

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова Вченої ради
теплоенергетичного факультету
_____ Письменний Є.М.
«_____» _____ 2017 р.

ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ІСПИТУ

**третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
для здобуття наукового ступеня доктор філософії**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ *14 Електрична інженерія*

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ *144 Теплоенергетика*

Ухвалено Вченою радою факультету/інституту
(протокол від «27» 02 2017 р. № 7)

Київ
НТУУ «КПІ»
2017

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Варламов Геннадій Борисович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної і промислової теплотехніки теплоенергетичного факультету

Безродний Михайло Костянтинівич

доктор технічних наук, професор, професор кафедри теоретичної і промислової теплотехніки теплоенергетичного факультету

Фуртат Ірина Едуардівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної і промислової теплотехніки теплоенергетичного факультету

Черноусенко Ольга Юріївна

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних станцій теплоенергетичного факультету

Кєсова Любов Олександрівна

доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних станцій теплоенергетичного факультету

Бутовський Леонід Сергійович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних станцій теплоенергетичного факультету

Туз Валерій Омелянович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету

Кравець Володимир Юрійович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету

Лебедь Наталія Леонідівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету

Дешко Валерій Іванович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки та енергозбереження Інституту енергозбереження та енергоменеджменту

Шкляр Віктор Іванович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплотехніки та енергозбереження Інституту енергозбереження та енергоменеджменту

1. Загальні відомості

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 Теплоенергетика і відповідних спеціалізацій. Екзаменаційний білет містить два питання з розділів 2 – 4 програми та одне питання – зі спеціалізації. Вступники повинні продемонструвати і підтвердити відповідний рівень теоретичних та практичних знань, отриманих при вивченні даних дисциплін.

2. 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 – Стокса та друга 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. Гідрравлічні опори. Витікання нестисливої рідини. Гідрравлічний 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 примежового шару, його види, фізичні та математичні моделі.

Одновимірні течії газу. Стрибки ущільнення.

3. 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 тепло насосні установки. Цикли повітряної та парокомпресійної холодильних установок. Теплонасосні установки.

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

4. Тепломасообмін

Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор щільності 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 стінки. 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 тепла.

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 описанні 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.

5. Енерго- і ресурсозбереження в енергетиці

Основні стратегічні завдання в сфері енергетичної безпеки. Основні напрямки та потенціал енергозбереження. Державне управління та регулювання в сфері енергозбереження. Управління енергоефективністю на рівні підприємства. Утилізація тепла – один з найважливіших науково-технічних і організаційно-технологічних заходів з енергозбереження.

Теплообмінні апарати, їх класифікація та основні теплотехнічні характеристики. Основи теплового розрахунку рекуперативних теплообмінників. Особливості теплового розрахунку

регенераторів. Основи теплового розрахунку контактних теплообмінників. Особливості конденсаційного режиму роботи теплоутилізаторів. Теплообмінники з проміжним теплоносієм. Основи теорії теплообмінників на основі вискоефективних теплопередаючих елементів – теплових труб. Гідро- і аеромеханічні розрахунки теплообмінних апаратів.

Основні вимоги до розробки, виготовлення та експлуатації теплоутилізаторів. Основні загальні вимоги до теплоутилізаційних систем. Теплоутилізатори-водопідігрівачі. Теплоутилізатори-повітропідігрівачі. Теплоутилізатори на теплових трубах. Застосування теплових насосів для утилізації низькопотенційної теплоти. Сучасний стан і шляхи удосконалення теплоенергетичних технологій.

Характеристики енергозберігаючого ефекту. Визначення економічної ефективності від впровадження енергозберігаючих заходів.

6. Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження

6.1. Котельні установки.

Основи розрахунків котлів. Матеріальний і тепловий баланс котлів. Загальне рівняння горіння. Загальне рівняння теплового балансу. Корисне тепло. Втрати тепла та їх визначення. Система ККД котлів. Спалювання палива у котлах. Вимоги до процесу палення. Особливості спалювання газу та газопальничні пристрої. Особливості спалювання мазуту та мазутні форсунки. Пристрої для спалювання твердого палива (шарові та пилувугільні печі). Методи заглушування виникнення окислів азоту у паливних пристроях. Очищення димових газів та їх розпорощення в атмосфері.

