

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"**

**"Теорія двигунів внутрішнього згорання"**

**390 год. / 13 кредитів ЕКТС**

**(90 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 45 год. практичних занять )**

***Навчальний контент***

**Модуль 1**

**Змістовий модуль 1. Загальні відомості про двигуни внутрішнього згорання та принцип їх роботи**

**Тема 1.** Визначення ДВЗ та порівняння поршневих двигунів з іншими типами теплових машин. Класифікація ДВЗ за основними ознаками. Маркування згідно ДСТУ та фірм виробників двигунів. Вимоги класифікаційних товариств.

**Тема 2.** Принцип будови і роботи чотиритактних та двотактних двигунів. Схема роботи чотиритактного двигуна без наддуву та з наддувом. Графічне зображення особливостей процесу випуску та наповнення чотиритактних двигунів без наддуву та з наддувом.

**Тема 3.** Схеми роботи двотактних двигунів при різних типах газообміну (для прямоточних і контурних систем). Графічне зображення схем продувки циліндра. Частка втраченого ходу та геометрична ступінь стиснення.

**Тема 4.** Загальні відомості про двигуни нетрадиційних схем. Принцип дії і конструктивні схеми двигунів: Вохег, Стирлінга, Ванкеля, Кушуля, Баландіна і інших нетрадиційних схем. Переваги і недоліки цих двигунів, перспектива розвитку і області можливого їх застосування.

**Змістовий модуль 2. Цикли ДВЗ**

**Тема 5.** Узагальнений ідеальний (термічний) цикл ДВЗ. Загальні поняття і визначення. Характеристика окремих елементарних процесів. Безрозмірні параметри показників циклу і співвідношення між ними.

**Тема 6.** Окремі випадки узагальненого ідеального циклу. Порівняльний аналіз. Основні показники циклу та їх вплив на величину термічного ККД.

**Тема 7.** Визначення коефіцієнта залишкових газів ( $\gamma_r$ ) для різних типів двигунів та його вплив на їх економічність і потужність.

**Тема 8.** Розрахункові цикли ДВЗ. Загальні поняття і визначення. Основні відмінності розрахункового циклу від ідеального. Визначення параметрів робочого

тіла при наповненні циліндра (вивід розрахункової формули коефіцієнта наповнення ( $\eta_n$ ) та його розрахунок).

**Тема 9.** Процес стиснення робочого тіла в циліндрі двигуна: по адіабаті, по політропі, по розрахунковій політропі (псевдо адіабаті). Визначення показників для розрахункової політропи. Основні параметри робочого тіла при стисненні (ступінь стиснення). Параметри повітря в кінці процесу стиснення.

**Тема 10.** Схема подачі та процес згоряння палива в циліндрі двигуна, фази згоряння. Загальна характеристика процесу згоряння в газових та дизельних двигунах. Термохімія процесу згоряння та визначення кількості необхідного повітря для згоряння палива. Теоретична і дійсна кількість повітря, необхідна для згоряння 1 кг палива. Коефіцієнт надлишку повітря ( $\alpha$ ) при згорянні, фактори, які впливають на його величину. Зв'язок між формою камери згоряння та значенням коефіцієнту залишкових газів ( $\gamma_r$ ).

**Тема 11.** Робота двигуна на суміші різних палив. Визначення теплоти згоряння палива і суміші різних палив. Кількість і склад продуктів згоряння, які утворюються при спалюванні 1 кг палива. Коефіцієнти молекулярної зміни у різних точках згорянні палива.

**Тема 12.** Теплоємність "чистого" повітря і "чистих" продуктів згоряння. Теплоємність дійсних продуктів згоряння в характерних точках робочого циклу. Коефіцієнт виділення і використання тепла палива, яке згоріло. Тепловий ефект реакції горіння палива в ДВЗ (закон Кірхгофа). Визначення максимального тиску в процесі згоряння.

