

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

**"Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згорання"**

**360 год. / 12 кредитів ЕКТС  
(90 год. лекцій, 45 год. практичних занять )**

***Навчальний контент***

**Модуль 1**

**Змістовий модуль 1. Загальна будова ДВЗ та конструкція деталей остова**

Тема 1. Схеми загальної компоновки основних типів ДВЗ.

Тема 2. Конструктивні схеми деталей остова.

**Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху та механізму газорозподілу ДВЗ**

Тема 3. Конструктивні схеми КШМ. Будова деталей КШМ.

Тема 4. Принципові схеми механізму газорозподілу та будова деталей механізму.

**Модуль 2**

**Змістовий модуль 3. Кінематика КШМ та сили, що діють у двигуні**

Тема 5. Кінематичні схеми КШМ, основні параметри КШМ. Визначення переміщення, швидкості та прискорення поршня.

Тема 6. Сили, які діють на деталі КШМ та їх визначення.

**Змістовий модуль 4. Динамічна неврівноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ**

Тема 7. Методи визначення динамічної неврівноваженості двигуна.

Тема 8. Способи врівноваження сил та моментів у ДВЗ.

Тема 9. Види крутильних коливань. Загальна схема розрахунку крутильних коливань та способи зменшення їх впливу на роботу ДВЗ.

### Модуль 3. Курсовий проект

1. Особливості конструкції деталей остова двотактних та чотиритактних двигунів.
2. Особливості конструкції деталей КШМ тронкових та крейцкопфних двигунів.
3. Розрахунок та побудова згорнутої та розгорнутої індикаторних діаграм з використанням метода Брікса.
4. Побудова силової схеми КШМ.
5. Розрахунок та побудова діаграм сил інерції від мас, що поступально рухаються.
6. Розрахунок та побудова діаграми рушійної сили.
7. Розрахунок та побудова діаграм сил  $N$ ,  $Q$ ,  $Z$ ,  $T$ .
8. Розрахунок та побудова діаграми сумарної дотичної сили ( $\Sigma T$ ). Визначення індикаторної потужності двигуна, виходячи з діаграми  $\Sigma T$ .
9. Розрахунок маховика двигуна.
10. Розрахунок та побудова діаграм перевірки невірноваженості від сил інерції та їх моментів.

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

**" Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згорання "**

**360 год. / 12 кредитів ЕКТС  
(90 год. лекцій, 45 год. практичних занять )**

*Теми практичних занять*

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Модуль 1</b>		
<b>Змістовий модуль 1. Схеми загальної компоновки ДВЗ. Конструкція деталей остова та деталей руху</b>		
1	Вивчення конструктивних схем двигунів різного типу (ВОД, СОД, МОД).	2
2	Конструкція кришок циліндрів, блока циліндрів.	1
3	Конструкція втулок та фундаментної рами.	1
<b>Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху та механізму газорозподілу ДВЗ</b>		
4	Вивчення схем та конструктивних елементів КШМ двигунів різних типів.	2
5	Вивчення будови поршнів різного типу.	2
6	Вивчення будови шатунів.	2
7	Вивчення будови колінчастих валів.	2
8	Розгляд конструктивних схем механізму газорозподілу та будова їх елементів. Розрахунок та графічна побудова діаграми відкриття клапана.	2
9	Особливості механізму газорозподілу з механічним, гідравлічним та пневмо-гідравлічним керуванням роботи клапана (на прикладі двотактного двигуна).	1
<b>Модуль 2</b>		
<b>Змістовий модуль 3. Кінематика КШМ та сили, що діють у двигуні</b>		
10	Розрахунок та побудова графіків переміщення, швидкості та прискорення поршня ДВЗ.	2
11	Визначення сил інерції та тиску газів для ДВЗ. Визначення рушійної сили та її дії на КШМ.	2
12	Визначення сумарних дотичних зусиль та крутного моменту. Визначення індикаторної потужності по діаграмі сумарних дотичних сил двигуна.	3

<b>Змістовий модуль 4. Динамічна невірноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ</b>		
13	Визначення сил інерції від мас, що обертаються та поступально рухаються у ДВЗ.	2
14	Визначення невірноважених сил інерції та їх моментів.	3
15	Способи перебудови згорнутих індикаторних діаграм в розгорнуті.	2
16	Особливості визначення дотичної сили для однієї пари КШМ, що об'єднані спільною мотильовою шийкою. Визначення сумарної дотичної сили у "V" подібних двигунах.	2
17	Розгляд способів врівноваження невірноважених сил та моментів у ДВЗ..	3
18	Геометричний спосіб перевірки врівноваженості ДВЗ по відцентровим силам інерції та їх моментам.	2
19	Перевірка врівноваженості двигуна по силам інерції першого порядку та їх моментам.	2
20	Перевірка врівноваженості двигуна по силам інерції другого порядку та їх моментам.	2
21	Складання розрахункових схем для визначення крутильних коливань.	3
22	Конструктивні схеми демпферів сухого і в'язкісного тертя та антивібраторів.	2
<b>Разом</b>		<b>45</b>