6.2. Випарювальні установки.

Розчини і процеси випарювання. Схема рекуперативного випарювання. Методи випарювання у апаратах з поглиненими пальниками, вакуумних випарниках та пінних апаратах. Розрахунок і проектування багатоступеневих випарювальних установок. Вибір оптимального числа ступенів. Використання ЕОМ у розрахунку випарювальних станцій. Процеси тепло- і масообміну у сушильних установках. Особливості внутрішнього і зовнішнього переносу тепла та маси при різноманітних засобах нагрівання вологих матеріалів. Типи сушильних установок і методи їх розрахунку.

6.3. Холодильні установки і теплові насоси.

Холодоагенти і холодоносії. Засоби і рівні одержання штучного холоду. Принципові схеми компресійних, абсорбційних та пароежекторних холодильних установок. Їх економічні, енергетичні та експлуатаційні характеристики. Трансформатори тепла, їх типи і призначення. Методи розрахунку елементів устаткування. Теплові насоси. Теоретичні основи, типи і обладнання теплових насосів. Низькопотенційні джерела теплоти для теплових насосів. Особливості використання низькотемпературних джерел енергії в теплонасосних системах теплопостачання. Теплонасосні системи теплопостачання. Теплонасосні системи теплопостачання з використанням сонячної енергії. Теплові насоси в промислових технологіях.

6.4. Газотурбінні установки (ГТУ).

Конструкції та основні види газових турбін. ПГУ – парогазові установки (бінарні та з дожигом палива у котлах-утилізаторах), газопарові установки (ГПУ). Теплові схеми та характеристики газотурбінних, парогазових і газопарових установок та їх розрахунки. Особливості відпуску тепла від ГТУ, ПГУ та ГПУ.

6.5. Теплофікація і теплові мережі.

Системи централізованого теплопостачання промислових підприємств та районів. Схеми джерел тепла і систем теплопостачання. Режими регулювання централізованого теплопостачання. Коефіцієнт теплофікації та режим відбору турбін. Сумісна робота ТЕЦ та пікових котельних. Акумуляторні установки. Захист систем теплопостачання від корозії, шламу і накипу. Методи оптимізації систем теплопостачання. Визначення щорічних витрат на паливо. Визначення розрахункових витрат на тепло. Визначення розрахункових витрат та експлуатаційних витрат.

6.6. Енергогосподарство та енергопостачання промислових підприємств.

Характеристика енергогосподарства та систем енергопостачання промислових підприємств. Методи використання вторинних енергоресурсів і оцінка їх ефективності. Вибір системи енергопостачання.

6.7. Відновлювальні джерела енергії.

Джерела енергії. Нетрадиційні (НДЕ), відновлювані (ВДЕ) джерела енергії. Безпосереднє використання теплоти довкілля. Використання теплоти кристалізації води та льоду. Сонячна енергія та її використання. Вітрова енергія та її використання. Енергія ґрунту, повітря, ґрунтових та поверхневих вод, відходів виробництва (вторинних енергоресурсів), води після конденсаторів турбін. Біомаса та її використання. Геотермальна енергія та її використання. Гідроенергія. Типи гідроелектростанцій. Приливи та відливи, їх природа. Агрегати для приливних ЕС. Енергія хвиль та її використання. Теплова енергія морів та океанів та її використання при наявності різниці температур по глибині. Акумуляування енергії, як необхідна складова частина використання НДЕ.

7. Теплові електричні станції та установки

7.1. Електростанція як промислове підприємство.

Паливно-енергетичний комплекс України. Енергетичні ресурси, типи електростанцій, енергосистеми. Споживання електричної та теплової енергії. Графіки енергетичного навантаження. Класифікація електростанцій. Технологічна схема електростанцій.

7.2. Термодинамічні основи роботи ТЕС.

Регенеративний підігрів живильної води на ТЕС. Схеми регенерації. Вибір схеми регенеративного підігріву живильної води на АЕС. Регенеративні підігрівачі, типи, конструкція. Залежність теплової економічності від початкових та кінцевих параметрів пару. Засоби підвищення теплової економічності електростанцій. Проміжний перегрів пари на електростанції. Показники теплової економічності електростанцій. Показники загальної економічності електростанцій.

