

Затверджую

Голова Приймальної комісії
Ректор



[Signature]
Михайло ЗГУРОВСЬКИЙ

25.04.2024
дата

**ПРОГРАМА
вступного іспиту із спеціальності**

для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії
«Атомна енергетика»

за спеціальністю 143 Атомна енергетика

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за спеціальністю
143 Атомна енергетика

Протокол № 4 від «17» квітня 2024 р.

Голова НМК

[Signature]
Євген ПИСЬМЕННИЙ

Зміст

1. Загальні відомості.....	3
2. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування.....	3
3. Навчально-методичні матеріали.....	7
4. Рейтингова система оцінювання.....	9
5. Приклад екзаменаційного білету.....	10

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 143 «Атомна енергетика» проводиться для тих вступників, які мають ступінь магістра*.

Освітня програма «Енергетичне машинобудування» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. Особливості освітньої програми враховані шляхом обрання відповідних розділів програми вступного іспиту. Проведення вступного випробування має виявити рівень підготовки вступника з обраної для вступу спеціальності.

Мета вступного випробування – визначення рівня набутих теоретичних та практичних знань, їх використання при дослідженні та вирішенні конкретних наукових, науково-технічних задач, а також визначення ступеню підготовки вступників до самостійної роботи в умовах сучасного навчального процесу.

Вступне випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту з фахових дисциплін спеціальності 143 Атомна енергетика і відповідних освітніх програм. Вступники повинні продемонструвати і підтвердити відповідний рівень теоретичних та практичних знань, отриманих при вивченні, названих у програмі, дисциплін. Екзаменаційний білет містить одне питання з розділів 1 – 3 програми та два питання – з розділів 4-11.

Вступне випробування проводиться письмово, його тривалість складає дві астрономічні години (120 хвилин) без перерви. Білет обирається вступником за сліпим жеребом. Теоретичне питання відповідно до програми вступних випробувань передбачає змістовне і обґрунтоване розкриття поставленого завдання.

Вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Енергетичне машинобудування» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>

*Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

1. Гідрогазодинаміка

Сили й напруження, що діють в суцільних середовищах. Фізичні властивості, термодинамічні та гідромеханічні моделі рідин і газів.

Методи вивчення руху, кінематичні поняття й характеристики руху рідких частинок і потоків.

Кінематичні методи й поняття при вивченні руху рідин і газів. Модель руху рідкої частинки. Теорема Коші-Гельмгольца Кінематичні теореми: теорема Стокса та теорема Гельмгольца.

Тензор напружень та рівняння руху рідини в напруженнях. Закони збереження моменту імпульсу та енергії. Основи газостатики.

Рівняння руху ідеальної рідини, початкові й крайові умови, основні інтеграли. Модель ідеальної рідини. Диференціальні рівняння руху ідеальної рідини Л.Ейлера; початкові та крайові умови. Застосування законів збереження щодо одновимірних рухів нестисливої рідини.

Енергетичний баланс одновимірних течій. Гідравлічні опори. Віткання нестисливої рідини. Гідравлічний удар.

Кінематика потенціальних течій. Динаміка потенціальних течій.

Диференціальні рівняння руху Нав'є–Стокса та елементи теорії подібності й моделювання гідро- газодинамічних явищ. Ламінарна та турбулентна течії.

Основні характеристики пограничного шару, його види, фізичні та математичні моделі.

Одновимірні течії газу. Стрибки ущільнення.

2. Технічна термодинаміка

Основні визначення і поняття технічної термодинаміки. Термічні параметри стану. Основні термодинамічні процеси. Закони ідеального газу. Рівняння стану для ідеального газу. Калоричні параметри стану. Параметри процесу.

Перший закон термодинаміки для закритих систем. Дві форми запису першого закону термодинаміки. Теплоємність. Визначення теплоємності за молекулярно-кінетичною теорією та за допомогою таблиць. Теплоємність суміші газів.

Формулювання другого закону термодинаміки. Цикл Карно. Теореми Карно. Ентропія і другий закон. Ентропія і термодинамічна вірогідність. Основна термодинамічна тотожність – об'єднання першого і другого законів термодинаміки.