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

**" Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згорання"**

**360 год. / 13 кредитів ЕКТС  
(90 год. лекцій, 45 год. практичних занять )**

*Завдання для самостійної роботи*

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Модуль 1</b>		
<b>Змістовий модуль 1. Загальна будова ДВЗ та конструкція деталей остова</b>		
1	Конструктивні схеми кришок циліндрів, умови їх роботи	12
2	Шляхи удосконалення втулок циліндрів з метою зниження їх теплового стану та теплових втрат	7
3	Способи ущільнення місць з'єднання втулок з кришками втулки та блока циліндрів сучасних двигунів	6
<b>Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху та механізму газорозподілу ДВЗ</b>		
4	Умови роботи поршнів та вимоги до них	6
5	Принципи роботи компресійних та маслоз'ємних кілець	6
6	Змащення шийок колінчастих валів чотиритактних та двотактних двигунів	6
7	Регулювання теплового зазору в приводі клапанного механізму різних схем	7
<b>Усього</b>		<b>50</b>
<b>Модуль 2</b>		
<b>Змістовий модуль 3. Кінематика КШМ та сили, що діють у двигуні</b>		
1	Визначення переміщення та швидкості поршня в залежності від кута оберту кривошипа	4
2	Співвідношення та припущення, прийняті в розрахунках динаміки ДВЗ при створенні динамічної моделі КШМ	3
3	Сумарні дотичні зусилля та крутний момент двигуна в багатоциліндровому двигуні	4
4	Шляхи зменшення ступеню нерівномірності обертання колінчастого вала	4
<b>Змістовий модуль 4. Динамічна неврівноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ</b>		
5	Графічний метод визначення неврівноваженої сили інерції та момент мас, що обертаються	8
6	Схема дії сил інерції в багатоциліндровому двигуні	7
7	Методика визначення крутильних коливань	5
<b>Усього</b>		<b>35</b>

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

**" Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння"**

**360 год. / 12 кредитів ЕКТС  
(90 год. лекцій, 45 год. практичних занять )**

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

**Контрольні питання до 1-го модуля**

**Змістовий модуль 1. Загальна будова ДВЗ та конструкція деталей остова**

1. Навести схему загальної компоновки чотиритактного ДВЗ та описати функціональне призначення кожного вузла.
2. Навести схему загальної компоновки двотактного ДВЗ та описати функціональне призначення кожного вузла.
3. Навести схему загальної компоновки чотиритактного ДВЗ з наддувом.
4. Які деталі входять до складу деталей остова, варіанти їх компоновки?
5. Навести конструктивні схеми кришок циліндрів, умови їх роботи.
6. Навести можливі конструктивні схеми блоків циліндрів.
7. Навести конструктивні схеми втулок циліндрів для різних типів двигунів.
8. Навести шляхи удосконалення втулок циліндрів з метою зниження їх теплового стану та теплових втрат.
9. Способи ущільнення місць з'єднання втулок з кришками втулки та блока циліндрів сучасних двигунів.
10. Навести конструктивні схеми фундаментних рам та піддонів.
11. За допомогою яких устроїв можливо запобігти вибуху в картерах?

**Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху та механізму газорозподілу ДВЗ**

1. Навести конструктивні схеми КШМ двигунів різних типів (двох- та чотиритактних).
2. Які основні функції крейцкопфного вузла двигуна та його устрій?
3. Які умови роботи поршнів та вимоги до них?
4. Навести способи, які використовуються для зниження теплових та механічних навантажень в поршні.
5. Які способи охолодження використовуються для поршнів?
6. Навести конструктивні схеми шатунів, які використовуються в ВОД, СОД та МОД.
7. Які типи кілець використовуються в ДВЗ? Їх конструкція та принцип дії.
8. Поясніть принципи роботи компресійних та маслоз'ємних кілець.
9. Які конструкції колінчастих валів використовуються в ДВЗ?
10. Як здійснюється змащення шийок колінчастих валів чотиритактних та

двотактних двигунів?