7.3. Деаерація живильної води на електростанції та живильні установки.

Деаераторні установки. Включення деаераторів у ПТС енергоблоків. Живильні установки. Конструкція деаераторів.

7.4. Втрати пару та конденсату та їх поповнення.

Втрати пару та конденсату. Засоби зменшення втрат. Підготовка додаткової води на електростанції. Термічна підготовка води на електростанції. Типи випаровувачів, робота, конструкція.

7.5. Теплові схеми енергоблоків та трубопроводи електростанцій.

Теплові принципні схеми енергоблоків електростанцій. Методика розрахунку ПТС електростанцій. Повна (розвернена) теплова схема електростанцій. Трубопроводи електростанцій. Конструктивне виконання схеми трубопроводів. Компоновка трубопроводів турбоустановки.

7.6. Основи вибору обладнання електростанцій.

Види електричної потужності та резерву енергосистеми. Вибір резерву потужності обладнання електростанцій та енергосистеми. Вибір одиничної потужності агрегатів. Вибір основного обладнання. Вибір допоміжного обладнання.

7.7. Допоміжні господарства електростанцій.

Паливне господарство ТЕС. Мазутне господарство ТЕС. Газове господарство ТЕС. Система золошлаковидалення. Очистка димових газів. Димові труби. Технічне водопостачання ТЕС. Прямоточні та оборотні схеми ТВП. Допоміжні господарства АЕС.

7.8. Компоновка головного корпусу електростанцій.

Компоновка головного корпусу ТЕС. Типи компоновок головного корпусу ТЕС. Типова компоновка головного корпусу АЕС. Типова компоновка головного корпусу КЕС. Типова компоновка головного корпусу ТЕЦ.

7.9. Генеральний план електростанцій.

Вибір площадки ЕС. Компоновка генплану АЕС. Вимоги до комунікацій та транспортних мереж. Компоновка генплану типової ТЕС. Компоновка генплану типової ТЕЦ.

7.10. Основні показники енергетичного обладнання електростанцій.

Маневреність блоків електростанцій. Надійність енергетичного обладнання електростанцій. Показники економічності блоків електростанцій. Шляхи підвищення техніко-економічних та експлуатаційних показників електростанцій.

8. Теплофізика

8.1. Теплогідрравлічні процеси в енергетичних установках

Механізм процесу теплообміну при пазирковому 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 елемента на теплогідрравлічну розвірку. Особливості гідродинаміки колекторних систем.

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

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

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

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

8.2. Методи дослідження процесів теплообміну

Математична постановка задач температурного поля та методи їх розв'язання. Аналітичні методи розв'язання задач температурного поля. Метод інтегральних перетворень.

Чисельні методи розв'язання одновимірних задач температурного поля. Чисельні методи розв'язання багатовимірних задач температурного поля.

Аналогові методи розв'язання задач температурного поля. Електротеплова аналогія (ЕТА) на суцільних середовищах. Електротеплова аналогія (ЕТА) на сіткових моделях.

Методи дослідження контактного теплообміну. Методи дослідження променистого теплообміну.

Експериментальні методи дослідження конвективного теплообміну. Конструкції робочих ділянок для дослідження конвективного теплообміну. Методи досліджень теплообміну при кипінні і конденсації.

8.3. Комбіноване виробництво енергії

Нормативно-правові умови розвитку комбінованого виробництва в ЄС та Україні. Показники ефективності комбінованого виробництва. Методи розподілу витрат на виробництво електричної та теплової енергії.

Особливості теплозабезпечення промислових підприємств. Споживання теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Загальна характеристика систем теплозабезпечення. Коефіцієнт теплофікації. Передача теплової енергії.

Види сучасних технологій генерації, що застосовуються на ТЕЦ, сфери їх застосування. Теплофікаційні парові турбіни. Теплофікаційне устаткування ТЕЦ.

Газотурбінні установки ТЕЦ. Парогазові установки ТЕЦ. Підвищення маневреності ТЕЦ.
Двигуни внутрішнього згоряння. Мікро-ТЕЦ та розподілена генерація. Тригенерація.
Екологічні аспекти експлуатації ТЕЦ.