Основні математичні методи. Рівняння Максвелла. Частинні похідні внутрішньої енергії та ентальпії. Диференціальні рівняння для теплоємності.

Алгоритм аналізу будь-якого термодинамічного процесу. Ізохорний процес. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Адіабатний процес. Політропний процес і його узагальнююче значення. Основні групи термодинамічних процесів.

Загальні властивості реальних газів. Таблиці і діаграми для газів і рідин. Термодинамічні процеси з реальними газами.

Поняття про вологе повітря. Характеристики вологого повітря. Діаграма вологого повітря. Розрахунки процесів у вологому повітрі.

Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Витікання газів і пари. Дроселювання газів і пари. Нагнітання газів і пари. Ежектування.

Класифікація циклів теплових машин. Простий ідеальний цикл ТСУ. Реальний простий цикл ТСУ.

Цикли ДВЗ і реактивних двигунів. Цикли ГТУ і методи підвищення їх ефективності.

Простий паросиловий цикл. Удосконалення циклів ПСУ. Термодинамічні основи теплофікації.

Загальні відомості про холодильні та теплонасосні установки. Цикли повітряної та парокомпресорної холодильних установок. Теплонасосні установки.

Ексергія – міра якості енергоресурсів. Вплив необоротності на втрати ексергії.

3. Тепломасообмін

Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор густини теплового потоку. Закон Фур'є і коефіцієнт теплопровідності. Диференційні рівняння теплопровідності і його окремі випадки. Математичний опис процесу теплопровідності. Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі.

Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі. Теплопровідність та теплопередача плоскої та багаточислової плоскої стінок. Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти.

Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі. Плоска стінка. Критичний діаметр циліндричної стінки. Вибір матеріалу ізоляції. Інтенсифікація теплообміну за рахунок оребрення.

Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі. Нестационарна теплопровідність пластини і циліндру без внутрішніх джерел теплоти.

Фізичні основи процесу теплопередачі. Конвективний теплообмін. Математичний опис процесів конвективного теплообміну.

Основи теорії подібності фізичних явищ. Теореми подібності. Фізичний зміст чисел подібності. Використання теорії подібності при опису явища тепловіддачі. Рівняння подібності.

Основи теорії пограничного шару. Методи теорії пограничного шару.

Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл. Тепловіддача при течії на пластині.

Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах. Тепловіддача при поперечному обтіканні циліндру. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні пучків гладких труб.

Тепловіддача при вільній конвекції. Тепловіддача при вільній конвекції в необмеженому

просторі. Тепловіддача при вільній конвекції в обмеженому просторі.

Теплообмін при кипінні. Внутрішні характеристики кипіння. Інтенсивність теплообміну при кипінні у великому об'ємі. Інтенсивність тепловіддачі при кипінні.

Теплообмін при конденсації. Особливості течії та теплообміну при конденсації на поверхні. Інтенсивність тепловіддачі при конденсації.

Теплообмін випромінюванням. Закони теплового випромінювання. Теплообмін випромінюванням між тілами. Теплообмін в поглинаючих і випромінюючих середовищах.

4. Теорія ядерних реакторів

Загальні відомості про будову ядра. Взаємодія нейтронів з ядрами. Ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів.

Закон Фіка. Рівняння переносу нейтронів. Інтегральне рівняння переносу.

Уповільнення нейтронів. Характеристики уповільнювача. Уповільнення нейтронів в середовищі за відсутності поглинання. Уповільнення нейтронів в середовищі за наявності поглинання.

Кінетичне рівняння переносу нейтронів. Спряжені рівняння реактора. Методи розв'язку кінетичних рівнянь реактора.

Теорія критичних розмірів реактора. Визначення критичних розмірів реактора без відбивача. Критичні розміри реактора з відбивачем.

Загальні положення теорії гетерогенних реакторів. Визначення коефіцієнтів формули чотирьох співмножників.

Реактори на швидких нейтронах.

5. Енергетичні ядерні реактори

Теплогідравлічний розрахунок реактора. Методи і задачі розрахунку.

Конструктивні особливості водо-водяних енергетичних реакторів. Водо-водяні енергетичні реактори. Енергетичні реактори з важкою водою.

Конструктивні особливості енергетичних реакторів з графітовим уповільнювачем. Водографітові реактори. Газографітові реактори.

