

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

"Двигуни нетрадиційних схем"

**150 год. / 5 кредитів ЕКТС
(30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)**

Навчальний контент

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Поршневі двигуни з продовженим розширенням, двигуни, що працюють за циклом Аткинсона та Мілера. Двигуни традиційних схем, що працюють з використанням нетрадиційного палива. Рідко вживані схеми традиційних ДВЗ

Тема 1. Визначення ДВЗ традиційної схеми, з'ясування принципів вад і недоліків традиційних схем та класифікація нетрадиційних двигунів.

Тема 2. Системний підхід до порівняльного аналізу двигунів різних схем, системний підхід до проектування нових двигунів.

Тема 3. Альтернативні робочі цикли двигунів традиційних схем, поршневі двигуни з продовженим розширенням, поршневі двигуни, що працюють за циклом Аткинсона та циклом Мілера, двигуни з розділенням робочого процесу на два циліндри (двигун Кушуля, Скудері).

Тема 4. Двигуни традиційних схем, що працюють з використанням нетрадиційного палива.

Тема 5. Рідко вживані схеми традиційних ДВЗ. Авіаційні зіркоподібні ДВЗ з повітряним охолодженням, автомобільні двигуни з повітряним охолодженням, двигуни з протилежно рухомими поршнями, двотактні двигуни з нетрадиційними схемами продувки.

Змістовий модуль 2. Двигуни з силовим механізмом еліпсографічного та гіпоциклічного типу. Двигуни з багатоважільними механізмами, двигуни з механізмом типу «скошена шайба» та ін. ДВЗ з вільно рухомими поршнями

Тема 6. Визначення вад і переваг центрального кривошипно-шатунного механізму (КШМ) та різновидів КШМ. Класифікація та стисла характеристика альтернативних силових механізмів поршневих двигунів.

Тема 7. Двигуни з «безшатунними» силовими механізмами еліпсографічного та гіпоциклічного типу: двигуни Парсонса, Бурле, Баландіна, Мюррея, Вуля.

Тема 8. Двигуни з багатоважільними механізмами, двигуни з механізмом типу «скошена шайба» та ін.

Тема 9. ДВЗ з вільно рухомими поршнями: дизель-компресори з вільно рухомими поршнями, генератори газу високих параметрів з вільно рухомими поршнями, будівельні дизель-молоти.

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Роторно-поршневий двигун Ванкеля. Роторно-лопатевий двигун. Ротативні двигуни аксіального типу, торовидні та сферовидні двигунги. Двигуни, що працюють за циклом Стірлінга, їх класифікація. Конструкція двигунів з зовнішнім підведенням теплоти

Тема 10. Визначення вад і переваг системи поршень-циліндр для забезпечення посудини змінного об'єму. Класифікація та стисла характеристика альтернативних схем організації посудини змінного об'єму для забезпечення в ній робочого циклу ДВЗ.

Тема 11. Особливості конструкції, робочого циклу, проектування та розрахунку роторно-поршневого двигуна Ванкеля. Переваги та недоліки двигуна Ванкеля.

Тема 12. Особливості конструкції, робочого циклу, проектування та розрахунку роторно-лопатєвого двигуна. Переваги та недоліки роторно-лопатєвого двигуна. Ротативні двигуни аксіального типу, торовидні та сферовидні двигуни, роторно-поршневі двигуни інших схем.

Тема 13. Визначення вад і переваг двигунів внутрішнього згоряння в порівнянні з двигунами зовнішнього згоряння. Двигуни зовнішнього згоряння як альтернатива сучасним ДВЗ.

Тема 14. Особливості робочого циклу та різновиди двигуна Стірлінга. Розрахунок робочого циклу та особливості проектування двигунів Стірлінга. Аналіз робочих характеристик виконаних двигунів Стірлінга.

Тема 15. Конструкція двигунів із зовнішнім підведенням теплоти.

