

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор _____ Богдан ЄГОРОВ
« ____ » _____ 2022р.

**Програма для проведення атестаційного іспиту
Ступінь бакалавра
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітньо-професійна програма «Енергомашинобудування»
(«Газотурбінні установки і компресорні станції»)**

ОСНОВНІ ЗАДАЧІ АТЕСТАЦІЙНОГО ІСПИТУ

Атестаційний іспит ставить задачу оцінити комплекс теоретичних знань, отриманих здобувачем освіти у період навчання на кваліфікаційному рівні бакалавра, рівень творчого мислення, уміння синтезувати знання окремих дисциплін для самостійного рішення практичних задач в області енергетичного машинобудування, криогенної техніки .

Перелік питань, який пропонується, систематизовано по різноманітним взаємозв'язаним сторонам діяльності фахівця та охоплює її теоретичні основи, а також питання застосування отриманих теоретичних знань для рішення практичних задач. Питання, які містяться в екзаменаційних білетах, покликані виявити знання з усіх видів діяльності майбутнього спеціаліста у рамках навчальних дисциплін, які вивчалися бакалавром. Кожний екзаменаційний білет містить питання за програмою атестаційного іспиту, яка приводиться нижче.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ВСТУПНОГО ІСПИТУ

Прийом атестаційного іспиту здійснюється приймальною фаховою екзаменаційною комісією.

Атестаційний іспит проводиться для здобувачів відповідно до затвердженого приймальною комісією графіку. Перед іспитом проводяться консультації, які призначені допомогти у підготовці до іспиту, надають відповіді на окремі питання програми атестаційного іспиту.

Атестаційний іспит проводиться в усній формі.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ АТЕСТАЦІЙНОГО ІСПИТУ

1. ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА

1. Термодинамічні системи. Параметри стану термодинамічної системи. Інтенсивні та екстенсивні параметри стану.
2. енергія та її особливості. Теплота та робота як форми передачі енергії. Узагальнена робота. Деформаційна робота та її графічне зображення в діаграмі $p-v$ (тиск–питомий об'єм).
3. Перший закон термодинаміки як закон збереження та перетворювання енергії. Аналітичні форми запису першого закону та основні формулювання. Круговий процес та принцип еквівалентності тепла та роботи.
4. Перший закон термодинаміки для стаціонарного потоку. Ентальпія. Технічна робота. Графічне зображення технічної роботи в діаграмі $p-v$.
5. Фізичні уявлення про різний агрегатний стан речовини. Ідеальний газ та його особливості. Закони ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу. Властивості внутрішньої енергії та ентальпії ідеального газу. Експериментальні дослідження Джоуля та Томсона.
6. Ентропія ідеального газу. Теплова діаграма $T-s$ (температура–ентропія) та її властивості. Реальний газ та його особливості. Дослідження Ендрюса. Стисливість. Стан Бойля та крива Бойля. Граничні криві. Насичена рідина та насичена пара. Рівень сухості пари. Критична точка.
7. Аналіз процесу пароутворення. Волога насичена пара. Рівняння Клапейрона–Клаузіуса для фазового переходу. Діаграми $p-v$ і $T-s$ та їх використання.

8. Тепловий двигун. Необхідні та достатні умови для реалізації циклічних процесів. Поняття оборотних та необоротних процесів. Нерівновага, як джерело необоротності.
9. Формулювання другого закону. Еквівалентність різних формулювань.
10. Зворотний цикл Карно та його особливості. Теорема Карно та висновки з неї. Інтеграл Клаузіуса та поняття ентропії. Абсолютна термодинамічна температура та термодинамічна шкала Кельвіна. Об'єднане рівняння першого та другого законів.
11. Загальні застави дослідження термодинамічних процесів. Аналіз ізобарного, ізохорного, ізотермічного та адіабатного процесів з ідеальним та реальним газами. Розрахунок енергетичних ефектів та графічне зображення процесів в діаграмах $p-v$, $T-s$.
12. Області практичного застосування третього закону термодинаміки. Теплова теорема Нернста та постулат Планка. Основні висновки. Властивості речовин при понаднижких температурах. Принцип недосяжності абсолютного термодинамічного нуля температур. Поняття про негативні (від'ємні) абсолютні температури

Рекомендована література

1. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. / К.: Техніка, 2006. - 315 с.
2. Беляев Н.М. Термодинаміка. - К.: Вища шк. Головне изд-во: 1987.-344 с.
3. Гуйго Э.Н. и др. Теоретические основы хладотехники. Термодинамика./ М.: Машиностроение, 1986.
4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М., Машиностроение, 1983. – 472 с.
5. В.И. Крутов Техническая термодинамика. /М.:Высш.шк., 1991.-384с.

