

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ЗАТВЕРДЖЕНО

вченою радою
Національного аерокосмічного
університету ім. М. С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Голова вченої ради

24 лютого 2016 року протокол № 7



**ПРОГРАМА
ВСТУПНОГО ДОДАТКОВОГО ВИПРОБУВАННЯ**

для здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності

144 «Теплоенергетика»

(шифр та найменування)

(спеціалізації «Теплофізика», «Енергетичний менеджмент»)
(найменування)

у 2016 році

Харків
2016

ВСТУП

Вступне додаткове випробування для здобуття освітнього ступеня магістра зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» (спеціалізації “ Теплофізика ”, “Енергетичний менеджмент”) відбувається відповідно до «Правил прийому до Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» у 2016 році» у формі індивідуального письмового фахового іспиту, який приймає екзаменаційна комісія з певної спеціальності (спеціалізації), склад якої затверджується наказом ректора Університету.

До фахового іспиту входять питання за темами:

- "Технічна термодинаміка",
- "Тепломасообмін",
- "Прикладна гідрогазодинаміка",
- "Холодильна техніка",
- "Теплофізичні властивості речовин",
- "Теплообмінні апарати",
- "Теорія і техніка теплофізичного експерименту".

Перелік питань за темами наведений у програмі.

Результат фахового іспиту визначається за 100-бальною шкалою згідно з п. 5.2 Правил прийому до Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

1 Питання за темою "Технічна термодинаміка"

1. Термодинамічна система та її стан. Термодинамічний процес. Термічні параметри стану. Калоричні параметри стану, рівняння і діаграми стану. Ідеальний газ, рівняння Клапейрона-Менделєєва. Суміш ідеальних газів.

2. Математична модель взаємодії системи з довкіллям. Сутність і формулювання першого закону термодинаміки. Загальний аналітичний вираз першого закону. Стаціонарна проточна система. Механічна форма запису першого закону. Повні параметри. Запис першого закону термодинаміки через повні параметри. Закон Джоуля. Рівняння Майера.

3. Сутність і формулювання другого закону термодинаміки. Аналітичний вираз другого закону. Генерація ентропії. Вплив нерівноважності на перебіг процесу. Об'єднаний вираз першого і другого законів термодинаміки.

4. Математична модель ізопараметричного процесу. Політропний процес, його рівняння. Види механічних робіт і співвідношення між ними. Вирази для розрахунку зміни ентропії. Співвідношення для розрахунку характеристик політропного процесу. Окремі випадки політропного процесу, зображення їх на термодинамічних діаграмах.

5. Термодинамічний аналіз рівноважної течії газу в каналах. Співвідношення між змінами кінетичної енергії та ентальпії. Вибір найкращого варіанту термодинамічного процесу стиснення або розширення газу в каналах. Вплив нерівноважності на процеси стиснення і розширення в каналах. Термодинамічний аналіз процесу витікання газу з резервуару через насадок, що звужується. Криза витікання; швидкість звуку; критичні параметри. Нерівноважна течія в каналах з раптовою зміною перерізу. Адіабатне дроселювання і його використання для підвищення або зниження температури газу. Диференційний та інтегральний дросель-ефекти. Рівноважна течія газу зі звершенням технічної роботи. Робота стиснення газу в ідеальних компресорах об'ємного і динамічного типу. Дійсна робота реальних компресорів і детандерів.

6. Теплова машина; визначення її структури з використанням першого і другого законів термодинаміки. Прямий і обернений цикли, тепловий двигун і тепловий насос. Цикл Карно та його ККД. Методи порівняння рівноважних циклів. Загальне правило одержання вискоефективного циклу теплового двигуна. Цикли газотурбінних установок. Цикли двигунів: Отто, Дизеля, Тринклера; їх ККД та співставлення. Різновиди теплового насосу: пристрої для охолодження та обігріву, трансформатори теплоти.

7. Особливості опису систем з фазовими переходами. Рівняння перерозподілу фаз. Правило фаз Гіббса. Фазові діаграми. Межові криві, критична точка. Тепловий ефект фазового переходу. Параметри фаз на межовій

кривій. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Питомий об'єм, ентальпія та ентропія пари та рідини на межовій кривій. Двофазова зона. Ступінь сухості.

8. Вологе повітря. Калоричні властивості вологого повітря. I-d діаграма вологого повітря. Термодинамічні процеси у вологому повітрі.

9. Цикли паротурбінних установок. Цикл Карно та його технічна реалізація. Цикл Ренкіна простий і з перегрівом пари.