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

"Двигуни нетрадиційних схем"

**150 год. / 5 кредитів ЕКТС
(30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Модуль 1		
1	Побудова ієрархічної схеми проектування двигуна нетрадиційної схеми. Попереднє визначення основних параметрів двигуна: частота обертання, розмірність, кількість циліндрів.	2
2	Порівняльний аналіз двигунів різних схем.	2
3	Побудова розрахункового алгоритму робочого процесу в диференційній формі для відкритої термодинамічної системи. Аналіз ідеалізованого та дійсного циклів двигунів, що працюють за циклом Аткинсона, Міллера, Д'яченко. Визначення конструктивних особливостей таких двигунів.	2
4	Аналіз двигунів традиційних схем, що працюють з використанням нетрадиційного палива.	2
5	Порівняння конструкції та особливостей роботи двигунів з рідинним і повітряним охолодженням. Визначення вимог для авіаційних поршневих двигунів. Аналіз рідко вживаних схем двотактних двигунів.	2
6	Розрахунок кінематики та динаміки безшатунного силового механізму еліпсографічного типу. Визначення причин і шляхів вирішення проблеми заклинення механізму. Ескізне порівняння двигунів з традиційним кривошипно-шатунним механізмом та з безшатунним механізмом.	2
7	Аналіз схем двигунів з «безшатунними» силовими механізмами еліпсографічного та гіпоциклічного типу.	2
8	Аналіз схем двигунів з багатоважільними механізмами, двигуни з механізмом типу «скошена шайба».	2
9	Розрахунок кінематики двигунів з вільно рухомими поршнями.	2

Модуль 2		
10	Аналіз вад і переваг системи поршень-циліндр для забезпечення посудини змінного об'єму.	2
11	Побудова теоретичного та дійсного профілю ротору і твірної корпусу двигуна Ванкеля. Розрахунок кінематики двигуна Ванкеля.	2
12	Розрахунок кінематики роторно-лопатевого двигуна, розрахунок часу-перерізу органів газорозподілу.	2
13	Аналіз двигунів зовнішнього згоряння як альтернативи сучасним ДВЗ.	2
14	Побудова алгоритму розрахунку дійсного циклу Стірлінга.	2
15	Аналіз конструкцій двигунів із зовнішнім підведенням теплоти.	2
Разом		30

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

"Двигуни нетрадиційних схем"

**150 год. / 5 кредитів ЕКТС
(30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)**

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	З'ясування принципів вад і недоліків традиційних схем ДВЗ. Класифікація нетрадиційних двигунів	6
2	Аналіз двигунів різних схем, системний підхід до проектування нових двигунів	6
3	Двигуни з розділенням робочого процесу на два циліндри (двигун Кушуля, Скудері).	6
4	Двигуни традиційних схем, що працюють із використанням нетрадиційного палива	6
5	Авіаційні зіркоподібні ДВЗ з повітряним охолодженням, автомобільні двигуни з повітряним охолодженням, двигуни з протилежно рухомими поршнями	6
6	Класифікація та стисла характеристика альтернативних силових механізмів поршневих двигунів	6
7	Двигуни з «безшатунними» силовими механізмами еліпсографічного та гіпоциклічного типу	6
8	Двигуни з механізмом типу «скошена шайба»	6
9	ДВЗ з вільно рухомими поршнями: дизель-компресори з вільно рухомими поршнями	6
10	Класифікація та стисла характеристика альтернативних схем організації посудини змінного об'єму для забезпечення в ній робочого циклу ДВЗ	6
11	Перваги та недоліки двигуна Ванкеля	6
12	Перваги та недоліки роторно-лопатевого двигуна	6
13	Двигуни зовнішнього згоряння як альтернатива сучасним ДВЗ	6
14	Аналіз робочих характеристик виконаних двигунів Стірлінга	6
15	Аналіз конструкційних схем двигунів з зовнішнім підведенням тепла	6
Разом		90

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

"Двигуни нетрадиційних схем"