**Тема 13.** Ступінь підвищення тиску при згорянні палива, та визначення максимальної температури робочого тіла ( $T_z$ ). Рекомендовані періоди випередження подачі та згоряння палива. Процес розширення (ізобарне та політропне). Ступінь попереднього і послідуєчого розширення. Розрахункове значення політропи розширення в розрахунковому циклі. Визначення параметрів робочого тіла в кінці процесу розширення. Зв'язок між ступенем стиснення ( $\epsilon$ ) та ступенем попереднього та подальшого розширення.

**Тема 14.** Розрахунок і побудова теоретичної індикаторної діаграми. Методика побудови розрахункової індикаторної діаграми чотири- і двотактних двигунів в координатах P-V та P- $\phi$ . Біцентрична поправка Брікса. Коефіцієнт округлення згорнутої теоретичної індикаторної діаграми ( $\phi_{окр.}$ ).

**Тема 15.** Дійсні цикли ДВЗ. Основні відмінності дійсних циклів від розрахункового. Основні показники циклу. Порівняльний аналіз.

**Тема 16.** Робота і середній тиск в розрахунковому циклі. Поправки до розрахункової індикаторної діаграми. Індикаторні показники робочого циклу ДВЗ. Середній індикаторний тиск та індикаторна потужність ДВЗ. Індикаторний ККД розрахункового циклу. Питома індикаторна витрата палива. Відносний ККД.

**Тема 17.** Обґрунтування вибору коефіцієнта надлишку повітря ( $\alpha$ ) для різних типів ДВЗ з метою підвищення індикаторного ККД ( $\eta_i$ ).

**Тема 18.** Механічні витрати в двигуні. Складові механічних втрат та методи їх оцінки. Механічний ККД. Залежність механічного ККД від швидкісного і навантажувального режимів ДВЗ.

**Тема 19.** Ефективні показники, які характеризують роботу двигуна в цілому. Середній ефективний тиск та ефективна потужність, ефективний ККД і питома ефективна витрата палива. Зв'язок між індикаторними та ефективними параметрами роботи двигуна.

### **Змістовий модуль 3. Газодизелі**

**Тема 20.** Характеристика, властивості та екологічне обґрунтування використання газових і газорідних палив. Проблеми використання газу (LNG, LPG) в якості палива для ДВЗ (GI, DF) на морських судах. Двопаливні двигуни (Dual Fuel). Особливості переобладнання дизельних двигунів у газодизелі. Конструкція газової форсунки двигунів ME-GI.

**Тема 21.** Особливості роботи газових і газорідних двигунів по циклу Отто. Внутрішнє сумішоутворення. Схеми подачі газу до циліндра двигуна: низького тиску та високого тиску (прямого упорскування газу - Direct Injected Gas (GD)). Вимоги класифікаційних товариств.

### **Змістовий модуль 4. Наддув ДВЗ**

**Тема 22.** Класифікація двигунів згідно основних ознак сучасних схем наддуву. Ступінь наддуву для різних двигунів. Наддув ДВЗ як засіб підвищення їх потужності.

**Тема 23.** Використання енергії випускних газів для наддуву. Внутрішня утилізація теплоти. Сумісна робота турбіни та компресора у складі системи наддуву.

**Тема 24.** Охолодження наддувного повітря. Нижня межа температури охолодження наддувного повітря. Цілі і способи охолодження наддувного повітря. Принципові схеми охолодження повітря різних двигунів, їх порівняльна характеристика.

### **Змістовий модуль 5. Тепловий баланс ДВЗ, утилізація теплоти**

**Тема 25.** Особливості теплопередачі в ДВЗ. Визначення коефіцієнту тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра.

**Тема 26.** Теплонапруженість деталей ДВЗ. Визначення температури на внутрішній та зовнішній поверхні циліндра і термічної деформації втулки циліндра. Термічні напруження у втулці.

**Тема 27.** Тепловий баланс двигуна для різних типів ДВЗ. Розрахунок теплових втрат через стінки циліндра на основі відокремленого індикаторного процесу двигуна.

