску на впуску, ΔP_a , МПа:

$$\Delta P_a = (\beta^2 - \xi_{\text{вк}}) \cdot \frac{W_{\text{вк}}^2}{2} \cdot \rho_0 \cdot 10^{-6}.$$

Для двигунів з наддуванням частота заряду ρ_k . По дослідним даним на номіна-

Рисунок 1.1 – Фрагмент методичних вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Автомобільні двигуни” [10]

Як видно з рисунку 1.1, автори чітко сформуливали інформаційне поле навчального матеріалу, проте посібник перенасичений математичним апаратом. На нашу думку, недоліком такого видання є надмірна математична насиченість та відсутність пояснювального тексту.

Автори іншого видання [2] розробили навчальний посібник, який містить відомості та систематизовану методику розрахунків сучасних автомобільних двигунів. Взаємозв'язок теплового розрахунку з динамічним показано на прикладах розрахунків конкретного двигуна. Навчальний посібник стане в нагоді студентам при вивченні дисципліни, під час підготовки до виконання лабораторних й практичних робіт та курсового проектування. Навчальний посібник призначений для студентів спеціальності “Автомобілі та автомобільне господарство”.

Перший розділ посібника має назву “Теоретична діаграма розрахунку циклу поршневого двигуна внутрішнього згоряння”. Він присвячений розкриттю наступних питань: основні рівняння робочого циклу двигуна, приклад теплового розрахунку двигуна Д-144, параметри робочого тіла, параметри навколишнього середовища, процес впуску, процес стиснення, процес згоряння, процес розширення, ефективні показники двигуна, основні розміри циліндра. Методи побудови діаграми розрахункового циклу представлені в окремому підрозділі.

Позитивним у даному посібнику є те, що автори показали приклад теплового розрахунку двигуна на двигуні Д-144, що допомагає здобувачам освіти краще засвоїти навчальний матеріал. Прикладом цього є побудова дійсної індикаторної діаграми вказаного двигуна. Фрагмент посібника з діаграмою показаний на рисунку 1.2.

Після визначення масштабу на координатних осях відкладають безрозмірні переміщення поршня \bar{S}_x і відповідні йому кути повороту кривошипа φ° п.к.в. (табл. 1.2), а також значення тисків P_{cx} і P_{ax} . З'єднаємо отримані точки P_{cx} і P_{ax} для різних значень \bar{S}_x і φ плавною кривою і отримаємо розрахункову індикаторну діаграму $acz'zva$ (рис. 1.5).

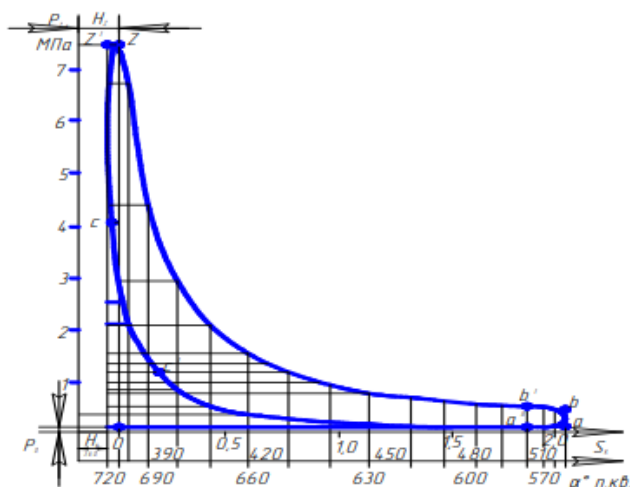


Рис. 1.5 – Побудова дійсної індикаторної діаграми дизеля Д-144

26

Рисунок 1.2 – Фрагмент посібника “Тепловий та динамічний розрахунок автомобільних двигунів” [2]

Як бачимо з рисунку, автори виконали тепловий розрахунок двигуна Д-144 та отримали його дійсну індикаторну діаграму.

Автори чудово розкрили зміст основних тем посібника що є безперечно дуже позитивним. Гарно структурований та підібраний матеріал дозволяє здобувачам освіти легко орієнтуватися в навчальному матеріалі.

З точки зору оформлення посібника виявлено ряд недоліків, а саме: відсутність пояснювального тексту, відсутність довідкового тексту. На нашу думку, посібник варто було б доповнити вказаними елементами.

Наступне видання, яке привернуло нашу також містить в собі тему присвячену тепловому розрахунку двигуна [6].

У процесі роботи з посібником здобувачі отримують поглиблюють та закріплюють знання студентів із теорії робочого процесу ДВЗ і набувають

навичок використання теорії при вирішенні практичних задач, пов'язаних із розрахунками й ефективною експлуатацією силових агрегатів машин.

Тепловий розрахунок включає в себе визначення параметрів стану робочого тіла в характерних точках робочого циклу ДВЗ, визначення індикаторних та ефективних показників двигуна, що проектується або модернізується, побудову індикаторної діаграми.

Тепловий розрахунок ДВЗ відбувається у такій послідовності: розрахунок процесу впуску, розрахунок процесу стиску, розрахунок матеріального балансу, розрахунок процесу згоряння, розрахунок процесу розширення, індикаторні показники циклу.

Розрахунок усіх процесів виконано для бензинових, газових та дизельних двигунів. Приклад основного тексту видання показано на рисунку 1.3.

4.4 Розрахунок процесу згоряння

4.4.1 Карбюраторні і газові двигуни

а) Температура газів у кінці процесу згоряння (точка z індикаторної діаграми), К,

$$T_z = t_z + 273 \text{ К}, \quad (32)$$

де t_z – температура газів у кінці процесу згоряння, °С, що визначається за формулою

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A}. \quad (33)$$

Значення величин А,В,С, що входять у формулу (33), визначаються як:

$$A = \mu_{\text{га}} \left(\frac{b}{2} \right)_{\text{пр.зг}}; \quad (34)$$

$$B = \mu_{\text{га}} a_{\text{пр.зг}}; \quad (35)$$

Рисунок 1.3 – Приклад основного тексту видання ”Тепловий розрахунок двигуна внутрішнього згоряння” [6]

Як видно із рисунку 1.3 автори чітко структурували матеріал та подали його в необхідній послідовності. Тепловий розрахунок виконаний за методикою професора Гринівецького В.І. [1].

Як і в попередніх виданнях, у цьому повністю відсутні пояснювальний та додаткові тексти, що безперечно є вагомим недоліком цього видання.

Автори видання [5] вважають, що “двигуни внутрішнього згорання мають широке застосування на транспорті в якості автомобільних, тракторних, суднових, локомотивних силових агрегатів”, [20, с. 4].

Досягнення сучасних показників і характеристик двигунів пов’язані з використанням їх прогресивних конструкторських схем, конструкцією систем, механізмів, вузлів, використанням ефективних робочих процесів. Подальший розвиток двигунів буде здійснюватись у напрямку підвищення паливної економічності при значному зменшенні токсичності відпрацьованих газів. Вирішення цих задач можливе при роботі двигунів на збіднених паливно-економічних сумішах, інтенсифікації процесу згорання шляхом використання різних форм камер згорання, застосування систем впорскування легкого палива, заміщення нафтових моторних палив альтернативними, використання електроніки і мікропроцесорної техніки у системах паливоподачі, керування роботою двигунів тощо.

Методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Автомобільні двигуни» при підготовці здобувачів вищої освіти за спеціальністю 274 – «Автомобільний транспорт». Вони мають на меті оволодіння методами і практикою самостійного вирішення задач з теплового розрахунку двигуна, розрахунку теплового балансу двигуна, основних показників і геометричних параметрів автомобільних двигунів внутрішнього згорання. При цьому розглядаються, в основному, відомі методи теплових розрахунків сучасних автомобільних двигунів, започатковані проф. Гриневецьким В.І., розвинуті проф. Мазінгом Є.К., Брилінгом Н.Р., Стечкиним Б.С. та інші.

Чисельні значення параметрів теплового розрахунку і конструктивних параметрів двигуна наведено на прикладах відповідних розрахунків для двигуна з розподіленим впорскуванням.

Виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи за темою «Тепловий розрахунок автомобільного двигуна» з дисципліни «Автомобільні двигуни» є етапом для підготовки здобувачів вищої освіти до курсового та кваліфікаційної роботи, [20].

Тема “Тепловий розрахунок двигуна внутрішнього згорання” складається з наступних складових: вихідні дані, паливо, розрахунок параметрів робочого тіла, склад і кількість продуктів згорання, параметри навколишнього середовища і залишкових газів, параметри процесу впуску, параметри процесу згорання, параметри процесу розширення, параметри процесу випуску, індикаторні параметри робочого циклу.

Приклад основного тексту видання показано на рисунку 1.4.

1.3 Розрахунок параметрів робочого тіла
 Теоретично необхідна кількість повітря для повного згорання масової (кмоль) або об'ємної (кг) одиниці палива:
 – у масових одиницях:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8 \cdot C}{3} + 8 \cdot H - O \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8 \cdot 0,855}{3} + 8 \cdot 0,145 \right) = 14,957, \text{ кг. пов. / кг. пал.}$$

 – у об'ємних одиницях:

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,208} \cdot \frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} = 0,517, \text{ кмоль пов. / кг. пал.}$$

 Кількість свіжої горючої суміші (заряду) визначають за формулами:
 – для бензинового двигуна:

$$M_1 = \alpha L_0 + I / m_T, \text{ кмоль г. сум. / кг пал.} \quad (1.1)$$

 – для дизеля:

$$M_1 = \alpha L_0, \text{ кмоль зар. / кг пал.} \quad (1.2)$$

 Максимальну ефективну потужність у двигуна з розподіленням впорскуванням палива отримують при значенні коефіцієнта надлишку повітря $\alpha = 1$; при роботі двигуна на інших швидкісних режимах $\alpha = 0,9 \dots 0,98$.

Рисунок 1.4 – Основний текст методичних вказівок до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Автомобільні двигуни» для підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 274 – «Автомобільний транспорт» [20]

Як видно із рисунку 1.4 теоретичний матеріал поданий чітко, грамотно та стисло. Позитивним є те, що весь матеріал грамотно структурований, поданий за потрібним порядком.

Прототипом двигуна, який розглядається є двигун автомобіля Лада 110 “Калина”. На нашу думку, авторам вартувало б розглянути двигун українського виробництва. Також у виданні відсутній пояснювальний та додатковий тексти.

Розглянемо навчальний посібник для самостійної роботи з дисципліни «Трактори і автомобілі» [18].

Даний посібник підготовлено, враховуючи досвід навчання студентів основам теорії і розрахунку автотракторних двигунів внутрішнього згорання. Традиційно основна увага приділяється робочому процесу тракторних дизелів, як основних мобільних енергетичних установок у сільському господарстві. Однак, викладений метод розрахунку без значних коректувань придатний і до автомобільних та інших дизелів, у тому числі з наддувом.

Матеріал, викладений в даному посібнику, має освітній напрямок і може містити припущення, які не завжди виконуються в дійсності (наприклад, щодо параметрів атмосферного повітря). Тому відповідальність за наслідки практичного застосування цього матеріалу в конкретних випадках розробки і експлуатації ДВЗ несе читач. У посібнику присутній глосарій (визначення основних термінів). Загальний вигляд глосарія показано на рисунку 1.5

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ВИБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКІВ

1.1 Визначення основних понять з теорії (глосарій)

В теорії ДВЗ є ряд основних понять, наведених нижче за абеткою, на які спирається викладення матеріалу даного посібника. Їх треба засвоїти. Загальне кореневе поняття (підкреслене) подано скороченим до першої літери за наявності похідних, більш конкретних понять з теорії ДВЗ.

У цій системі понять вихідним є поняття **робочого циклу** (див. цикл).

В

Витрата – кількість переміщеної чи подаваної рідини, газу або сипкої речовини (масова, об'ємна чи вагова) за одиницю часу через поперечний переріз.

[<https://uk.wikipedia.org/wiki/Витрата>]

В. палива (годинна) $G_{\text{пал}}$ – це кількість палива, що витрачається ДВЗ за одиницю часу (1 годину).

В. палива питома (індикаторна g_i , ефективна g_e) – це відношення $G_{\text{пал}}$ до відповідної **потужності**; вимірюється звичайно у грамах на 1 кВт·год. **Питома витрата палива** є зворотно пропорційною до відповідного **ККД**.

Втрата – це кількість чого-небудь, яка вважається загубленою, витраченою марно. [<http://uk.worldwidedictionary.org/втрата>]

Рисунок 1.5 – Загальний вигляд глосарію [18]

Як видно з рисунку 1.5, автори грамотно та лаконічно дають пояснення основних термінів та визначень. На нашу думку це можна вважати прикладом пояснювального тексту посібника.

Тема теплового розрахунку двигуна розкрита на основі таких підтем: послідовність розрахунку параметрів робочого циклу двигуна, процеси газообміну, процес стиску, процеси згоряння і розширення, розрахунок показників робочого циклу і двигуна, показники, пов'язані з робочим циклом показники двигуна на заданому режимі, показники внутрішнього теплового балансу дизеля.

У попередніх виданнях на дану тему не приділялося уваги оцінці рівню «жорсткості» згоряння в дизелі, робочий процес якого моделюється. Цей пробіл закритий завдяки використанню статистичних залежностей між параметрами, що характеризують згоряння в дизелях. Наприкінці визначаються показники подачі та розпилювання палива, що дозволяє вибрати основні параметри паливної апаратури дизеля.

Позитивним є даному виданні є те, що увесь матеріал ґрунтовно пояснено, зроблені перелік умовних скорочень, глосарій. Приклад основного тексту посібника показаний на рисунку 1.6.

1.3.2 Визначення потреби в наддуві та вибір його параметрів. Двигун потребує застосування наддуву, якщо заданий ступінь стиску $\epsilon < 16$. (Якщо $\epsilon = 16 \dots 18$, то застосування наддуву не є обов'язковим, бо може призвести до занадто високого максимального тиску заряду p_z у циліндрах при згорянні; тому тут не слід приймати $p_k > 0,2$ МПа.) Якщо розраховуватиметься робочий цикл дизеля з наддувом, то треба визначити, чи потрібне охолодження наддувочного повітря (ОНП), та вибрати значення наступних параметрів (таблиця 1.1):

(а) тиску наддувочного повітря p_k та коефіцієнта втрат тиску при впуску свіжого заряду $a_{\Delta p_a}$;

(б) коефіцієнта продування $\phi_{прд}$;

при потребі в ОНП – також вибрати значення

(в) втрати тиску повітря в охолоджувачі $\Delta p_{охол}$ та температури охолодженого повітря $T_{к,охол}$.

Рисунок 1.6 – Приклад основного тексту посібника для самостійної роботи з дисципліни “Трактори та автомобілі” [18]

Як видно з рисунку 1.6, головні терміни, які використовуються в основному тексті посібника виділені жирним шрифтом. Це сприяє кращому засвоєнню знань та умінь здобувачів.

В посібнику наведено питання для самоконтролю знань і приклади розрахунків викладеними методами.

Наступне видання, яке трапилось нам у інформаційному полі досліджуваної проблеми також заслуговує уваги [11].