Література

1. Техническая термодинамика /Под ред. В.И. Крутова. М.: Высшая школа, 1991 – 384с.
2. Блинков В.Н., Горбенко Г.А., Костиков А.О. Теоретические основы аэрокосмической теплотехники. Часть 1: Основы термодинамики объектов аэрокосмической техники. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2003. – 94 с
3. Техническая термодинамика. Уч. пособие по лабор. практикуму /Беспятов М.А. и др. Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1990 – 80 с.
4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. М.: Энергия, 1983 – 385 с.
5. Беляев Н.М. Термодинамика. Киев: Вища школа, 1987 – 344 с.
6. Исаев С.И. Курс химической термодинамики. – М.: Машиностроение, 1986..
7. Горбенко Г.А., Костиков О.Н., Селиванов В.Г. Первичный термодинамический анализ рабочих процессов в энергетических установках и системах летательных аппаратов. Уч. пособие. Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1995 – 68 с.

Питання склав
к.т.н., доцент кафедри 205



Єпіфанов К.С.

2 Питання за темою "Тепломасообмін"

1. Основні положення теорії теплопровідності.

Механізм теплопровідності в різних середовищах. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Математична постановка завдань теплопровідності. Диференціальний рівняння теплопровідності – окремі випадки. Гіперболічне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Класифікація завдань теплопровідності. Коректність постановки крайових завдань. Про методи вирішення завдань теплопровідності. Безрозмірні змінні.

2. Теплопровідність при стаціонарному режимі.

Прості завдання стаціонарної теплопровідності – теплопровідність і теплопередача через плоску, циліндрову і сферичну стінки. Розрахунок теплової ізоляції, критичний діаметр ізоляції. Контактний теплообмін. Способи зменшення контактного термічного опору. Інтенсифікація теплопередачі за

допомогою оребрення. Теплопровідність уздовж стрижня постійного і поперечного перетину. Ефективність оребрення. Теплопередача через оребрену стінку. Теплопровідність тіл з внутрішнім тепловиділенням.

3. Нестационарна теплопровідність.

Особливості протікання нестационарних процесів. Наближені рішення задачі охолодження (нагріву) простих тіл за допомогою номограм. Застосування методів регулярного режиму при вирішенні прикладних завдань.

4. Теплообмін випромінюванням.

Основні поняття і визначення. Закони теплового випромінювання. Класифікація видів півсферичного випромінювання. Інтегральні, спектральні, кутові характеристики випромінювання. Теплообмін випромінюванням між тілами, розділеними прозорим середовищем. Особливості випромінювання газів і пари.

5. Основні положення теорії конвективного теплообміну.

Основні поняття і визначення. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Умови однозначності. Гідродинамічний і тепловий прикордонні шари. Запис рівнянь в безрозмірному вигляді. Основи теорії подібності. Умови теплової подібності. Рівняння подібності. Визначальні параметри. Критерії подібності, їх фізичний сенс.

6. Конвективний теплообмін в однофазному середовищі.

Тепловіддача при вимушеному русі рідини уздовж плоскої поверхні. Тепловіддача при ламінарному і турбулентному прикордонних шарах. Особливості теплообміну при великих швидкостях. Тепловіддача при вимушеному перебігу рідини в каналах ламінарний і турбулентні режими. Тепловіддача в шорстких трубах. Інтенсифікація тепловіддачі в каналах за допомогою дискретної турбулізації потоку. Тепловіддача в зігнутих трубах. Особливості тепловіддачі при перебігу рідких металів. Тепловіддача при вимушеному обмиванні одиночної кругової труби і пучків труб. Тепловіддача при вільному русі рідин в необмеженому об'ємі і в прошарках.

7. Теплообмін при фазових і хімічних перетвореннях.

Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідини. Механізм процесу кипіння. Вплив режимних чинників. Крива кипіння. Кризи кипіння. Тепловіддача при кипінні в трубах. Тепловіддача при конденсації. Плівкова і краплинна конденсація. Тепловіддача при конденсації на вертикальній поверхні. Основи масообміну. Дифузія, конвективний масопереніс і масовіддача. Диференціальні рівняння масопереносу. Аналогія процесів тепло- і масопереносу.

Література

1. В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. Теплопередача. М., Энергоиздат, 1981.
2. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике / Под ред. В.К. Кошкина. М., Машиностроение, 1975.
3. Н.М. Беляев. Основы теплопередачи. Киев, Высшая школа, 1989.
4. Теория тепломассообмена / Под ред. А.И. Леонтьева. М., Высшая школа, 1979.
5. Э.М. Карташев. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. М., Высшая школа, 1985.
6. Н.М. Беляев, А.А. Рядно. Методы нестационарной теплопроводности. М., Высшая школа, 1978.
7. Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер и др. Методы расчета сопряженных задач теплообмена. М., Машиностроение, 1983.
8. А.М. Кутепов, Л.С. Стерман, Н.Г. Стюшин. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. М., Высшая школа, 1986.
9. В.Н. Кулешов. Теплопередача. Учебное пособие по лабораторному практикуму. – Харьков. ХАИ, 1989.

Питання склав
к.т.н., доцент кафедри 205

 Спіфанов К.С.

3 Питання за темою "Прикладна гідрогазодинаміка"

1. Змістова і математична моделі континууму.

Поняття суцільного середовища (континууму). Принцип введення характеристик. Межі дії гіпотези суцільності. Види характеристик континууму. Основні моделі суцільного середовища.