**Тема 28.** Визначення термічних напружень у деталях ЦПГ.

**Тема 29.** Утилізація теплових втрат в ДВЗ через поверхню циліндра з газами та при охолодженні наддувного повітря. Можливості та вплив утилізації теплових втрат на економічність силової установки в цілому. Способи використання тепла випускних газів і охолоджувальної води. Нетрадиційні схеми утилізації теплових втрат. Використання силових турбоагрегатів.

**Тема 30.** Визначення паропродуктивності утилізаційних котлів для СДВЗ.

## Модуль 2

### Змістовий модуль 6. Паливоподача та горіння в ДВЗ

**Тема 31.** Процеси паливоподачі в двигунах з внутрішнім сумішоутворенням.

**Тема 32.** Основи розрахунку внутрішнього сумішоутворення в залежності від форми камери згорання.

**Тема 33.** Оцінка способу та якості розпилювання палива для різних типів двигунів.

**Тема 34.** Основи теорії горіння палива в ДВЗ. Використання основних положень горіння по методу проф. Вібе.

### Змістовий модуль 7. Газообмін чотиритактних та двотактних двигунів

**Тема 35.** Основні відомості про процеси газообміну чотири- і двотактних двигунів. Фази і періоди процесу випуску із циліндрів чотири- і двотактних двигунів. Показники якості газообміну, порівняльна оцінка існуючих систем газообміну. Особливості розрахунку процесу газообміну двотактних двигунів з різними системами газообміну.

**Тема 36.** Теоретично-необхідний час-переріз органів газообміну. Вихідні рівняння для виведення розрахункових співвідношень теоретично-необхідного час-перерізу фаз газообміну. Розрахунок параметрів газу в циліндрі при вільному випуску. Розрахунок теоретично-необхідного час-перерізу примусового випуску і продувки. Визначення наявного час-перерізу при різних фазах органів газообміну.

**Тема 37.** Можливості використання математичного моделювання процесів газообміну чотири- і двотактних двигунів для рішення практичних інженерних задач.

### **Змістовий модуль 8. Екологізація ДВЗ**

**Тема 38.** Проблеми та перспективні напрямки екологізації ДВЗ.

**Тема 39.** Фізико-хімічні основи та закономірності утворення оксидів азоту (термічного, "швидкого") та сажі. Оцінка екологічності двигуна за допомогою за допомогою математичних моделей.

**Тема 40.** Основні напрямки та перспективи подальшого розвитку ДВЗ. Малотоксичні мобільні енергетичні установки майбутнього.

### **Модуль 3. Курсовий проект**

**1.** Технічна характеристика двигуна. Сфера його застосування.

**2.** Розрахунок робочого процесу двигуна (вибір і обґрунтування основних даних для розрахунку; визначення потрібного тиску надувного повітря для отримання необхідної потужності; розрахунок процесу наповнення циліндру; розрахунок процесу стискання; розрахунок процесу згоряння; розрахунок процесу розширення; визначення індикаторних показників циклу; визначення ефективних параметрів двигуна; визначення енергетичних можливостей газової турбіни та повітряного компресора).

**3.** Розрахунок і побудова згорнутої та розгорнутої індикаторних діаграм (побудова процесу стискання; побудова процесу розширення; визначення середнього індикаторного тиску).