Методичні вказівки призначені для виконання курсового проекту на тему «Тепловий і динамічний розрахунок ДВЗ» з дисципліни «Теорія ДВЗ» і мають на меті ознайомити студентів із сучасними методами розрахунку основних техніко-економічних показників двигунів, а також їх динамічних характеристик (сил, що діють, і моментів сил), за допомогою персонального комп'ютера. Студент виконує розрахунок двигуна певного типу і проводить індивідуальне дослідження впливу деякого вибраного чинника (конструктивного, режимного, регульовального, експлуатаційного та ін.) на енергетичні, економічні і динамічні показники. За результатами розрахунку студент робить висновок про якість двигуна шляхом порівняння отриманих показників з досягнутими в світовій і вітчизняній практиці.

Значну увагу автори приділяють питанню методам рішення задачі теплового розрахунку двигуна.

Основну складність у вирішенні задачі представляє тепловий розрахунок двигуна у зв'язку з тим, що на процес перетворення теплоти в механічну роботу впливає велика кількість чинників [7, с.7]. При виборі методу рішення задачі виходять з умов забезпечення двох основних вимог: точності рішення і складності. Ці вимоги суперечливі, оскільки прагнення підвищити точність розрахунків призводить до збільшення числа чинників, що враховуються, або явищ, що неминуче збільшує складність рішення. На практиці метод рішення задачі вибирають, враховуючи конкретно поставлену мету, тому що розрахунки бувають оціночні, перевірочні, дослідницькі, учбові і т. п. Усі існуючі моделі теплового розрахунку ДВЗ умовно розділені на рівні.

При термодинамічному дослідженні застосована модель нульового рівня. Вона є досить наближеною, оскільки не враховує такі важливі процеси, як масообмін і теплообмін і багато інших, але дозволяє чітко встановити роль важливих геометричних і термодинамічних показників (ступінь стиснення, ступінь підвищення тиску, ступінь попереднього розширення) при оцінці енергетичної ефективності і економічності циклів ДВЗ.

Моделлю першого рівня названий метод Гриневецького – Мазінга . Його основу, як і раніше, складає термодинаміка, але розрахунок багатьох процесів виконується уточненим з урахуванням статистичних експериментальних даних, отриманих на двигунах різних типів.

Модель теплового розрахунку другого рівня розроблена на основі диференціальних балансових рівнянь (розглядається баланс маси і баланс енергії), до яких додані кінематичні рівняння, а також рівняння стану робочого тіла і його складу. Моделі третього і подальшого рівнів є теоретичною базою для наукових досліджень з урахуванням багатьох специфічних умов і явищ, що мають місце в робочій порожнині ДВС (наприклад, неоднорідності робочого тіла в камері, нестационарного характеру течії газу через органи газорозподілу або елементи проточної частини турбіни в КДВЗ, локального і нестационарного характеру теплообміну, дисоціації продуктів згоряння при високих температурах і так далі). На відміну від попередніх видань, автори даного видання досить ґрунтовно підійшли до методів теплового розрахунку.

Приклада основного тексту посібника показано на рисунку 1.7.

Елементарна кількість теплоти, підведена до робочого тіла при згорянні

$$dQ_c = H_u \cdot \Delta m_{T_u} \cdot dx, \quad (1.8)$$

де H_u – дійсна теплота згоряння палива. Величина H_u залежить від роду палива і складу суміші (коефіцієнт надлишку повітря α):

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } \alpha \geq 1 \text{ маємо } H_u = H_{uT}, \\ \text{при } \alpha < 1 \text{ } H_u = H_{uT} - 120 \cdot 10^6 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_o \end{array} \right\} \quad (1.9)$$

де H_{uT} – теоретична теплота згоряння (при повному згорянні палива), Дж/кг;

L_o – теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива, кмоль/кг.

При складанні формул (1.9) прийнято, що в стехіометричній суміші ($\alpha = 1$) і бідній суміші ($\alpha > 1$) паливо згоряє повністю, а в багатій суміші ($\alpha < 1$) має місце хімічне недогорання внаслідок браку кисню, за рахунок чого дійсна теплота згоряння зменшується.

Рисунок 1.7 – Основний текст методичних вказівок до курсового проекту з дисципліни “Теорія ДВЗ” [11]

Пояснювальний та додатковий текст у посібнику відсутні, що є одним із недоліків даного видання.

Підсумовуюче викладене вище приходимо до висновку, що усі наведені літературні джерела з досліджуваної проблеми мають свої переваги та недоліки. При створенні макету власного посібника будемо їх враховувати.

1.2 Проектування результатів навчання з теми «Тепловий розрахунок двигуна»

Мета навчання – пізнання, збирання й опрацювання інформації про навколишній світ. Результати навчання виявляються в знаннях, уміннях, навичках, системі відносин і загальному розвитку студента [7, с.8].

Навчальна діяльність містить:

- оволодіння системами знань та оперування ними;
- оволодіння системами узагальнених і часткових дій, прийомами навчальної роботи, способами їхнього перенесення й перебудови навичками, уміннями;
- розвиток мотивів навчання, становлення мотивації і змісту;
- оволодіння способами керувати своєю навчальною.

Навчальні цілі відображають: а) яким обсягом знань, умінь та навичок учень повинен оволодіти на уроці; б) на якому рівні: репродуктивному, конструктивному чи творчому; в) яким чином вони застосовуватимуться. Навчальна ціль може визначатися на один урок, а інколи - на кілька, пов'язаних однією темою.

Виділяють три рівні сформованості умінь (дидактичних цілей) [2]:

- 1 – з опорою на джерело інформації (ОДІ), тобто є уміння виконання дії за інструкцією, під керівництвом;
- 2 – самостійно (С), тобто без використання інструкцій, описів, вказівок;

3 – самостійно в автоматичному режимі (СА) – в даному випадку уміння і навички автоматизовані, дії виконуються автоматично, не вимагають великих розумових зусиль.

Щоб спроектувати результати навчання розглянемо робочу програму [17].

Аналіз програми показав, що в результаті вивчення теми «Тепловий розрахунок двигуна» студенти повинні уміти:

- розрахувати основні параметрів двигунів;
- розрахувати основні розміри двигуна;
- розрахувати основні параметри робочого циклу;
- будувати індикаторні діаграми ДВЗ.

Для того, щоб сформувати в учнів зазначені вище уміння, необхідно визначити систему знань, які їх забезпечують. Узагальнені результати навчальної діяльності студентів з теми «Тепловий розрахунок двигуна» подаємо у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати навчання з теми «Тепловий розрахунок двигуна»

Дидактична ціль	Бажаний рівень сформованості дій	Дидактичні навчальні задачі
1	2	3
Уміти:		Знати:
- розрахувати основні параметри двигунів	С	- вихідні параметри для розрахунку робочого процесу двигуна; - паливо для двигунів внутрішнього згоряння. - вихідні фізичні величини для теплового розрахунку;
- розрахувати основні розміри двигуна	С	- фізичну суть величин: літраж двигуна, об'єм двигуна, діаметр циліндра, хід поршня, довжина шатуна.
- розрахувати основні параметри робочого циклу	С	- особливості розрахунку процесів впуску, стиску, згоряння, розширення.
- будувати індикаторні діаграми	С	- індикаторні показники; - ефективні показники.

З таблиці 1.1 видно, яких результатів навчання повинні досягти студенти під час вивчення теми «Тепловий розрахунок двигуна».

У даному підрозділі визначено, яких результатів навчання з теми «Тепловий розрахунок двигуна» повинні досягнути студенти, що повинні уміти і знати.

1.3 Формування дидактичних одиниць навчального матеріалу

На основі проведеного огляду літературних джерел, в яких розглядається тема теплового розрахунку двигуна [10; 2; 6; 1; 20; 18; 11] виділено такі дидактичні одиниці:

ДО1. Вихідні параметри для розрахунку робочого процесу двигуна.

ДО2. Паливо для двигунів внутрішнього згоряння.

- ДО3. Процеси газообміну, впуску.
 ДО4. Процес стиску.
 ДО5. Процеси згоряння.
 ДО6. Процес розширення.
 ДО7. Визначення основних розмірів циліндру.
 ДО8. Тепловий баланс двигуна.
 ДО9. Індикаторні показники двигуна.
 ДО10. Ефективні показники двигуна.
 ДО11. Особливості розрахунку двохтактних двигунів.
 ДО12. Особливості двигунів з наддувом.

Зміст дидактичних одиниць подано у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Зміст дидактичних одиниць навчального матеріалу з теми «Тепловий розрахунок двигуна»

Номер ДО	Назва дидактичної одиниці	Зміст дидактичної одиниці
1	2	3
ДО1	Вхідні параметри для обчислення робочого процесу двигуна	<p>Виходячи з умов роботи двигуна для якого проводиться розрахунок з урахуванням заданих параметрів та питань економіки необхідно визначити найбільш ефективний робочий процес, тип охолодження, форму камери згоряння, механізм газорозподілу й розташування клапанів. Таку роботу починають із детального аналізу матеріалів прототипу, а також по іншим аналогічним двигунам. Для вибору прототипу необхідно розглянути ряд двигунів, по своїм параметрам, близьким до двигуна, що проектується. При виборі прототипу не слід орієнтуватися тільки на двигуни, що випускався нашою промисловістю в минулий час. Необхідно використовувати перспективні типи автомобільних двигунів, а також використовувати матеріали по науково-дослідницьким роботам і випробуванням двигунів. На підставі вивчення цих матеріалів треба стисло проаналізовані позитивні та негативні якості прототипу.</p> <p>Тепловий розрахунок двигуна виконується по номінальній частоті обертання, відповідній N_{emax}. Необхідно особливу увагу звернути на точність у розрахунках. Рекомендується значення</p>

основних показників порівняти з аналогічними параметрами існуючих двигунів, наведених у літературних джерелах.

Основну складність у вирішенні задачі теплового розрахунок двигуна полягає у тому, що на процес перетворення теплоти в механічну роботу впливає велика кількість чинників.

При виборі методу рішення задачі виходять з умов забезпечення двох основних вимог: точності рішення і складності. Ці вимоги суперечливі, оскільки прагнення підвищити точність розрахунків призводить до збільшення числа чинників, що враховуються, або явищ, що неминуче збільшує складність рішення. На практиці метод рішення задачі вибирають, враховуючи конкретно поставлену мету, тому що розрахунки бувають оціночні, перевірочні, дослідницькі, учбові.

Деякі вихідні параметри циліндра, ступінь стиску, коефіцієнт надлишку повітря, атмосферний тиск, тиск і температура в циліндрі на початку стиску, тиск залишкових газів необхідно вибирати з урахуванням його розмірів, частоти обертання числа тактів, способу сумішоутворення і ступеня наддуву якщо він застосовується.

Ступінь стиску $\varepsilon = V_a / V_c$ визначається як відношення обсягу на початку стиску до обсягу наприкінці стиску. Значення V_a відповідає обсягу циліндра після закриття впускних клапанів у чотиритактних двигунах або обсягу циліндра після закриття продувних і впускних вікон чи клапанів у двотактних двигунах.

Для чотиритактного двигуна з невеликою погрішністю обсяг V_a можна прийняти рівним повному обсягу циліндра при перебуванні поршня в нижній мертвій точці (НМТ), тобто припустити, що момент закриття впускних клапанів відбувається в НМТ. При дослідженні робочого процесу двигуна з наддувом обсяг V_a необхідно приймати відповідно до кута закриття впускних клапанів.

Для чотиритактного двигуна з невеликою погрішністю обсяг V_a можна прийняти рівним повному обсягу циліндра при перебуванні поршня в нижній мертвій точці, тобто припустити, що момент закриття впускних клапанів відбувається в НМТ. При дослідженні робочого процесу двигуна з наддувом обсяг V_a необхідно приймати відповідно до кута закриття впускних клапанів.

Мінімальний ступінь стиску в дизельних двигунах вибирають з умови надійного запалення впрыску палива при мінімальній температурі усмоктуваного повітря. Збільшувати ступінь стиску до значення $\varepsilon > 22$ недоцільно, так - як це викликає значне підвищення тиску кінця стиску і відповідно максимального тиску згоряння, що приводить до перевантаження деталей двигуна і зниженню механічного ККД. Це відноситься в основному до двигунів з наддувом (комбінованих), у яких ступінь стиску повинен бути мінімальним, забезпечуючи лише надійне запалення палива.

Для бензинових двигунів $\varepsilon = 6,5...12,0$; газових $\varepsilon = 6...10$; дизелів без наддуву $\varepsilon = 15...22$, з наддувом $\varepsilon = 11...16$.

Двигуни з розділеними камерами згоряння, невеликими

		<p>розмірами циліндрів працюючі при низьких температурах навколишнього середовища, мають більш високий ступінь стиску.</p> <p>У двигунах з іскровим запалюванням стискується суміш повітря з паливом (пальна суміш) тому температура кінця стиску не може перевищувати температуру самозапалювання палива, оскільки в протилежному випадку виникає детонаційне згорання. Значення ϵ бензинових двигунів (ДІЗ) залежать від октанового числа бензину, конструкції камери згорання, розмірів циліндра, матеріалу поршня, токсичності продуктів згорання (при високих значеннях ϵ утвориться окис вуглецю і збільшиться кількість окислів азоту).</p> <p>Алюмінієвий поршень і камера згорання з поліпшеним тепловідводом допускають деяке підвищення ступеня стиску без детонації.</p> <p>Важливими параметрами для виконання теплового розрахунку є тиск та температура навколишнього середовища. P_0 – тиск навколишнього середовища МПа. Якщо він не заданий, то для двигунів без наддуву приймають $P_0 = 0,1$ МПа. T_0 – температура навколишнього середовища. Для двигунів без наддуву приймають $T_0 = 288$ К.</p>
ДО2	Паливо для двигунів внутрішнього згорання	<p>В автомобільних ДВЗ застосовуються рідкі палива, основну частину яких становлять вуглеводні. Проводяться експерименти щодо застосування твердого палива у вигляді кам'яновугільного пилу або його суспензії з рідким паливом.</p> <p>До пального висувають ряд вимог:</p> <ul style="list-style-type: none"> - максимальна кількість хімічної енергії в одиниці об'єму і повнота виділення теплоти при згоранні; - мінімальне утворення токсичних речовин; - надійна подача пального і якісне сумішоутворення на всіх режимах роботи двигуна, включаючи пуск; - мінімальне утворення нагару і корозійно-агресивних продуктів згорання; висока стабільність при використанні, транспортуванні і зберіганні; відсутність механічних домішок і води; - прийнятна вартість; - пожеж безпечність. <p>Рідкі палива це бензини, дизельні палива, кислотовмісні сполуки, моторні палива (які застосовують для малооборотних дизелів), газові конденсати, що є сумішами різних вуглеводнів. Їх виробляють в основному з нафти. Невелику кількість рідких палив дістають переробкою кам'яного вугілля й сланців, синтезом горючих газів, з рослинних продуктів і відходів сільськогосподарського виробництва та харчової промисловості.</p> <p>Бензини для автомобільних двигунів являють собою суміші легких вуглеводнів (кількість атомів вуглецю 5-12), які википають в діапазоні температур 30-200⁰С. Фракції нафти, які википають при температурі до 100⁰С утворюють бензин 1 сорту, до 110⁰С – спеціальний бензин, до 130⁰С – бензин 2</p>