Резерви підвищення ефективності комбінованого виробництва в Україні.

8.4. Нетрадиційні методи одержання енергії

Енергетична система планети. Потенціал енергоресурсів, споживання енергоресурсів, енергетика України, як частина світової енергетики. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії.

Сонячна енергетика: потенціал, технологія і обладнання, стан та направлення розвитку, використання сонячної енергетики в Україні. Пасивні системи теплозабезпечення, що використовують сонячну енергію. Використання сонячної енергії в будівництві. Активні системи тепло забезпечення, що використовують сонячну енергію. Сонячні енергосистеми на основі концентраторів сонячної енергії. Сонячні фотоелектричні системи. Сонячні фотоелектричні системи на основі концентраторів сонячної енергії

Вітроенергетика: потенціал, стан та направлення розвитку, використання сонячної енергетики в Україні. Вітроенергетика: обладнання та технології.

Біоенергетика: потенціал, стан та направлення розвитку, використання сонячної енергетики в Україні. Біоенергетика: обладнання та технології

Гідроенергетика: потенціал, енергія хвиль, стан та направлення розвитку, використання гідроенергетики в Україні. Обладнання та технології.

Геотермальна енергетика: потенціал, стан та направлення розвитку, використання геотермальної енергетики в Україні. Обладнання та технології.

Теплові насоси: типи і конструкції теплових насосів, їх використання для потреб теплопостачання.

Воднева енергетика: потенціал, стан та направлення розвитку, обладнання та технології.

8.5. Турбулентність та методи її вимірювання

Основні визначення та поняття турбулентності. Характеристика внутрішньої структури турбулентності. Напруження Рейнольдса.

Рівняння для динамічних характеристик турбулентності. Рівняння для теплових характеристик турбулентності.

Феноменологічні моделі турбулентності. Моделі турбулентності, що включають диференціальні рівняння для характеристик турбулентності. Моделі турбулентності для процесів теплообміну.

Способи вимірювання характеристик турбулентного потоку. Термоанемометр. Принцип його роботи. Рівняння теплового балансу нитки. Статичне тарування нитки. Рівняння реакції нитки. Вимірювання локальних характеристик турбулентного потоку з допомогою термоанемометра.

9. Енергетичний менеджмент та інжиніринг

Основні характеристики та особливості підготовки та спалювання твердого, рідкого та газоподібного палива.

Котли та котельні установки. Втрати теплоти та тепловий баланс.

Поршневі двигуни внутрішнього згоряння.

Парогазові установки з роздільними та змішаними робочими тілами.

Теплообмінники, їх класифікація за принципом дії і конструктивними особливостями.

Методика проектного та перевірного розрахунку рекуперативного теплообмінного апарата.

Гідравлічний та тепловий розрахунок рекуперативного теплообмінника.

Повітряна та парокompресійна холодильна установка.

Загальна характеристика систем теплопостачання та споживачів теплоти

Визначення витрати теплоти на опалення, на вентиляцію, на гаряче водопостачання.
Способи перетворення сонячної енергії в електричну.
Характеристика біомаси. Технології отримання твердих, рідких та газоподібних палив з біомаси.
Вітроенергетичний потенціал України. Вітроенергетичні установки та їх характеристики.
Геотермальні ресурси. Основні схеми геотермального теплопостачання.
Мала гідроенергетика.
Природні та техногенні джерела низько потенціальної теплоти.
Властивості водню як палива. Технології отримання водню. Способи зберігання водню.
Паливні елементи.
Електричні мережі. Класифікація електричних мереж.
Шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу.
Характеристика технічних засобів регулювання напруги в розподільчих мережах.
Показники якості електричної енергії.
Втрати електроенергії при передачі та споживанні.
Напрями та завдання енергетичного менеджменту. Науково-методичне забезпечення.
Засоби обліку та контролю енергоспоживання.
Визначення та види енергетичного аудиту. Загальний підхід при проведенні енергоаудиту.
Енергетичний аудит. Основні методи.
Оцінка та моніторинг споживання енергії.
Основні напрямки енергозберігаючої політики. Ефективність енергозберігаючих заходів.
Економічні проблеми енергетики. Енергетика як природна монополія.
Методи формування цін і тарифів на паливо та енергію.
Техніко-економічні розрахунки енергетичних систем та комплексів. Ціни та кінцеві витрати на паливно-енергетичні ресурси.
Математичний апарат системних досліджень в енергетиці.
Властивості систем енергетики. Властивості неповноти інформації при вивченні систем енергетики.
Технологічні заходи з реалізації технічного потенціалу енергозбереження. Система технічних та організаційних заходів з енергозбереження.
Моделі оптимізації технологічних систем паливно-енергетичного комплексу.
Паливно-енергетичний баланс (ПЕБ). Види ПЕБ та їх структура.