**150 год. / 5 кредитів ЕКТС
(30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)**

Завдання для поточного та підсумкового контролю

Питання до змістового модуля 1

1. Надати визначення двигуна внутрішнього згоряння традиційної схеми. Вказати на недоліки традиційних двигунів і визначити можливі шляхи їх усунення.
2. Навести відому Вам класифікацію двигунів нетрадиційних схем і надати коротку характеристику кожного типу двигуна.
3. Дати визначення та навести основні етапи життєвого циклу ДВЗ як технічного об'єкту.
4. Навести ознаки ДВЗ як складної технічної системи.
5. Навести етапи та мету процесу проектування ДВЗ. Висхідне та низхідне проектування.
6. Навести ієрархічні рівні проектування ДВЗ (ієрархічну структуру комбінованого двигуна внутрішнього згоряння) та вказати на їх взаємозв'язок.
7. Навести приклади задач синтезу та аналізу при проектуванні ДВЗ.
8. Пояснити принципи декомпозиції та ітераційності процесу проектування ДВЗ.
9. Навести низку вимог, що висуваються при проектуванні сучасного двигуна. Які при цьому використовуються техніко-економічні показники? Які основні тенденції можна виділити?
10. Яким чином здійснюється вибір частоти обертання двигуна, що проектується?
11. Що необхідно враховувати при виборі геометричних розмірів циліндру двигуна?
12. Які фактори слід враховувати при визначенні кількості циліндрів двигуна?
13. Яким чином слід обирати компоновку двигуна, включаючи розташування циліндрів?
14. Пояснити як залежать основні визначальні параметри двигуна (частота обертання, геометричні розміри циліндру, кількість і розташування циліндрів) від призначення двигуна.
15. Пояснити особливість організації роботи ДВЗ за циклом Аткинсона. Навести індикаторну діаграму теоретичного та дійсного циклу, провести порівняння параметрів циклу Аткинсона та циклу Отто.
16. Пояснити особливість організації роботи ДВЗ за циклом Міллера. Навести індикаторну діаграму теоретичного та дійсного циклу, провести порівняння параметрів циклу Міллера та циклу Отто.

17. Яким чином необхідно змінити конструкцію серійного двигуна-прототипу для переведення його на роботу за циклом Аткинсона та за циклом Міллера?

18. Пояснити особливість організації робочого циклу двигуна з подовженим розширенням ("схеми" Д'яченко). Навести індикаторну діаграму теоретичного та дійсного циклу.

19. Яким чином можливо конструктивно забезпечити роботу ДВЗ за циклом з подовженим розширенням?

20. Які переваги мають двигуни з розділенням робочого циклу на два циліндри? Навести схему двигуна Кушуля та пояснити його роботу.

21. Пояснити особливості робочого процесу двигунів, що працюють на гомогенній суміші із запаленням від стиснення. Які переваги потенційно мають такі двигуни та які недоліки?

22. Які особливості мають двигуни внутрішнього згоряння, що працюють на водні? Пояснити відмінність у робочому процесі в порівнянні з бензиновими двигунами.

23. Визначити доцільність і можливості використання вугільних суспензій в якості моторного палива ДВЗ. Які основні перешкоди необхідно подолати для успішного переведення ДВЗ на тверде паливо?

24. Пояснити особливості робочого циклу двигунів, що працюють на паливах з високим вмістом кисню (етиловий та метиловий спирти). Розглянути можливість переведення двигуна на горохоподібне паливо (що містить у собі паливо й окислювач).

25. Проаналізувати основні вади та переваги повітряного охолодження ДВЗ у порівнянні з двигунами з рідинним охолодженням.

26. Навести рідко вживані схеми продувки двотактних двигунів: продувка Цоллера, прямоточно-щілинна продувка тощо. Що спричиняє поступове витиснення двотактних двигунів чотиритактними конструкціями?

Питання до змістового модуля 2

27. Проаналізувати кривошипно-шатунні механізми ДВЗ різних типів з точки зору компонування двигунів. Вказати недоліки.

28. Проаналізувати кінематику кривошипно-шатунного механізму. Визначити зв'язок між кінематикою механізму та особливостями протікання робочого циклу двигуна.

29. Проаналізувати динаміку кривошипно-шатунного механізму. Що таке сили інерції другого порядку, які причини їх виникнення?

30. Урівноваження багатоциліндрових двигунів з кривошипно-шатунним механізмом.

31. Навести розрахункову схему та пояснити роботу силового механізму еліпсографічного типу.

32. Навести схеми різновидів силового механізму еліпсографічного типу. Які обмеження на загальну кількість циліндрів двигуна справедливі для даного типу механізму?

33. Проаналізувати кінематику та динаміку безшатунного механізму еліпсографічного типу. Порівняти з кривошипно-шатунним механізмом.