		<p>сорту.</p> <p>Дизельне паливо складається із більш важких фракцій нафти (кількість атомів вуглецю 12-18), які википають при температурі 185-360⁰С. Розрізняють літне, зимове і арктичне дизельне паливо з температурами википання, відповідно 250⁰С, 200⁰С, 180⁰С.</p> <p>Кислотовмісні сполуки – спирти (етанол, метанол, пропаном), ефіри і рослинні масла). Найбільше розповсюдження отримав метанол, який отримують із вугілля, сланців, деревини, біомаси. Недоліком спиртів є низька теплотворна здатність, корозійність, висока температура випаровування, гігроскопічність. Хоча похідні спиртів (метилтретбутиловий ефір, диметиловий ефір) цих недоліків позбавлені.</p> <p>Основними видами рідкого палива для ДВЗ з іскровим запалюванням є бензини, а для дизелів — дизельні палива.</p> <p>До складу рідкого палива входять два основних хімічних елемента - вуглець С і водень Н, а також незначна кількість кисню О, сірки S, азоту N та інших хімічних елементів. Розраховуючи реакції згоряння, враховують тільки вуглець, водень і кисень.</p> <p>Одна із найбільш важливих властивостей бензину – це його стійкість до детонації, яка характеризується октановим числом. Крім того, якість бензину визначається фракційним складом, вмістом у ньому смол, свинцю, олефінових і ароматичних вуглеводнів, хімічною стабільністю, тиском насичених парів та іншими показниками, більшість із яких нормується Держстандартами</p>
ДОЗ	Процеси газообміну та впуску	<p>Процес впуску характеризується значеннями тиску і температури в точці а індикаторної діаграми, а також деякими узагальнюючими параметрами.</p> <p>Тиск свіжого заряду в кінці процесу впуску, МПа:</p> $P_a = P_o - C \frac{W_{\text{кл}}^2}{2} \rho_{\text{п}} 10^{-6}, \quad (1.1)$ <p>де P_o – тиск навколишнього середовища, МПа, який наведений у завданні для теплового розрахунку. Якщо він не заданий, то для двигунів без наддування приймають $P_o = 0,1$ МПа.</p> <p>Для двигунів із наддуванням у наведеній вище залежності необхідно замість P_o підставити P_k, що лежить у межах $P_k = 0,15 \dots 0,25$ МПа [1, 2];</p> <p>C – коефіцієнт опору впускної системи, який урахує зниження швидкості свіжого заряду після того, як заряд потрапив до циліндра, та гідравлічний опір впускної системи двигуна; $C = 2,5 \dots 4,0$. Для карбюраторних двигунів, які мають більший опір при впусканні через наявність карбюратора, значення коефіцієнта C вибирають ближче до верхньої межі;</p> <p>$W_{\text{кл}}$ – середня швидкість свіжого заряду в прохідному перерізі впускного клапана; для автотракторних двигунів $W_{\text{кл}} =$</p>

50...130 м/с. Швидкість $W_{\text{кл}}$ залежить від площі прохідного перерізу (при її збільшенні швидкість заряду зменшується) і частоти обертання колінчастого вала n (при збільшенні n швидкість $W_{\text{кл}}$ збільшується);

$\rho_{\text{п}}$ – густина повітря, кг/м^3 , що визначається за формулою:

$$\rho_{\text{п}} = \frac{P_0 10^6}{RT_0}, \quad (1.2)$$

де P_0 – тиск навколишнього середовища (див. вище);

R – газова стала повітря; $R = 287 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ [1];

T_0 – температура навколишнього середовища. Якщо вона не задана, то приймають для двигунів без наддування $T_0 = 288 \text{ К}$. Для двигунів з наддуванням слід замість T_0 у залежність (2) підставити $T_{\text{к}}$, яку визначають за формулою

$$T_{\text{к}} = T_0 \left(\frac{P_{\text{к}}}{P_0} \right)^{\frac{m-1}{m}}, \quad (1.3)$$

де m – середній показник політропи стиску в компресорі; $m = 1,45 - 1,8$ [1].

Для чотиритактних двигунів без наддування $P_{\text{а}} = (0,8...0,95)P_0$, МПа; з наддуванням $P_{\text{а}} = (0,9...0,96)P_{\text{к}}$, МПа.

Температура свіжого заряду в кінці процесу впуску, К:

$$T_{\text{а}} = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_{\text{г}} T_{\text{г}}}{1 + \gamma_{\text{г}}}, \quad (1.4)$$

де ΔT – ступінь підігрівання свіжого заряду при впусканні; для чотиритактних карбюраторних двигунів $\Delta T = 0...20 \text{ К}$; для чотиритактних дизелів без наддування $\Delta T = 20...40 \text{ К}$; для дизелів із наддуванням

$\Delta T = 5...20 \text{ К}$. Слід ураховувати, що при збільшенні діаметра циліндра D , частоти обертання колінчастого вала n і ступеня стиску ϵ величина ΔT зменшується. Якщо впускний трубопровід обладнаний системою підігрівання свіжого заряду або розташований поряд із випускним трубопроводом, величину ΔT треба приймати ближче до верхньої межі;

$T_{\text{г}}$ – температура залишкових газів; для карбюраторних двигунів приймають $T_{\text{г}} = 900...1100 \text{ К}$, для дизелів - $T_{\text{г}} = 700...900 \text{ К}$. Збільшення α і ϵ призводить до зниження $T_{\text{г}}$, а підвищення частоти обертання колінчастого вала n збільшує температуру

залишкових газів.

γ_r – коефіцієнт залишкових газів,

$$\gamma_r = \frac{T_o + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon P_a - P_r}, \quad (1.5)$$

де P_r – тиск залишкових газів, який визначається з урахуванням конструкції випускної системи і тиску середовища, куди здійснюється випуск відпрацьованих газів. Звичайно його вважають рівним P_0 , коли випуск відбувається в атмосферу, або P_r , коли випускна система має глушник чи випуск відбувається в газозбірник при газотурбінному наддуванні. Тиск залишкових газів приймають для двигунів без наддування $P_r = (1,1 \dots 1,25) P_0$, МПа; для двигунів з газотурбінним наддуванням $P_r = (0,76 \dots 0,98) P_k$, МПа. Рекомендується більш високі значення брати для швидкохідних двигунів.

ε – ступінь стиску (наведений у завданні для теплового розрахунку).

Коефіцієнт залишкових газів для карбюраторних і газових двигунів знаходиться в межах $\gamma_r = 0,06 \dots 0,10$; для дизелів $\gamma_r = 0,03 \dots 0,06$ [1, 2].

Для двигунів без наддування $T_a = 310 \dots 350$ К; з наддуванням $T_a = 320 \dots 400$ К.

Коефіцієнт наповнення циліндрів:

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T_a (1 + \gamma_r)}. \quad (1.6)$$

У сучасних двигунах коефіцієнт наповнення знаходиться в таких межах: для карбюраторних і газових двигунів $\eta_v = 0,75 \dots 0,85$, для дизелів $\eta_v = 0,8 \dots 0,9$.

Об'єм циліндра в кінці процесу впуску (точка а індикаторної діаграми), л:

$$V_a = V_c + V_h, \quad (1.7)$$

де V_c – об'єм камери стиску, л,

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}; \quad (1.8)$$

V_h – робочий об'єм циліндра, л,

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S; \quad (1.9)$$

D, S – відповідно діаметр циліндра та хід поршня, дм (наведені у завданні для теплового розрахунку);

Найбільш важливою величиною, що характеризує процес впуску, є коефіцієнт наповнення, що представляє собою відношення дійсної кількості свіжого заряду, що надійшов у циліндр, до тієї кількості, що могло б поміститися в робочому обсязі циліндра за умови, що температура і тиск у ньому дорівнюють температурі і тиску середовища, з якого надходить свіжий заряд:

$$\eta_v = G_d / G_0 = V_d / V_0 = M_d / M_0, \quad (1.10)$$

де G_d, V_d, M_d – дійсна кількість свіжого заряду, що надійшов у циліндр двигуна в процесі впуску, відповідно в кг, м³, моль;

G_0, V_0, M_0 – кількість заряду, що могло б поміститися в робочому обсязі циліндра при p_0 і T_0 (чи p_k і T_k), відповідно в кг, м³, моль.

З рівняння балансу теплоти по лінії впуску встановлюється зв'язок коефіцієнта наповнення з іншими параметрами, що характеризують протікання процесу впуску.

Величина коефіцієнта наповнення в основному залежить від тактності двигуна, його швидкохідності і досконалості системи газорозподілу.

Коефіцієнт наповнення зростає зі збільшенням тиску наприкінці впуску і знижується зі збільшенням тиску випуску і температури підігріву робочої суміші.

Значення коефіцієнта наповнення η_v для різних типів автомобільних двигунів при роботі їх з повним навантаженням змінюються в межах:

- для двигунів з іскровим запалюванням. 0,8-0,096;
- для дизелів без наддуву.....0,8-0,94.
- для дизелів з наддувом.....0,8-0,97.

При роботі двигуна у впускній трубі виникає коливальний рух свіжого заряду, викликаний періодичним відкриванням і закриттям впускних клапанів. При відкритому впускному клапані свіжий заряд надходить у циліндр двигуна. При закритті клапана свіжий заряд у впускній трубі деякий час продовжує рух по інерції, але оскільки вхід до циліндру закритий, то кінетична енергія газового потоку перетворюється в потенціальну енергію, тобто утворюється зона підвищеного тиску. Хвиля підвищеного тиску відбивається від закритого клапана і починає рухатись в сторону початку впускного тракту, відбивається від елементів впускної труби, тобто утворюється коливання свіжого заряду.

ДО4	Процес стиску	Обмежувальною умовою для збільшення стиску у двигунах з примусовим запалюванням є забезпечення бездетонаційного
-----	---------------	---

згоряння, яке в значній мірі визначається октановим числом бензину. Значення ступеня стиску для бензинових двигунів знаходиться в межах 6,5...11. Для газових двигунів ці значення дещо вищі

– 7,0...12, що пояснюється більшою детонаційною стійкістю газового пального.

Для дизелів і газодизелів обмежувальною умовою є допустима „жорсткість” роботи двигуна. Приблизні раціональні межі ступеня стиску для автомобільних двигунів наступні: дизелі без наддуву 14...25; дизелі з наддувом 11...16. Мінімальні значення ступеня стиску для дизелів обмежуються умовами пуску холодного двигуна.

Тиск робочої суміші в кінці процесу стиску, МПа:

$$P_c = P_a \cdot \epsilon^{n_1}, \quad (1.11)$$

де n_1 – середній показник політропи стиску; для автотракторних двигунів $n_1 = 1,32...1,4$. Величина n_1 залежить від теплообміну між робочим тілом і зовнішнім середовищем. При зменшенні теплообміну величину n_1 треба приймати ближче до верхньої межі. При збільшенні частоти обертання колінчастого вала, зменшенні відносної поверхні камери згоряння й підвищенні температури охолоджуючої рідини теплообмін зменшується, і n_1 треба також приймати ближче до верхньої межі. Показник політропи стиску дозволяє оцінити якість процесу стиску. У дійсному

циклі показник n_1 , змінний. На початку стиску, поки газ холодний, температура стінок камери згоряння T_{CT} вища, ніж температура газу в циліндрі, тому теплообмін іде від стінок циліндра до газу ($+Q$), і $n_1 > k$ (k — показник адіабати). В процесі стискування настає момент, коли $n_1 = k$ (точка d). Після цього теплообмін іде від газу до стінок циліндра ($-Q$) і $n_1 < k$. Тому політропа стиску проходить, як показано на рис. 2.6, a , і перетинається з адіабатою у точці d .

Для карбюраторних та газових двигунів $P_c = 0,9...1,9$ МПа; для дизелів $P_c = 3,5...6,0$ МПа.

Температура робочої суміші в кінці процесу стиску, К:

$$T_c = T_a \cdot \epsilon^{n_1 - 1}. \quad (1.12)$$

Для карбюраторних і газових двигунів $T_c = 550...750$ К, для дизелів $T_c = 700...900$ К.

Об'єм циліндра в кінці стиску, л, дорівнює об'єму камери стиску і визначається за формулою:

$$V_c = \frac{V_h}{\epsilon - 1}; \quad (1.13)$$

ДО5	Процес згоряння	<p>Процес згоряння у карбюраторних і газових двигунах.</p> <p>а) Температура газів у кінці процесу згоряння (точка з індикаторної діаграми), К:</p> $T_z = t_z + 273 \text{ К}, \quad (1.15)$ <p>де t_z – температура газів у кінці процесу згоряння, °С, що визначається за формулою</p> $t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A}. \quad (1.16)$ <p>Значення величин А,В,С, що входять у формулу (1.17), визначаються як:</p> $A = \mu_{\text{б}} \left(\frac{b}{2} \right)_{\text{п.к}}; \quad (1.17)$ $B = \mu_{\text{д}} a_{\text{пр. зг}}; \quad (1.18)$ $C = \frac{\xi_z H'_u}{M_1(1 + \gamma_r)} + \mu_{\text{с}} c_{\text{vmc}} t_c, \quad (1.19)$ <p>де ξ_z – коефіцієнт ефективного тепловикористання. Величина ξ_z змінюється на номінальному режимі в таких межах [1]: для карбюраторних двигунів $\xi_z = 0,85 \dots 0,92$; для дизелів $\xi_z = 0,70 \dots 0,85$. При встановленні значення ξ_z для теплового розрахунку слід урахувати, що з підвищенням частоти обертання колінчастого вала приймаються більші значення ξ_z;</p> <p>H'_u – нижча теплота згоряння, кДж/кг, з урахуванням хімічної неповноти згоряння при $\alpha < 1$</p> $H'_u = H_u - 119 \cdot 10^3 (1 - \alpha) L_o; \quad (1.20)$ <p>H_u – нижча теплота згоряння палива (табл. 2.1). Максимальна температура T_z для карбюраторних і газових двигунів лежить у межах $T_z = 2300 \dots 2900$ К.</p> <p>б) Тиск газів у кінці процесу згоряння, МПа,</p> $P_z = P_c \lambda, \quad (1.21)$ <p>де λ – ступінь підвищення тиску</p> $\lambda = \mu_{\text{д}} \frac{T_z}{T_c}. \quad (1.22)$
-----	-----------------	---

Для чотиритактних карбюраторних і газових двигунів $\lambda = 3,0...4,2$ [2]; $P_z = 3,0...6,0$ МПа.

в) Дійсний тиск у кінці процесу згоряння P_{zd} , МПа, для реальних карбюраторних і газових двигунів у зв'язку з певною умовністю ізохорного згоряння нижче від P_z , приблизно на 15%, тому

$$P_{zd} = 0,85P_z. \quad (1.23)$$

У подальших розрахунках необхідно використовувати у формулах тиск P_z .

г) Об'єм циліндра в кінці процесу згоряння (точка z індикаторної діаграми), л,

$$V_z = V_c. \quad (1.24)$$

Процес згоряння у дизельних двигунах.