Вектори швидкості та прискорення. Геометричний образ течії у методі Ейлера. Тензор швидкостей деформацій. Теорема Коші-Гельмгольца. Дивергенція, ротор і циркуляція швидкості.

Вектори напруги об'ємних і поверхневих сил. Тензор напружень поверхневих сил. Зв'язок компонент тензора напружень поверхневих сил і тензора швидкостей деформацій. Рівняння деформації ізотропного лінійного в'язкого середовища (закон Нав'є-Стокса).

2. Фундаментальні закони та рівняння гідрогазодинаміки.

Сутність універсального закону збереження субстанції у макросвіті. Формулювання його для континууму відносно маси, імпульсу й енергії. Математичний вираз законів збереження цих субстанцій (інтегральні рівняння нерозривності, руху та енергії). Перехід від інтегральних рівнянь до

диференціальних. Диференціальне рівняння нерозривності. Диференціальне рівняння руху в напруженостях. Диференціальне рівняння руху для ньютонівського середовища. Випадок незмінного значення коефіцієнту в'язкості. Диференціальне рівняння енергії. Рівняння «живих сил» і рівняння «притоку теплоти». Функція дисипації. Рівняння ентропії.

Система диференціальних рівнянь гідрогазодинаміки. Гіпотези замикання. Умови одновизначеності. Методи розв'язання крайової задачі гідрогазодинаміки. Інтегралі рівняння руху нев'язкого середовища.

3. Елементи теорії подібності.

Поняття фізичної подібності. Фактори, що визначають хід процесу. Узагальнені змінні. Критерії подібності та засоби їх одержання. Критерії динамічної подібності; їх математична і фізична сутність. Додаткові критерії подібності, що походять з рівняння енергії. Критеріальні рівняння та їх структура.

4. Турбулентна течія.

Ламінарний і турбулентний режими руху в'язкого середовища. Виникнення турбулентності. Осереднення параметрів турбулентного потоку. Рівняння Рейнольдса. Турбулентні напруження. Турбулентна в'язкість. Додаткові гіпотези замикання. Турбулентна теплопровідність. Система рівнянь гідрогазодинаміки для турбулентних течій.

5. Силова взаємодія рідини та твердого тіла.

Реактивна дія рідини на вигнутий канал, дифузор, сопло, відрізок циліндричної труби. Формула для обчислення головного вектора і моменту поверхневих сил по стану течії на контрольній поверхні. Тяга повітряно-реактивного і ракетного двигунів. Типи гідродинамічних решіток. Гідродинамічні сили при обтікання решіток профілей. Теорема Жуковського для решіток профілей. Обчислення головного моменту поверхневих сил, що діють на колесо турбомашини, по стану течії на контрольній поверхні.

6. Рівняння руху у формі Громеки. Інтегралі руху ідеальної рідини.

7. Швидкість звуку.

Швидкість поширення малих збурень в газі. Швидкість звуку.

8. Газодинамічні функції.

Газодинамічні функції температури, тиску, густини. Газодинамічні функції витрати та імпульсу. Рівняння Христиановича. Запис системи одновимірних рівнянь через газодинамічні функції та повні параметри.

9. Основи теорії прямих стрибків.

Схема формування ударної хвилі. Умови динамічної сумісності та робочі формули для прямого стрибка. Ударна адіабата.

10. Одновимірні теорія течій рідини і газу.

Одновимірні рівняння для течій рідини. Гідравлічний підхід. Узагальнення рівнянь нерозривності та руху нев'язкої рідини на реальні течії у трубопроводах. Формули опору. Гідравлічний розрахунок систем трубопроводів. Поняття гідравлічного опору. Сумарний опір простих і розгалужених трактів. Схема розрахунку гідравлічних мереж.

Одновимірні рівняння газодинаміки. Модифікація їх для урахування впливів. Критерії подібності одновимірних течій газу. Повні параметри. Характерні швидкості та зони течії газу. Коефіцієнт швидкості.

11. Закон звернення впливу.

Рівняння і формулювання закону оберненості впливу. Наслідки закону. Криза течії. Вплив її на витрату газу.

12. Зміна параметрів у потоці газу.

Вплив зміни площі перерізу на параметри енергоізолюваного потоку газу. Основне рівняння течії в геометричному соплі. Схема розрахунку розподілу параметрів газу вздовж простого сопла і сопла Лавалю (одновимірні моделі). Режими роботи простого сопла і сопла Лавалю. Вплив в'язкості газу на адіабатну течію його в каналі незмінного перерізу. Основне рівняння течії в «трубі з тертям». Схема розрахунку розподілу параметрів газу вздовж «труби з тертям» (одновимірні моделі). Поведінка потоку в разі закритичної довжини труби. Вплив теплообміну на течію нев'язкого газу в каналі незмінного перерізу. Основне рівняння течії в «трубі з теплообміном». Схема розрахунку розподілу параметрів газу вздовж «труби з теплообміном» (одновимірні моделі). Поведінка потоку в разі передачі закритичної кількості теплоти.