Конструктивні особливості гомогенних реакторів.

Конструктивні особливості реакторів на швидких нейтронах.

Конструктивні особливості реакторів нового покоління.

6. Атомні та теплові електричні станції

Термодинамічні основи роботи АЕС та ТЕС. Регенерація та деаерація живильної води на ТЕС та АЕС. Втрати пари та конденсату та їх компенсація. Методи підготовки додаткової води для компенсації втрат пари і конденсату.

Параметри та теплові схеми блоків АЕС.

Основи вибору обладнання АЕС та ТЕС. Допоміжні будівлі АЕС та ТЕС. Компонівка головного корпусу АЕС та ТЕС. Генеральний план АЕС та ТЕС.

Техніко-економічні показники енергообладнання електричних станцій.

Шляхи підвищення техніко-економічних та експлуатаційних показників електричних станцій.

7. Теплогідравлічні процеси в енергетичних установках

Механізм процесу теплообміну при бульбашковому та плівковому кипінні. Особливості руху двофазної рідини в каналах енергетичних установок.

Структурні зміни пароводяного потоку в парогенеруючих елементах. Фізичні особливості процесів гідродинаміки та теплообміну у парогенеруючих каналах

Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них

однофазних потоків . Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них двофазних потоків

Теплогідравлічна розвірка паралельних каналів. Безрозмірне рівняння гідравлічної діаграми. Вплив конструктивних особливостей елементу на теплогідравлічну розвірку. Особливості гідродинаміки колекторних систем.

Визначення рушійного та корисного напорів циркуляції. Оцінка надійності природньої циркуляції.

Гідродинамічні характеристики поверхонь, що обігриваються. Методи запобігання пульсацій теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.

Теплообмін на занурених парогенеруючих поверхнях теплообміну. Теплообмін у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.

Механізм кризи тепловіддачі при кипінні теплоносія на занурених поверхнях теплообміну. Критична густина теплового потоку при кипінні теплоносія на занурених поверхнях теплообміну. Критична густина теплового потоку при кипінні теплоносія у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.

8. Дозиметрія та захист від випромінювання

Радіоактивність. Взаємодія іонізуючих випромінювань із речовиною. Біологічна дія іонізуючих випромінювань. Нормування іонізуючих випромінювань.

Джерела іонізуючих випромінювань на АЕС. Принципи, методи та засоби радіаційного захисту. Захист від іонізуючих випромінювань на АЕС.

Радіаційний контроль. Прилади радіаційного контролю.

9. Методи аналізу ризику та надійності атомних електричних станцій

Основні цілі виконання ІАБ. Номенклатура та значення кількісних показників безпеки.

Ідентифікація та групування вихідних подій. Системи. База даних з надійності обладнання. Відмови з загальної причини. Частоти вихідних подій. Критерії успіху. Аналіз аварійних послідовностей – розробка дерев подій. Аналіз систем – розробка дерев відмов. Аналіз надійності персоналу. Кількісний аналіз аварійних послідовностей. Аналіз невизначеностей, значимості та чутливості.

Задачі ІАБ енергоблоку зі зниженою потужністю та в зупинному стані. Визначення станів з експлуатації енергоблоку. Особливості розрахунку частот вихідних подій. Особливості виконання інших елементів ІАБ.

Особливості розрахунку частот вихідних подій. Визначення вразливості енергоблоку. Особливості виконання інших елементів ІАБ.

Використання ІАБ для модернізації. Аналіз попередників аварій. (ASP аналіз). Використання ІАБ для прийняття рішень заснованих на оцінці ризику.

10. Аварійні режими та безпека АС. Аналіз та управління аваріями на АС.

Філософія безпеки АС та нормативне регулювання ядерної безпеки.

Проектні основи систем безпеки. Керуючі системи безпеки. Захисні системи безпеки. Локалізуючі системи безпеки.

Проектні аварії. Запроектні аварії. Важкі аварії. Аналіз аварійних режимів.

Експертні системи підтримки оператора. Аварійні інструкції та керування аваріями. Аварійне реагування на АС.