**4.** Виконання креслення поперечного розрізу двигуна.

**5.** Виконання креслення індикаторних діаграм та діаграм газообміну двигуна.

**6.** Оформлення пояснювальної записки та графічної частини в цілому відповідно нормам ЄСКД. Його захист.

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія"  
зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"**

**" Теорія двигунів внутрішнього згоряння"**

**390 год. / 13 кредитів ЕКТС**

**(90 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 45 год. практичних занять )**

**Теми практичних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Модуль 1</b>		
<b>Змістовий модуль 1. Загальні відомості про двигуни внутрішнього згоряння та принцип їх роботи</b>		
1	Конструктивні схеми, класифікація та маркування двигунів турбопоршневих внутрішнього згоряння.	2
2	Графічне визначення частки втраченого ходу та геометричного ступеня стиснення.	2
3	Принцип роботи та конструктивна схема опозитного двигуна Subaru типу Boxer(FB) та 6ТД-2.	2
<b>Змістовий модуль 2. Цикли ДВЗ</b>		
4	Ідеальні цикли ДВЗ. Аналіз впливу основних факторів на ККД різних циклів.	2
5	Аналіз впливу різноманітних чинників на процес наповнення циліндра ( $\eta_H$ ).	2
6	Визначення теплоти згоряння палива. Теоретична та дійсна кількість повітря для згоряння 1 кг палива.	2
7	Визначення параметрів процесу стиснення в циліндрі ДВЗ та значень розрахункової політропи.	2
8	Розрахунок та побудова згорнутої індикаторної діаграми, визначення індикаторної потужності двигуна.	2
9	Обґрунтування вибору коефіцієнта надлишку повітря ( $\alpha$ ) для різних типів ДВЗ за допомогою математичної моделі відокремленого індикаторного процесу.	2
10	Визначення та оптимізація індикаторних і ефективних показників роботи двигуна. Механічні втрати в двигуні.	2
<b>Змістовий модуль 3. Газодизелі</b>		
11	Особливості розрахунку робочого циклу газорідинного двигуна.	2
<b>Змістовий модуль 4. Наддув ДВЗ</b>		
12	Аналіз систем наддуву двигунів наземного транспорту та судових ДВЗ	2
13	Визначення балансу потужності турбіни та компресора при	2

	газотурбінному наддуві.	
<b>Змістовий модуль 5. Тепловий баланс ДВЗ, утилізація теплоти</b>		
14	Визначення коефіцієнту тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра дво- та чотиритактних ДВЗ.	2
15	Розрахунки теплового балансу двигунів різного типу. Вивчення шляхів утилізації теплових втрат у ДВЗ.	2
<b>Усього за модулем 1</b>		<b>30</b>
<b>Модуль 2</b>		
<b>Змістовий модуль 6. Паливоподача та горіння в ДВЗ</b>		
16	Аналіз процесів паливоподачі в дизельних двигунах. Системи паливоподачі.	3
17	Аналіз геометрії факелу розпилю палива в залежності від форми камери згорання.	3
18	Практичне застосування емпіричного закону горіння Вібе при розрахунку робочого циклу двигуна.	3
<b>Змістовий модуль 7. Газообмін чотиритактних та двотактних двигунів</b>		
19	Розрахунок теоретично необхідного та побудова наявного час-перерізу органів газообміну для різних систем газообміну.	2
20	Розрахунок наявного час-перерізу органів газообміну двотактного двигуна з різними типами продувок	2
21	Розрахунок та побудова діаграм наявного час-перерізу чотиритактного двигуна. Визначення параметрів газу у випускному колекторі чотиритактного двигуна з ізобарною системою наддуву.	2
<b>Усього за модулем 2</b>		<b>15</b>
<b>Усього</b>		<b>45</b>

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія"  
зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"**

**" Теорія двигунів внутрішнього згорання"**

**390 год. / 13 кредитів ЕКТС**

**(90 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 45 год. практичних занять )**

***Теми лабораторних занять***

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми</b>	<b>Кількість годин</b>
<b>Модуль 2</b>		
<b>Змістовий модуль 6. Паливоподача та горіння в ДВЗ</b>		
1	Аналіз будови елементів системи паливоподачі в двигунах з примусовим запалюванням палива.	2
2	Визначення показника характеру згорання у двостадійному процесі згорання палива.	4
<b>Змістовий модуль 7. Газообмін чотиритактних та двотактних двигунів</b>		
3	Розрахункове визначення показників якості газообміну.	3
4	Математичне моделювання процесів газообміну ДВЗ для вирішення практичних інженерних задач.	3
5	Дослідження утворення оксидів азоту у різних типах ДВЗ.	3
<b>Усього</b>		<b>15</b>