13. Двовимірні моделі потенціальних потоків.

Особливості опису плоских потенціальних течій рідини. Система рівнянь. Межові умови. Функція току. Комплексний потенціал. Методи розв'язання задач плоского потенціального руху рідини. Метод суперпозиції. Характерні течії. Метод конформних відображень.

14. Теорема Жуковського.

Потенціальне обтікання кругового контура рідиною без циркуляції та з нею. Теорема Жуковського.

15. Особливості опису потенціальних течій газу.

Система рівнянь і межові умови. Потенціал швидкості і функція току для газу. Лінеаризація рівняння потенціалу. Система рівнянь для лінеаризованої течії газу.

16. Лінеаризована течія.

Лінеаризована дозвукова течія. Особливості передачі впливу. Критичні числа Маха. Правило Прандтля-Глаурта. Лінеаризована надзвукова течія. Зовнішнє і внутрішнє обтікання тупого кута. Відбиття і перетинання лінеаризованих хвиль. Локальна лінеаризація.

17. Косі стрибки.

Надзвукові потоки з сильними збуреннями. Метод характеристик. Течія Прандтля-Майера. Косі стрибки. Умови динамічної сумісності та робочі формули для косих стрибків. Взаємодія стрибків з твердою поверхнею, з межею струменя, між собою та з хвилями розширення.

18. Двовимірні моделі межового шару.

Особливості течії у межовому шарі. Рівняння Прандтля. Інтегральні співвідношення і умовні товщини. Аналогія між зовнішньою і внутрішньою задачами.

19. Течія у трубах.

Рівняння ламінарної течії рідини в трубі кругового перерізу. Парабола Пуазейля. Закон Гагена – Пуазейля. Особливості турбулентної течії рідини в трубі. Логарифмічний розподіл швидкості. Степеневий розподіл. Закони опору Прандтля і Блазіуса. Трьохшарова модель течії.

20. Межовий шар на пласкій стінці.

Ламінарний, турбулентний і змішаний межовий шар на пласкій стінці. Вплив стисливості та поздовжнього градієнту тиску. Взаємодія межового шару зі стрибками.

Література

1. Сергель О.С. Прикладная гидрогазодинамика. М.: Машиностроение, 1981. – 376с.
2. Борисенко А.И. Газовая динамика двигателей. М.: Оборонгиз, 1962. – 794с.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1970. – 904с.

Питання склав
к.т.н., доцент кафедри 205



Єпіфанов К.С.

4 Питання за темою "Холодильна техніка"

1. Загальні принципи одержання низьких температур і методи охолодження.

Термодинамічні діаграми чистої речовини в області фазової рівноваги. Зворотний термодинамічний цикл. Холодильний і опалювальний коефіцієнти.

Ідеалізовані і реальні процеси. Термодинамічний аналіз втрат у низькотемпературних установках. Внутрішнє і зовнішнє охолодження. Основні методи внутрішнього охолодження. Охолодження при адіабатному дроселюванні. Крива інверсії. Охолодження при адіабатному розширенні зі здійсненням зовнішньої роботи. Процеси в детандері і їхній розрахунок. Процеси в охолоджуваному й адіабатному компресорі і їхній розрахунок. Методи обліку необоротних утрат при теплообміні і змішанні потоків.

Охолодження при випарі і сублімації. Вакуумування парового простору і барботаж. Струминні охолоджувачі. Системи вакуумування. Зміна складу розчину при випарному охолодженні. Переохоложені і шугоподібні рідини. Методи і мінімальна робота скраплення газів. Структурна схема системи скраплення газу. Основні принципи розрахунку зріджувачів газів.

2. Низькотемпературна теплоізоляція і розрахунок теплопритоків.

Теплообмін при заморожуванні в потоці повітря. Теплообмін при заморожуванні зануренням. Особливості теплообміну при охолодженні вологого повітря. $i-d$ – діаграма вологого повітря, визначення параметрів вологого повітря по діаграмі. Теплове навантаження унаслідок вентиляції. Теплове навантаження від продуктів. Розрахунок зовнішніх теплопритоків.

Розрахунок теплоізоляції холодильних камер. Особливості теплоізоляції криогенних систем. Теплопровідність газу. Високовакуумна теплоізоляція. Газонасичена теплоізоляція при атмосферному тиску. Вакуумно-порошкова теплоізоляція. Багатошарова екрано-вакуумна теплоізоляція.

3. Парокомпресійні холодильні машини.

Типова схема і стандартний цикл парокомпресійної холодильної установки. Методи регулювання установки. Холодопродуктивність, холодильний коефіцієнт і ККД циклу установки. Реальні холодильні цикли. Регулювання рівноваги і циклічної роботи системи. Одноступеневі холодильні машини з теплообмінником. Холодильні машини з багатоступеневим стисненням. Каскадні холодильні машини.