а) Температура газів у кінці процесу згоряння, К,

$$T_z = t_z + 273 \text{ К}, \quad (1.25)$$

де t_z – температура газів у кінці процесу згоряння, °С,

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A}. \quad (1.26)$$

Значення величин А,В,С, що входять у формулу, визначаються як

$$A = \mu_{\text{ж}} \left(\frac{b}{2} \right)_{\text{п.к}}; \quad (1.27)$$

$$B = \mu_{\text{д}} (8,314 + a_{\text{пр. зг}}); \quad (1.28)$$

$$C = \frac{\xi H_u}{M_1(1 + \gamma_r)} + (\mu C_{\text{vmc}} + 8,314\lambda)t_c + 2270(\lambda - \mu_{\text{ж}}), \quad (1.29)$$

На номінальному режимі роботи в автотракторних дизелях $T_z = 1800...2200$ К.

б) Тиск газів у кінці процесу згоряння, МПа,

$$P_z = P_c \lambda, \quad (1.30)$$

де λ – ступінь підвищення тиску при згорянні, який для дизельних двигунів знаходиться в межах: для передкамерних $\lambda = 1,4...1,6$; для вихрокамерних $\lambda = 1,6...1,8$; для однокамерних із плівковим сумішоутворенням $\lambda = 1,6...1,8$; для однокамерних з

об'ємним сумішоутворенням $\lambda = 1,8...2,2$.

Для автотракторних дизелів без наддування $P_z = 7,5...9,0$ МПа; з наддуванням $P_z = 9,0...13,5$ МПа [1,2].

в) Ступінь попереднього розширення

$$\rho = \frac{\mu_d}{\lambda} \cdot \frac{T_z}{T_c}. \quad (1.31)$$

Для дизелів $\rho = 1,2...1,7$.

г) Об'єм циліндра в кінці процесу згоряння (точка z індикаторної діаграми), л,

$$V_z = V_c \rho. \quad (1.32)$$

Д06	Процес розширення	<p>Розрахунок процесу розширення. Тиск газів у кінці процесу, МПа:</p> $P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}, \quad (1.33)$ <p>де δ – ступінь подальшого розширення; для карбюраторних і газових двигунів приймають $\delta = \epsilon$, для дизелів - $\delta = \frac{\epsilon}{\rho}$;</p> <p>$n_2$ – середній показник політропи розширення; для карбюраторних двигунів $n_2 = 1,23...1,3$; для дизелів $n_2 = 1,18...1,28$.</p> <p>Тиск у кінці процесу розширення для карбюраторних та газових двигунів $P_b = 0,35...0,5$ МПа, для дизелів - $P_b = 0,2...0,4$ МПа.</p> <p>Температура газів у кінці розширення, К:</p> $T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}. \quad (1.34)$ <p>Для карбюраторних і газових двигунів $T_b = 1200...1500$ К; для дизелів $T_b = 1000...1200$ К.</p> <p>Об'єм циліндра в кінці розширення, л:</p> $V_b = V_a. \quad (1.35)$
-----	-------------------	--

ДО7	Визначення основних розмірів циліндру	<p>Робочий об'єм двигуна визначається за формулою:</p> $V'_h = zV_h = \frac{30\tau N_d}{D_d n}, \quad (1.36)$ <p>де P_e – МПа, V_h – л, n – хв⁻¹.</p> <p>Робочий об'єм одного циліндра:</p> $V_h = V'_h / z. \quad (1.37)$ <p>де i – кількість циліндрів двигуна.</p> <p>Кількість циліндрів вибирається з урахуванням прийнятого числа циліндрів на сучасних двигунах близької потужності (прототипах); умов урівноваженості сил інерції, рівномірності обертального моменту двигуна, компонування двигуна на автомобілі.</p> <p>Мінімальне число циліндрів з умов урівноваженості сил інерції і рівномірності обертального моменту складає чотири.</p> <p>Діаметр циліндра:</p> $D = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi K}}, \text{ мм}, \quad (1.38)$ <p>де $K = S/D$ – обране аналогічно прототипу або за таблицею відношення ходу поршня до діаметра циліндра.</p>
ДО8	Тепловий баланс двигуна	<p>Розподіл теплоти, що виділяється при згорянні палива, на окремі складові (корисно використовувану теплоту і різні види теплових втрат) називається зовнішнім тепловим балансом.</p> <p>Тепловий баланс двигуна визначається експериментально. Значення окремих складових теплового балансу характеризують досконалість використання тепла, дозволяють вибрати і розрахувати систему охолодження, з'ясувати можливість використання теплоти випускних газів і намітити шляхи поліпшення показників роботи двигуна.</p> <p>Тепловий баланс можна скласти для різних режимів роботи двигуна. У більшості випадків тепловий баланс складають у відносних величинах (у частках чи відсотках), тобто відносять його складові до кількості підведеної теплоти.</p> <p>Рівняння теплового балансу ДВЗ має наступний вид:</p> $Q = Q_e + Q_v + Q_r + Q_m + Q_{ост}, \quad (1.39)$ <p>де Q - теплота згорання витраченого палива;</p>

Q_e - теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна;
 Q_v - теплота, що відводиться від двигуна охолодним середовищем (рідиною чи повітрям);
 Q_r - теплота, що відводиться випускними газами;
 Q_m - теплота, що відводиться маслом (оливою);
 $Q_{ост}$ - член, що враховує втрати теплоти в результаті променистого і конвективного теплообміну нагрітих частин двигуна з навколишнім середовищем.

Виражаючи тепловий баланс у відсотках його рівняння представиться в наступному вигляді:

$$q_e + q_v + q_r + q_m + q_{ост} = 100\% \quad (1.40)$$

У даному випадку кожен доданок у лівій частині рівняння являє собою кількість теплоти у відсотках стосовно всієї уведеної теплоти Q . Уведену теплоту Q практично визначають за нижчою теплою згоряння палива. Теплота, що еквівалентна ефективній роботі двигуна за 1 с, дорівнює його ефективній потужності.

Відношення ефективної теплоти до загальної уведеної визначає частку корисно використаної теплоти в двигуні і чисельно дорівнює ефективному ККД η_e .

Теплота, яка сприймається від робочого тіла внутрішніми поверхнями циліндра, виділяється в навколишнє середовище за допомогою газоподібної чи рідкої речовини - охолоджувача.

З усієї кількості теплоти, що віддається охолоджувачу, найбільша частина (до 65%) сприймається стінками циліндра під час процесів згоряння і розширення, а інша - протягом випуску. Теплообмін під час стиску незначний. Тепловіддача від газів у стінки росте зі збільшенням тиску наддуву і зменшується при підвищенні ступеня охолодження повітря після компресора. Таким чином, теплота, що відводиться від двигуна охолоджувачем, включає:

- а) теплоту, яка передана від газів стінкам циліндра під час стиску, згоряння, розширення і випуску;
- б) теплоту, яка еквівалентна роботі тертя поршня в циліндрі;
- в) теплоту, що відводиться від газів після випуску з циліндра у випускному каналі голівки й у випускному патрубку.

Кількість теплоти, що відводиться охолодним середовищем, визначають, вимірюючи кількість охолоджувача, що проходить за одиницю часу через систему охолодження двигуна, і температуру охолоджувача при вході в систему і виході з неї:

$$Q_v = G_v(t_2 - t_1)c, \quad (1.41)$$

де G_v - витрата охолоджувача через систему в кг/год;

t_2, t_1 - температури охолоджувача відповідно на виході з системи охолодження і вході в неї;

c - теплоємність охолоджувача в кДж/(кг·град).

Кількість теплоти, що відводиться маслом, визначають, вимірюючи кількість масла, що проходить за одиницю часу через систему охолодження масла, і температуру масла при вході в

		<p>систему і виході з неї:</p> $Q_M = G_M(t_{2M} - t_{1M})c_M, \quad (1.42)$ <p>де G_M - витрата масла через систему в кг/год; t_{2M}, t_{1M} - температури масла відповідно при виході з системи охолодження масла і вході в неї; c_M - теплоємність масла в кДж/(кг·град).</p> <p>При наявності у випускних газах продуктів неповного згоряння додатково губиться теплота, що не виділилася внаслідок неповноти згоряння палива.</p> <p>Випускні гази, що виходять із двигуна, мають порівняно високу температуру і несуть значну кількість теплоти Q_G. Цю теплоту приблизно визначають як різницю їхньої ентальпії за випускним трубопроводом і ентальпії повітря, що надходить у двигун, тому у величину теплоти, яка мається в розпорядженні, не включають ентальпію повітря. Температуру випускних газів у двигунах без наддуву вимірюють безпосередньо після випускного трубопроводу двигуна, а в комбінованих двигунах - у випускному патрубку газової турбіни.</p> <p>Залишковий член теплового балансу, який визначається як різниця між підведеною теплотою і сумою визначених складових теплового балансу,</p> $Q_{ост} = Q - (Q_e + Q_v + Q_g + Q_m) \quad (1.43)$ <p>Залишковий член теплового балансу включає:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) теплоту, що відповідає роботі тертя, за винятком теплоти, яка віддана охолоджувачу через стінки циліндра чи віднесена оливою і врахована членом балансу Q_v; ця теплота відводиться в навколишнє середовище внаслідок конвекції і теплопровідності від зовнішніх поверхонь двигуна; 2) теплоту, що відповідає кінетичній енергії випускних газів; 3) теплоту, що втрачається внаслідок випромінювання зовнішніми поверхнями двигуна і його агрегатів; 4) невраховані втрати теплоти. <p>У таблиці 10.1 приведені середні значення окремих складових зовнішнього теплового балансу, віднесених до теплоти, яка введена з паливом при роботі двигуна на номінальному режимі.</p>
ДО9	Індикаторні показники двигуна	<p>Середній індикаторний тиск, МПа: Карбюраторні і газові двигуни</p> $P_i = \varphi_\mu \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (1.44)$ <p>Дизелі</p> $P_i = \varphi_\mu \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (1.45)$

де φ_i – коефіцієнт повноти індикаторної діаграми; для карбюраторних двигунів $\varphi_i = 0,95...0,97$, для дизелів - $\varphi_i = 0,92...0,95$.

Середній індикаторний тиск характеризує досконалість циклу і лежить у межах: для карбюраторних двигунів $P_i = 0,8...1,2$ МПа; для дизелів без наддування $P_i = 0,75...1,05$ МПа; для дизелів з наддуванням $P_i = 1,05...2,2$ МПа; для газових двигунів $P_i = 0,5...0,7$ МПа.

Індикаторна потужність двигуна, кВт,

$$N_i = \frac{P_i V_h i n}{30\tau}, \quad (1.46)$$

де i – число циліндрів; визначають за прототипом;
 τ – тактність двигуна, для чотиритактних двигунів - $\tau = 4$.

Індикаторний крутний момент, Н·м,

$$M_i = \frac{3 \cdot 10^4 N_i}{\pi n}, \quad (1.47)$$

де n – частота обертання колінвала двигуна (наведена в завданні для теплового розрахунку).

Індикаторний ККД двигуна.

Для двигунів, які працюють на рідкому моторному паливі,

$$\eta_i = 8,314 \frac{P_i T_o M_1}{P_o H_u \eta_v}; \quad (1.48)$$

для газових двигунів

$$\eta_i = 371,15 \frac{P_i T_o M_1}{P_o H_u \eta_v}. \quad (1.49)$$

Нижчу теплоту згоряння палива H_u слід підставляти у формулу (57) в кДж/кг, а у (58) - в МДж/кг.

Для карбюраторних і газових двигунів на номінальному режимі роботи індикаторний ККД знаходиться в межах $\eta_i = 0,28...0,33$; для дизелів – $\eta_i = 0,42...0,47$.

Питомі індикаторні витрати палива.

Для рідкого палива, г/(кВт·год),

		$g_i = \frac{3600}{H_u \eta_i} \quad (1.50)$ <p>Для газового палива, м³/(кВт·год),</p> $V_i = \frac{1}{H_u \eta_i} \quad (1.51)$ <p>Для карбюраторних двигунів g_i змінюється в межах $g_i = 245...300$ г/(кВт·год); для дизелів $g_i = 175...205$ г/(кВт·год).</p>
ДО10	Ефективні показники двигуна	<p>Ефективною потужністю називається потужність, знята з колінчатого валу. Ефективна потужність N_e менша за індикаторну потужність N_i на величину потужності, витраченої на механічні втрати N_m, тобто</p> $N_e = N_i - N_m \quad (1.52)$ <p>Потужність, яка витрачається на механічні втрати, а також ефективну потужність (аналогічно індикаторній), прийнято відносити до одиниці робочого об'єму і виражати в умовних величинах – середнього тиску механічних втрат p_m та середнього ефективного тиску p_e.</p> <p>Середній ефективний тиск, МПа:</p> $P_e = P_i - P_m, \quad (1.53)$ <p>де P_m – середній тиск механічних витрат, МПа;</p> $P_m = A_m + B_m C_n, \quad (1.54)$ <p>A_m і B_m – дослідні коефіцієнти, які визначаються залежно від типу і конструкції двигуна:</p> <ul style="list-style-type: none"> – для карбюраторних восьми циліндрових двигунів при $\frac{S}{D} < 1$, $A_m = 0,039; B_m = 0,0132;$ <ul style="list-style-type: none"> – для карбюраторних двигунів із числом циліндрів до шести і $\frac{S}{D} \leq 1$, $A_m = 0,034; B_m = 0,0113;$ <ul style="list-style-type: none"> – для карбюраторних двигунів із числом циліндрів до шести і $\frac{S}{D} > 1$,

$$A_M = 0,049; B_M = 0,0152;$$

– для чотиритактних дизелів із неподільними камерами згоряння

$$A_M = 0,089; B_M = 0,0118;$$

– для передкамерних дизелів

$$A_M = 0,089; B_M = 0,0135;$$

– для дизелів із вихровими камерами згоряння

$$A_M = 0,083; B_M = 0,0125;$$

для автотракторних двигунів $P_M = 0,14 \dots 0,25$ МПа [1].

C_{II} - середня швидкість поршня, м/с,

$$C_{II} = \frac{S \cdot n}{30}, \quad (1.55)$$

де S – хід поршня, м.

Для карбюраторних двигунів $P_e = 0,6 \dots 0,95$ МПа [1]; для газових двигунів $P_e = 0,5 \dots 0,75$ МПа; для дизелів $P_e = 0,55 \dots 0,85$ МПа.

Ефективна потужність, кВт:

$$N_e = \frac{P_e V_h \text{in}}{30\tau}. \quad (1.56)$$

Ефективний крутний момент, Н·м:

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4 N_e}{\pi n}. \quad (1.57)$$

Ефективний ККД:

$$\eta_e = \eta_i \eta_M, \quad (1.58)$$

де η_M – механічний ККД

$$\eta_M = \frac{P_e}{P_i}. \quad (1.59)$$

Механічний ККД для карбюраторних і газових двигунів знаходиться в межах $\eta_M = 0,7 \dots 0,85$; для дизелів $\eta_M = 0,7 \dots 0,82$ [1, 2].