**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія"  
зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"**

**" Теорія двигунів внутрішнього згорання"**

**390 год. / 13 кредитів ЕКТС**

**(90 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 45 год. практичних занять )**

*Завдання для самостійної роботи*

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Модуль 1</b>		
<b>Змістовий модуль 1. Загальні відомості про двигуни внутрішнього згорання та принцип їх роботи</b>		
1	Маркування згідно ДСТУ та фірм виробників двигунів. Вимоги класифікаційних товариств	4
2	Схема роботи чотиритактного двигуна без наддуву та з наддувом	3
3	Графічне зображення схем продувки циліндра. Частка втраченого ходу та геометрична ступінь стиснення	3
4	Принцип дії і конструктивні схеми двигунів: Вохер, Стирлінга, Ванкеля, Кушуля і інших нетрадиційних схем	3
<b>Змістовий модуль 2. Цикли ДВЗ</b>		
5	Безрозмірні параметри показників циклу термічного циклу і співвідношення між ними	4
6	Основні показники ідеального циклу та їх вплив на величину термічного ККД	4
7	Визначення коефіцієнта залишкових газів ( $\gamma_r$ ) для різних типів ДВЗ	4
8	Визначення параметрів робочого тіла при наповненні циліндра та принцип їх розрахунку	4
9	Процес стиснення робочого тіла в циліндрі двигуна	4
10	Термохімія процесу згорання та визначення кількості необхідного повітря для згорання палива. Теоретична і дійсна кількість повітря, необхідна для згорання 1 кг палива	4
11	Робота двигуна на суміші різних палив. Коефіцієнти молекулярної зміни у різних точках згорання палива	4
12	Коефіцієнт виділення і використання тепла палива, яке згоріло.	4

	Закон Кірхгофа. Визначення максимального тиску в процесі згоряння	
13	Рекомендовані періоди випередження подачі та згоряння палива. Зв'язок між ступенем стиснення ( $\epsilon$ ) та ступенем попереднього та подальшого розширення	5
14	Біцентрична поправка Брікса. Коефіцієнт округлення згорнутої теоретичної індикаторної діаграми ( $\phi_{окр.}$ )	4
15	Основні показники дійсних циклів ДВЗ	4
16	Індикаторний ККД розрахункового циклу, питома індикаторна витрата палива. Відносний ККД	4
17	Залежність значень коефіцієнта надлишку повітря від індикаторного ККД	4
18	Залежність механічного ККД від швидкісного і навантажувального режимів ДВЗ	4
19	Зв'язок між індикаторними та ефективними параметрами роботи двигуна	4
<b>Змістовий модуль 3. Газодизелі</b>		
20	Особливості переобладнання дизельних двигунів у газодизелі. Конструкція газової форсунки двигунів ME-GI	3
21	Схеми подачі газу до циліндра двигуна: низького тиску та високого тиску (прямого упорскування газу - Direct Injected Gas (GD)). Вимоги класифікаційних товариств	3
<b>Змістовий модуль 4. Наддув ДВЗ</b>		
22	Ступінь наддуву для різних двигунів. Наддув ДВЗ як засіб підвищення потужності різних типів ДВЗ	3
23	Фізичні основи наддуву. Сумісна робота турбіни та компресора у складі системи наддуву. Різниця між випускними системами двигунів з імпульсним та ізобарним наддувом	3
24	Принципові схеми охолодження повітря різних двигунів, їх порівняльна характеристика. Причини застосування міжступеневого охолодження повітря при двоступеневому наддуві	5
<b>Змістовий модуль 5. Тепловий баланс ДВЗ, утилізація теплоти</b>		
25	Визначення коефіцієнту тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра	2
26	Термічні напруги та деформації у втулці ДВЗ	3
27	Розрахунок значень теплових втрат через стінки циліндра на основі відокремленого індикаторного процесу двигуна	2
28	Визначення термічних напружень у деталях ЦПГ	2
29	Способи використання тепла випускних газів і охолоджувальної води. Нетрадиційні схеми утилізації теплових втрат. Використання силових турбоагрегатів	3
30	Визначення паропродуктивності утилізаційних котлів для СДВЗ	2
<b>Разом за модулем 1</b>		<b>120</b>