Основна література:

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1987. – 840 с.
2. Повх И.Л. Техническая гидромеханика.– Л.: Машиностроение, 1976. – 504 с.
3. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.
4. Войткунский Я.И., Фаддеев Ю.И., Федяевский К.К. Гидромеханика. – Л.: Судостроение, 1982. – 456 с.
5. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика: Учебник - 4-е изд., перераб.- М.: Энергоатомиздат, 1983.-416с.
6. Зубарев В.Н., Александров А.А., Охотин В.С. Практикум по технической термодинамике. Учебное пособие.- 3-е изд., перераб. -М.: Энергоатомиздат, 1986.- 304 с.
7. Костенко Г.М. Технічна термодинаміка. Учбовий посібник. – К.: Держ. видав-во техн.
8. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. – К.: Техніка, 2001. – 315 с.
9. Исаченко В.П. Теплопередача/ В.П.Исаченко, В.А.Осипова, Л.С.Сукомел – М: Энергия – 1975 – 483с.
10. Михеев М.А. Основы теплопередачи/ М.А.Михеев, И.Н.Михеева – М: Энергия – 1977 – 325с.

11. Б.Х. Драганов, А.А. Долінський, А.В. Міщенко, Є.М. Письменний. Теплотехніка: Підручник -Київ: «Інкос», 2005р.. 504 с.
12. Константинов С.М. Теплообмін: Підручник. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005.– 304 с.
13. Константинов С.М. Технічна термодинаміка. – К.: Політехніка, 2001, - 377с.
14. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М: Энергоатомиздат, 1986 г.
15. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепло-массообмен (в ядерной энергетике). М: Энергоатомиздат, 1987 г.
16. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении.
17. Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. М., Энергия, 1977, 240 с.
18. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче/ Е.А.Краснощеков, А.С.Сукомел– М: Энергия – 1980 – 288с.
19. Семена М.Г., Гершуни А.Н., Зарипов В.К. Тепловые трубы с металловолоконными капиллярными структурами. - Киев, Вища школа, 1984.
20. Гершуни А.Н., Зарипов В.К. Энергосберегающее оборудование на базе тепловых труб. Методическое пособие, 1999.
21. Литовский Е.И., Левин Л.А. Промышленные тепловые насосы. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
22. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Энергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України. - Київ, 1998.
23. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. - Киев.: Освіта України, 2007.
24. Украина: Эффективность малой энергетики. Энергетический центр ЕС в Киеве, Программа Тасіс, 1995.
25. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии. - М.: Мир, 1987.
26. Теплотехника: учеб. для вузов/ В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.Н. Камфор и др. под. ред. В.Н. Луканина – 2 изд перераб. – М.: Высш. шк., 2000 – 671 с.: ил.
27. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков Б.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам. М.: Энергоиздат, 1984.
28. ДСТУ 2339-94. Энергозбереження. Основні положення - Київ, Держстандарт України, 1994.
29. ДСТУ 2420-94. Энергозбереження. Терміни та визначення - Київ, Держстандарт України, 1994.
30. ДСТУ 2804-94. Энергобаланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення - Київ, Держстандарт України, 1994.
31. ДСТУ 3682-98. Энергозбереження. Повна енергоемність продукції, робіт і послуг. Методи визначення. - Київ, Держстандарт України, 1998.
32. ДСТУ 3755-98. Энергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок її внесення в нормативну документацію. - Київ, Держстандарт України, 1998.
33. ДСТУ 3635-98. Энергозбереження. Установка теплоутилізаційні. Загальні технічні вимоги. - Київ, Держстандарт України, 1998.
34. ДСТУ 2155-93. Энергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження. - Київ, Держстандарт України, 1993.

Додаткова література:

1. Померанцев В.В. Основы практической теории горения. /Померанцев В.В. и др. – Л.: Энергия, 1973. – 264с.
2. Хзмалян Д.М. Теория горения и топочные устройства. /Хзмалян Д.М., Каган Я.А. – М.: Энергия, 1976. – 487 с.
3. Сидельковский Л.Н. Парогенераторы промышленных предприятий. /Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. – М.: Энергия, 1977. – 526 с.

4. Бакластов А.М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. – М.: Энергия, 1970. – 568с.
5. Лебедев П.Д. Теплообменные сушильные и холодильные, установки. – М.: Энергия, 1972. – 320с.
6. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Энергия, 1975. – 376 с.
7. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. Под ред. Б.Н.Голубкова – М.: Энергия. – 423 с.
8. Шурыгин А.П. Огневое обезвреживание промышленно-сточных вод. /Шурыгин А.П., Бернадинер М.Н. – К.: Техника, 1976. – 200 с.
9. Беспамятников Г.Г. Термические способы обезвреживания промышленных отходов. /Беспамятников Г.Г., Богушевская К.К., Беленовская Л. А., Плохоткин В.Ю, Смирнов Г.Г. – Л.: Химия, 1969. – 250 с.
10. Кирилов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки. т.1. – М.: Машгиз, 1956. – 434 с.
11. Кирилов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки. т.2. – М.: Машгиз, 1956. – 318 с.
12. Зысин В.А. Комбинированные парогазовые установки и циклы.– М.,Л.: Энергоиздат,1962. – 186 с.
13. В.Я. Рыжкин. Тепловые электрические станции.-М.:Энергоатомиздат 1987, 327с.
14. Т. Х. Маргулова Атомные электростанции.-М: Высшая школа.1984.304с.
15. Л.С. Стерман, В.М. Лавигин, С.Г. Тишин Тепловые и атомные электрические станции (учебник для вузов) Изд.2, переработанное. М.:Изд.-МЭИ, 2000.-406с.
16. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС. -М.: Энергоатомиздат, 1986. - 256 с.
17. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.: Энергоиздат, 1982. - 360 с.
18. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник /Под общ. ред. В.А.Григорьева и В.М.Зорина. - М.: Энергоиздат, 1992. - 624 с.
19. Рубинштейн Я.М., Щепетильников М.И. Исследование реальных тепловых схем ТЭС и АЭС. - М.: Энергоиздат, 1982. - 272 с.
20. А.П. Елизаров Паропроводы тепловых электростанций М.: Энергоатомиздат, 1984.-232 с.
21. Н.М. Мхитарян. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников.- К.: Наукова думка.1999. –320 с.
22. Абрамович Г.М. Прикладная газовая динамика.- М.: Наука, 1976. – 888 с.
23. Тепловыделение в ядерном реакторе. Под ред. Н.Н. Пономарева-Степного, - М.: Энергоатомиздат,1985, – 160с.
24. Кириллов П.Л. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы)/ П.Л. Кириллов, Ю.С. Юрьев, В.П. Бобков - М.: Энергоатомиздат, 1990, – 360с.
25. Кутепов А.М. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании/ А.М. Кутепов, Л.С. Стерман, Н.Г. Стюшин - М.: Высшая школа, 1986, - 448с.
26. Петухов Б.С. Теплообмен в ядерных энергетических установках/ Б.С. Петухов, Л.Г. Генин, С.А. Ковалев - М.: Энергоатомиздат, 1986, - 470с.
27. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков - М.: Высшая школа, 1976.- 512с.
28. Коздоба Л.А. Электрическое моделирование явлений тепло- и массопереноса / Л.А.Коздоба – М.: Энергия, 1972. -296 с.
29. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена / В.А.Осипова - М.: Энергия, 1979.- 320 с.
30. Стырикович М.А. Методы экспериментального изучения процессов генерации пара / М.А. Стырикович, М.И. Резников - М.: Энергия, 1977.- 278 с.
31. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети.- М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
32. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.

33. Григорьев В.А., Зорин В.М. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
34. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям. – М.: Энергия, 1968. – 240 с.
35. В.И. Виссарионов, Г.В. Дирюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 317 с.2.
36. Дикий М.О. Поновлювальні джерела енергії: підручник. – К.: Вища школа, 1993. – 351 с.
37. Н.М. Мхитарян. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. - К.: Наукова думка, 1999. – 315.
38. В.П. Гальчак, В.М. Боярчук. Альтернативні джерела енергії. Енергія сонця: Навчальний посібник. – Львів, 2008. – 135с.
39. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М. Наука, 1974 г.
40. Брендшоу П. Введение в турбулентность и ее измерение. М., Мир, 1974 г.
41. Рейнольдс А. Турбулентные течения в инженерных приложениях. М., Энергия, 1979 г.
42. Дыбан Е.П., Эпик Э.Я. Тепломассобмен и гидродинамика турбулизованных потоков. Киев, Наукова думка, 1985 г.
43. Хинце И.О. Турбулентность. М., Физматгиз, 1963 г.
44. Алабовский А.Н., Анцев Б.В., Романовский С.А. Газоснабжение и очистка промышленных газов. – Киев: «Вища школа», 1985, - 192с.
45. Боженко М.Ф., Сало В.П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти. – К.: ”Політехніка”, 2004. – 192 с.
46. Дешко В.І., Хоренженко Ю.В., Шовкалюк М.М. Розрахунок техніко-економічних та екологічних показників котельень. – К.: ТУУ “КПП”, ”Політехніка”, 2006. – 80 с.
47. Соколов Е.Я, “Теплофікація і теплові мережі”. – М.: “Енергія”, 1982, -360с.
48. Н.М. Мхитарян. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. - Киев.: Наукова думка, 1999.-319с.
49. Соловей О.І., Лега Ю.Г., Розен В.П., Ситник О.О., Чернявський А.В., Курбака Г.В. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії / Навчальний посібник. – Ч.: ЧДТУ, 2007. – 483 с.
50. Зорин В.В. Тисленко В.В. Системы электроснабжения общего назначения / Чернигов: ЧГТУ, 2005.- 341 с.
51. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов / М.: Издательский центр „Академия”, 2004.- 320 с.
52. Василега П.О. Електропостачання / Суми: ВТД „Університетська книга”, 2008.- 415 с.
53. Энергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник/ В.В.Прокопенко, О.М.Закладний, П.В.Кульбачний. – Київ.: Освіта України, 2008. – 438с.
54. Энергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І.Соловей, В.П.Розен, Ю.Г.Лега, О.О.Ситник, А.В.Чернявський, Г.В.Курбака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
55. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. Энергетический бизнес: Учеб. пособие.- М. : Дело, 2006.- 600с.
56. Тарасюк Г. М. Управління проектами: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид.-К.: Каравела, 2006. – 320 с.
57. Жамбю М. Иерархический кластер анализ и соответствия: Пер. с французю – М.: Финансы и статистика. – 1988. – 342 с.
58. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: Підручник. – 4- е вид., перероб. і допов. – К.:2000. – 688с.
59. Тоценко В.Г. Методи та системи підтримки прийняття рішень. Алгоритмічний аспект. – К.: Наукова думка, 2002. – 382с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова Вченої ради
теплоенергетичного факультету
_____ Письменний Є.М.
«_____» _____ 2017 р.

**ПРОГРАМА ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО
ВИПРОБУВАННЯ**

**третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
для здобуття наукового ступеня доктор філософії**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ *14 Електрична інженерія*

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ *144 Теплоенергетика*

Ухвалено Вченою радою факультету/інституту
(протокол від «27» 02 2017 р. № 7)

Київ
НТУУ «КПІ»
2017

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Варламов Геннадій Борисович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної і промислової теплотехніки теплоенергетичного факультету

Безродний Михайло Костянтинівич

доктор технічних наук, професор, професор кафедри теоретичної і промислової теплотехніки теплоенергетичного факультету

Фуртат Ірина Едуардівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної і промислової теплотехніки теплоенергетичного факультету

Черноусенко Ольга Юріївна

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних станцій теплоенергетичного факультету

Кєсова Любов Олександрівна

доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних станцій теплоенергетичного факультету

Бутовський Леонід Сергійович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних станцій теплоенергетичного факультету

Туз Валерій Омелянович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету

Кравець Володимир Юрійович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету

Лебедь Наталія Леонідівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету

Дешко Валерій Іванович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки та енергозбереження Інституту енергозбереження та енергоменеджменту

Шкляр Віктор Іванович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплотехніки та енергозбереження Інституту енергозбереження та енергоменеджменту

1. Загальні відомості

Мета додаткового вступного випробування – визначення відповідності вступників, які отримали освіту за іншими спеціальностями теоретичній і практичній підготовці за спеціальністю «Теплоенергетика».

Додаткове вступне випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту з базових дисциплін спеціальності «Теплоенергетика»: «Гідрогазодинаміка», «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін». Вступники повинні продемонструвати і підтвердити відповідний рівень теоретичних та практичних знань з даних дисциплін.

2. 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 – Стокса та друга 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. Витікання 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 примежового шару, його види, фізичні та математичні моделі.

Одновимірні течії газу. Стрибки ущільнення.

3. 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.

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. 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.

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 парокомпресійної холодильних установок. Теплонасосні установки.

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

4. Тепломасообмін

Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор щільності 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 багат шарової плоскої стінки. 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 тепла.

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 описанні 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.

Основна література:

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1987. – 840 с.
2. Повх И.Л. Техническая гидромеханика.– Л.: Машиностроение, 1976. – 504 с.
3. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.
4. Войткунский Я.И., Фаддеев Ю.И., Федяевский К.К. Гидромеханика. – Л.: Судостроение, 1982. – 456 с.
5. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика: Учебник - 4-е изд., перераб.- М.: Энергоатомиздат, 1983.-416с.
6. Зубарев В.Н., Александров А.А., Охотин В.С. Практикум по технической термодинамике. Учебное пособие.- 3-е изд., перераб. -М.: Энергоатомиздат, 1986.- 304 с.

7. Костенко Г.М. Технічна термодинаміка. Учебний посібник. -К.: Держ. видав-во техн.
8. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. – К.: Техніка, 2001. – 315 с.
9. Исаченко В.П. Теплопередача/ В.П.Исаченко, В.А.Осипова, Л.С.Сукомел – М: Энергия – 1975 – 483с.
10. Михеев М.А. Основы теплопередачи/ М.А.Михеев, И.Н.Михеева – М: Энергия – 1977 – 325с.
11. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М: Энергоатомиздат, 1986 г.
12. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепло-массообмен (в ядерной энергетике). М: Энергоатомиздат, 1987 г.
13. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении.
14. Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. М., Энергия, 1977, 240 с.
15. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче/ Е.А.Краснощеков, А.С.Сукомел– М: Энергия – 1980 – 288с.
16. Литовский Е.И., Левин Л.А. Промышленные тепловые насосы. - М.: Энергоатомиздат, 1989.

Додаткова література:

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. 1,2.– М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1963. – 584 с.,728 с.
2. Фабрикант Н.Я. Аэродинамика. – М.: Наука,1964. – 816 с.
3. Бэр Г.Д. Техническая термодинамика. - М.: Мир, 1977. -518 с.
4. Андриященко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок: Учебное пособие. -3-е изд., перераб. -М.: Высшая школа, 1985. -319 с.
5. Теплотехника: учеб. для вузов/ В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.Н. Камфор и др. под. ред. В.Н. Луканина – 2 изд перераб. – М.: Вышш. шк., 2000 – 671 с.: ил.
6. Б.Х. Драганов, А.А. Долінський, А.В. Міщенко, Є.М. Письменний. Теплотехніка: Підручник -Київ: «Інкос», 2005р.. 504 с.
7. Константинов С.М. Теплообмін: Підручник. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005.– 304 с.
8. Константинов С.М. Технічна термодинаміка. – К.: Політехніка, 2001, - 377с.
9. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков Б.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам. М.: Энергоиздат, 1984.
10. Богданов С.Н. и др. Теоретические основы хладотехники. Тепломассообмен. М.: Агропромиздат, 1986 г.