		<p>Ефективний ККД для карбюраторних двигунів $\eta_e = 0,25 \dots 0,30$; для дизелів $\eta_e = 0,33 \dots 0,40$; для газових двигунів $\eta_e = 0,23 \dots 0,28$ [1, 2].</p> <p>Питомі ефективні витрати палива. Для рідинних палив, г/(кВт·год),</p> $g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e} \quad (1.60)$ <p>Для газових палив, м³/(кВт·год),</p> $V_e = \frac{1}{H_u \eta_e} \quad (1.61)$ <p>Для карбюраторних двигунів $g_e = 275 \dots 325$ г/(кВт·год); для дизелів $g_e = 215 \dots 245$ г/(кВт·год) [1, 2].</p> <p>Годинні витрати палива. Для рідинних палив, кг/год,</p> $G_T = N_e g_e 10^{-3} \quad (1.62)$ <p>Для газового палива, м³/год,</p> $G_T = N_e g_e \quad (1.63)$ <p>Літрова потужність двигуна, кВт/л:</p> $N_L = \frac{N_e}{V_h i} \quad (1.64)$ <p>Для карбюраторних двигунів $N_L = 15 \dots 42$ кВт/л; для дизелів $N_L = 11 \dots 27$ кВт/л; для газових двигунів $N_L = 7 \dots 15$ кВт/л</p>
ДО11	Особливості розрахунку двохтактних двигунів	<p>В даний час застосовуються, в основному, чотиритактні ДВЗ. Однак у деяких установках (суднових, тепловозних) іноді використовуються і двотактні двигуни. Переваги чотиритактних двигунів у порівнянні з двотактними:</p> <ul style="list-style-type: none"> - більший ККД, особливо при часткових навантаженнях; - менша теплова напруженість деталей; - краще очищення і наповнення циліндрів (примусові процеси); - можливість застосування турбокомпресора для наддуву; - менша витрата масла і нагароутворення. <p>переваг двотактних двигунів у порівнянні з чотиритактними варто</p>

		<p>віднести наступні:</p> <ul style="list-style-type: none"> - велика питома потужність (літрова – у 1,5 – 1,7 рази); - велика рівномірність крутного моменту (при однаковому числі циліндрів); - більш легкий і простий пуск; - простота і менша вартість конструкції.
ДО12	Особливості двигунів з наддувом	<p>Призначення систем наддуву ДВЗ – підвищення масового наповнення циліндрів двигуна свіжим зарядом. Досягається це звичайно за допомогою спеціальних пристроїв чи агрегатів наддуву. Двигуни з такими системами називаються комбінованими. Системи наддуву дуже різноманітні за принципом дії і, відповідно, по ознаках класифікації.</p> <p>У комбінованих ДВЗ повітря чи пальна суміш перед надходженням у циліндри стискується в компресорах. Наддув вважається низьким, якщо в компресорі $\pi_k < 1.9$. Низький наддув дозволяє підвищити потужність двигунів на 20-25%. При середньому наддуві ($\pi_k = 1.9-2.5$) вдасться підвищити її на 25-50%. Високий наддув ($\pi_k > 2.5$) ще більше збільшує потужність, однак його застосування найчастіше не виправдане внаслідок значного росту механічної, теплової напруженості деталей і вузлів.</p> <p>Наддув циліндрів двигунів може бути або динамічним, або здійснюваним за допомогою спеціального нагнітача (компресора). У сучасних ДВЗ для наддуву використовуються як об'ємні (роторно-шестерні, гвинтові, поршневі), так і лопаткові відцентрові компресори. Газові турбіни найчастіше бувають радіально-осьовими, рідше - осьовими.</p> <p>У першій схемі приводний компресор через підвищувальну передачу з'єднують з колінчастим валом двигуна. Для привода турбокомпресора (схема 2) використовують енергію відпрацьованих газів, що надходять у газову турбіну. Компресор установлюють на одному валу з газовою турбіною. У випадку комбінованої системи (схема 3) першою ступінню є приводний компресор, а другою - турбокомпресор. Двоступінчастий наддув може здійснюватися двома послідовно розташованими турбокомпресорами чи приводними компресорами.</p> <p>На тракторних і автомобільних дизелях найчастіше застосовують газотурбінний наддув.</p> <p>При цьому можливі два основних варіанти використання енергії:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Енергія, споживана компресором, дорівнює енергії, яка виробляється газовою турбіною. У цьому випадку турбокомпресор має лише газовий зв'язок із двигуном (малюнок 11.1.2). Така схема

забезпечує високі економічні показники при максимальному спрощенні конструкції і тому найбільш поширена. У таких двигунах утилізується енергія відпрацьованих газів, що дозволяє в деяких випадках навіть підвищити ККД двигуна.

2. Енергія, яка виробляється газовою турбіною, не дорівнює енергії, яку споживає компресор. Різниця енергії передається від двигуна до турбокомпресора за рахунок застосування механічного зв'язку ротора турбокомпресора з колінчастим валом двигуна, що ускладнює конструкцію останнього. Іноді в цих випадках замість механічного зв'язку ротора турбокомпресора з колінчастим валом застосовують комбіновану систему наддуву.

Механічний зв'язок застосовують і у випадках, коли необхідно передавати надлишкову енергію від газової турбіни до двигуна при високих тисках наддуву і температурах газів перед турбіною.

Можливі два варіанти підведення газів до газової турбіни:

- 1) із загального випускного трубопроводу;
- 2) окремо від кожного циліндра чи від групи циліндрів, у якій відповідно до порядку їхньої роботи час між двома послідовними імпульсами тиску, що утворюються при випуску газів з циліндрів, виявляється досить великим (імпульсний наддув).

У першому випадку, особливо в двигунах з великим числом циліндрів і високою частотою обертання, тиск газів у випускному трубопроводі вирівнюється, амплітуда коливання тиску перед турбіною невелика і процес підведення газів до турбіни можна розглядати як той, який відбувається при постійному тиску. В другому випадку відпрацьовані гази надходять до газової турбіни з перемінним тиском, що дозволяє за певних умов підвищити ефективність наддуву.

Підведення газів до турбіни при постійному тиску створює підвищені опори у випускному тракті двигуна в порівнянні з випуском в атмосферу. Це погіршує очищення циліндрів і зменшує наповнення їх свіжим зарядом.

При імпульсному наддуві після періоду випуску газів з одного циліндра до початку перекриття клапанів тиск у випускному тракті різко знижується. У результаті цього збільшується перепад тиску між впускним і випускним трактами й очищення камер згоряння стає більш ефективним. Зменшується робота, що затрачена на виштовхування газів. В міру збільшення тиску наддуву і росту середнього тиску газів у випускному тракті позитивний ефект від застосування імпульсного наддуву знижується, тому що імпульси тиску згладжуються. Максимальний ефект в імпульсній системі

наддуву досягається при $p_k < 0.15$ МПа, при $p_k < 0.4$ МПа застосування імпульсного наддуву вже не дає ефекту. Для досягнення найбільшого ефекту при імпульсному наддуві випускні трубопроводи роблять по можливості короткими і меншого об'єму. В імпульсних системах використовується кінетична енергія відпрацьованих газів, однак, погіршується очищення циліндрів двигуна від відпрацьованих газів, що є загальним недоліком усіх систем газотурбінного наддуву.

В автотракторних дизелях при числі циліндрів 8 і більш переважно застосовуються системи з постійним тиском перед турбіною. ККД таких турбін вище, ніж імпульсних, а система випуску виходить більш простою.

Слід зазначити також меншу (у порівнянні з двигунами без наддуву) пристосовність і гірші пускові властивості двигунів з наддувом.

При наддуві температура повітря за компресором підвищується, тому при середньому і високому наддуві здійснюють проміжне охолодження повітря між компресором і впускним трубопроводом двигуна. Це сприяє поліпшенню масового наповнення циліндрів, підвищенню потужності і паливної економічності двигуна, зниженню теплової напруженості його деталей, зменшенню температури газів перед турбіною.

Повітря можна охолоджувати спеціальними охолоджувачами або за допомогою випарного охолодження - вприскування в повітря легко випаровуючих речовин (спирту, аміаку, води й ін.). Застосовують два типи охолоджувачів: повітря-повітряні і водо-повітряні. Застосовують як трубчасті, так і пластинчасті охолоджувачі.

Повітря-повітряний охолоджувач установлюють перед масляним і водяним радіаторами двигуна. Просочування атмосферного повітря через охолоджувач здійснюють вентилятором системи охолодження двигуна. Охолоджуване повітря рухається усередині латунних трубок серцевини охолоджувача, яка аналогічна тій, котру застосовують звичайно в радіаторах системи охолодження.

При водоповітряному охолодженні вода за допомогою насоса (спеціального або наявного в системі охолодження двигуна) циркулює через охолоджувач і радіатор.

Хоча теплообмін між охолоджуванним повітрям і охолодною рідиною за інших рівних умов відбувається більш інтенсивно, ніж між охолоджуванним і охолодним повітрям, у цілому повітря-повітряні охолоджувачі більш ефективні, ніж водо-повітряні, через більший перепад температури між повітрям і охолодним агентом.

--	--	--

У даному підрозділі сформовано та розкрито зміст дидактичних одиниць посібника «Тепловий розрахунок двигуна». Для повноти розкриття даної теми пропонуємо використовувати дванадцять дидактичних одиниць.

1.4 Побудова структурно-сислової моделі тексту посібника

Структурно-сислову модель навчального матеріалу теми «Тепловий розрахунок двигуна» будуємо на основі графоаналітичного методу структурування [19]. Побудова даної моделі складається з наступних етапів:

1. Формування множини понять теми.
2. Множина понять теми «Тепловий розрахунок двигуна» включає 12 дидактичних одиниць.
3. Побудова схеми взаємозв'язків між поняттями.

Схема взаємозв'язків між поняттями теми «Тепловий розрахунок двигуна» показана на рисунку 1.8.

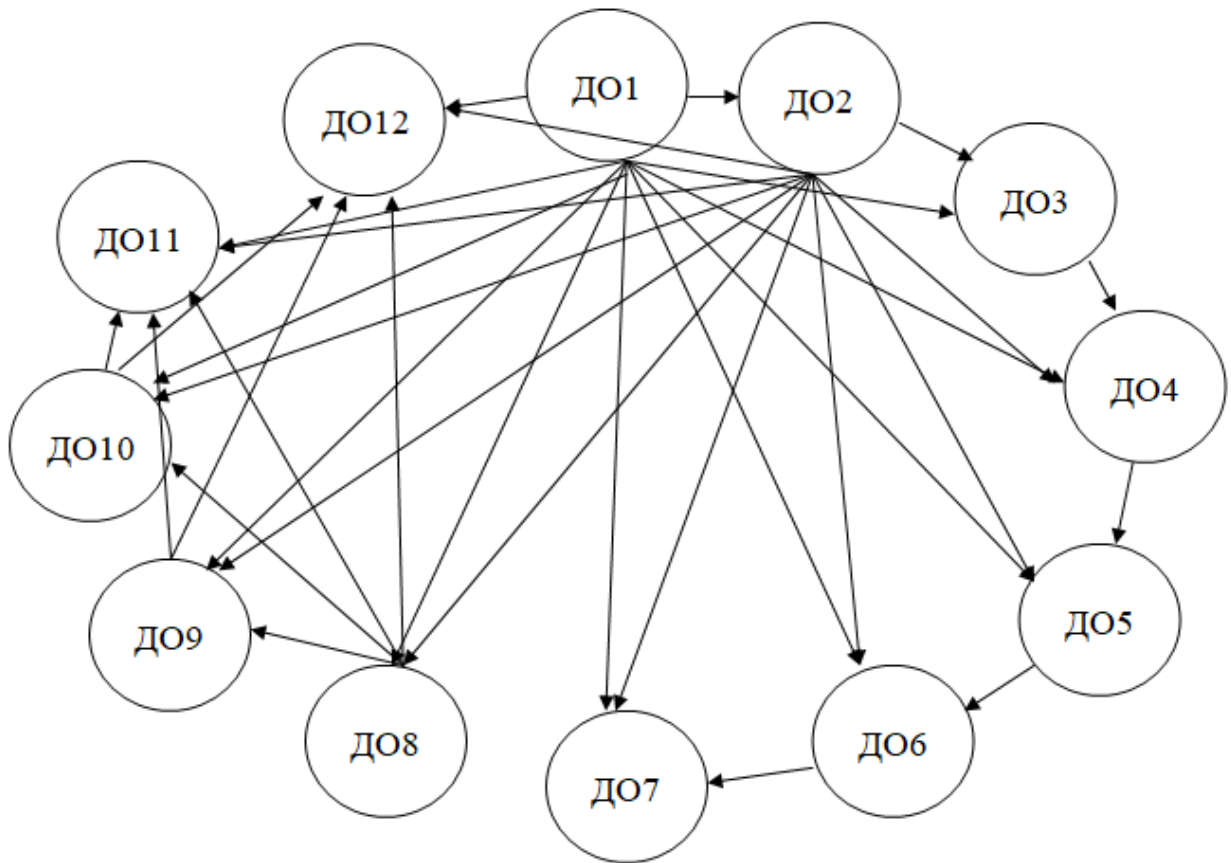


Рисунок 1.8 – Граф взаємозв'язків між дидактичними одиницями

На наступному етапі проводимо аналіз графу з метою виявлення автономних вершин, тобто дидактичних одиниць навчального матеріалу які не мають ні вхідних, ні вихідних зв'язків, і замкнених контурів, тобто дидактичних одиниць, які взаємно впливають одна на одну. В нашому випадку ні «автономних вершин», ні «замкнених контурів» на графі не виявлено, тому переходимо до побудови матриці зв'язків між основними дидактичними одиницями (таблиця 1.2). Розмірність матриці у нашому випадку 12x12 елементів.

Таблиця 1.2 – Матриця зв’язків між дидактичними одиницями навчального матеріалу посібника “Тепловий розрахунок двигуна”

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	w_b
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
w_{a0}	0	1	2	3	3	3	3	2	3	3	5	5	Шар 0
w_{a1}	-	0	1	2	2	2	2	1	2	2	4	4	Шар 1
w_{a2}	-	-	0	1	1	1	1	0	1	1	3	3	Шар 2
w_{a3}	-	-	-	0	1	1	1	-	0	0	2	2	Шар 3
w_{a4}	-	-	-	-	0	1	1	-	-	-	0	0	Шар 4
w_{a5}	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	Шар 5
w_{a6}	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	Шар 6

Заповнення клітин матриці виконується наступним чином: якщо дидактична одиниця ДО 1 забезпечує вивчення дидактичної одиниці ДО 2, то на перетині першого рядка і другого стовпця ставиться одиниця, у протилежному випадку – нуль.

Сума одиниць кожного рядка і кожного стовпця показує для кожної вершини графа кількість зв’язків, які відповідно входять і виходять. Самі отримані рядки і стовпці утворюють вектори W_a (вектор-рядок) і W_b (вектор-стовпець).

Основним етапом роботи є розкладання вектора W_a на шари. Кожен шар утворює вектор, який позначено через $V(p)$, де p – номер шару. Нульовий шар включає вектор $V(0)$, елементами якого виступають дидактичні одиниці з індексом, який дорівнює стовпцям матриці, що мають

нульове значення вектора W_a , тобто $V(0) = (DO1)$. Перший шар побудовано за формулою:

$$W_{a_1} = W_{a_0} - W_{B_1}, \quad (1.65)$$

де W_{a_1} – допоміжний вектор для побудови першого шару;

W_{B_1} – вектор, який дорівнює відповідно першому рядку матриці (номер рядка відповідає номеру нульового елемента вектора W_a).

Аналогічно перший шар включає вектор $V(1)$, елементами якого виступають дидактичні одиниці з індексом, який дорівнює стовпцям матриці, що мають нульове значення вектора W_{a_1} , тобто $V(1) = (DO2)$.