11. Як визначається кут заклинки кривошипів колінчастого вала?
12. Які перспективні шляхи удосконалення колінчастих валів сучасних ДВЗ?
13. Які конструктивні схеми механізму газорозподілу використовуються в сучасних ДВЗ?
14. Які деталі входять до складу механізму газорозподілу двигуна? Описати їх взаємодію.
15. Які типи приводів розподільних валів застосовуються в ДВЗ?
16. Який профіль мають кулачки для приводу механізму газорозподілу?
17. Навести конструктивні схеми клапанів, вимоги до них.
18. Як виконується регулювання теплового зазору в приводі клапанного механізму різних схем?
19. Навести конструктивні схеми клапанів, що охолоджуються.
20. Поясніть роботу механізму газорозподілу з гідروпневматичним приводом.

### **Контрольні питання до 2-го модуля**

#### **Змістовий модуль 3. Кінематика КШМ та сили, що діють у двигуні**

1. Які кінематичні схеми КШМ використовуються в ДВЗ?
2. Які переваги та недоліки мають КШМ крейцкопфних двигунів?
3. Визначення переміщення та швидкості поршня в залежності від кута оберту кривошипа.
4. Визначення прискорення поршня в залежності від кута оберту кривошипа.
5. Визначити прискорення поршня у ВМТ та НМТ, зробити їх порівняння.
6. Наведіть співвідношення та припущення, прийняті в розрахунках динаміки ДВЗ при створенні динамічної моделі КШМ.
7. Силова схема КШМ. Які сили ДВЗ діють на КШМ двигуна?
8. Як визначаються сили інерції від мас, які обертаються та поступально рухаються (навести формулу)?
9. Як визначаються приведені маси деталей, які поступово рухаються, та тих, які обертаються?
10. Як визначаються граничні сили тиску газів на поршень?
11. Як визначається рушійна сила, діюча на КШМ?
12. Які сили виникають у КШМ при дії рушійної сили?
13. Як визначаються сумарні дотичні зусилля та крутний момент двигуна в багатоциліндровому двигуні?
14. Крутний момент двигуна та нерівномірність обертання колінчастого вала.
15. Що таке ступінь нерівномірності обертання колінчастого вала, як вона визначається?
16. Які шляхи зменшення ступеню нерівномірності обертання колінчастого вала?
17. Визначення параметрів маховика для забезпечення необхідного ступеню нерівномірності обертання колінчастого вала.

## **Змістовий модуль 4. Динамічна неврівноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ**

1. Які причини викликають динамічну неврівноваженість двигуна?
2. Який двигун вважається повністю врівноваженим та методика розрахунку його динамічної неврівноваженості?
3. Як графічним методом визначити неврівноважену силу інерції та момент мас, що обертаються?
4. Навести схему дії сил інерції в багатоциліндровому двигуні.
5. Як визначаються сили інерції першого та другого порядку від мас, що поступально рухаються, за допомогою фіктивних мас, які обертається разом з кривошипом?
6. Як графічним методом визначити неврівноважену силу інерції та момент першого порядку від мас, що поступально рухаються?
7. Як графічним методом визначити неврівноважену силу інерції та момент другого порядку від мас, що поступально рухаються?
8. Як визначаються врівноважуючі сили і момент для системи сил інерції мас, що обертаються (випадок  $M_r = 0, P_r \neq 0$ )?
9. Як визначаються урівноважуючі сили і момент для системи сил інерції мас, що обертаються (випадок  $M_r \neq 0, P_r = 0$ )?
10. Як визначаються урівноважуючі сили і момент для системи сил інерції мас, що обертаються випадок  $M_r \neq 0, P_r = 0$ )?
11. Як графічним методом визначити неврівноважені сили та моменти від системи сил інерції першого порядку мас, що поступально рухаються?
12. Як графічним методом визначити неврівноважену силу та момент від системи сил інерції другого порядку мас, що поступально рухаються?
13. Як виконується на двигуні врівноваження неврівноваженої сили інерції та моменту від мас, що обертаються?
14. Як виконується на двигуні врівноваження неврівноваженої сили інерції та моменту першого порядку від мас, що поступально рухаються?
15. Що таке вільні крутильні коливання?
16. Що таке примусові та резонансні крутильні коливання?
17. Яка методика визначення крутильних коливань?
18. Як побудувати розрахункову схему для знаходження крутильних коливань?
19. Які існують способи зменшення крутильних коливань?
20. На чому заснований принцип дії демпфера крутильних коливань?