11. Культура ядерної безпеки

Основні поняття теорії ризику. Визначення й характеристика культури безпеки. Концепція безпеки АЕС. Основні поняття соціоніки й соціометрії. Документальна основа культури безпеки. Складові культури безпеки. Психологія безпеки. Оцінка культури безпеки й

можливих способів її виміру. Розвиток культури безпеки. Оцінки й самооцінки культури безпеки. Стійкість АЕС до зовнішніх і внутрішніх загроз. Зв'язок культури безпеки з іншими сферами безпеки. Поняття системи якості.

III. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література:

1. Турик В.М. Гідрогазодинаміка. Курс лекцій [Ел. ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальностей 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 145 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41225>
2. Вамболь С.О., Міщенко І.В., Кондратенко О.М. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Х. : НУЦЗУ, 2016. – 300 с. http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/1102/учебник.pdf
3. Буляндра, О. Ф. Технічна термодинаміка : підруч. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів. К.: Техніка, 2001. – 320 с. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/853>
4. Чеботарьов В.О., Беркута А.Д. Технічна термодинаміка. - К: Вища шк., 1969.- 280 с.
5. Погорелов А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): навч. Посібник для вузів, 4-те видання, виправлене. Львів: Новий світ-2000, 2006. – 144 с. http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Pogorelov_2006_144.pdf
6. Константінов С.М. Теплообмін: підручник. К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Ірнес, 2005. – 304 с. http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Konstantinov_2005_304.pdf
7. Шевель Є.В., Воробйов М.В. Теплообмін при кипінні. Навчальний посібник з дисципліни «Теплообмін при фазових перетворюваннях і випромінюванні» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів які навчаються за спеціальностями 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,68 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 57 с.
8. Шевель Є. В., Воробйов М.В. Теплообмін при конденсації. Навчальний посібник з дисципліни «Теплообмін при фазових перетворюваннях і випромінюванні» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів які навчаються за спеціальностями 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 2,94 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 33 с.
9. Атомні і теплові електричні станції: Курс лекцій [Електронний ресурс] / О. Ю. Черноусенко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 323 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 31.01.2020 р.) за поданням Вченої ради теплоенергетичного факультету (протокол № 7 від 27.01.2020 р.)
10. Єфімов О.В., Пилипенко М.М. Конструкції, матеріали, процеси і розрахунки реакторів і парогенераторів АЕС [Текст]: навч. Посібник [для студ. в. н. з., які навч. за напрямом підготовки «Атомна енергетика»] 268 с. <http://web.kpi.kharkov.ua/pgs/wp-content/uploads/sites/83/2014/08/EfimovPilipenko.pdf>
11. Носовский А.В., Богорад В.И., Васильченко В.Н., Ключников А.А., Литвинская Т.В., Слепченко А.Ю. Радиационная безопасность и защита на атомных электрических станциях: Монография. Под ред. А.В. Носовского. – Х.: Оберіг, 2008. – 356 с. – (Серия «Безопасность атомных станций»).
12. Ключников О.О., Носовський А.В. Основи дозиметрії іонізуючих випромінювань: Навчальний посібник. – К.: Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, 2007. - 256с. – (Безпека атомних станцій).
13. Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко І.М., Письменний Е.М., та ін. Імовірнісний аналіз безпеки АЕС. Київ, 2000.
14. Підручник «Культура безпеки в ядерній енергетиці», К. -2012, «Гранмна», 544 с. Бегун В.В., Широков С.В., Бегун С.В. та ін.
15. Глоссарий по вопросам культуры безопасности на ядерных объектах (русский, украинский, английский). К. -2012, «Гранмна», 146 с. Бегун В.В., Широков С.В., Бегун С.В. та ін.

16. Бегун В.В., Широков С.В., Бегун С.В., и др. Культура безпеки в ядерній енергетиці. Основи управління безпекою. Київ, 2012 р., 544 с.