Випарники. Конструктивні схеми і класифікація випарників. Процеси у випарнику і їхній розрахунок. Конденсатори і системи їхнього охолодження. Процеси в конденсаторі і їхній розрахунок. Випарні конденсатори. Градирні. Вентилятори.осушувачі та зволожувачі газу. Узгодження характеристик елементів холодильної установки.

4. «Альтернативні цикли та енергозбереження при використанні низькотемпературної техніки»

Цикли газової, абсорбційної та пароежекторної холодильної машини.

Теплонасосні установки і схеми їх використання. Комбіноване виробництво та утилізація теплоти та холоду. Термоакумулятори.

5. Робочі середовища низькотемпературних систем і технології їх використання.

Холодоагенти й експлуатаційні рідини. Основні вимоги. Термодинамічні й експлуатаційні характеристики холодоагентів. Основні холодоагенти і їхні властивості. Холодильні мастила. Проміжні теплоносії. Криогенні компоненти палива. Основні властивості компонентів рідких криогенних палив. Технологія збереження криорідин. Криогенні трубопроводи і ємності. Відкрите і бездренажне збереження. Системи термостатування та реконденсації пари. Захолодження і заправлення криогенної системи. Джерела небезпеки при використанні низькотемпературної техніки, холодоагентів і криогенних рідин. Займистість і вибухонебезпечність. Токсичність. Термогідравличні ефекти. Накопичення домішок при експлуатації і їхній вплив на характеристики середовищ.

Мінімальна робота поділу газових сумішей. Методи поділу рідких сумішей. Робота поділу. Дистиляція і ректифікація. Адсорбція й абсорбція. Очищення і регенерація холодоагентів.

Механічні і теплофізичні властивості конструкційних матеріалів, зварених і паяних з'єднань при низьких температурах. Ущільнення і змачення. Корозія, «старіння» і крихкість конструкційних матеріалів. Термічні напруги і деформації.

6. Питання експлуатації та сучасні тенденції розвитку низькотемпературної техніки.

Засоби і технологія контролю параметрів низькотемпературних систем. Автоматизація вимірів і контролю. Автоматизація секцій, агрегатів і систем. Запобіжні пристрої низькотемпературних систем. Відтаювання випарників.

Короткий огляд ринку й основних виробників. Нові технології в холодильній техніці і кондиціонуванні, при виготовленні елементів систем. Перспективи розвитку низькотемпературної техніки і технологій. Перспективні напрямки в розвитку систем кондиціонування.

7. Типи систем кондиціонування та основні процеси у їхніх елементах.

Основні поняття і визначення. Вплив умов навколишнього середовища на організм людини. Комфортне і технологічне кондиціонування. Вимоги до

систем кондиціонування. Класифікація систем кондиціонування.

Спліт-системи. Багатозонні системи. Канальні кондиціонери. Системи з чілерами і фанкойлами. Накрівельні кондиціонери. Шафові кондиціонери. Прецизійні кондиціонери. Центральні системи кондиціонування повітря.

Основні параметри систем кондиціонування. Формування технічного завдання і вихідних даних для розрахунку систем кондиціонування. Основні процеси тепловологісної обробки повітря в i-d – діаграмі. Тепловий і матеріальний баланси. Вибір процесу тепловологісної обробки. Розрахунок процесу з використанням i-d – діаграми. Вентиляція і її кратність. Приклад розрахунку системи кондиціонування.

8. Схеми та устаткування систем кондиціонування.

Склад і конструкція устаткування. Вентилятори. Чілери. Фанкойли. Насосні станції. Випарні і конденсаторні блоки. Типові секції центральних систем кондиціонування повітря. Форсуночні камери. Поверхневі повітроохолоджувачі. Очищення, дезодорація й іонізація повітря. Повітряні фільтри. Шум в установках кондиціонування і заходу щодо його зниження. Шумоглушники. Нагрівачі. Теплоізоляція. Енергозбереження при кондиціонуванні.

Призначення, устрій, конструкція системи кондиціонування літальних апаратів. Схеми застосування. Особливості розрахунку. Герметичні кабінки. Герметизація. Тепловий захист. Локальний теплообмін. Наддування кабін від автономних джерел Приклади систем. Система кондиціонування повітря в кабінці літака МиГ-23. Система кондиціонування відсіків станції "Мир". Система кондиціонування скафандрів.

Література

1. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники. Пер. с англ. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984 – 520 с.
2. В. Мааке, Г.-Ю. Эккерт, Ж.-П. Кошпен. Польманн. Учебник по холодильной технике. – Издательство МГУ, 1998. – 1140 с.
3. Холодильные машины. – Под ред. И.А. Сакуна. – Л.: Машиностроение, 1985. – 510 с.
4. Холодильные установки /Под ред. И.Г. Чумака. – м.: Агропромиздат, 1991. – 495 с.
5. Справочник по физико – техническим основам криогеники. И.Б. Данилов, А.Г. Зельдович и др. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 432 с.
6. Г.И. Воронин. Системы кондиционирования воздуха на летательных аппаратах.
7. О.Я. Конорин. Установки кондиционирования воздуха. М.:Машиностроение, 1970.

Питання склав
к.т.н., доцент кафедри 205



Спіфанов К.С.

5 Питання за темою "Теплофізичні властивості речовин"

1. Основні співвідношення і методи дослідження теплофізичних властивостей речовин.

Диференціальні співвідношення термодинаміки і методи їхнього одержання. Зв'язок термічних і калоричних параметрів стану. Методи розрахунку термодинамічних властивостей. Основні співвідношення для калоричних властивостей.

Загальні умови рівноваги термодинамічної системи. Умови рівноваги для неізолюваних систем. Критерії сталості рівноваги однорідної системи.

2. Термодинамічні властивості чистої речовини в області фазової рівноваги.

Хімічний потенціал.. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Фазові діаграми. Фізичні причини й область існування метастабільного стану чистої речовини. Число Гіббса. Бінодаль та спінодаль. Рівновага при різному тиску фаз. Рівняння Пойнтинга. Рівновага диспергованої фази. Досяжні перегрів і переохолодження рідини.

Рівновага рідина - пар чистої речовини. Співвідношення для розрахунку теплоти пароутворення і параметрів стану рівноважних фаз. Рівновага кристал-пар. Рівновага кристал-рідина. Властивості чистої речовини в трифазній області. Фундаментальний трикутник. Властивості речовини в білякритичній області, співвідношення для критичних параметрів.

3. Термодинамічні властивості чистих речовин в однофазному стані.

Основні вимоги до термічного рівняння стану. Калорійні рівняння стану. Модель ідеального газу. Основні рівняння стану реальних газів. Рівняння стану рідин і твердих тел. Термічне рівняння стану рідини в метастабільній області.

Загальні положення. Метод термодинамічної подібності при розрахунку параметрів стану чистої речовини. Закон відповідних станів. Узагальнені діаграми стану.

4. Термодинамічні властивості багатокомпонентних однофазних систем.

Багатокомпонентні системи. Модель суміші ідеальних газів. Калоричні властивості суміші ідеальних газів. Суміш реальних газів. Надлишкові функції і їхній взаємозв'язок. Термічне рівняння стану сумішей реальних газів.

Рідкі і тверді суміші (розчини). Розчинність. Ідеальний розчин. Парціальні величини. Рівняння Гіббса-Дюгема. Теплоти змішання.

5. Фазова рівновагу в багатоконпонентних системах.

Правило фаз Гіббса. Летючість, її фізичний зміст і переваги при використанні. Летючість ідеального газу. Летючість чистої речовини в різних агрегатних станах. Летючість компонента газової суміші. Закон Рауля. Летючість і активність

Умови розчинності. Розчинність газу в рідині, коефіцієнт Генрі. Приклади розчинності газу в технічних рідинах (вода, паливо, холодоагент, мастило). Розчинність твердого тіла в рідині, рівняння Шредера. Розсоли. Кріоскопічна константа. Розчинність рідин і твердих тіл у газах (парах). Взаємна розчинність речовин, що знаходяться в однаковому агрегатному стані. Антифризи.

6. Фазова рівновага у бінарних системах.

Загальні умови фазової рівноваги в бінарних розчинах p, N та T, N - діаграми ідеального бінарного розчину при фазовій рівновазі. Рівновага рідина-пар у розчині з нелетючим компонентом. Рівновага рідина - пар у неідеальних розчинах. Розчини з областю незмішування. Розчинена та вільна вода у паливі, вплив стабілізуючих присадок. Багатоконпонентні холодоагенти. Розчини холодоагент-масло. Критична область у розчинах. Рівновага кристал-рідина в бінарних розчинах. Кристалізація розчинів з областю незмішування у твердій фазі. Евтектика. Фазова рівновага в низькотемпературних теплоносіях, рідкий льод. Кристалогідрати.

Калоричні діаграми ідеального бінарного розчину для області фазових переходів. Теплові ефекти при фазових переходах у розчинах. Інтегральна теплота пароутворення. Диференціальна теплота паротворення бінарного розчину. Теплоти плавлення розчинів.

7. Переносні і поверхневі властивості.

В'язкість. Теплопровідність. Коефіцієнти дифузії. Переносні властивості сумішей та гетерогенних систем.

Поверхневий натяг чистих рідин і їхніх сумішей. Поверхневий натяг водних розчинів, поверхнево активні домішки.

Література

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.: Энергия, 1974.-477 с.

2. Кириллин В.А., Шейндлин А.Е., Шпильрайн Э.Э. Термодинамика растворов. - М.: Энергия, 1980.-290 с.

3. Шпильрайн Э.Э., Кессельман М.М. Основы теории теплофизических свойств веществ. - М.: Энергия, 1977.-196 с.

Питання склав
к.т.н., доцент кафедри 205



Єпіфанов К.С.

