

**Програма вступного іспиту до аспірантури
зі спеціальності 142 – енергетичне машинобудування
Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного
Національної академії наук України у 2025 році**

Затверджено на засіданні Вченої ради
від 13 березня 2025 року
протокол № 3

1. Теплові схеми турбінних установок

1. Теплові цикли турбінних установок.
2. Принципиальні схеми паро- і газотурбінних установок для електростанцій на органічному та ядерному паливах.
3. Схеми парогазових установок.
4. Теплова ефективність установок і методи її підвищення.
5. Турбіни для комбінованого виробництва тепла і електричної енергії.
6. Турбіни з противотиском, з проміжним відбором пари, що регулюється.
7. Регенеративний підігрів живильної води.
8. Цикли газотурбінних установок.
9. Класифікація турбін.

2. Основи аеродинаміки решіток

1. Течія рідини, що стискається, в решітках турбомашин.
2. Основні рівняння руху рідини, що стискається.
3. Турбінні і компресорні решітки та їх аеродинамічні характеристики при дозвукових и надзвукових швидкостях.
4. Методи розрахунку плоского и осесиметричного потенціальних потоків в решітках.
5. Профілювання лопаток в решітках.
6. Течія двохфазного робочого тіла в проточній частині турбомашин.
7. Основні особливості руху переохолодженої і вологої пари в проточній частині турбіни.
8. Процеси нерівноважного вологоутворення і методи їх розрахунку.

3. Теорія ступеня осьової турбомашини

1. Ступінь турбомашини.
2. Переутворення енергії в турбінній и компресорній ступенях.
3. Вибір характеристик і розрахунок турбінного и компресорного ступенів.
4. Проектування ступенів великої віялості.
5. Ступені швидкості, радіальні та радіально-осьові турбінні ступені.
6. ККД ступеня.
7. Вплив основних геометричних та режимних параметрів на ККД, ступеня реактивності та коефіцієнти витрат ступеня.
8. Вплив вологості на основні характеристики ступеня.

4. Нестационарні явища в турбомашинах

1. Змінні аеродинамічні сили, змушені і самозбуджені коливання робочих лопаток турбіни та компресора.

2. Флаттер.
3. Відрив, що обертається, в решітках турбомашин.

5. Конструкція і розрахунок багатоступеневих турбін

1. Тепловий процес багатоступеневої турбини.
2. Концеві ущільнення.
3. Клапани.
4. Впускні та вихлопні патрубки.
5. Осьові зусилля та їх урівноваження.
6. Коефіцієнт повернення теплоти в багатоступеневій турбині.
7. Ерозія робочих лопаток.
8. Захист елементів проточної частини від ерозії.
9. Сепарація вологи з проточної частини парової турбини.
10. Виносні сепаратори-пароперегрівачі турбин АЕС.
11. Вибір конструкції та розрахунок багатоступеневих турбін.
12. Гранична потужність однопоточної турбіни, шляхи підвищення граничної потужності турбін.
13. Вибір частоти обертання, числа валів і циліндрів турбіни.
14. Конструкції основних деталей газових турбін.
15. Схеми та розрахунки повітряного і рідинного охолодження соплових і робочих лопаток й дисків ротора газових турбін.

6. Основи розрахунку осьових компресорів

1. Основи розрахунку й проектування багатоступенчатих компресорів.
2. Вплив втрат в патрубках на ККД та напор компресора.
3. Нестійкі режими в роботі компресора.
4. Універсальна характеристика.
5. Моделювання компресорів.
6. Багатоступеневі центробіжні компресори.
7. Вибір оптимальних геометричних розмірів ступенів центробіжного компресора.
8. Профілювання робочих колес і лопаточних дифузорів.

7. Змінний режим роботи турбін

1. Змінний режим роботи турбінного ступеня.
2. Останні ступені конденсаційної турбіни при зміні об'ємного перепуску пари.
3. Узагальнені характеристики турбінних ступеней.
4. Розподіл тиску по ступенях при зміні режима роботи турбіни.

5. Система паророзподілу.
6. Зміна навантаження турбіни методом тиску, що ковзає.
7. Методи розрахунку турбін при перемінному режимі роботи.
8. Перемінний режим роботи газотурбінної установки.

8. Теплообмін в елементах турбомашин

1. Основні рівняння теплопроводності та конвективного теплообміну.
2. Теплообмін при фазових перетвореннях.
3. Конвективний теплообмін при пористому охолодженні та газових завісах.
4. Розподіл температур в турбінних лопатках, що охолоджуються, роторах и корпусах.
5. Методи роз'язання задач теплопроводності та теплообміну стосовно до основних деталей турбін.