Для розкладання вектора W_a на шари використовуємо подану формулу для побудови наступних шарів:

$$W_{a_2} = W_{a_1} - W_{B_2};$$

$$W_{a_3} = W_{a_2} - W_{B_3} - W_{B_8};$$

$$W_{a_4} = W_{a_3} - W_{B_4} - W_{B_9} - W_{B_{10}};$$

$$W_{a_5} = W_{a_4} - W_{B_5} - W_{B_{11}} - W_{B_{12}};$$

$$W_{a_6} = W_{a_5} - W_{B_6};$$

$$W_{a_7} = W_{a_6} - W_{B_7}.$$

Виконана, таким чином робота, дозволяє розбити всю множину дидактичних одиниць на 8 шарів:

$$\text{Шар } 0 : W(0) = DO 1;$$

$$\text{Шар } 1 : W(1) = DO 2;$$

$$\text{Шар } 2 : W(2) = DO 3, DO 8;$$

$$\text{Шар } 3 : W(3) = DO 4, DO 9, DO 10;$$

Шар 4 : $W(4) = \text{ДО 5, ДО 11, ДО 12}$;

Шар 5 : $W(5) = \text{ДО 6}$;

Шар 6 : $W(6) = \text{ДО 7}$.

На базі отриманого результату будемо структурно-сміслову модель викладу основного тексту навчального посібника (рисунок 1.9).

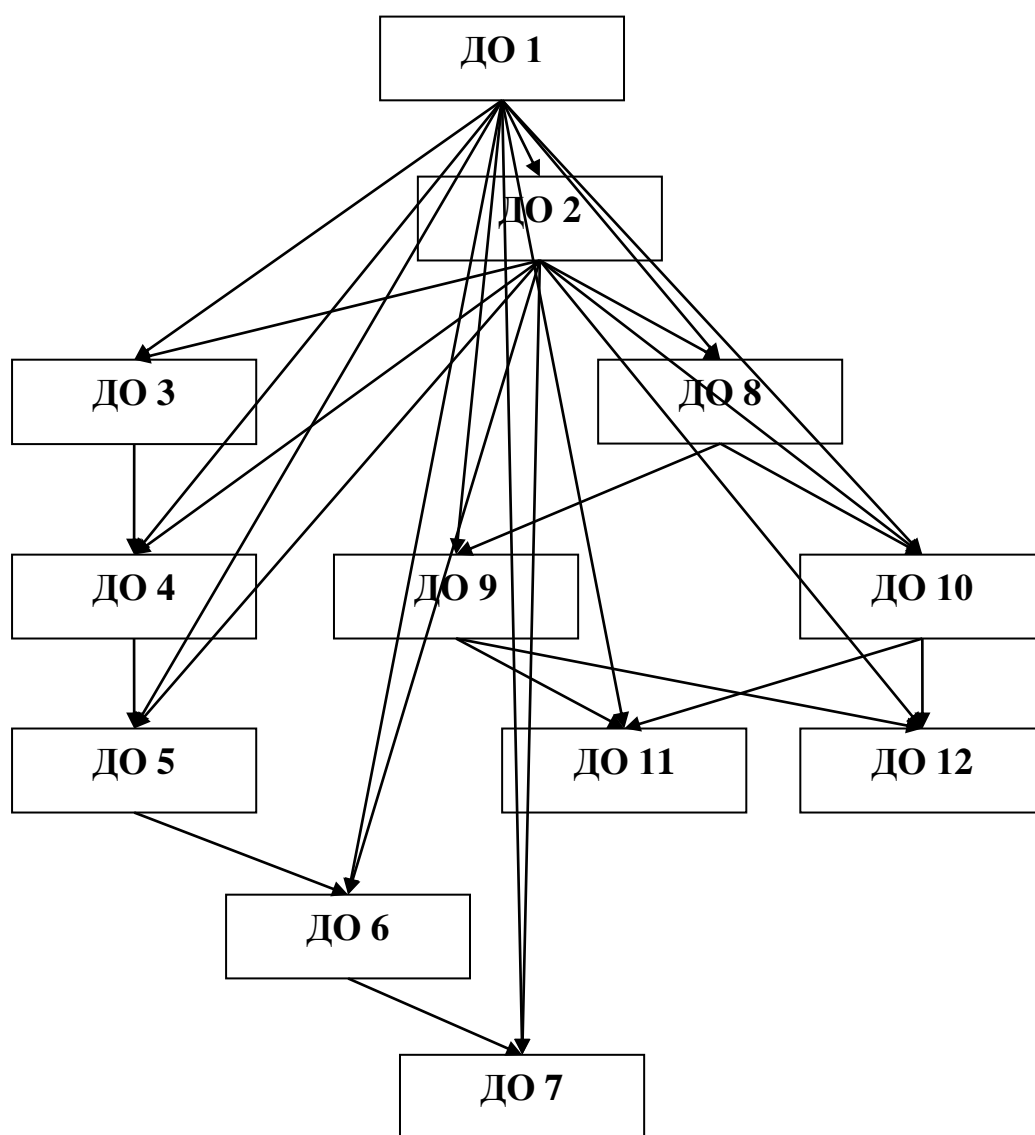


Рисунок 1.9 – Структурно-сміслову модель основного тексту навчального посібника

Аналіз моделі дозволяє отримати оптимальну послідовність викладу навчального матеріалу (рисунок 1.10).

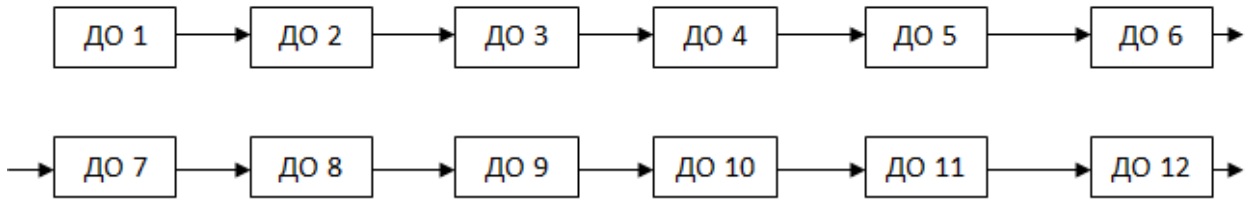


Рисунок 1.10 – Логічний ланцюжок оптимального викладу змісту основного тексту посібника

Як видно з рисунку вона не відрізняється від прийнятої на початку проектування.

У даному підрозділі побудовано граф взаємозв'язків між дидактичними одиницями, структурно-сміслову модель вкладки основного тексту посібника, отримано оптимальну послідовність викладу основного тексту посібника.

Висновки до розділу

В першому розділі виконано огляд літературних джерел схожої тематики, визначено результати навчання з теми «Тепловий розрахунок двигуна», скомпоновано інформаційне поле навчального матеріалу, визначено дидактичні одиниці основного тексту посібника, побудовано структурно-сміслову модель навчального матеріалу та встановлено логічну послідовність викладу основного тексту посібника.

2 Розробка елементів методичного апарату посібника

2.1 Укладання змісту посібника

Посібник – видання, призначене для допомоги у практичній діяльності чи в оволодінні навчальною дисципліною.

Порядок розробки, структура та зміст навчального видання визначається місцем відповідної навчальної дисципліни в системі підготовки фахівців, метою та завданнями навчання та виховання

При розробці навчальних видань необхідно:

- визначити роль і місце навчальної дисципліни в підготовці спеціалістів з урахуванням освітньо-кваліфікаційної характеристики, освітньо-професійної програми, навчального плану і часу, який відводиться на її вивчення;
- визначити об'єм знань і навичок, одержаних студентами при вивченні дисциплін, що передують даній, для урахування при формуванні структури видань;
- встановити характер і об'єм знань, які повинні засвоїти студенти при вивченні дисципліни в цілому та її окремих розділів;

Методичні рекомендації щодо розроблення навчальної і навчально-методичної літератури у Хмельницькому національному університеті (далі – Методичні рекомендації) розроблені на основі Закону України «Про вищу освіту», законодавчих актів України про видавничу діяльність, державних стандартів України, наказів Міністерства освіти і науки України, Положення про організацію освітнього процесу у ХНУ, Положення про порядок підготовки та видання навчальної літератури у ХНУ та інших нормативних документів.

Навчально-теоретичне видання (навчальна книга) – навчальне видання, яке містить систематизовані науково-теоретичні відомості, викладені у формі, зручній для вивчення й засвоєння. Основними різновидами

навчально-теоретичних видань є підручник і навчальний посібник. Основні різновиди навчальних посібників: навчальні посібники з певних розділів (змістових модулів) дисципліни, лекції (окрема лекція, текст лекцій, курс лекцій, конспект лекцій) тощо.

Державний стандарт України ДСТУ 3017-95 «Видання. Основні види. Терміни та визначення», трактує підручник як «навчальне видання з систематизованим викладом дисципліни (її розділу, частини), що відповідає навчальній програмі та офіційно затверджене як таке», натомість навчальний посібник визначається як «навчальне видання, що доповнює або частково (повністю) замінює підручник та офіційно затверджене як таке» [8].

Як свідчить аналіз наукової літератури, згаданий вище стандарт «дозволяє видавати такі різновиди посібників для навчального процесу, як [3, с. 29]:

- наочний посібник – видання, зміст якого передається в основному зображувальними засобами;
- практичний посібник – виробничо-практичне видання, призначене для оволодіння знаннями та навичками при виконанні будь-якої роботи, операції, процесу;
- навчальний наочний посібник
- навчальне образотворче видання матеріалів на допомогу у вивченні, викладанні чи вихованні;
- навчально-методичний посібник
- навчальне видання з методики викладання навчальної дисципліни (її розділу, частини) або з методики викладання».

Призначенням навчального посібника є поглиблення і доповнення знань, які передбачені програмою нормативного курсу. Структура даного видання не така вимоглива, як у підручнику.

Структура підручників і навчальних посібників має містити:

- зміст (перелік розділів);
- вступ (або передмова);

- основний текст;
- питання, тести для самоконтролю;
- обов'язкові та додаткові задачі, приклади
- обов'язкові та додаткові задачі, приклади
- довідково-інформаційні дані для розв'язання задач (таблиці, схеми тощо);
- покажчики (предметний, іменний) для орієнтації в матеріалах книги.

Зміст – це перелік заголовків рубрик у книзі. Заголовки змісту повинні точно повторювати заголовки у тексті. Скорочувати заголовки у змісті або давати їх в іншій редакції порівняно із заголовками у тексті не дозволяється.

До змісту, як правило, необхідно включати всі заголовки рукопису, за винятком підзаголовків, розташованих у підбір з текстом. Позначення ступенів прийнятої рубрикації (“частина”, “розділ”, “параграф” та їхні порядкові номери) пишуться в один рядок з відповідними заголовками і відділяються від них крапкою. Всі заголовки у змісті починаються з прописної літери без крапки на кінці. Останнє слово кожного заголовка з'єднують крапками з відповідним номером сторінки у правому стовпці змісту.

Функції посібника «Тепловий розрахунок двигуна» реалізуються через його структуру. Під структурою посібника у дидактиці прийнято розуміти сукупність його елементів та характер їх взаємодії при проектуванні навчального процесу [16].

На основі теплового розрахунку можна досить точно визначити навантаження на деталі двигуна від дії газів і температурні умови роботи цих деталей [5].

Структуру посібника відображає його зміст – перелік заголовків рубрик у книзі. Зміст посібника «Тепловий розрахунок двигуна» подано на рисунку 2.1.

ЗМІСТ

Передмова	4
§1. Вихідні параметри для розрахунку робочого процесу двигуна.....	5
§2. Паливо для двигунів внутрішнього згоряння.....	9
§3. Процеси газообміну, впуску.....	18
§4. Процес стиску.....	25
§5. Процеси згоряння.....	29
§6. Процес розширення.....	33
§7. Визначення основних розмірів циліндру.....	35
§8. Тепловий баланс двигуна.....	39
§9. Індикаторні показники двигуна.....	44
§10. Ефективні показники двигуна.....	47
§11. Особливості розрахунку двоциліндрних двигунів.....	51
§12. Розрахунок двигунів з наддувом.....	55
Література.....	59

Рисунок 2.1 – Зміст посібника «Тепловий розрахунок двигуна»

Посібник розпочинається із короткого вступу, у якому анонсовано про що буде йти мова в посібнику. Фрагмент передмови показано на рисунку 2.2.

Тепловий розрахунок двигуна

ПЕРЕДМОВА

Тепловий розрахунок двигуна слугує для визначення параметрів газів в робочому процесі двигуна, оцінки показників, що характеризують цикл в цілому. Також завдяки тепловому розрахунку двигуна визначити розміри двигуна, оцінити його показники економічності та потужності.

Виконання теплового розрахунку дозволяє здійснити зв'язок між окремими елементами робочого процесу та отримати уяву про вплив різних факторів на показники двигуна в цілому.

Тепловий розрахунок включає в себе визначення параметрів стану робочого тіла в характерних точках робочого циклу ДВЗ, визначення індикаторних та ефективних показників двигуна.

Даний навчальний посібник містить систематизовану методику розрахунків сучасних автомобільних двигунів.

Рисунок 2.2 – Фрагмент вступу посібника «Тепловий розрахунок двигуна»

Основний текст посібника – це дидактично та методично оброблений і систематизований автором навчальний матеріал. В основній частині

підручника викладаються теоретичні положення певної навчальної дисципліни. Дається наукове пояснення досліджуваним явищам, розкриваються істотні зв'язки й закономірності, наводяться доведення основних положень.

При розробленні посібника розбивається на навчальні модулі, теми, що складаються з кількох основних питань, мінімальних за обсягом, але завершених за змістом. Складається також перелік питань, необхідних і достатніх для оволодіння предметом.

Тупальський Н.І. у книзі «Система вимог до підручників для вищої й середньої школи» пропонує такі загальні правила розміщення матеріалу в підручнику [24]:

1. Дотримання принципів «від відомого до невідомого», «від простого до складного», «від легкого до важкого», «від конкретного до абстрактного», «від загального розгляду до детального аналізу» і т.п.
2. Наступне ґрунтується на попередньому, а попереднє підкріплюється наступним.
3. Почуттєве передує розумовому.
4. Матеріал більшою мірою породжує питання, ніж просте завчання.
5. Кожне правило супроводжується достатньою кількістю прикладів, що ілюструють його різноманітне застосування.
6. Приклади спираються на правила, а правила супроводжуються прикладами.
7. Суть справи не заступають другорядні деталі.
8. Сказане підтверджується посиланням на авторитети або ж логічними доказами.

Викладення матеріалу в навчальній книзі повинно відрізнятися об'єктивністю, науковістю та чіткою логічною послідовністю. Композиція підручника, подання термінів, прийоми введення до тексту нових понять, використання засобів наочності повинні бути спрямовані на те, щоб передати

студентові певну інформацію, навчити його самостійно користуватися книгою, захопити його, викликати інтерес до предмета, що вивчається.