6 Питання за темою "Теплообмінні апарати"

1. Класифікація теплообмінних апаратів (ТОА). Вимоги до ТОА.
2. Основи теплогідравлічних розрахунків ТОА. Рівняння енергії і руху в одновірному наближенні. Розрахунок температур робочих тіл ТОА по довжині каналу при різних граничних умовах. Теплоносії ТОА.
3. Алгоритми конструкторського і теплогідравлічного розрахунків рекуперативних теплообмінників при постійній теплоємності теплоносіїв. Особливості теплових розрахунків теплообмінників з фазовим переходом теплоносіїв. Використання середньологарифмічного температурного напору.
4. Критерії ефективності ТОА. Порівняння ТОА. Методи інтенсифікації теплопередачі.
5. Теплообмінники рекуперативного типу – кожухотрубчаті, труба в трубі, пластинчаті, спіральні. Особливості конструкцій та застосування.
6. Теплообмінники регенеративного типу. Градирні, змішувальні і барботажні та особливості конструкцій та застосування.
7. Матеріали, які використовуються для ТОА. Міцнісні розрахунки.
9. Теплообмінники на теплових трубках. Використання теплообмінників для осушування повітря.

Література

1. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике (под ред. В.К. Кошкина) М.Ю. Машиностроение, 1975
2. А.А. Фраас, М. Оцисик «Расчет и конструирование теплообменников», М., Атомиздат, 1971.
3. Коваленко П.М., Глушков А.Ф. «Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи», - М., Энергоатомиздат, 1986.
4. Андреев В.А. «Теплообменные аппараты для вязких жидкостей», Энергия, Л., 1971.
5. Справочник по теплообменникам: в 2-х т./пер. с англ. Под ред. Мартыненко О.Г. и др. – М., Энергоиздат, 1987.
6. Андреев П.А. и др. «Теплообменные аппараты ядерных энергетических установок», Судостроение, Л., 1965

Питання склав
к.т.н., доцент кафедри 205



Єпіфанов К.С.

7 Питання за темою "Теорія і техніка теплофізичного експерименту"

1. Класифікація НДР. Складові частини та етапи дослідження. Теоретичний та емпіричний рівні дослідження. Блок-схема наукового дослідження.

2. Вибір мети дослідження. Методи пошуку нових технічних рішень: мозковий штурм, конференції ідей, евристичні прийоми. Морфологічний аналіз і синтез технічних рішень, АРИЗ, функціонально-кошторисний аналіз, дерево цілей та інше.

3. Інформація та дослідник. Способи бібліографічних пошуків. Робота з технічною літературою. Зберігання та аналіз інформації. Універсальна десятинна класифікація.

4. Уточнення теми дослідження, фактори, параметри, відгук, функція відгуку. Види експериментів. Ранжирування факторів. Зменшення числа факторів за допомогою переходу до узагальнених змінних та за допомогою відсіваючого експерименту.

5. Математичний експеримент як засіб отримання наукових результатів. Види математичних моделей – аналітичні моделі, числові детерміновані моделі, статистичні моделі. Математичне моделювання дифузійних процесів. Аналогове моделювання фізичних систем. Моделі ідентифікації.

6. Розробка методики та схеми експерименту. Основне розуміння про проектування дослідницької установки та вибору вимірювальної апаратури. Вимоги до експерименту. Види, методи та засоби вимірювань. Похибки вимірювань, їх класифікація, метрологічні характеристики засобів вимірювань. Обернена задача теорії похибок, визначення найвигідніших умов проведення експерименту.

7. Проведення експерименту. Вимоги техніки безпеки. Збір, збереження та аналіз первинної інформації. Методи аналізу та обробки результатів вимірювань. Показ експериментальних результатів в табличній та графічній формах. Техніка побудови графіків.

8. Показ експериментальних даних у вигляді рівнянь (емпіричні формули). Підбір емпіричних залежностей. Методи отримання емпіричних формул: обраних точок, середніх, найменших квадратів.

9. Співставлення результатів теоретичного та експериментального рівнів дослідження. Висновки та рекомендації, які витікають з проведеного дослідження. Вимоги до публікацій, до усних повідомлень, до науково-технічних звітів. Стандарти ХАІ на оформлення пояснювальних записок до курсових та дипломних проектів та робіт.

10. Основні положення теорії вірогідності. Вірогідність подій. Випадкові величини, способи їх завдання. Числові характеристики розподілу. Нормальний

розподіл та його властивості. Функція Лапласа. Довірча вірогідність та довірчий інтервал.

11. Спостереження як етап дослідження. Схеми виробництва спостережень та вибірковий метод в математичній статистиці. Вибіркові характеристики.

12. Основні задачі математичної статистики – точкові та інтервальні оцінки, статистичні гіпотези та їх перевірка. Односторонні та двосторонні критерії.

13. Оцінка результатів спостережень над нормально розподіленою випадковою величиною – оцінка генерального середнього, оцінка генеральної дисперсії, порівняння однорідності спостережень.

14. Дисперсійний аналіз - одно- та двофакторний. Залежність поміж випадковими величинами. Кореляційний та регресивний аналіз. Наближена лінійна регресія. Нелінійна регресія.

