

**Програма підготовки магістрів у галузі знань
14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне
машинобудування"
спеціалізація (освітня програма) "Двигуни внутрішнього згорання"**

"Дисципліна спеціальної підготовки за темою досліджень"

**150 год. / 5 кредитів ЕКТС
(15 год. лекцій, 15 год. практичних занять)**

Навчальний контент

Модуль 1

**Змістовий модуль 1. Проблеми та шляхи удосконалювання
газотурбінних установок**

Тема 1. Підвищення параметрів робочого процесу газотурбінних установок.

Тема 2. Удосконалювання вузлів та складових елементів газотурбінних установок.

Тема 3. Охолодження турбінної частини газотурбінних двигунів.

Тема 4. Удосконалювання матеріалів, використовуваних для виготовлення деталей газотурбінних установок.

Тема 5. Удосконалювання процесів виготовлення елементів та вузлів газотурбінних установок.

Тема 6. Підвищення експлуатаційної надійності газотурбінних установок.

Тема 7. Подовження терміну служби газотурбінних установок.

Тема 8. Зниження токсичності відпрацьованих газів газотурбінних установок.

Тема 9. Зниження шумності газотурбінних установок.

Модуль 1

**Змістовий модуль 2. Перспективні теплові схеми та
термодинамічні цикли газотурбінних установок**

Тема 10. Парогазові установки з котлом-утилізатором.

Тема 11. Парогазові установки контактного типу.

Тема 12. Парогазові установки з високонапорним та низьконапорним

парогенераторами.

Тема 13. Маневровий паротурбінний блок з піковою газотурбінною установкою.

Тема 14. Високотемпературні комбіновані установки з охолоджуваними газовими турбінами.

Тема 15. Енерготехнологічні комбіновані установки з газовими турбінами.

Тема 16. Комбіновані енерготехнологічні установки з газовими турбінами для теплових електростанцій.

Тема 17. Використання регенерації для підвищення ефективності газотурбінних установок.

Тема 18. Використання проміжного охолодження повітря між компресорами та проміжного підігріву газу в турбінній частині для підвищення ефективності газотурбінних установок

**Програма підготовки магістрів у галузі знань
14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне
машинобудування"
спеціалізація (освітня програма) "Двигуни внутрішнього згорання"**

"Дисципліна спеціальної підготовки за темою досліджень"

**150 год. / 5 кредитів ЕКТС
(15 год. лекцій, 15 год. практичних занять)**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з оптимізаційними методиками розрахунку характеристик компресорів різних типів.	1
2	Ознайомлення з методиками вивчення складних структур течії потоку в компресорній частині газотурбінних двигунів.	1
3	Використання демонстраційного пакету системи моделювання руху рідини та газу Flow Vision для моделювання течії потоку в компресорних та турбінних каналах.	1
4	Побудова розрахункової області, завдання математичної моделі та граничних умов, параметрів методу розрахунку і фізичних параметрів.	1
5	Завдання початкової розрахункової сітки, критеріїв адаптації розрахункової сітки, вибір кроку часу розрахункового алгоритму, завдання глобальних параметрів розрахунку.	2
6	Ознайомлення з пакетом Fluent для виконання тривимірних гідрогазодинамічних розрахунків в елементах енергетичного устаткування.	1
7	Ознайомлення з пакетом Fluent. Моделювання зовнішньої стисливої течії	1
8	Ознайомлення з пакетом Fluent. Використання моделі "Mixing Plane"	1

9	Ознайомлення з пакетом Fluent. Застосування обертових систем координат	1
10	Ознайомлення з пакетом Fluent. Моделювання періодичних течій і тепло переносу (задача розрахунку течії в решітці теплообмінника)	1
11	Ознайомлення з пакетом Fluent. Моделювання нестационарної стисливої течії (задача розрахунку течії повітря в соплі)	1
12	Дослідження впливу геометричних і режимних параметрів на екологічні характеристики ГТД	1
13	Ознайомлення з методами експериментального дослідження течії потоку в компресорних та турбінних каналах.	1
14	Ознайомлення з методиками розрахунку охолоджуваних турбінних лопаток.	1
Разом		15