9. Міцність деталей парових и газових турбін

1. Метали, що використовуються в турбобудуванні.
2. Динаміка і міцність деталей парових та газових турбін.
3. Надійність турбін як основна вимога до їх виготовлення, монтажу та експлуатації.
4. Умови роботи металів в парових і газових турбінах.
5. Властивості сталей и сплавів, які використовуються в турбінобудуванні, та вимоги до них.
6. Процеси, які виникають в металах при високих температурах, тривалій роботі та змінних навантаженнях.
7. Робочі лопатки, їх міцність та вібрації.
8. Диски, їх міцність та вібрації.
9. Вібрації роторів і фундамента.
10. Низькочастотні вібрації роторів.
11. Термічні напруження в деталях турбін, термовтома.

10. Регулювання турбін

2. Принципіальні схеми регулювання конденсаційних парових турбін.
3. Механізм керування.
4. Паралельна робота турбоагрегатів.
5. Елементи систем регулювання і мастилопостачання турбін.
6. Математичний опис систем регулювання турбін.
7. Стійкість систем регулювання турбін.
8. Перехідні процеси в системах регулювання турбін.

9. Регулювання турбін для комбінованої вироботки теплової та електричної енергії.
10. Особливості регулювання газотурбінних установок.
11. Регулювання енергетичних блоків ТЕС і АЕС.
12. Захисні пристрої турбінних установок.
13. Пуск турбін з різних теплових станів.

Література

1. Щегляев А.В. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин. В 2-х кн., 6-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1993.
2. Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д. Турбины тепловых и атомных электрических станций. 2-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2001.
3. Трухний А.Д, Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. 2-е изд. М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
4. Паротурбинные установки атомных электростанций / Под ред. Ю.Ф. Косяка. М.: Энергия, 1978.
5. Дейч М.Е. Газодинамика решеток турбомашин. М.: Энергоатомиздат, 1996.
6. Самойлович Г.С. Нестационарное обтекание решеток турбомашин. М.: Наука, 1969.
7. Стационарные газотурбинные установки / Под. ред. Л.В. Арсеньева, В.Г. Тырышкина Л.: Машиностроение, 1989.
8. Епифанова В.И. Компрессорные и расширительные турбомашинны радиального типа М.: МВТУ им. Н. Баумана 1998.
9. Кириллов. И.И. Автоматическое регулирование паровых турбин и газотурбинных установок. 2-е изд. Л.: Машиностроение, 1988.
10. Иванов В.А. Режимы мощных паротурбинных установок. 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1986.
11. Зысина –Моложен Л.М., Зысин Л.В., Поляк М.П. Теплообмен в турбомашинах. Л.: Машиностроение, 1974.
12. Жирицкий Г.С., Стрункин В.А. Конструкция и расчет на прочность деталей паровых и газовых турбин. М.: Машиностроение, 1968.
13. Прочность паровых турбин / Л.А. Шубенко-Шубин, Д.М. Гернер, В.П. Сухинин и др. М.: Машгиз, 1973.
14. Кострикін В.О., Сухінін В.П., Шубенко О.Л. Конструкція і розрахунки на міцність елементів парових турбін. Харків, 2006.
15. Качуринер Ю.Я. Паровые турбины: особенности работы влажнопаровых ступеней. СПб. : Энерготех, 2015.

Структура, значення та область використання енергетичних установок з двигунами внутрішнього згоряння

1. Проблеми паливних ресурсів України.
2. Значення теплових двигунів енергетичних установок енергетики.

Теорія поршневих двигунів внутрішнього згоряння

1. Принцип дії та класифікація ДВЗ.
2. Термодинамічні цикли. Показники термодинамічних циклів ДВЗ.
3. Дійсні цикли ДВЗ. Робочі тіла та їх властивості
4. Процеси газообміну у чотирьох – та двотактних двигунах.
7. Коефіцієнт наповнення, чинники, що впливають.
8. Процес стиску. Теплообмін і тепловий баланс у процесі стиску.
9. Залежність основних показників циклу від ступеня стиску.
10. Процеси розширення і випуску.
11. Сумішоутворення і згоряння в ДВЗ. Фази згоряння.
12. Системи наддуву. Газотурбінний, динамічний, комбінований наддув.
13. Робота, ККД та потужність компресора і турбіни.
14. Показники робочого циклу. Індикаторні і ефективні показники.
15. Механічний ККД та шляхи його підвищення.
16. Способи форсування і чинники, що обмежують рівень форсування двигунів.
17. Тепловий баланс двигуна. Теплообмін в двигунах.
18. Зовнішні, швидкісні, навантажувальні, регуляторні характеристики.
19. Характеристики токсичності і димності відпрацьованих газів.
20. Традиційні й альтернативні палива для ДВЗ.

Конструкція двигунів внутрішнього згоряння

1. Головні вимоги до конструкції ДВЗ, типи, конструктивні виконання..
2. Корпусні деталі. Конструкції картерів, блоків, втулок циліндрів.
3. Головки циліндрів. Розрахунки теплового та напруженого стану.
4. Колінчасті вали. Розрахунок. Підвищення міцності колінчастих валів.
5. Маховики. Конструкції. Розрахунок на міцність.
6. Шатуни. Конструкція стрижня, голівок шатунів та шатунних болтів.
7. Конструктивні форми поршнів, поршневих пальців і кілець.
8. Системи газорозподілу. Компонування і деталі клапанних механізмів.
9. Підшипники ковзання і кочення. Області застосування.
10. Структура САПР – ДВЗ
11. Сили і моменти у кривошипно-шатунному механізмі.
12. Неврівноваженість двигунів різних схем. Методи урівноважування.
13. Крутильні та згинаючі коливання валів.
14. Напруги та резонансні частоти.
15. Демпфування коливань.
16. Показники безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності ДВЗ.

Випробування і діагностування ДВЗ

1. Методи експериментальних досліджень двигунів, систем, агрегатів ДВЗ.
2. Класифікація видів випробувань ДВЗ.
3. Дослідницькі стенди і апаратура для випробувань та досліджень ДВЗ.
4. Прискорені та форсовані випробування двигунів та агрегатів.
5. Методи дослідження та аналізу перехідних процесів.
6. Програма досліджень та математичне планування експерименту.
7. Перевірка даних експерименту, розрахунок похибок, аналіз результатів.
8. Датчики тиску, температури, переміщень, частоти обертання.
9. Датчики витрати палива, повітря, мастила, вмісту кисню.
10. Діагностика стану двигунів. Побудова систем діагностування.
11. Діагностичні параметри, методи та засоби їхньої реалізації.
12. Економічна оцінка ефекту технічної діагностики на сучасних ДВЗ.

Література

1. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах / За ред. проф. А.П. Марченко та засл. діяча науки України проф. А.Ф.Шеховцова.– Харків, Прапор, 2004:
Том 1 – «Розробка конструкції форсованих двигунів наземних транспортних машин».– 384 с.;
Том 2 – «Доведення конструкцій форсованих двигунів».–288 с.;
Том 3 – «Комп'ютерні системи керування ДВЗ».– 344 с.;
Том 4 – «Основи САПР ДВЗ».– 336 с.;
Том 5 – «Екологізація ДВЗ».– 360 с.;
Том 6 – «Надійність ДВЗ».– 324 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Под ред. Орлина А.С., Круглова М.Г.– : "Машиздат", 1983.
3. Дж. Твайделл, А.Уэйр. Возобновляемые источники энергии.– М.: Энергоатомиздат, 1990. –392 с.
4. Дяченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія : підручник / За ред. А.П. Марченка.– Харків: НТУ «ХП», 2008.– 488 с.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ВСТУПНИКА ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

Екзаменаційний білет складається з трьох питань.

Відповідь на кожне питання оцінюється за 200-бальною шкалою:

– 180-200 балів: вступник продемонстрував всебічні, систематизовані та глибокі знання матеріалу, повністю розкривши та обґрунтувавши відповідь на питання екзаменаційного білета;

– 160-179 балів: вступник продемонстрував систематизовані та глибокі знання матеріалу, зазначивши взаємозв'язок основних понять, розкривши та обґрунтувавши відповідь на питання екзаменаційного білета;

– 140-159 балів: вступник продемонстрував повне знання матеріалу, загалом розкривши питання екзаменаційного білета, при цьому наведена відповідь потребує деяких додаткових роз'яснень, уточнень, доповнень, обґрунтувань тощо;

– 120-139 балів: вступник продемонстрував знання основного матеріалу та базових понять, загалом розкривши питання екзаменаційного білета, при цьому наведена відповідь потребує деяких суттєвих додаткових роз'яснень, уточнень, доповнень, обґрунтувань тощо;

– 100-119 балів: вступник продемонстрував знання основ матеріалу в мінімальному обсязі, недостатньо повно розкривши питання екзаменаційного білета, при цьому наведена відповідь потребує суттєвих додаткових роз'яснень, уточнень, доповнень, обґрунтувань тощо;

– 1-99 балів: вступник продемонстрував недостатні знання матеріалу, припустивши значну кількість принципових помилок у відповіді на питання екзаменаційного білета.

Відповідь на кожне питання екзаменаційного білета зараховується за умови отримання за неї не нижче 100 балів.

Загальна оцінка визначається як середнє арифметичне оцінок, отриманих за кожне питання екзаменаційного білета. Фахова комісія проставляє загальну оцінку за шкалою 100-200 балів або ухвалює рішення про негативну оцінку зі вступного випробування («незадовільно», «не склав»).