15. Основи математичної теорії планування експериментів. Повний факторний експеримент. Дробові репліки. Латинські квадрати. Планування екстремальних експериментів (метод Гаусса – Зайделя, градієнтний метод, метод крутого сходження, симплекс - метод). Планування промислових експериментів.

16. Електричні методи вимірювань неелектричних величин. Перетворювачі неелектричних величин в електричні – реостати, тензо- і терморезисторні, індуктивні, ємносні, фотоп'єзоелектричні, термоелектричні. Вимірювання електричних величин. Оцінка точності вимірювальних приладів.

17. Вимірювання тиску та вакууму. Основні способи та засоби. Рідинні та грузо-поршньові прилади. Деформаційні прилади тиску. Електричні датчики. Прилади для виміру вакууму. Вимір тиску, який швидко змінюється. Особливості виміру тиску в потоках рідини та газу.

18. Вимірювання швидкості та витрат рідини та газу. Пневмометричні трубки. Аеромеханічні виміри в потоці великої швидкості. Вимірювання швидкості потоку методами трасування. Акустичні махметри. Термоанемометрія. Вимірювання характеристик турбулентності. Вимірювання витрат газу та рідини – об'ємні методи, дросельні витратоміри, інтегрування полів густини та швидкості.

19. Вимірювання температур. Фізичні основи температурних вимірів. Температурні шкали. Види термометрів – рідинно-склянні, манометричні, термоперетворювачі опору, термоелектричні перетворювачі, температурні індикатори, пірометри випромінювання. Похибки засобів вимірювання температури, джерела методичних похибок. Динамічні характеристики термометрів. Вибір засобів виміру температури. Особливості вимірювання температури поверхні та всередині тіла. Вимірювання температури високошвидкісних та високотемпературних потоків. Особливості вимірювання низьких (криогенних) температур.

Оптичні методи вимірювання температур. «Чорні» температури та прилади для їх вимірювання.

20. Вимірювання температури полум'я. Особливості вимірювання температур прозорого та сажистого полум'я. Метод повернення спектральних ліній. Методи випромінювання та поглинання. Вибір методу вимірювання температури полум'я.

21. Оптичні методи вимірювання параметрів потоку. Фізичні основи методів. Тіньовий метод. Шлірен метод Теплера. Інтерферометричні методи. Лазерна анемометрія. Доплеровські методи. Використання голографічних методів в теплофізичному експерименті. Вимірювання турбулентних характеристик потоків оптичними методами.

22. Діагностика неодноразних потоків. Вимірювання концентрації фаз та розмірів частинки. Ємнісний метод, ультразвуковий метод. Метод малокутового розсіювання. Вимірювання тиску, швидкості та температури фаз. Вимірювання товщини рідких плівок.

23. Вимірювання теплових потоків. Огляд методів. Методи, які основані на рішенні прямої та оберненої задач теплопровідності. Одиночний та батарейний датчики. Конструкції датчиків. Вимірювання нестационарних теплових потоків. Роздільне вимірювання складових потоку. Вимірювання коефіцієнтів тепловіддачі (альфа-датчики).

24. Вимірювання на об'єктах, які обертаються. Датчики. Вимірювальні системи. Контактні та безконтактні способи знімання інформації з об'єктів які обертаються.

Література

1. Теория и техника теплофизического эксперимента: Уч. пособие для вузов. Ф. Гортышев, Ф.Н. Дресвяников, Н.С. Идиатулин и др., под ред. В.К. Щукина. – М.: Энергоатомиздат. 1985, - 360 с.
2. Основы научных исследований. Теплоэнергетика/Дикий Н.А., Халатов А.А., под ред. Г.М. Добрава. – К.: Высшая школа, Главное из-во. 1985 – 223 с.
3. Пустыльник И., Статистические методы анализа и обработки результатов наблюдений/М.: Наука, физ. мат. лит-ра. 1968 – 288 с.
4. Чус А.В., Данченко В.А. Основы технического творчества. Учебное пособие, Киев-Донецк: Вища школа. 1983 – 184 с.
5. Романенко В.Н., Орлов А.Г., Никитина Г.В. Книга для начинающего исследователя-химика. Л.: Химия, 1987 – 280 с.
6. Румшинский Л. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное руководство. М.: Наука, физ. мат. лит-ра. 1971 – 192 с.

Питання склав
к.т.н., доцент кафедри 205

Єпіфанов К.С.

Завідувач кафедри 205 _____
(підпис)

Гакал П.Г.
(ініціали та прізвище)

Програму розглянуто і затверджено на випускаючій кафедрі 205.
Протокол № 7 від «18» 02 2016 р.

Програму вступного додаткового випробування для здобуття освітнього ступеня магістра зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» (спеціалізації «Теплофізика», «Енергетичний менеджмент») погоджено Науково-методичною комісією Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Протокол № 1 від 19 лютого 2016 р.

Голова НМК Університету
д.т.н., проф.



В.М. Павленко