<b>Модуль 2</b>		
<b>Змістовий модуль 6. Паливоподача та горіння в ДВЗ</b>		
31	Процеси паливоподачі в двигунах з внутрішнім сумішоутворенням	9
32	Основні види форм камер згоряння ДВЗ. Залежність внутрішнього сумішоутворення в залежності від форми камери згоряння	9
33	Визначення способу та оцінка якості розпилювання палива для різних типів двигунів	9
34	Теорія горіння проф. Вібе	9
<b>Змістовий модуль 7. Газообмін чотиритактних та двотактних двигунів</b>		
35	Показники якості газообміну, порівняльна оцінка існуючих систем газообміну. Особливості розрахунку процесу газообміну двотактних двигунів з різними системами газообміну	11
36	Розрахунок параметрів газу в циліндрі при вільному випуску. Розрахунок теоретично-необхідного час-перерізу примусового випуску і продувки. Визначення наявного час-перерізу при різних фазах органів газообміну	11
37	Можливості використання математичного моделювання процесів газообміну чотири- і двотактних двигунів для рішення практичних інженерних задач	11
<b>Змістовий модуль 8. Екологізація ДВЗ</b>		
38	Проблеми та перспективні напрямки екологізації ДВЗ	12
39	Фізико-хімічні основи та закономірності утворення оксидів азоту (термічного, "швидкого") та сажі	12
40	Основні напрямки та перспективи подальшого розвитку ДВЗ. Малотоксичні мобільні енергетичні установки майбутнього	12
<b>Разом за модулем 2</b>		<b>120</b>
<b>Усього</b>		<b>240</b>

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія"  
зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"**

**" Теорія двигунів внутрішнього згорання"**

**390 год. / 13 кредитів ЕКТС**

**(90 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 45 год. практичних занять )**

***Завдання для поточного та підсумкового контролю***

**Контрольні питання до 1-го модуля  
Модуль 1**

1. Намалювати конструктивну схему чотиритактного двигуна із зазначенням його елементів та їх призначення.
2. Намалювати конструктивну схему двотактного крейцкопфного двигуна із зазначенням його елементів та їх призначення.
3. Намалювати конструктивну схему двотактного двигуна з поршнями, що протилежно рухаються, із зазначенням його елементів та їх призначення.
4. Як розшифрувати наступне маркування двигунів: 6ЧН25/34; 6ЧНСП25/34; 6ЧНРП25/34; 6ДКРН70/227; 6L46; 6S60MC-C?
5. Які значення обертів колінчастого валу характерні для високооберткових, середньо-оберткових та малооберткових двигунів?
6. Як визначити середню швидкість поршня  $C_m$ ?
7. За якими ознаками класифікують ДВЗ?
8. Намалювати індикаторні та кругові діаграми чотиритактних двигунів без наддуву та з наддувом. Назвати найбільш характерні параметри в кінцевих точках процесів для цих двигунів.
9. Намалювати індикаторну та кругову діаграми двотактного двигуна з прямоточно-клапанним продуванням та назвати найбільші значення тиску та температури в кінцевих точках процесів для цього двигуна.
10. Намалювати індикаторну та кругову діаграми двотактного двигуна з прямоточно-щілиним продуванням та назвати найбільш характерні параметри в кінцевих точках процесів для цього двигуна
11. Записати безрозмірні параметри узагальненого ідеального циклу та співвідношення між ними.
12. На базі ККД узагальненого ідеального циклу вивести формули ККД для циклів поршневого ДВЗ з ізохорним та змішаним підводами теплоти.
13. Охарактеризувати поняття циклів: ідеальний, розрахунковий та дійсний. Основні відмінності між ними.
14. Назвіть фактори, що впливають на процес наповнення циліндра.
15. Які фактори впливають на коефіцієнт наповнення?
16. Яке значення температури повинне бути на початку стиснення (точка "а")?
17. Пояснити характер протікання теплообміну в процесі стиснення.
18. У якому двигуні показник процесу стиснення  $n_1$  може бути рівним показнику