Вибір виду ілюстрацій залежить від мети, яку ставить перед собою автор. Можна сформулювати такі загальні рекомендації авторам щодо ілюстрування навчальних книг:

- ілюстрації мають використовуватися тільки у тих випадках, коли вони розкривають, пояснюють або доповнюють інформацію, що міститься у книзі. Наявність їх дозволяє авторам передати більш чітко, точно та образно програмний матеріал, що викладається;
- вигляд ілюстрацій має відповідати ступеневі підготовленості студентів. Так, у підручниках для студентів молодших курсів ілюстрації мають відрізнятися більшою образністю, ніж ілюстрації для студентів старших курсів, які можуть вільно читати креслення та складні схеми;
- під час підготовки ілюстрацій слід враховувати можливості відтворення їх поліграфічним підприємством та інші фактори. Ось чому на цьому етапі важливою є спільна робота автора та редактора. Автор повинен чітко уявляти, як буде виглядати майбутнє видання;
- ілюстрації у вигляді схем не повинні повторювати матеріалу основного тексту або містити зайву інформацію, що відволікає читача від засвоєння теми;
- подані в підручниках та посібниках технічні креслення, що пояснюють устрій та принципи роботи машин, їх механізмів та вузлів, не повинні містити малозначущих подробиць;
- однотипні ілюстрації у підручнику мають бути виконані однією технікою;
- при поданні статистичних даних доцільно використовувати графіки та діаграми, які є ефективним засобом передачі інформації між величинами і явищами, що вивчаються;
- доцільно використовувати кольорові ілюстрації, які не тільки збагачують інформацію, а й акцентують увагу читачів на основних ідеях ілюстрованого матеріалу.

Приклад ілюстрованого матеріалу розробленого посібника показано на рисунку 2.3:

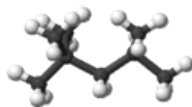


Рисунок 1 – Загальний вигляд молекули ізооктану

Рисунок 2.3 – Приклад ілюстрованого матеріалу посібника «Тепловий розрахунок двигуна»

У підручниках (навчальних посібниках) мають бути наведені джерела, з яких отримано фактичний матеріал, що вказуються у відповідних посиланнях та у бібліографічному списку.

Використовувати необхідно ті джерела, які допущені до опублікування у відкритому друці. У розділі «Бібліографічний список» підручника (посібника) необхідно вказати основну використану та рекомендовану літературу для поглибленого вивчення курсу. Список використаної літератури (або «Бібліографічний список») розміщують у кінці текстового матеріалу (перед додатками). Він повинен містити перелік джерел, використаний при виконанні роботи. Список вносять до змісту.

Нумерація списку використаної літератури наскрізна. Основними елементами бібліографічного опису є прізвище автора, назва твору, місце випуску, назва видавництва, рік випуску, кількість сторінок. Бібліографічні посилання необхідно давати на останнє видання твору або зібрання творів. Приклади оформлення бібліографічного опису розробленого посібника показано на рисунку 2.4

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобільні двигуни/ За ред. І.І.Тимченка. – Харків: Основа, 1995.– 460с
2. Анісімов В.Ф., Дмитрієва А.В., Севостьянов С.М. Б61 Тепловий та динамічний розрахунок автомобільних двигунів. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2008 – 125 с.
3. Гринюк А.С., Шишунов М.В., Орисенко О.В. Тепловий розрахунок двигуна внутрішнього згоряння: Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Двигуни внутрішнього згоряння" для студентів спеціальності 7.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання", 7.090217 "Обладнання нафтових і газових промислів", 7.090258 "Автомобілі та автомобільне господарство" денної й заочної форм навчання. – Полтава: ПолтНТУ, 2002 - 24 с.
4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Автомобільні двигуни" для бакалаврів з напрямку 6.0902 (Інженерна механіка) спеціальності "Автомобілі та автомобільне господарство", денної и заочної форми навчання, третє видання перероблена і доповнене /Укладачі Ю.А. Коржавін, Д.З.Шматко. - Дніпродзержинськ: ДДТУ 2014. - 40 с.

Рисунок 2.4 – Фрагмент використаної літератури посібника «Тепловий розрахунок двигуна»

Для покращення наочності інформації у посібнику використано позначення для: додаткової інформації, пояснювального тексту, запитань та завдань для самоконтролю. Загальний вигляд позначень показано на рисунку 2.5.

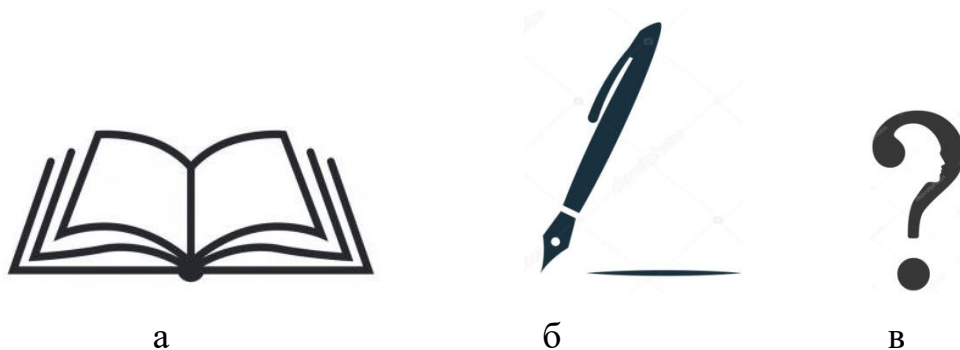


Рисунок 2.5 – Умовні позначення посібника: а – довідковий текст, б – пояснювальний текст, в – питання самоконтролю

У даному підрозділі окреслено ключові аспекти укладання змісту посібника. Показано розроблений зміст, вступ посібника.

2.2 Обґрунтування додаткового і пояснювального тексту посібника

Додаткова частина підручника, посібника – це факультативний текст, необхідний для більш глибокого і повного вивчення матеріалу. Додатковий текст дає студентіві наукову й довідково-енциклопедичну інформацію і тим самим дає змогу розширити межі програми вивчення дисципліни.

У таблиці 2.1 показано який додатковий та пояснювальний текст використовується в розробленому посібнику. Дані тексти використовуються для різних дидактичних одиниць.

Таблиця 2.1 – Додатковий та пояснювальний текст посібника «Тепловий розрахунок двигуна»

№ ДО	Назва дидактичної одиниці	Додатковий текст	Пояснювальний текст
1	2	3	4
ДО1.	Вихідні параметри для розрахунку робочого процесу двигуна	У більшості країн світу прийняті градуси Цельсія. У нашій країні ними почали користуватися лише після 1917 р. Шкала Кельвіна Шкала Кельвіна була запропонована в 1848 р. англійським ученим Уільямом Томсоном як точніший спосіб виміру температури. Шкала заснована на визначеннях шкали Цельсія і експериментальних доказах того, що температура абсолютного нуля дорівнює - 273 °С.	Номінальна потужність - потужність, яку створює двигун на колінчастому валу і яку можна використовувати для корисної роботи. Механічний коефіцієнт корисної дії (ККД) є важливою енергетичною характеристикою механізму і вказує на ефективність використання енергії в машині.
ДО2.	Паливо для двигунів внутрішнього згоряння	Цетановим числом (ЦЧ) називається процентний (за об'ємом) вміст цетану, в суміші з альфаметилнафталіном, яка має такий самий період затримки самозаймання, як і дане паливо.	Октановим числом (ОЧ) називається процентний (за об'ємом) вміст ізооктану в суміші з нормальним гептаном, яка за детонаційною стійкістю рівноцінна даному паливу. ОЧ характеризує антидетонаційні властивості палива. В ізооктану ОЧ=100. Для різних бензинів ОЧ становить 66...100. Чим більше ОЧ, тим вища детонаційна стійкість

			<p>бензину, тобто він менш схильний до детонації.</p> <p>Цетановим числом (ЦЧ) називається процентний (за об'ємом) вміст цетану, в суміші з альфаметилнафталіном, яка має такий самий період затримки самозаймання, як і дане паливо.</p> <p>Відношення дійсної кількості повітря до теоретично необхідного називається коефіцієнтом надлишку повітря.</p>
ДО3.	Процеси газообміну та впуску	<p>У 90-і роки все більше і більше двигунів стало обладнати системами зміни фаз газорозподілу таким чином, що кут перекриття клапанів міг змінюватися відповідно до режимів роботи двигуна. У цих системах, вживаних на двигунах DOHC (з двома розподільними валами), монтувався спеціальний пристрій в приводну шестерню розподільного валу впускних клапанів. Такі пристрої називають змінюваними фазами газорозподілу VIVT (Variable inlet valve timing).</p> <p>Паскаль (Па) — одиниця вимірювання тиску в системі SI. Ця одиниця також використовується для вимірювання механічного напруження, границі міцності на розрив та різноманітних модулів пружності, наприклад модуля Юнга. Названа на честь Блеза Паскаля.</p>	<p>Перекриття клапанів - період, коли впускні і випускні клапани відкриті одночасно.</p>
ДО4.	Процес стиску		<p>Політропний процес – термодинамічний процес у фізичній системі, під час якого її теплоємність залишається незмінною. Графічно політропний процес зображується кривою, яка називається політропою</p>
ДО5.	Процес згоряння	<p>Дифузія молекул в загальному випадку протікає ще повільніше. Наприклад, якщо шматочок цукру опустити на дно склянки з водою, і воду не</p>	<p>Дифузія — процес взаємного проникнення молекул або атомів однієї речовини поміж молекул або атомів іншої, що зазвичай приводить до вирівнювання їх</p>

		<p>перемішувати, то пройде кілька тижнів, перш ніж розчин стане однорідним. Ще повільніше відбувається дифузія однієї твердої речовини в іншу. Наприклад, якщо мідь покрити золотом, то буде відбуватися дифузія золота в мідь, але при нормальних умовах (кімнатна температура і атмосферний тиск) золотовмісний шар досягне товщини в кілька мікронів тільки через кілька тисяч років. Інший приклад: на золотий злиток був покладений злиток свинцю, і під вантажем за п'ять років свинцевий злиток проникнув в золотий злиток на сантиметр. Кількісно опис процесів дифузії дав німецький фізіолог Адольф Фік у 1855 р.</p>	<p>концентрацій у всьому займаному об'ємі.</p>
ДО7.	Визначення основних розмірів циліндру.		<p>Короткоходовий двигун – двигун внутрішнього згорання, в якому хід поршня менше діаметра циліндра. У довгоходовому двигуні хід поршня більше діаметра циліндра.</p>
ДО9.	Індикаторні показники двигуна.		<p>Індикаторні показники стосуються процесів, що відбуваються в циліндрі двигуна, і характеризують досконалість тепловикористання циклу.</p>
ДО11.	Особливості розрахунку двохтактних двигунів.		<p>Двохтактний двигун – поршневий двигун внутрішнього згорання, в якому робочий процес в кожному з циліндрів відбувається за один оберт колінчастого вала, тобто за два ходи поршня.</p>

Зразок пояснювального тексту посібника показано на рисунку 2.6.



Номінальна потужність - потужність, яку створює двигун на колінчастому валу і яку можна використовувати для корисної роботи.

Рисунок 2.6 – Пояснювальний текст у розробленому посібнику

Зразок довідкового тексту посібника показано на рисунку 2.7.



У більшості країн світу прийняті градуси Цельсія. У нашій країні ними почали користуватися лише після 1917 р. Шкала Кельвіна Шкала Кельвіна була запропонована в 1848 р. англійським ученим Уїльямом Томсоном як точніший спосіб виміру температури. Шкала заснована на визначеннях шкали Цельсія і експериментальних доказах того, що температура абсолютного нуля дорівнює $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рисунок 2.7 – Довідковий текст розробленого посібника

В підрозділі 2.2 кваліфікаційної роботи обґрунтовано додатковий і пояснювальний текст посібника, наведено приклади його використання. Показано, у яких дидактичних одиницях необхідно використовувати ці тексти.

2.3 Обґрунтування навчальних завдань посібника

Питання та завдання (для самоперевірки та контролю засвоєння знань) у посібнику дозволяють забезпечити більш ефективне опрацювання студентом навчального матеріалу у процесі самостійної роботи. Такі

контрольні питання та завдання, що розміщуються наприкінці кожної структурної частини книги (глави, параграфа), мають сприяти формуванню практичних прийомів і навичок логічного мислення. Необхідно пам'ятати, що методично вірно поставлені питання та завдання є запорукою того, що процес засвоєння знань у ході самостійної роботи з книгою приведе до їх практичного застосування.

У ході виконання контрольних завдань бажано передбачити використання обчислювальної техніки, аудіовізуальних засобів навчання, забезпечити умови обов'язкового використання нормативної та довідкової літератури. Під час написання навчальних книг необхідно орієнтувати студента на активну пізнавальну діяльність, самостійну творчу працю та вміння розв'язувати задачі. У кожному підручнику, посібнику мають бути приклади, питання, задачі.

З метою контролю засвоєння знань у посібнику «Тепловий розрахунок двигуна» нами було використано питання та завдання для самоконтролю.

Зразок питань для самоконтролю подано відповідно на рисунку 2.8.



Питання та завдання для самоконтролю

- 1. Дати визначення поняття номінальна потужність.*
- 2. Дати визначення поняття механічний коефіцієнт корисної дії.*
- 3. Перевести із градусів Цельсія у градуси Кельвіна значення 15 °С.*
- 4. Розкрити фізичну сутність ступеню стиску.*
- 5. Для яких двигунів ступінь стиску більша, дизельних чи з іскровим запалюванням?*
- 6. Як вибирають мінімальний ступінь стиску для дизельних двигунів?*
- 7. Яким є загальноприйнятий тиск навколишнього середовища?*

Рисунок 2.9 – Зразок питань та завдань для самоконтролю

Тестологія – наука про створення і використання тестів. У галузі педагогічних вимірювань тестологія – це теоретико-методологічне й

методичне обґрунтування процесів розробки й застосування педагогічних тестів [9].

Очевидно що, тестологічний апарат – це сукупність дидактичних дефініцій, психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій, які полегшують, спрощують або пояснюють процес здійснення тестових досліджень. Тестологічний апарат – це наслідок об'єктивного процесу комп'ютеризації освіти та інформатизації суспільства, що містить ефективні елементи інших технологій навчання в галузі тестології.

Тестування — це метод педагогічної діагностики, за допомогою якого вибір поведінки, що презентує передумови чи результати навчального процесу, повинен максимально відповідати принципам співставлення, об'єктивності, надійності та валідності вимірів, повинен пройти обробку й інтерпретацію та бути прийнятним для застосування в педагогічній практиці.

Тестування застосовується у техніці, медицині, психології, освіті для визначення придатності об'єкта тестування виконувати ті чи інші функції. Якість тестування і достовірність її результатів значною мірою залежить від тестуючого і тесту. У педагогіці тестом називають специфічну уніфіковану форму і процедуру виміру та контролю знань і навичок, що базується на застосуванні педагогічних тестів. Під час моніторингу навчальної діяльності тестування дає можливість:

- співвіднести якість знань та вмінь кожного вихованця з окремих навчальних дисциплін, освітніх галузей або навчального плану в цілому з вимогами освітнього мінімуму;
- визначити рівень утруднень вихованця з кожного розділу програми, а під час використання багатомірних тестів, виявити також міру володіння ним предметними та поза предметними компетенціями;
- дати якісну характеристику його знань та вмінь.

Форма завдання тесту – це різновид тестових завдань певної формальної структури, спосіб організації, упорядкування та існування змісту тесту. Завдання, які використовують у тестах на перевірку успішності, мають

різні форми: завдання з вибором однієї або кількох правильних відповідей, завдання на встановлення відповідності, завдання на встановлення правильної послідовності, відкриті завдання з короткою відповіддю, відкриті завдання з розгорнутою відповіддю тощо.