**Програма підготовки магістрів у галузі знань
14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне
машинобудування"
спеціалізація (освітня програма) "Двигуни внутрішнього згорання"**

"Дисципліна спеціальної підготовки за темою досліджень"

**150 год. / 5 кредитів ЕКТС
(15 год. лекцій, 15 год. практичних занять)**

Теми самостійних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Проробка матеріалів за темою "Підвищення параметрів робочого процесу газотурбінних установок".	3
2	Проробка матеріалів за темою "Удосконалювання вузлів та складових елементів газотурбінних установок".	4
3	Проробка матеріалів за темою "Охолодження турбінної частини газотурбінних двигунів".	4
4	Проробка матеріалів за темою "Удосконалювання матеріалів, використовуваних для виготовлення деталей газотурбінних установок".	5
5	Проробка матеріалів за темою "Удосконалювання процесів виготовлення елементів та вузлів газотурбінних установок".	4
6	Проробка матеріалів за темою "Підвищення експлуатаційної надійності газотурбінних установок".	4
7	Проробка матеріалів за темою "Подовження терміну служби газотурбінних установок".	4
8	Проробка матеріалів за темою "Зниження токсичності відпрацьованих газів газотурбінних установок".	4
9	Проробка матеріалів за темою "Зниження шумності газотурбінних установок".	4
10	Проробка матеріалів за темою "Парогазові установки з	8

	котлом-утилізатором".	
11	Проробка матеріалів за темою "Парогазові установки контактного типу".	7
12	Проробка матеріалів за темою "Парогазові установки з високонапорним та низьконапорним парогенераторами".	7
13	Проробка матеріалів за темою "Маневровий паротурбінний блок з піковою газотурбінною установкою".	8
14	Проробка матеріалів за темою "Високотемпературні комбіновані установки з охолоджуваними газовими турбінами".	7
15	Проробка матеріалів за темою "Енерготехнологічні комбіновані установки з газовими турбінами".	7
16	Проробка матеріалів за темою "Комбіновані енерготехнологічні установки з газовими турбінами для теплових електростанцій".	8
17	Проробка матеріалів за темою "Використання регенерації для підвищення ефективності газотурбінних установок".	7
18	Проробка матеріалів за темою "Використання проміжного охолодження повітря між компресорами та проміжного підігріву газу в турбінній частині для підвищення ефективності газотурбінних установок".	7
19	Індивідуальні завдання	18
Разом		120

**Програма підготовки магістрів у галузі знань
14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне
машинобудування"
спеціалізація (освітня програма) "Двигуни внутрішнього згоряння"**

"Дисципліна спеціальної підготовки за темою досліджень"

**150 год. / 5 кредитів ЕКТС
(15 год. лекцій, 15 год. практичних занять)**

Завдання для поточного та підсумкового контролю

Контрольні питання 1-го модуля

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 (етилловий та метиловий спирт). 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?

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 конструювання 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-компресора 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?

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.

Контрольні питання 2-го модуля

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-лопатєвого двигуна порівняно з двигуном традиційної схеми.
69. Визначити перспективні об'єкти застосування роторно-поршневих двигунів.
70. Пояснити особливість організації газообміну в роторно-лопатєвому двигуні.
71. Проаналізувати форму камери згоряння роторно-лопатєвого двигуна з позиції термодинамічної ефективності циклу.
72. Чи можливо організувати дизельний цикл у двигуні, виконаному за роторно-лопатєвою схемою?
73. Навести принципові схеми двигунів аксіального, торовидного та сфе-ровидного типу.
74. Якими основними факторами обмежується гранична частота обертання ротора роторно-поршневих двигунів?
75. Проаналізувати можливість застосування роторно-поршневих двигунів, зокрема роторно-лопатєвої 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 u -Стірлінга. Порівняти теоретичний та дійсний закон зміни робочих об'ємів двигуна.
88. Навести алгоритм визначення основних визначальних показників дви-гуна 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.