2. ТЕПЛОМАСООБМІН

1. Поля температур і теплових потоків, градієнт температур.
2. Рівняння енергії і теплопровідності..
3. Стаціонарна теплопровідність в однорідній та багатошаровій стінці. Перенесення тепла крізь шар теплоізоляції, теплові «мости».
4. Основні вимоги до теплового захисту низькотемпературного обладнання. Теплоізоляційні матеріали, які використовують у низькотемпературній техніці. Основні типи ізоляції.
5. Газонаповнювальна ізоляція, її особливості, характеристика та вживання. Типи ізоляційних матеріалів: волокнисті, порошкові та пористі. Зрівняння їх недоліків та якостей.
6. Конструкції посудів Д'юара.
7. Принципи перенесення теплоти в низькотемпературній теплоізоляції, визначення ефективної теплопровідності. Залежність теплопровідності ізоляції від температури.
8. Конвективний теплообмін. Зведення математичних моделей конвективного теплообміну до безрозмірної форми. Подібність процесів конвективного теплообміну. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддавання для областей сильного та помірного змінювання властивостей.
9. Тепловіддавання за рухом рідини вздовж пласкої поверхні, та при поперековому обтіканні труб та трубчастих пучків.
10. Тепловіддавання під час вимушеного руху рідини в трубах і каналах. Ламінарний та турбулентний режими руху.
11. Теплообмін під час фазових переходів. Кипіння та конденсація. Пузиркове та плівкове кипіння робочих речовин.

Рекомендована література.

1. Погорелов. А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку). Львів, Новий Світ-200, 2000. – 140 с.
2. Лабай В.Й., Тепломасообмін., Львів: Тріада плюс 2004. – 260 с.
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел. А.С. Теплопередача. М., Энергоатомиздат, 1981 – 416 с.
4. Краснощеков Е.А.,Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. Учебное пособие для вузов.-4-е изд.,перераб.,-М.: Энергия,1980 - 288 с.

5. Данилова Г.Я. , Филаткин В.Н., Щербов М.Г., Бучко Н.А. Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности./ -М.: Агропромиздат, 1986. – 288 с.

3. ГІДРОГАЗОДИНАМІКА

1. Характер сил, що діють в рідині. Поверхневі і об'ємні сили.
2. Ідеальна рідина. Гідростатичний тиск. Закон Паскаля.
3. Рівновага нестискуваної рідини в полі сил тяготіння. Абсолютний і надлишковий тиск. Вакуум.
4. Сила тиску рідини на стінку. Закон Архімеда. Відносна рівновага рідини. Вимір тиску.
5. Основні кінематичні характеристики рухомої рідини. Рівняння нерозривності.
6. Два основні режими течії. Критерій Рейнольдса.
7. Рівняння руху ідеальної рідини Ейлера.
8. Рівняння руху реальної рідини. Рівняння Бернуллі для реальної рідини.
9. Класифікація втрат тиску. Втрати тиску по довжині. Формула Дарсі.
10. Закони опору в гладких і шорстких трубах. Місцеві опори. Формула Вейсбаха.
11. Гідрравлічний розрахунок трубопроводу. Вітик рідини через отвори і насадки. Теорія гідрравлічного удару. Формула Жуковського.
12. Основні поняття про гідродинамічний граничний шар

Рекомендована література

1. Константинов Ю.М., Гіжа О.О., Технічна механіка рідини і газу. / Київ, Вища школа., 2002 - 277 с.
2. Мандрус В.І., Гідрравлічні та аеродинамічні машини – Л., Магнолія 2007 - 340 с.
3. Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. Гідрогазодинаміка – М., Энергоатомиздат, 1984 - 407 с.
4. Гиргидов А.Д. Механіка жидкості и газа (гидравлика). СПб.: Изд-во Политехн.ун-та. 2007 – 545 с.
5. Завойко Б.М., Лещій Н.П. Технічна механіка рідин і газів: основні теоретичні положення та задачі. Львів. Магнолія, 2004 – 119 с.
6. Повх П.Л. Техническая гидромеханика - М.,Машиностроение, 1986- 345 с.

4. ГАЗОТУРБІННІ УСТАНОВКИ

1. Характеристику процесу в ступені, коефіцієнти швидкостей, реакції.
2. Поняття про загальмовані параметри. Оптимальне відношення u/c_{1ad} .
3. Визначення колової, адіабатичної швидкостей.
4. Характер зміни коефіцієнта реакції по висоті лопатки і по ходу газу.
5. Кути лопаток вхідні, вихідні, кут установки лопатки, кут атаки.
6. Визначення теплоперепадів у ступені, соплах, робочих лопатках.
7. Трикутники швидкостей, їх будова.
8. Визначення діаметрів, висот лопаток сопел, робочих лопаток.
9. Визначення колової, осьової, рівнодіючої сил робочих лопаток та їх напрямку.
10. Розрахунки абсолютної, відносної швидкостей на вході і виході робочих лопаток.
11. Визначення кутів потоку газу у ступені.
12. Характеристичне рівняння активного, реактивного, двовінцевого ступенів.
13. Втрати енергії у соплах, робочих лопатках.
14. Подоба режимів турбомашин, параметри подоби.
15. Закрутка робочих лопаток, типи закрутки лопаток.
16. Визначення напруги в робочих лопатках та валу турбомашини (розриваючої, згинаючої, крутіння).
17. Підвищення показників ГТУ за допомогою регенерації тепла, проміжного підігріву або охолодження.
18. Опорні підшипники, визначення їх вантажопідйомності, витрати та підігріву мастила, потужності тертя.

19. Упорні підшипники, визначення їх вантажопідйомності, витрати та підігріву мастила, потужності тертя.
20. Вплив типу підрізки на конфігурацію і параметри проточної частини багатоступінчатої турбіни
21. Схеми ГТУ, визначення потужності та к.к.д., змінні режими ГТУ.
22. Вплив зміни тиску та температури перед турбіною на її к.к.д., оберти потужність, витрату газу.
23. Вплив зміни тиску за турбіною на її к.к.д., оберти ротора, потужність, витрату газу.

5. КОМПРЕСОРНІ СТАНЦІЇ ТА КОМПРЕСОРНІ УСТАНОВКИ

1. Діаграма температура-ентропія. Основні термодинамічні процеси (ізотермічний, ізобаричний, ізохоричний, адіабатний, дроселювання) у діаграмі температура - ентропія.
2. Дроселювання. Диференціальні й інтегральні ефекти. Дроселювання ідеальних газів і реальних речовин.
3. Крива інверсії. Положення лінії інверсії в діаграмі температура - ентропія.
4. Детандування. Диференціальні й інтегральні ефекти. Детандування ідеальних газів і реальних речовин.
5. Аналіз зв'язку диференціальних ефектів дроселювання й детандування. Порівняльний аналіз процесів дроселювання й детандування.
6. "Ізотермічне" дроселювання. Диференціальні й інтегральні ефекти "ізотермічного" дроселювання.
7. Аналіз зв'язку диференціальних ефектів дроселювання й "ізотермічного" дроселювання.
8. Діаграма ентальпія - температура. Визначення ізобарної теплоємності, інтегральних ефектів дроселювання й "ізотермічного" дроселювання в діаграмі.
9. Цикл із мінімальною роботою зрідження. Порівняння циклу з мінімальною роботою зрідження й циклу Карно.
10. Цикл із однократним дроселюванням. Основні енергетичні характеристики циклу без регенерації. Аналіз впливу параметрів циклу на його енергетичні характеристики.
11. Цикл із однократним дроселюванням. Основні енергетичні характеристики циклу з регенерацією. Вплив регенеративного теплообміну на енергетичні характеристики циклу.
12. Цикл із однократним дроселюванням і регенеративним теплообміном. Аналіз впливу параметрів циклу на його енергетичні характеристики.
13. Цикл із однократним дроселюванням і регенеративним теплообміном. Визначення оптимальних тисків прямого потоку в режимах максимальної холодопродуктивності й максимального холодильного коефіцієнта.
14. Діаграма ентальпія - ентропія. Основні ізолінії в діаграмі. Положення лінії інверсії в діаграмі. Цикл із однократним дроселюванням і регенеративним теплообміном у діаграмі.
15. Визначення оптимальних тисків прямого потоку для різних режимів роботи циклу з однократним дроселюванням і регенеративним теплообміном.
16. Втрати холоду в циклах криогенних установок. Втрати від недорекуперації й від теплоприливів з навколишнього середовища.
17. Цикл із однократним дроселюванням і проміжним охолодженням. Основні енергетичні характеристики циклу. Порівняння із простим циклом Лінде.
18. Порівняльний аналіз циклів з однократним дроселюванням з використанням і без використання проміжного охолодження.
19. Детандерні цикли. Цикл середнього тиску з детандером (цикл Клода). Основні енергетичні характеристики циклу при його роботі в рефрижераторному режимі. Порівняння із простим циклом Лінде.
20. Детандерні цикли. Цикл середнього тиску з детандером (цикл Клода). Основні енергетичні характеристики циклу при його роботі в зріджувальному режимі. Коефіцієнт зрідження. Порівняння із простим циклом Лінде.

21. Вплив тиску прямого потоку, температури газу перед детандером і частки детандерного потоку на характеристики детандерних циклів.
22. Детандерний цикл високого тиску (цикл Гейландта). Основні енергетичні характеристики циклу при роботі в рефрижераторному режимі.
23. Основні енергетичні характеристики детандерного циклу високого тиску при роботі в зріджувальному режимі.
24. Детандерний цикл низького тиску (цикл Капиці). Основні енергетичні характеристики циклу при роботі в рефрижераторному режимі. Особливості установки, що реалізує цикл Капиці.
25. Орто – пароконверсія водню.
26. Ізотермічний дросель-ефект і його зв'язок з холодопродуктивністю.
27. Аналіз кривих інверсії для повітря, водню і гелію.
28. Ректифікація: основні поняття процесу ректифікація; фазова рівновага бінарних сумішей; масовий баланс процесу.
29. Принцип дії ректифікаційної колони у повітророзподільній установці.
30. Засоби одночасного одержання чистих азоту і кисню.
31. Засоби очищення повітря від вологи і CO₂ у повітророзподільних установках.
32. Принципова схема сучасної повітророзподільної установки.
33. Принципова схема установки зрідження водню.
34. Принципова схема установок зрідження гелію.

Рекомендована література

1. Архаров А.М., Марфенина Н.В., Микулин Е.Н. Теория и расчёт криогенных систем. М.: Машиностроение, 1978. – 415с.
2. Бродянский В.М., Семёнов А.М. Термодинамические основы криогенной техники. М.Энергия, 1980. – 447с.
3. Алексеев В.П., Вайнштейн Г.Е., Геасимов П.В. Расчёт и моделирование аппаратов криогенных установок. – Л. Энергоатомиздат, 1987. – 287с.
4. Справочник по фико-техническим основам криогеники / М.П.Малков, И.Б.Данилов, А.Г.Зельдович, А.Б.Фрадков; Под ред. А.П.Малкова. – М.: Энергоатомиздат, 1985 – 432с.

ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ

При визначенні екзаменаційної оцінки члени екзаменаційної комісії дотримуються наступного:

- I рівень – незадовільно. Відповідач здобувача при відтворенні навчального матеріалу - елементарна, фрагментарна, зумовлюється початковими уявленнями про предмет вивчення.
- II рівень – задовільно. Здобувач відтворює основний навчальний матеріал, володіє елементарними вміннями навчальної діяльності.
- III рівень – добре. Здобувач знає істотні ознаки понять, явищ, закономірностей зв'язків між ними, а також самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями (аналізом, абстрагуванням, узагальненням тощо), уміє робити висновки, виправляти допущені помилки. Відповідь повна, правильна, логічна, обґрунтована, хоча їй і бракує власних суджень. Здобувач здатний самостійно здійснювати основні види навчальної діяльності.
- IV рівень – відмінно. Знання здобувача є глибокими, міцними, узагальненими, системними. Здобувач уміє застосовувати знання творчо, його навчальна діяльність має дослідницький характер, позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію.

Голова атестаційної комісії
к.т.н., доц.

Олексій ЗІМІН

Завідувач кафедри КТ
д.т.н., проф.

Юрій СИМОНЕНКО