Додаткова література:

1. Гусак О. Г., Шарапов С. О., Ратушний О. В. Гідрогазодинаміка : навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2022. 296 с. ISBN 978-966-657-905-1 https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/88503/3/Husak_hidrohazodynamika.pdf;jsessionid=8192136E7230CF69A1079CAF0A82F29
2. Колісніченко Е. В. , Мандрика А. С., Панченко В. О. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : конспект лекцій / укладач Суми : Сумський державний університет, 2021. 176 с. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/84530/1/Kolisnichenko_hidravlika.pdf
3. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, газодуви, компресори) Підручник. Львів: Магнолія плюс, 2004. 340 с. ISBN: 966-8340-36-1
4. Алабовский А.Н., Недужий И.А. Техническая термодинамика и теплопередача. К: Вища шк., 1990. - 255 с.
5. Толубинский, В.И. Теплообмен при кипении. Киев: Наукова думка, 1980. – 316 с.
6. Культура безпеки на ядерних об'єктах України. Науково-методологічний посібник. – Київ, ДП «НВЦ» «Євроатлантикінформ», 2007.
7. Культура безопасности. Учебное пособие. НАЭК, Киев, 2005.

IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Початковий рейтинг абітурієнта за екзамен розраховується виходячи із 100-бальної шкали. При визначенні загального рейтингу вступника початковий рейтинг за екзамен перераховується у 200-бальну шкалу за відповідною таблицею (п.4) .

2. На екзамені абітурієнти готуються до усної відповіді на завдання екзаменаційного білету.

Білет складається з двох частин: тестової і основної.

Тестове завдання включає 10 питань. Кожне питання має три варіанти відповіді, з яких слід обрати правильну. Кожна правильна відповідь на питання оцінюється у 2 бали. Загалом можна отримати 20 балів.

Завдання основної частини фахового вступного випробування містить три теоретичні питання. Перші два питання є загальними за галуззю інформаційних технологій. Останнє питання орієнтоване на спеціальну підготовку вступника.

Кожне з перших двох питань оцінюється у 25 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 23-25 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 20-22 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 17-19 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Третє питання оцінюється у 30 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 26-30 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 20-25 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 14-19 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

3. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

4. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до 200- бальної шкали згідно з таблицею:

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів)
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

У. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь

Доктор філософії

(назва)

Галузь знань

14 Електрична інженерія

(шифр та назва)

Спеціальність

143 Атомна енергетика

(шифр та назва)

БІЛЕТ ВСТУПНОГО ІСПИТУ №

I частина

1. Яке рівняння може бути застосовано для описання стану пари.

/варіанти відповіді/

А) $\frac{P}{\rho} = RT$;

Б) $\frac{P}{\rho RT} = Z_c$;

В) $\left(P + \frac{a}{(1/\rho)^2} \right) \left(\frac{1}{\rho} - b \right) = RT$.

2. Що таке баротропна рідина.

/варіанти відповіді/

А) Для якої густина залежить від P і T ;

Б) Для якої густина залежить від P ;

В) Для якої густина залежить від T .

3. В циліндрі двигуна внутрішнього згорання паливо-повітряна суміш стискається до тиску $P = 16 \text{ бар} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Температура в кінці процесу $370 \text{ }^\circ\text{C}$ ($643,15 \text{ К}$). Згорання суміші за умови сталого об'єму відбувається із виділенням 400 кДж теплоти на 1 кг суміші. Визначити тиск і температуру в циліндрі в кінці процесу згорання. В розрахунках прийняти газову сталу суміші $R = 287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, і теплоємність $c = c_v = 0,722 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

/варіанти відповіді/

А) Температура в циліндрі в кінці процесу згорання $t_2 = 924 \text{ }^\circ\text{C}$, або $T_2 = 1197,15 \text{ К}$. Тиск в циліндрі в кінці процесу згорання: $P_2 = 29,7 \text{ бар} = 2,97 \cdot 10^6 \text{ Н}/\text{м}^2 = 2,97 \cdot 10^6 \text{ Па}$;

Б) Температура в циліндрі в кінці процесу згорання $t_2 = 924,02 \text{ }^\circ\text{C}$, або $T_2 = 1197,17 \text{ К}$.