адіабати  $k=1.4$ ?

19. Назвіть найбільш характерні значення ступені стиснення для бензинових, газових та дизельних двигунів.
20. Назвіть значення параметрів заряду циліндра наприкінці процесу стиснення, які повинні забезпечити надійний запуск дизельного двигуна.
21. Назвіть палива для бензинових, газових та дизельних двигунів. Їх склад.
22. Яке значення теплоти згоряння палива мають дизельне паливо та бензин. Чим викликана різниця в теплоті згоряння?
23. Скільки теоретично необхідно кількості повітря (в кг) для згоряння 1 кг дизельного палива середнього складу?
24. Назвіть значення коефіцієнту надлишку повітря при згорянні, які характерні для дизельного та бензинового двигунів.
25. Назвіть склад продуктів згоряння дизельного двигуна.
26. Чим визначається максимальний тиск  $P_z$  для двигуна?
27. Як можна змінити максимальну температуру циклу  $T_z$ ?
28. Які числові значення мають теплоємність повітря і "чистих" продуктів згоряння? Чим викликана різниця між ними?
29. Назвіть фази процесу випуску. Значення тиску і температури газів у кінці процесу випуску для двигунів з наддувом.
30. Назвіть індикаторні показники роботи двигуна та їх можливі значення.
31. Назвіть ефективні показники роботи двигуна та їх можливі значення.
32. Які втрати відносяться до механічних? Назвіть значення механічних ККД для різних двигунів.
33. Чим відрізняється розрахункова індикаторна діаграма від знятої з діючого двигуна?
34. Чим різняться схеми наддуву чотиритактних та двотактних ДВЗ?
35. За яких причин температура вихідних газів чотиритактних двигунів вище, ніж температура двотактних при всіх інших рівних умовах?
36. Як за зовнішнім виглядом двигуна можна визначити, який у нього наддув (імпульсний чи ізобарний)?
37. У чому полягають фізичні основи наддуву?
38. В яких випадках у двигунах із наддувом не використовується охолоджувачі повітря?
39. За яких причин випуск газів у колектор здійснюється за допомогою дифузорів?
40. За якої причини при двоступеневому наддуві застосовується міжступеневе охолодження повітря?
41. У чому полягає різниця між випускними системами двигунів з імпульсним та ізобарним наддувом?
42. Як об'єднуються вихлопні патрубки окремих циліндрів при імпульсному наддуві?
43. З яких причин у складі турбокомпресорів використовуються частіше відцентрові компресори?
44. Назвіть статті розподілу теплоти, яка виділяється в двигуні при згорянні.
45. У яких формах звичайно виражається тепловий баланс двигуна?
46. З якою метою складається тепловий баланс і які висновки можна зробити, аналізуючи його?

47. Як перерозподілилися складові теплового балансу сучасних ДВЗ у порівнянні з двигунами старих зразків?
48. Як можна використати теплоту випускних газів?
49. Як можна використати теплоту охолоджуючої води?
50. З якою метою використовують силові турбіни?
51. Принцип дії форсажної камери.
52. Системи інжекторної подачі палива.
53. Перерахуйте типи камер згоряння та способи сумішоутворення в дизельних двигунах.
54. Перерахуйте параметри паливного факелу та параметри розпилювання.
55. Назвіть способи подачі газу в газових двигунах.

## Модуль 2

1. Зобразіть кругові діаграми чотиритактних та двотактних двигунів.
2. З якою метою встановлюються кути випередження і запізнення роботи впускних та випускних клапанів чотиритактного двигуна?
3. Що таке кут перекриття клапанів і які переваги він створює для двигунів?
4. Чим оцінюється якість очищення циліндра двигуна?
5. Як впливають на якість наповнення циліндра фази газорозподілу?
6. Які переваги двигунів з гідропневматичним керуванням роботою клапанів перед двигунами з механічним керуванням?
7. З якою швидкістю протікає процес вільного випуску в ДВЗ?
8. З якою метою в двигунах роблять перекриття клапанів?
9. Назвіть показники якості газообміну.
10. Системи газообміну, їхня характеристика.
11. Чим відрізняється вільний випуск від попереднього випуску?
12. Як впливає втрата заряду на показники роботи двигуна?
13. З якою метою при газообміні двотактних двигунів здійснюється фаза вільного випуску газів?
14. Що розуміється під екологізацією ДВЗ?
15. Поясніть основні напрямки екологізації ДВЗ.
16. Охарактеризуйте сучасні методи екологізації ДВЗ за рахунок оптимізації робочого процесу та конструктивного вдосконалення двигунів.
17. Назвіть заходи з оптимізації сумішоутворення та згоряння за критерієм мінімальної токсичності викидів з ВГ ДВЗ.
18. Яку роль відіграє розшарування заряду (пошарове сумішоутворення) у поліпшенні екологічних характеристик ДВЗ?
19. Яке місце займає вибір камери згоряння у поліпшенні екологічних характеристик ДВЗ?
20. Які заходи вживаються для оптимізації паливоподачі у сучасних дизелях за критерієм найменшої токсичності викидів з ВГ?
21. Охарактеризуйте шляхи конструктивного вдосконалення сучасних дизелів та їх систем за критерієм поліпшення їхніх екологічних характеристик.
22. Чому вдосконалення перехідних процесів ДВЗ розглядається як важливий напрямок їхньої екологізації?

23. Чому відключення частини циліндрів ДВЗ на часткових навантаженнях поліпшує їхні екологічні характеристики?
24. Охарактеризуйте екологічні присадки до моторних палив.
25. Охарактеризуйте ефект застосування водопаливних емульсій з точки зору екологізації ДВЗ.
26. Чому комплексне вирішення проблеми екологізації робочого процесу ДВЗ дає найбільший ефект?
27. Охарактеризуйте доцільність екологізації ДВЗ за рахунок нейтралізації викидів з комп'ютеризацією керування.
28. Викладіть конструктивні принципи побудови сучасних каталітичних нейтралізаторів ВГ ДВЗ.
29. Охарактеризуйте екологічну ефективність сучасних каталітичних нейтралізаторів.
30. Як оцінити ефективність каталітичного очищення ВГ ДВЗ?
31. Розкрийте принципові особливості рециркуляції ВГ ДВЗ.
32. Поясніть загальну схему рециркуляції ВГ ДВЗ.
33. Оцініть ефективність рециркуляції ВГ ДВЗ.
34. Охарактеризуйте напрямки виробничо-експлуатаційної екологізації сучасних ДВЗ.
35. Поясніть вплив технологічних відхилень при виготовленні та складанні ДВЗ на їхні екологічні характеристики.
36. Поясніть вплив технічного стану ДВЗ на їхні екологічні характеристики при тривалій експлуатації.
37. Які експлуатаційні фактори треба враховувати при екологізації ДВЗ?
38. Як впливає навантаження транспортного засобу з ДВЗ на його екологічні характеристики?
39. Як впливають дорожні умови на кількість шкідливих викидів двигунами транспортних засобів?
40. Чому оцінка ефективності екологізації ДВЗ вимагає комплексного підходу до паливно-екологічних показників?