Недоліки тестових випробувань:

- формування та обробка якісного тестового інструментарію – тривалий, трудомісткий і дорогий процес (стандартні набори тестів для більшості дисциплін не розроблено, а розроблені зазвичай мають низьку якість);
- дані, отримані внаслідок тестування, можуть містити у собі інформацію про прогалини у знаннях (у конкретних модулях), що не дозволяють одержати висновки щодо причин таких прогалин;
- важко виміряти або перевірити високі, продуктивні рівні знань, пов'язані з творчістю, тобто ймовірнісні, абстрактні і методологічні знання;
- залучення всіх тем у тестуванні веде за собою для студента зменшення ймовірності ґрунтовного і глибокого аналізу конкретної теми;
- для якісного тестування потрібно забезпечення конфіденційності тестових завдань.
- присутній елемент випадковості (розпізнавання відповіді під час тестування), що спотворює результати тесту й призводить до необхідності обліку відносної складової при її аналізі.

Отже, тестування дає змогу здійснити вимірювання середньої оцінки та ступеня навченості студента (учня) і дає можливість провести якісний аналіз результатів навчальної діяльності студентів за визначений проміжок часу або впродовж усього навчального року (періоду навчання).

Для перевірки якості засвоєння знань теми було розроблено тестове поле, як один із засобів контролю. Приклад тестових завдань показано на рисунку 2.10.

Визначення яких основних параметрів є метою розрахунку процесу випуску?

Визначення яких основних параметрів є метою розрахунку процесу випуску?

- тиск і температура в кінці впуску
- тиск і температура в кінці стиску
- коефіцієнт наповнення
- ступінь стиску
- тиск і температура в кінці випуску

Визначення яких основних параметрів є метою розрахунку процесу випуску?

Визначення яких основних параметрів є метою розрахунку процесу випуску?

- тиск і температура в кінці впуску, коефіцієнт наповнення
- максимальний тиск і температура циклу
- ККД двигуна і середній індикаторний тиск
- ступінь стиску
- коефіцієнт використання теплоти

Рисунок 2.10 – Фрагмент тестових завдань навчального посібника

У підрозділі 2.3 кваліфікаційної роботи обґрунтовано навчальні завдання посібника. Визначено, що в ньому можуть використовуватися питання та завдання для самоконтролю, тести.

2.4 Експертний аналіз якості посібника

Навчальні матеріали – це інформація, що систематизована у відповідності до навчальної дисципліни і представлена у формі, яка зручна для використання в навчальному процесі.

Для оцінки якості посібника “Тепловий розрахунок двигуна” було використано метод анкетування.

Анкетування – один із найбільш поширених, найбільш популярних видів. При анкетуванні респондент сам заповнює анкету в присутності дослідника або без нього. За формою проведення воно може бути індивідуальним або груповим. У останньому випадку можна за короткий час опитати велику кількість респондентів. Воно також буває очним і заочним. Найбільше поширені форми заочного: поштове опитування, опитування через газету, журнал і телебачення. З точки зору достовірності важко віддати перевагу якомусь виду опитування.

Анкета – це тиражований документ, який містить певну сукупність запитань, сформульований і пов’язаних між собою за встановленими правилами. Дослідник втрачає контроль у момент роздачі або розсилання анкети. Тому її конструкція, звертання, питання, коментарі повинні бути зрозумілими для респондента.

Респондентами стали студенти (здобувачі освіти) та викладачі дисциплін автомобільного спрямування.

Для анкетування використовувалась анкета “Лист моніторингу якості навчального видання”, яка розроблена у Хмельницькому національному університеті.

Для більш наочного сприйняття анкетування у вказаній анкеті ми збільшили поле оцінок кожного компонента до кількості 6 балів. Тобто, мінімальна оцінка за кожен складову оцінювання 1 бал, максимальна – 6 балів.

Загальний вид нашої анкети показаний на рисунку 2.11.

Анкета якості навчального видання

Назва видання: _____
 П.І.П. автора (авторів) _____
 Назва навчальної дисципліни _____
 Шифр і назва галузі знань, спеціальності _____

Компоненти якості навчального видання та їх оцінка	
Назва компонента	Оцінка
1. Відповідність структури навчального видання його виду	
2. Відповідність програмі навчальної дисципліни, освітньо-професійній програмі / стандарту вищої освіти	
3. Науковий рівень видання	
4. Актуальність та новизна матеріалу	
5. Повнота та якість навчального матеріалу	
6. Систематичність, структурованість і послідовність подачі матеріалу	
7. Доцільність та якість ілюстративного матеріалу	
8. Чіткість визначень, формулювань, висновків	
9. Дотримання загальноприйнятої термінології, норм, правил, стандартів; відповідність позначень величин чинним вітчизняним та міжнародним стандартам	
10. Використання активних методів та технологій навчання	
11. Наявність методичного апарату видання (організація СРС, розвиток логічного мислення тощо)	
12. Повнота і якість дидактичного апарату (зміст, вступ, заключна частина, посилання на літературу тощо)	
13. Досконалість літературного стилю	
14. Дотримання вимог до оформлення видання (набір тексту, шрифт, виконання таблиць, набір формул тощо)	
Підсумкова оцінка	

Рисунок 2.11 – Анкета якості навчального видання

Усього в анкетуванні прийняли участь 35 респондентів. Для наочності узагальнення результатів проведеного анкетування використали діаграми як чудовий засіб наочності.

На рисунку 2.12 показано результат анкетування компоненту 1

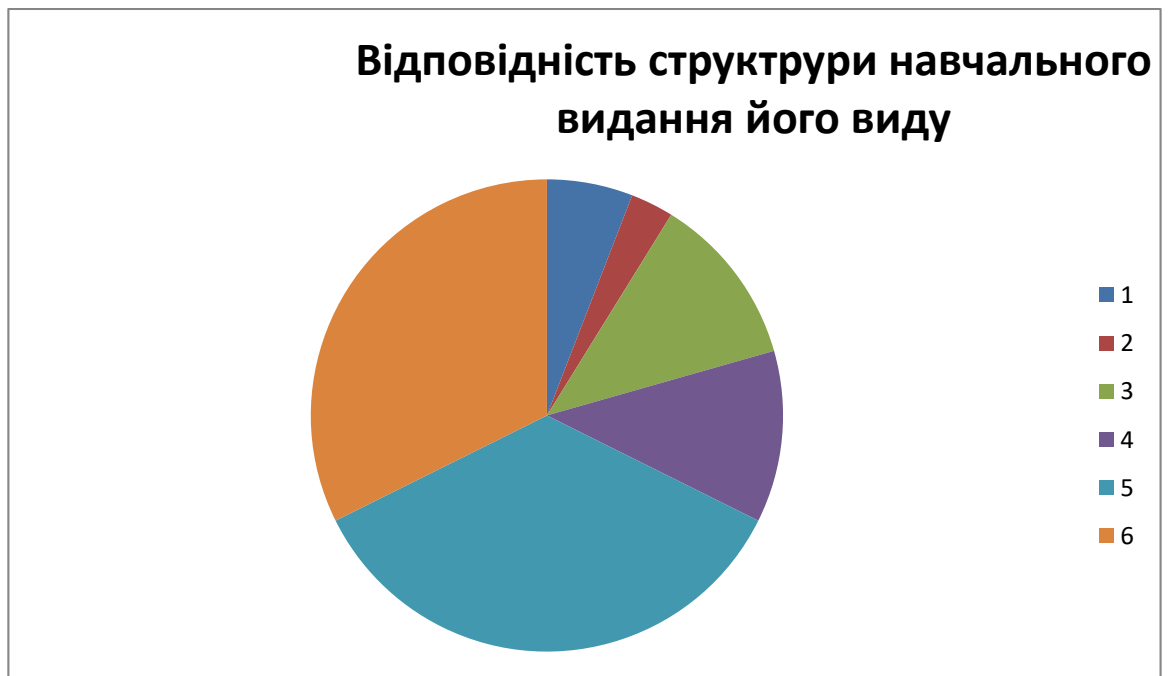


Рисунок 2.12 – Результат анкетування компоненту №1

Як видно із діаграми, показаної на малюнку 2.12, більшість респондентів поставили високі бали відповідності структури навчального видання його виду. Водночас незначна кількість респондентів поставила для цього пункту низькі бали.

У даному підрозділі виконано експертний аналіз якості посібника.

Висновки до розділу

В другому розділі визначено основні складові апарату посібника: апарат орієнтування (вступ, пояснення у вигляді основного та додаткового текстів); апарат організації засвоєння матеріалу (запитання, завдання для самоконтролю); апарат обробки видання в цілому (зміст, бібліографія).

Виконано експертний аналіз якості посібника.

Висновки

В ході виконання роботи виконано усі поставлені завдання.

Розроблено макет навчального посібника на тему «Тепловий розрахунок двигуна» для студентів професійно-технічних та вищих навчальних закладів.

В першому розділі проведено аналіз огляд літературних джерел схожої тематики. Визначено переваги та недоліки кожного видання, які враховані при проектуванні власного посібника. Визначено результати навчання з теми «Тепловий розрахунок двигуна», де вказано що студенти повинні уміти та знати при завершення вивчення теми. Скомпоновано інформаційне поле навчального матеріалу та сформовано дидактичні одиниці навчального матеріалу основного тексту посібника. Всього використано дванадцять дидактичних одиниць. З метою встановлення оптимальної послідовності викладу основного тексту посібника було проведено структурування навчального матеріалу та побудовано його структурно-сміслову модель.

В другому розділі обґрунтовано методичний апарат посібника, визначено основні його складові: апарат орієнтування (вступ, пояснення у вигляді основного та додаткового текстів); апарат організації засвоєння матеріалу (запитання, завдання для самоконтролю); апарат обробки видання в цілому (зміст, бібліографія). Розроблено макет навчального посібника «Тепловий розрахунок двигуна», виконано експертний аналіз якості посібника.

В результаті використання посібника «Тепловий розрахунок двигуна» учні (студенти) дізнаються або поглиблюють знання про теорію автомобіля.

Перелік джерел посилання:

1. Автомобільні двигуни/ За ред. І.І.Тимченка. – Харків: Основа, 1995.– 460с
2. Анісімов В.Ф., Дмитрієва А.В., Севостьянов С.М. Б61 Тепловий та динамічний розрахунок автомобільних двигунів. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2008 – 125 с.
3. Артёмов І.В., Ващук О.М. Навчальна книга: організація і методика створення: посібник. – Ужгород: закладу, 2012. – 238 с.
4. Артюх С. Ф. Педагогические аспекты преподавания инженерных дисциплин. Пособие для преподавателей / Артюх С. Ф., Коваленко Е. Э., Белова Е. К, Изюмская Г. В., Беликова В. В – Х.: УИПА, 2001. – 210 с.
5. Гранат Д. О. Проектування змісту навчального посібника «Тепловий розрахунок двигуна» / Дмитро Олександрович Гранат // Актуальні проблеми професійної та технологічної освіти: погляд у майбутнє : матер. Всеукр. студ. наук.-практ. конф. (Умань, 28 жовт. 2022 р.) / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини ; [редкол.: С. І. Ткачук (голов. ред.), Т. Н. Азіз / Дмитро Олександрович Гранат. – Умань: Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини, 2022. – С. 24–26.
6. Гринюк А.С., Шипунов М.В., Орисенко О.В. Тепловий розрахунок двигуна внутрішнього згорання: Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Двигуни внутрішнього згорання" для студентів спеціальності 7.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання", 7.090217 "Обладнання нафтових і газових промислів", 7.090258 "Автомобілі та автомобільне господарство" денної й заочної форм навчання. – Полтава: полтнту, 2002 - 24 с.
7. Дидактичні системи у вищій освіті : навч. Посіб. / авт.-упоряд. В. В. Бойченко. – Умань : ПП Жовтий О. О., 2013. – 121 с. – (Серія «Педагогіка вищої школи»).

8. ДСТУ 3017-95. Видання. Основні види. Терміни та визначення. – Чинний від 1996-01-01. – К. : Держстандарт України, 1995. – 47 с.
9. Короткий тестологічний словник-довідник. — К56 К.: Грамота, 2008. — 160 с.
10. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Автомобільні двигуни” для бакалаврів з напрямку 6.0902 (Інженерна механіка) спеціальності “Автомобілі та автомобільне господарство”, денної и заочної форми навчання, третє видання перероблена і доповнене /Укладачі Ю.А. Коржавін, Д.З.Шматко. - Дніпродзержинськ: ДДТУ 2014. - 40 с.
11. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Теорія ДВЗ» для студентів спеціальності 7(8).05050304 «Двигуни внутрішнього згорання» всіх форм навчання / Укл.: Г.І. Слинько, Я.О. Єгоров. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. - 54 с.
12. Методичні рекомендації щодо розроблення навчальної та навчально-методичної літератури Хмельницькому національному університеті. / Укл. Бегняк В.І., Любохинець Л.С., Яремчук В.С. / Хмельницький, 2022.
13. Міністерство освіти і науки України (МОН України). Методичні рекомендації щодо структури, змісту та обсягів підручників і навчальних посібників для вищих навчальних закладів [Вебсайт] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0006290-05#Text> (дата звернення 01.12.2022).
14. Наказ МОН № 588 від 27.06.2008 р. «Щодо видання навчальної літератури для вищої школи».
15. Основи техніки творення книги [Текст]: Рекоменд. Міносвіти України як навч. посібник. – Львів: Каменяр, 2000. – 136 с.
16. Психологія діяльності та навчальний менеджмент: Навч. Посіб. ; За заг. Ред. М. В. Артюшиної. — К.: КНЕУ, 2008. — 336 с.
17. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології (Автомобілі)» / укл. Яремчук А.А. – Хмельницький, 2022.

18. Стефановський О.Б. Розрахунок параметрів робочого циклу, показників його і тракторного двигуна навчальний посібник для самостійної роботи з дисципліни «Трактори і автомобілі» розділ „Основи теорії, конструювання і аналіз роботи тракторних та автомобільних двигунів”.
19. Структура, зміст та обсяг навчальних та навчально-методичних видань для ПТНЗ :методичні рекомендації щодо структури, змісту та обсягів навчальних та навчально-методичних видань для професійно-технічних навчальних закладів. – Ужгород, 2009. – 23 с.
20. Тепловий розрахунок автомобільного двигуна. Методичні вказівки до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Автомобільні двигуни» для підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 274 – «Автомобільний транспорт» / Укл.: Кужельний Я.В., Скляр В.М., Литвин О.О. – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – 36 с.
21. Технології поліграфічного виробництва [Електронний ресурс]: навчальний посібник / О.І. Пушкар, Є.М. Грабовський, М.М. Оленич. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 195 с
22. Тимошик М. Книга для автора, редактора, видавця: [практичний посібник] / Тимошик М. – К.: Наша культура і наука, 2005. – 560 с.
23. Типологія навчальних видань [Вебсайт] – Режим доступу до ресурсу: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/42711/4/Лекція%202.pdf> (дата звернення 20.11.2022).
24. Тупальський М., Афанасьєв М., Ромашова Я. Інформаційні технології в навчальному процесі // Вища школа. – 2010. – № 10. – С.49–61.