Тиск в циліндрі в кінці процесу згорання: $P_2 = 29,78 \text{ бар} = 2,978 \cdot 10^6 \text{ Н}/\text{м}^2 = 2,978 \cdot 10^6 \text{ Па}$;

В) Температура в циліндрі в кінці процесу згорання $t_2 = 924,15 \text{ }^\circ\text{C}$, або $T_2 = 1197,3 \text{ К}$. Тиск в циліндрі в кінці процесу згорання: $P_2 = 29,8 \text{ бар} = 2,98 \cdot 10^6 \text{ Н}/\text{м}^2 = 2,98 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

4. Яку потужність повинен мати електричний калорифер, щоб нагрівати потік повітря від температури $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ ($253,15 \text{ К}$) до $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ ($293,15 \text{ К}$), якщо продуктивність вентилятора складає $3600 \text{ м}^3/\text{год} = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, теплоємність $c = c_p = 1,013 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, барометричний тиск $P_{\text{бар}} = 750 \text{ мм рт. ст.} = 1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$, газова стала $R = 287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

/варіанти відповіді/

А) Потужність калорифера дорівнює $Q = 55,7 \text{ кВт}$;

Б) Потужність калорифера дорівнює $Q = 56 \text{ кВт}$;

В) Потужність калорифера дорівнює $Q = 55,76 \text{ кВт}$.

5. Диференційне рівняння теплопровідності, яке отримано з використанням закону збереження енергії згідно з яким кількість теплоти dQ_1 , що введено в елементарний об'єм ззовні за проміжок часу завдяки теплопровідності і внутрішніх джерел (стоків) теплоти dQ_2 дорівнює зміні внутрішньої енергії, або ентальпії тіла dQ . Що дозволяє отримати рішення цього рівняння?

/варіанти відповіді/

- А) Температурне поле тіла;
- Б) Градієнт температури в тілі;
- В) Теплофізичні властивості тіла.

6. Яка кількість та середня енергія нейтронів, що народжуються під час ділення ядер урану?

/варіанти відповіді/

- А) Ділення ядра урану супроводжується в середньому 2,5 нейтронами з приблизною енергією порядку 2 МеВ;
- Б) Ділення ядра урану супроводжується приблизно 200 нейтронами з приблизною енергією порядку 0,0025 еВ;
- В) Ділення ядра урану супроводжується одним нейтроном з приблизною енергією порядку 200 МеВ.

7. За рахунок якого процесу відбувається виділення енергії в активній зоні реактора на теплових нейтронах?

/варіанти відповіді/

- А) За рахунок ділення ядер урану;
- Б) За рахунок синтезу дейтерію та тритію;
- В) За рахунок сповільнення нейтронів.

8 Сила надлишкового тиску нафти на люк діаметром $d=1\text{м}$, що розташований на плоскій вертикальній стінці резервуару, дорівнює 8 тон. Резервуар знаходиться у атмосферному повітрі. Геометричний центр люка занурений на глибину $h=6\text{м}$ під вільною поверхнею нафти, манометричний тиск над якою дорівнює

$$p_m = 0,5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} . \text{ Оцініть, виходячи з цих умов, густину.}$$

/варіанти відповіді/

- А) $\rho = 865,0 \text{ кг} / \text{м}^3$;
- Б) $\rho = 860,5 \text{ кг} / \text{м}^3$;
- В) $\rho = 800,8 \text{ кг} / \text{м}^3$.

9. В основі теоретичного опису реакції поділу ядер лежить

/варіанти відповіді/

- А) краплинкова модель ядра;
- Б) оболонкова модель ядра;
- В) модель Фермі-газу;

10. Середня швидкість води у каналі шириною 25 мм дорівнює $0,462 \text{ м} / \text{с}$, густина води - $0,998 \text{ г} / \text{см}^3$, динамічна в'язкість - $0,0011 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Яке буде число Рейнольдса для каналу, визначене за його шириною?

/варіанти відповіді/

- А) 10479 ;
- Б) 10500 ;
- В) 10649.

II частина

1. Отримати диференціальне рівняння теплопровідності і навести його окремі випадки

2. Сформулювати і проаналізувати особливості, переваги та недоліки водо-водяних реакторів.

3. Представити процедуру виконання ІАБ 1-го рівня по відношенню до внутрішніх ініціаторів.

Затверджено

Голова НМК за спеціальністю 143 Атомна енергетика

(підпис)

Євген ПИСЬМЕННИЙ
(прізвище та ініціали)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Туз Валерій Омелянович д.т.н., професор, завідувач кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Клевцов Сергій Валерійович к.т.н., доцент кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Лебедь Наталія Леонідівна к.т.н., доцент, доцент кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики