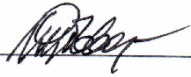


МІНІСТЕРСТВО ОСІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

“Затверджено”

Голова вченої ради НУК,



проф. Дубовий О.М

Протокол № 1 від 31.01. 2020р.

Голова приймальної комісії НУК,
ректор НУК,



проф. Труштяков Є.І.

"31" січня 2020 р.

ПРОГРАМА

**вступного іспиту зі спеціальності при прийомі на навчання для здобуття
освітньо-наукового ступеня «доктор філософії»**

Спеціальність: 144 – “Теплоенергетика”

Миколаїв 2020 рік

Мета вступного іспиту

Метою проведення вступного іспиту за спеціальністю 144 "Теплоенергетика" є визначення достатності рівня підготовки магістра або на базі іншої повної вищої освіти до подальшого навчання для здобуття освітньо-наукового ступеня «доктор філософії» зі спеціальності "Теплоенергетика".

Учасник вступного випробування повинен показати володіння наступними питаннями:

- термінологія, поняття та визначення, що відносяться до джерел та систем генерації, постачання та споживання теплоти та її перетворення;
- основні показники обладнання, принципи функціонування, конструкцію, умови роботи елементів систем генерації, постачання та споживання теплоти та її перетворення;
- призначення будь-якого елемента систем генерації, постачання та споживання теплоти та її перетворення;
- фізичні процеси, що протікають в елементах систем генерації, постачання та споживання теплоти та її перетворення;
- загальні положення розрахунків, значення параметрів теплоносіїв та технічних характеристик обладнання;
- характеристики робочих речовин, що використовуються в системах генерації, постачання та споживання теплоти та її перетворення;
- умови та вимоги нормативних документів до розміщення елементів системи на території підприємств та в приміщеннях;
- рівень впливу джерел та систем генерації, постачання та споживання теплоти та її перетворення і їх елементів на навколишнє середовище та шляхи зменшення негативних наслідків їх роботи;
- шляхи удосконалення джерел та систем генерації, постачання та споживання теплоти та її перетворення і їх елементів та перспективи розвитку.

Зміст програми вступного іспиту

Основою програми вступного іспиту є навчальні програми професійно-орієнтованих дисциплін "Термодинаміка", "Тепломасообмін", "Гідрогазодинаміка" і "Транспортна та промислова теплоенергетика" навчального плану підготовки бакалаврів та магістрів зі спеціальності 144 "Теплоенергетика".

Програма складається з 4 розділів, які охоплюють: основні відомості з теплофізичних та газодинамічних процесів в теплоенергетиці а також питання складу, проектування та основ експлуатації об'єктів транспортної та промислової теплоенергетики.

1. Термодинаміка

1.1. Основні термодинамічні поняття. Термодинамічні системи, навколишнє середовище, взаємодія між ними. Стан рівноваги. Параметри (функції) стану. Внутрішня енергія. Термодинамічний процес. Рівноважні та нерівноважні процеси.

1.2. Рівняння стану термодинамічних систем. Термічні та калоричні рівняння стану. Загальні властивості рівнянь стану. Рівняння Клапейрона-Менделєєва і Ван-дер-Ваальсу як приклади рівнянь стану. Сучасні моделі рівнянь стану (термодинамічна теорія збурень, методи молекулярної динаміки та Монте-Карло). Ентальпія, робота проштовхування, технічна робота, наявна робота.

1.3. Перший закон термодинаміки як форма закону зберігання і перетворення енергії. Види енергії і форми обміну енергією. Механічна робота та інші види робіт. Тепло як форма обміну енергією. Визначення кількості роботи і теплоти у рівноважних процесах через параметри системи та їх зміна у зворотніх і незворотніх. Робота і тепло як функція процесів.

1.4. Поняття теплоємності. Залежність теплоємності від характеру термодинамічного процесу. Визначення ізохорної та ізобарної теплоємностей через похідні від енергії та ентальпії по температурі. Мольна, масова та об'ємна питомі теплоємності. Залежність теплоємності ідеальних газів від температури. Істинна і середня теплоємність. Теплоємність суміші ідеальних газів.

1.5. Другий закон термодинаміки. Термодинамічна оборотність та необоротність. Зміна ентропії у необоротних процесах. Термодинамічні нерівності. Умови взаємного перетворення теплоти і роботи у прямих та зворотніх термодинамічних циклах. Термічний коефіцієнт прямого циклу і холодильний коефіцієнт зворотнього циклу. Цикл та теорема Карно. Формулювання другого закону термодинаміки. Методи термодинамічного аналізу циклів (ентропійний, ексергетичний, термoeкономічний). Характеристичні функції та термодинамічні потенціали. Внутрішня енергія, ізохорно-ізотермічний потенціал, ізобарно-ізотермічний потенціал як характеристичні функції. Можливість виразу термічних і калоричних властивостей системи через характеристичні функції. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Співвідношення Максвелла.

1.6. Термодинамічна рівновага. Складні термодинамічні системи з фазовою та хімічною неоднорідністю. Основне рівняння термодинаміки для складної системи. Хімічний потенціал. Умови рівноваги складної системи при різних сполученнях з навколишнім середовищем. Принцип мінімальності характеристичних функцій. Зв'язок принципу мінімальності з принципом зростання ентропії у нерівноважних процесах. Умови термодинамічної рівноваги у багатофазових багатокомпонентних системах. Правило фаз Гіббса. Фазові переходи першого роду. Фазові діаграми чистої речовини. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Поняття про фазові переходи другого роду.

1.7. Термодинамічні властивості речовин на лінії фазових переходів. Термодинамічні властивості перегрітої пари та вологої пари. Поняття про методи розрахунку ентропії, ентальпії і внутрішньої енергії реальних речовин з використанням даних про термічні властивості. Термодинамічні діаграми стану об'єм – тиск, об'єм – температура, ентропія – ентальпія, тиск – ентальпія.

1.8 Основні термодинамічні процеси. Об'єм розрахунку термодинамічного процесу. Процеси: ізохорний, ізобарний, ізотермічний, адіабатний, політропний. Визначення параметрів стану, зміна термодинамічних функцій в процесі, кількість теплоти, роботи, розташовної роботи у випадку ідеального газу і реальних речовин. Процес дроселювання. Опис процесу. Ефект Джоуля-Томсона. Диференційний і інтегральний дросель-ефекти. Точки і крива інверсії.

1.9. Термодинаміка одномірного потоку. Основні припущення. Рівняння енергії потоку у термічній і механічній формах. Адіабатична течія без тертя. Зв'язок швидкості течії з ентальпією, температурою та тиском у потоці. Параметри гальмування. Течія по каналах змінного перерізу. Критичний перепад тиску, перехід через швидкість звуку. Сопло Лавалю. Поняття про поведінку взаємодій. Дослідження процесів течії газу за допомогою ентропійних діаграм.

1.10. Вологе повітря. Характеристики стану вологого повітря. Абсолютна та відносна вологість. Діаграма станів вологого повітря. Процеси нагрівання, охолодження, зволоження та осушування.

1.11. Елементи хімічної термодинаміки. Використання першого закону термодинаміки до хімічних процесів. Закон Гесса. Рівняння Кірхгофа. Використання умов термодинамічної рівноваги до хімічних реакцій. Константа рівноваги для гомогенних газових реакцій, закон діючих мас. Ступінь дисоціації і її зв'язок із константами рівноваги. Поняття про максимальну роботу хімічної реакції. Поняття про тепловий закон Нернста.

2. Тепломасообмін

2.1. Методи дослідження фізичних явищ. Основні положення феноменологічного і статистичного методів. Елементарні види переносу, їх механізм. Феноменологічні закони і коефіцієнти переносу. Основні положення теорії подібності. Метод аналізу розмірностей.

2.2. Математична модель процесу теплопровідності, диференційне рівняння теплопровідності, умови однозначності. Умови подібності процесів теплопровідності, критерії подібності. Стаціонарні процеси теплопровідності. Теплопровідність плоских, циліндричних, кульових одно- і багат шарових стінок при граничних умовах першого і третього роду, теплопередача. Узагальнений метод рішення задач теплопровідності. Теплопровідність при наявності внутрішніх джерел теплоти. Теплопровідність ребер, тепловіддача і теплопередача ребрених поверхонь. Нестационарні процеси теплопровідності. Нестационарна теплопровідність класичних тіл необмежених пластини і циліндру, сфери, тіл обмежених розмірів. Теплопровідність при фазових перетвореннях. Регулярний тепловий режим. Нелінійні задачі теплопровідності. Наближені аналітичні методи рішення задач теплопровідності, числові методи.

2.3. Математична модель процесу конвективного теплообміну. Диференційні рівняння тепловіддачі, енергії, руху, суцільності, умови однозначності. Умови подібності процесів конвективного теплообміну, критерії подібності. Теплообмін при вільній конвекції при ламінарному і турбулентному

русі біля вертикальної стінки, у горизонтальній труби. Теплообмін при вільній конвекції в обмеженому просторі.

2.4. Теплообмін при вимушеній ламінарній течії. Теплообмін при повздовжньому омиванні поверхні. Диференційні рівняння теплового і гідродинамічного пограничних шарів. Інтегральні рівняння імпульсу і теплового потоку. Аналогія процесів переносу теплоти та імпульсу у пограничному шарі. Тепловіддача пластини при різних граничних умовах, аналітичні рішення, експериментальні дані).

2.5. Теплообмін при вимушеному турбулентному русі. Рівняння енергії і руху у осереднених величинах. Турбулентні коефіцієнти переносу. Турбулентні теплові потоки і дотичні напруження. Гідротеплова аналогія Рейнольдса. Тепловіддача при омиванні пластини і течії у каналах (рішення на підставі двох- та трьох шарових моделях потоку). Тепловіддача при течії у каналах в області стабілізованого процесу (інтеграл Лайона). Тепловіддача при наявності у потоці джерел теплоти. Тепловіддача при поперечному омиванні поодиноких труб і пучків.

2.6. Теплообмін високошвидкісних газових потоків. Математична модель процесу. Урахування теплоти тертя. Температура гальмування, відновлення. Особливості течії і теплообміну. Теоретичні рішення, експериментальні дані.

2.7. Теплообмін розріджених газів. Області течії. Коефіцієнти акомодатії імпульсів і теплоти. Тепловіддача в області течії із скочванням та у вільно-молекулярному потоці.

2.8. Теплообмін при конденсації пари. Плівкова та краплинна конденсація. Теплообмін при плівковій конденсації нерухомої пари на вертикальній стінці. Конденсація на горизонтальній трубі. Теплообмін при плівковій конденсації рухомої пари усередині труб, на горизонтальних поодиноких трубах і пучках труб. Теплообмін при конденсації пари із парогазової суміші. Потрійна аналогія між процесами переносу імпульса, тепла і маси. Дифузійний пограничний шар. Теплообмін при краплинній конденсації пари.

2.9. Теплообмін при кипінні однокомпонентних рідин. Режими кипіння рідини і механізми процесу теплообміну. Залежність теплового потоку від температурного напору. Залежність тепловіддачі від тиску і теплофізичних якостей. Вплив швидкості циркуляції. Структура двофазного потоку і теплообміну при кипінні рідини усередині труб. Кризи кипіння. Механізм теплообміну при плівковому кипінні рідини. Тепловіддача при ламінарному і турбулентному русі парової плівки.

2.10. Механізм переносу маси. Математична модель процесу конвективного масообміну. Критерії подібності. Масовіддача. Рівняння Стефана. Аналогія процесів переносу теплоти і маси, межі аналогії. Математична модель взаємопов'язаних процесів тепло-і масопереносу. Тепло- і масовіддача при конденсації пари із парогазової суміші, випарування рідини з поверхні, сублімації.

2.11. Тепло- і масообмін при хімічних перетвореннях. Області протікання процесів переносу - рівноважна, нерівноважна, заморожена течія, матема-

тичні моделі процесів при рівноважній і нерівноважній течії. Урахування впливу хімічних реакцій на температурне поле і тепловіддачу.

2.12. Теплообмін випромінюванням. Основні закони теплового випромінювання (Планка, Релея-Джінса, Вина, Стефана-Больцмана, Кірхгофа, Ламберта). Променистий теплообмін між безкінцевими пластинами, тілом і оболонкою, розділеними діатермічним середовищем. Вплив екранів. Теплообмін між двома вільно розташованими тілами. Кутові коефіцієнти випромінювання, методи їх визначення. Геометричні властивості променистих потоків. Променистий теплообмін у системах абсолютно чорних і сірих тіл, розділених діатермічним середовищем. Перенос променистої енергії у поглинаючих парогазових середовищах. Закони Бугера, Бера, об'єднаний закон Бугера-Бера. Дифузне приближення процесу випромінювання. Узагальнені кутові коефіцієнти випромінювання. Загальне рівняння переносу променистої енергії у поглинаючих, випромінюючих і розсіювальних середовищах. Критерії подібності променистого теплообміну.

2.13. Складний теплообмін. Радіаційно-кондуктивний теплообмін. Радіаційно-кондуктивно-конвективний теплообмін. Критерії подібності складного теплообміну.

3. Гідрогазодинаміка

3.1. Концепція суцільного середовища. Основні гіпотези математичного опису руху газів та рідин. Ідеальна рідина. Основи гідростатики. Диференціальні рівняння гідростатики. Розподілення тиску у спокійних об'ємах рідин і газу. Закони Паскаля, Архімеда.

3.2. Загальні рівняння руху рідини (у напруженнях). Диференційні рівняння руху ідеальної рідини (рівняння Ейлера). Зв'язок між напруженнями і деформаціями. Узагальнений закон Ньютона. Ньютоновські і неньютоновські рідини.

3.3. Диференційні рівняння руху в'язкої рідини, рівняння Нав'є-Стокса. Вихрєві і потенціальні течії. Основні теореми руху: Коші-Гельмгольца, Гельмгольца, Стокса. Основні режими руху. Диференційні рівняння усередненого турбулентного руху (рівняння Рейнольдса). Напівемпіричні теорії турбулентності. Теорія шляху перемішування Прандтля. Сучасні теорії турбулентності.

3.4. Основи теорії пограничного шару. Диференційні рівняння ламінарного пограничного шару (рівняння Прандтля). Число Рейнольдса та товщина ламінарного пограничного шару. Інтегральне рівняння пограничного шару (рівняння Кармана). Характерні масштаби пограничного шару (товщина "вистискання", товщина "втрати імпульсу" і втрати енергії).

3.5. Гідродинаміка течії у каналах. Теоретичне рішення для течії рідин у довгих каналах. Закон Хагена-Пуазейля. Напівемпіричні співвідношення для розвинутої турбулентної течії у каналах.

3.6. Основи газодинаміки. Рівняння збереження для газового потоку.

3.7. Закон обертання впливу. Основні безрозмірні параметри і характеристики газових потоків. Число Маха і коефіцієнт швидкості. Газодинамічні функції.

3.8. Прямий і косий стрибок ущільнення (елементарна теорія). Рівняння ударної адіабати. Хвильові опіри.

3.9. Елементарна теорія газового ежектору.

3.9. Струмин течії у газах і рідинах. Затоплена турбулентна струмина. Гідравлічний удар. Формула Жуковського.

4. Транспортна та промислова теплоенергетики

4.1. Котельні установки суднового та промислового призначення, основні типи топочного обладнання. Конструкції котлів: котли парові та водяні, котли з природної та примусовою циркуляцією, прямотокові парогенератори, утилізаційні та енерго-технологічні котли, котли промислових підприємств, котли АЕС. Теплообмінне обладнання котлів: пароперегрівники, економайзери, воздухопідігрівачі, допоміжне обладнання – тягодутеві, живильні, шламо- золівіддільні, водопідготовні системи та інше. Основи розрахунків котлів. Матеріальний і тепловий баланс котлів. Загальне рівняння горіння. Загальне рівняння теплового балансу. Корисна теплота. Втрати теплоти та їх визначення. Система ККД котлів.

4.2. Спалювання палива у котлах. Вимоги до процесу горіння. Особливості спалювання газу та газопальничні пристрої. Особливості спалювання мазуту та мазутні форсунки. Пристрої для спалювання твердого палива (шарові та пиловугільні печі). Методи заглушування виникнення окислів азоту у паливних пристроях. Очищення димових газів та їх розпорощення в атмосфері.

4.3. Промислові вогнетехнічні процеси і установки. Теплотехнічна класифікація технологічних процесів. Основні ознаки класифікації. Основні стадії технологічного процесу. Матеріальні та теплові баланси технологічних процесів. Задачі, які вирішуються за допомогою матеріальних балансів. Рівняння теплового балансу і система ККД технологічного процесу.

4.4. Теплові та технологічні схеми паливних печей. Теплові схеми печей з регенеративним тепловикористанням і зовнішнім технологічним тепловикористанням. Теплові схеми печей багатоцільового призначення. Принципові особливості теплових схем і критерії їх енергетичного удосконалення. Теплотехнічні принципи (методи) оформлення технологічних процесів, їх класифікація та особливості. Теплотехнічні схеми паливних печей.

4.5. Рух газів та зовнішній тепло і масообмін у робочій камері з відкритим та ізольованим джерелами теплоти. Методи розрахунку результуючого теплового та масового потоків. Розрахунок часу теплової обробки "тонких" тіл. Внутрішній теплообмін. Методи розрахунку довгочасності нагріву "масивних" тіл. Температурні режими теплової обробки масивних тіл.

4.6. Перспективи розвитку паливних печей. Безвідхідна технологія як основа технічного прогресу теплотехнологічних процесів. Енергетика технології як база технічної реалізації нових технологічних процесів і безвідходних систем. Нові джерела енергії, раціональні теплові схеми. Теплотехнічні принципи і конструктивні схеми.

4.7. Тепломасообмінні та холодильні установки. Класифікація і призначення тепломасообмінних апаратів. Класифікація за конструктивними ознака-

ми, за видами теплоносіїв, за засобом контакту проміж ними. Конструктивна досконалість, експлуатаційні та економічні показники. Теплогідродинамічні характеристики теплообмінних апаратів. Рекуперативні, регенеративні, змішувальні теплообмінники. їх використання, методи розрахунків. Апарати періодичної та безперервної дії.

4.8. Випарювальні установки. Розчини і процеси випарювання. Схема рекуперативного випарювання. Методи випарювання у апаратах з поглиненими палинками, вакуумвипарювачах та пінних апаратах. Розрахунок і проектування багатоступеневих випарювальних установок. Вибір оптимального числа ступенів. Використання ЕОМ у розрахунку випарювальних станцій.

4.9. Ректифікаційні установки. Основні умови перегонки бінарних та багатоконпонентних сумішей. Технологічні схеми ректифікації. Типи і особливості ректифікаційних колон. Методи розрахунку і вибору устаткування ректифікаційних установок.

4.10. 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.

4.11. Холодильні установки і трансформатори тепла. Хладагенти 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. Використання природної теплоти.

4.12. Теплові електричні станції (ТЕС), теплоелектроцентралі (ТЕЦ). Теплофікація, теплопостачання. Комбіноване вироблення електричної та теплової енергії як основа енергозбереження, особливості комбінованого вироблення енергії у централізованій та децентралізованій системах, когенерації установки. ТЕС-класифікація станцій та принципові теплові схеми, графіки електричних та теплових навантажень, допоміжне обладнання, водопостачання, паливне господарство, золошлаковідділення, очистка димових газів, техніко-економічні показники ТЕС. Атомні електростанції - паливо, реактори, основні схеми АЕС. Промислові теплові електростанції. Принципові схеми та цикли промислових теплових електростанцій.

4.13. Паротурбінні установки (ПТУ) - основи теплових процесів у парових турбінах та теплові розрахунки їх. Основні деталі та вузли (лопатки, ротори, корпуси, підшипники, система регулювання та мастилозабезпечення, допоміжне обладнання - конденсатори, ежектори, деаератори). Конструкції та види парових турбін.

4.14. Початкові та кінцеві параметри ПТУ та їх вплив на теплову і загальну економічність вироблення електричної енергії та тепла. Проміжний перегрів пари, його енергетична ефективність і область доцільного використання. Вибір оптимального вакууму.

4.15. Регенеративний підігрів живильної води. Схеми регенеративного підігріву на теплових електростанціях на органічному та ядерному паливі.

Ефективність регенеративного підігріву. Оптимальне розподілення по ступеням підігріву. Змінні режими роботи ПТУ.

4.16. Газотурбінні установки (ГТУ) - основи процесів в газових турбінах і теплові розрахунки. Конструкції та основні види газових турбін. Основні деталі вузли (лопатки, ротори, корпуси турбін і компресорів, системи теплового захисту, регулювання, допоміжне обладнання - системи повітряпідготовки, повітряохолоджувачі, регенератори системи мастилозабезпечення).

4.17. ПГУ - парогазові установки (бінарні та дожигом палива у котлах - утилізаторах), газопарові установки (ГПУ). Особливості роботи ГТУ на змінних режимах. Вплив початкових параметрів на ефективність циклу ГТУ. Складні цикли ГТУ (регенеративні, з промоохолодженням та перегрівом).

4.18. Теплові схеми та характеристики газотурбінних, парогазових і газопарових установок та їх розрахунок. Сучасні схеми газотурбінних, парогазових та газопарових установок. Характеристика сумісної роботи турбіни та компресора. Особливості відпуску тепла від ГТУ, ПГУ та ГПУ.

4.19. Компресорні установки та вентилятори. Поршневі, відцентрові, осьові компресори. Основи процесів та їх теплові і гідравлічні розрахунки.

4.20. Теплофікація і теплові мережі. Системи централізованого теплопостачання промислових підприємств та районів. Схеми джерел теплоти і систем теплопостачання. Енергетична і техніко-економічна оцінка пари та води як теплоносіїв.

4.21. Режими регулювання централізованого теплопостачання. Теплові характеристики теплообмінних апаратів та установок. Регулювання однорідного та різнорідного теплового навантаження. Коефіцієнт теплофікації та режим і відбору турбін. Сумісна робота ТЕЦ та пікових котельних.

4.22 Устаткування теплових підстанцій. Схеми, будова та методи розрахунку конденсаторозбірних установок. Змішувальні вузли, їх характеристики і методи розрахунку. Акумуляторні установки. Захист систем теплопостачання від корозії, шламу і накипу.

4.23. Техніко-економічний розрахунок систем теплопостачання. Методи оптимізації систем теплопостачання. Визначення щорічних витрат на паливо. Визначення розрахункових витрат на тепло. Визначення розрахункових витрат та експлуатаційних витрат.

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

4.25. Відновлювальні джерела енергії. Питання екології в транспортній та промисловій теплоенергетиках.

Структура екзаменаційного завдання фахового випробування.

Кожен білет містить три запитання.

Критерії оцінювання.

Оцінювання вступного іспиту проводиться за національною шкалою та ЄКТС (відмінно – 90...100 «А»; добре – 82...89 «В»; добре – 74...81 «С»; за-

довільно – 64...73 «D»; задовільно – 60...63 «E»; усі бали які нижче від вказаних – незадовільно). У тому разі, якщо на вступному іспиті зі спеціальності вступник отримав оцінку 73 «D» або нижчу, він позбавляється права брати участь у конкурсі.

Тривалість проведення вступного іспиту 120 хвилин.

Критерії оцінювання вступного іспиту відповідають «Правилам прийому до аспірантури та докторантури Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова на 2020 рік».

Література

1. Теория тепломассообмена. Учебник для технических университетов и вузов. Под ред. А.И.Леонтьева, 2 изд., М.,1997, 683с.
2. Исаченко В.П., Осипова В А., Сукомел А.С. Теплопередача. М., Энергия, 1981, 426с.
3. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена . М., Энергия, 1976, 296с.
4. Кутателадзе С.С, Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. М., Энергия, 1976, 296 с.
5. Справочник по теплообменникам: в 2 т. Пер. с англ., под ред. Б.С.Петухова, В.К Шикова. – М., Энергоатомиздат, 1987.
6. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках. – М., Наука, 1982,472 с.
7. Беляев Н.М. Термодинамика – К., Вища школа, 1987. 334 с.
8. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. М.,Энергоатомиздат, 1983, 416 с.
9. Техническая термодинамика/ Крутов В.И., Исаев С.И., Кожинов И.А. и др. М., Высшая школа, 1991, 384 с.
10. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. 4 изд. М., Наука, 1975, 888 с.
11. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Учебник для вузов. М., Наука, 1987, 840 с.
12. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. 1974, 712 с.
13. Померанцев В.В. и др. Основы практической теории горения. - Л.:Энергия, 1973.- 264с.
14. Хзмалян Д.М., Каган Я. Теория горения и топочные устройства.- М.: Энергия, 1976. -487 с.
15. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Парогенераторы промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1977
16. Щегляев А.В. Паровые турбины. – М.: Энергия, 1976
17. Трухний А.Д., Лосев С.М. Стационарные паровые турбины. Под ред. Б.М.Трояновского.- М.: Энергоиздат, 1981.-456 с.
18. Черкасский В.М., Романова Т.М., Кауль Р.А. Насосы, компрессоры, вентиляторы. – М.: Энергия, 1968.
19. Щукин АА. Промышленные печи и газовое хозяйство -М.: Энергия, 1973. -232с.

20. Ключников А.Д. Теплотехническая оптимизация топливных печей. М.: Энергия, 1974. 343с.
21. Бакластов А.М. проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. – М.: Энергия, 1970 – 568 с.
22. Лебедев П.Д. Теплообменные сушильные и холодильные установки. М.:Энергия, 1972 – 320 с.
23. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.:Энергия, 1975. 376 с.
24. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий / под ред. Б.Н.Голубкова. – М.: Энергия – 423. с
25. Промышленные тепловые электростанции. / под ред. Е.Я.Соколова – М.: Энергия, 1967 – 344. С
26. Шурыгин А.П., Бернадинер М.Н. Огневое обезвреживание промышленно-сточных вод – Киев: Техника, 1976 – 200с.
27. Беспамятов Г.Г., Богушевская К.К., Зеленовская Л.А., Плохоткин В.Ю., Смирнов Г.Г. Термические способы обезвреживания промышленных отходов. – Л.: Химия, 1969. – 250 с.
28. Кирилов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки. т.1. М., Машгиз, 1956, 434 с.
29. Кирилов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки. т.2. М., Машгиз, 1956, 318 с.
30. Зысин В.А. Комбинированные парогазовые установки и циклы – М., Л., Энергоатомиздат, 1962 – 186 с.