34. Чи впливає тип силового механізму на протікання робочого циклу двигуна? Порівняти за цим фактором кривошипно-шатунний та безшатунний силовий механізм еліпсографічного типу.

35. Навести принципову схему гіпоциклічного безшатунного силового механізму (механізм Мюррея). Які зміни в конструкції двигуна визначає використання механізму даного типу?

36. Проаналізувати кінематику та динаміку гіпоциклічного безшатунного силового механізму. Виконати порівняння з кривошипно-шатунним механізмом.

37. Навести відомі Вам схеми двигунів з багатоважільними механізмами. З якою метою конструктори ускладнюють конструкцію двигуна?

38. Які переваги щодо компонування двигуна має силовий механізм типу «скошена шайба»? Який основний недолік подібних механізмів?

39. Навести схему дизель-компресора з вільно рухомими поршнями. Пояснити принцип дії.

40. Яків чином можливо здійснити розрахунок кінематики поршнів дизель-компресора з вільно рухомими поршнями? Чи відповідає кінематика поршнів вимогам термодинамічної ефективності робочого циклу дизель-компресора?

41. Навести індикаторні діаграми теоретичного та дійсного циклу дизель-компресору з вільно рухомими поршнями та діаграми в порожнинах ступенів компресора.

42. Навести схему, пояснити принцип дії та навести призначення дизель-поршневих генераторів газу з вільно рухомими поршнями.

43. Пояснити відмінності між дизель-компресором з вільно рухомими поршнями та дизель-поршневим генератором газу з вільно рухомими поршнями.

44. Навести принципову схему свайного дизель-молоту. Пояснити принцип дії, навести індикаторну діаграму теоретичного та дійсного циклу.

45. Навести блок-схему побудови алгоритму розрахунку робочого циклу двигунів з альтернативними силовими механізмами. Які необхідно внести зміни до математичної моделі робочого циклу двигуна традиційної схеми? Яким чином робота силового механізму впливає на протікання робочого циклу двигуна?

Питання до змістового модуля 3

46. Проаналізувати систему поршень-циліндр, що забезпечує посудину змінного об'єму, за наступними параметрами: сили, що діють у системі, втрати на тертя, масогабаритні параметри.

47. Проаналізувати роботу системи поршневих кілець двигуна традиційної схеми.

48. Альтернативні шляхи організації посудини змінного об'єму. Навести відомі Вам схеми роторно-поршневих ДВЗ.

49. Які потенційні переваги забезпечують роторно-поршневі двигуни в порівнянні з двигунами традиційної схеми?

50. Навести принципову схему двигуна Ванкеля, пояснити принцип дії двигуна.

51. Дати визначення теоретичного та дійсного контуру робочої порожнини двигуна Ванкеля.

52. Навести розрахункові формули для визначення теоретичного контуру робочої порожнини двигуна Ванкеля.
53. З яких міркувань корегується теоретичний контур робочої порожнини двигуна Ванкеля? Яким чином здійснюється коригування.
54. Яким чином розраховується профіль ротору двигуна Ванкеля? Навіщо в роторі виконуються заглиблення?
55. Навести схематично систему ущільнень двигуна Ванкеля. Які виникають проблеми з ущільненням робочих порожнин у двигунах даного типу?
56. Проаналізувати умови вигорання палива в роторно-поршневому двигуні. Із чим пов'язана установка двох свічок запалення в бензинових двигунах Ванкеля?
57. Проаналізувати форму камери згорання двигуна Ванкеля з позиції термодинамічної ефективності двигуна.
58. Чи можливо організувати роботу двигуна Ванкеля за дизельним циклом?
59. Проаналізувати закон зміни об'єму робочих порожнин двигуна Ванкеля від кута повороту ротора та порівняти з традиційним кривошипно-шатунним механізмом.
60. Виконати порівняльний аналіз діаграм часу-перерізу органів газорозподілу роторно-поршневого двигуна та двигуна традиційної схеми.
61. Намалювати схему сил, діючих в роторно-поршневому двигуні Ванкеля. Яким чином здійснюється врівноваження двигунів даного типу?
62. Пояснити особливості конструювання багатороторних двигунів Ванкеля. Які при цьому виникають додаткові проблеми?
63. Навести принципову схему системи змащення двигуна Ванкеля. Якими способами утворюється шар масла на контурі робочого профілю двигуна?
64. Порівняти характеристики та основні техніко-економічні показники двигуна Ванкеля та двигуна традиційної схеми однакової потужності.
65. Намалювати принципову схему роторно-лопатевого двигуна. Пояснити принцип дії.
66. Навести принципові схеми відомих Вам механізмів синхронізації руху лопатей роторно-лопатевого двигуна.
67. Чи можливо створення багатороторних роторно-лопатевих двигунів?
68. Вказати на принципові переваги та недоліки роторно-лопатевого двигуна порівняно з двигуном традиційної схеми.
69. Визначити перспективні об'єкти застосування роторно-поршневих двигунів.
70. Пояснити особливість організації газообміну в роторно-лопатевому двигуні.
71. Проаналізувати форму камери згорання роторно-лопатевого двигуна з позиції термодинамічної ефективності циклу.
72. Чи можливо організувати дизельний цикл у двигуні, виконаному за роторно-лопатевою схемою?
73. Навести принципові схеми двигунів аксіального, торовидного та сферовидного типу.
74. Якими основними факторами обмежується гранична частота обертання ротора роторно-поршневих двигунів?
75. Проаналізувати можливість застосування роторно-поршневих двигунів, зокрема роторно-лопатевої схеми, в двигунах із зовнішнім підведенням теплоти.

76. Навести зміни, які необхідно внести в програму розрахунку робочого циклу двигуна внутрішнього згоряння традиційної схеми для забезпечення розрахунку робочого циклу роторно-поршневих двигунів.
77. Намалювати принципову схему двигуна із зовнішнім підведенням теплоти. Вказати основні відмінності двигунів внутрішнього згоряння від двигунів із зовнішнім підведенням теплоти.
78. Назвати відомі Вам типи двигунів із зовнішнім підведенням теплоти.
79. Навести теоретичний цикл Стірлінга в $p-v$ та $T-s$ координатах. Указати на процеси регенерації теплоти.
80. Записати вираз для термічного ККД регенеративного циклу Стірлінга та порівняти даний цикл з циклом Карно.
81. Порівняти теоретичний регенеративний цикл Стірлінга з циклами Отто та Дизеля.
82. Навести сумісні індикаторні діаграми теоретичного та дійсного циклу Стірлінга. Вказати на відмінності та на причини, що їх зумовлюють.
83. Навести складові втрат енергії в дійсному циклі Стірлінга по відношенню до теоретичного циклу.
84. Дати визначення регенератора та назвати його функції в складі двигуна Стірлінга.
85. Навести принципову схему α -Стірлінга. Порівняти теоретичний та дійсний закон зміни робочих об'ємів двигуна.
86. Навести принципову схему p -Стірлінга. Порівняти теоретичний та дійсний закон зміни робочих об'ємів двигуна.
87. Навести принципову схему γ -Стірлінга. Порівняти теоретичний та дійсний закон зміни робочих об'ємів двигуна.
88. Навести алгоритм визначення основних визначальних показників двигуна Стірлінга.
89. Які робочі тіла використовуються в двигунах Стірлінга і чому?
90. Яким чином здійснюється регулювання потужності та обертів двигуна Стірлінга?
91. Проаналізувати можливі палива, придатні для застосування в двигуні Стірлінга. Які з них можна вважати найбільш перспективними?
92. Навести основу алгоритму інтегрального розрахунку двигуна Стірлінга.
93. Навести розрахункову схему для побудови математичної моделі робочого процесу двигуна Стірлінга в диференційній формі.
94. Навести базові рівняння математичної моделі робочого процесу двигуна Стірлінга в диференційній формі.
95. Назвати фактори, які обмежують подальше збільшення ефективності двигуна Стірлінга.
96. Навести відомі Вам конструктивні схеми регенератора та методи його розрахунку.
97. Яким чином конструктивно виконується підведення та відведення теплоти в двигуні Стірлінга?
98. Виконати порівняння робочих характеристик двигуна Стірлінга та двигуна традиційної схеми.
99. Виконати порівняння двигуна Стірлінга та двигуна традиційної схеми за основними техніко-економічними показниками.

100. Указати можливі сфери застосування двигуна Стірлінга, що співпадають зі сферою застосування традиційних ДВЗ.