

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою ВНТУ

протокол № 12

від «30» березня 2017 р.

професор наукової роботи



С. В. Павлов

ПРОГРАМА

вступного іспиту до аспірантури за спеціальністю

144 – теплоенергетика

галузь знань 14 – електрична інженерія

Розглянуто і схвалено

Секцією Науково-технічної ради ВНТУ

протокол № 5

від «22» лютого 2017 р.

голова секції НТР

О. В. Грушко

Вінниця 2017

Термодинаміка

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

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 безкраїх та кінцевих процесах. Робота і тепло як функція процесів.

Термодинаміка проточної системи, рівняння першого закону. Ентальпія, робота проштовхування, технічна робота. Рівняння стану термодинамічних систем. Термічні та калоричні рівняння стану. Загальні властивості рівнянь стану. Рівняння Клапейрона–Менделєєва і Ван-дер-Ваальса як приклади рівнянь стану. Сучасні моделі рівнянь стану (термодинамічна теорія збурень, методи молекулярної динаміки та Монте-Карло).

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.

Другий закон термодинаміки. Термодинамічна оборотність та необоротність. Зміна ентропії у необоротних процесах. Термодинамічні нерівності. Умови взаємного перетворення теплоти і роботи у прямих та обернених термодинамічних циклах. Термічний коефіцієнт прямого циклу і холодильний коефіцієнт оберненого циклу. Цикл та теорема Карно. Формулювання другого закону термодинаміки. Методи термодинамічного аналізу циклів (ентропійний, ексергетичний, термoeкономичний). 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.

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 рівновага у багатофазових багатокомпонентних системах. Правило фаз Гіббса. Фазові переходи першого роду. Фазові діаграми чистої речовини. Рівняння Клапейрона–Клаузіуса. Поняття про фазові переходи другого роду.

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.

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.

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.

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

Елементи хімічної термодинаміки. Використання першого закону термодинаміки до хімічних процесів. Закон Гесса. Рівняння Кірхгофа. Використання умов термодинамічної рівновага до хімічних реакцій. Константа рівновага 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.

Гідрогазодинаміка

Суцільне середовище. 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.

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.

Диференційні рівняння руху в'язкої рідини, рівняння Нав'є-Стокса. Вихрові 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.

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 « витискання», товщина «втрати імпульсу» і втрати енергії).

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

Основи газодинаміки. Рівняння збереження для газового потоку.

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

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

Елементарна теорія газового ежектору.

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

Тепломасообмін

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

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.

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 у вертикальній стінки, горизонтальній труби. Теплообмін при вільній конвекції у обмеженому просторі.

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).

Теплообмін за умов вимушеного турбулентного руху. 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 тепла. Тепловіддача при поперечному омиванні поодиноких труб і пучків.

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

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

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. Трійна аналогія між процесами переносу імпульсу, тепла і маси. Дифузійний пограничний шар. Теплообмін при краплинній конденсації пари.

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 двохфазного потоку і теплообміну при кипінні рідини усередині труб. Кризи кипіння. Механізм теплообміну при плівковому кипінні рідини. Тепловіддача при ламінарному і турбулентному русі парової плівки.

Механізм переносу маси. Математична модель процесу конвективного масообміну. Критерії подібності. Масовіддача. Рівняння Стефана. Аналогія процесів переносу тепла 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.

Тепло- і масообмін при хімічних перетвореннях. Області протікання процесів переносу - рівноважна, нерівноважна, заморожена течія, математичні моделі процесів при рівноважній і нерівноважній течії. Урахування впливу хімічних реакцій на температурне поле і тепловіддачу.

Теплообмін випромінюванням. Основні закони теплового випромінювання (Планка, Релея-Джиса, 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.

Радіаційно–кондуктивний теплообмін. Радіаційно-кондуктивно-конвективний теплообмін. Критерії подібності складного теплообміну.

Промислова теплоенергетика

Котельні установки промислового призначення. Котли парові та водогрійні, котли з природної та штучної циркуляції, прямотові парогенератори, утилізаційні та енерго-технологічні котли, котли промислових підприємств, котли АЕС. Тепло-обмінне обладнання котлів–пароперегрівники, економайзери, повітропідігрівники, допоміжне обладнання – тягодутеві, живильні, шламо-золівідвідні, водопідготовні системи та інше. 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 газопальникові 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 розпорошення в атмосфері.

Промислові 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.

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.

Рух газів та зовнішній тепло і масообмін у робочій камері з відкритим та ізольованим джерелами тепла. 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.

Безвідхідна технологія як ос-нова технічного прогресу теплотехнологічних процесів. Енергетика технології як база технічної реалізації нових технологічних процесів і безвідходних систем. Нові джерела енергії, раціональні теплові схеми. Тепло-технічні принципи і конструктивні схеми. Перспективи розвитку паливних печей.

Тепломасообмінні та холодильні установки. Класифікація і призначення тепломасообмінних апаратів. Класифікація за конструктивними ознаками, за видами теплоносіїв, за засобом контакту проміж ними. Конструктивна досконалість, експлуатаційні та економічні показники. Теплогідродинамічні характеристики теплообмінних апаратів. Рекуперативні, регенеративні, сумішеві теплообмінники, їх використання, методи розрахунків. Апарати періодичної та безперервної дії. Теплообмінні апарати.

Випарні установки. Розчини і процеси випарювання. Схема рекуперативного випарювання. Методи випарювання у апаратах з поглиненими пальниками, вакуумвипарних та пінних апаратах. Розрахунок і проектування багатоступеневих випарних установок. Вибір оптимального числа ступенів. Використання ЕОМ у розрахунку випарних станцій.

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

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.

Холодильні установки і трансформатори теплоти. Хладагента 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 природного тепла.

Теплові електричні станції (ТЕС), теплоелектроцентралі (ТЕЦ). Теплофікація, тепlopостачання. Комбінована виробка електричної та теплової енергії як основа енергозбереження, особливості комбінованої виробки енергії у централізованій та децентралізованій системах, когенераційні установки. ТЕС - класифікація станцій та принципові теплові схеми, графіки електричних та теплових навантажень, допоміжне обладнання, водopостачання, паливне господарство, золошлаковидалення, очистка димових газів, техніко-економічні показники ТЕС. Атомні електростанції - паливо, реактори, основні схеми АЕС. Промислові теплові електростанції. Принципові схеми та цикли промислових теплових електростанцій.

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.

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.

Регенеративний підігрів поживної води. Схеми регенеративного підігріву на теплових електростанціях на органічному та ядерному паливі. Ефективність регенеративного підігріву. Оптимальне розподілення по ступеням підігріву. Змінні режими роботи ПТУ.

Газотурбінні установки (ГТУ) – основи процесів в газових турбінах і теплових розрахунків. Конструкції та основні види газових турбін. Основні деталі і вузли (лопатки, ротори, корпуси турбін і компресорів, системи теплового захисту, регулювання, допоміжне обладнання – системи повітропідготовки, повітроохолоджувачі, регенератори системи мастилозабезпечення).

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

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

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

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

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

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

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

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

Відновлювальні джерела енергії. Питання екології в промисловій теплоенергетиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л. Проблеми енергетики на межі ХХІ століття: Навчальний посібник / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Б. О. Левченко. – Харків: НТУ «ХП», 2006. – 200 с.
2. Безродний М. К. Енергетична ефективність теплонасосних систем тепlopостачання / М. К. Безродний, Н. О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 208 с.
3. Атаманюк В. М. Наукові основи фільтраціонного сушіння дисперсних матеріалів: монографія / В. М. Атаманюк, Я. М. Гуминицький. – Львів. Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 276 с.
4. Чепурний М. М. Основи технічної термодинаміки / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко – Вінниця: «Поділля-2000». – 2004. – 32 с.
5. Трегубов В. А. Нагнітачі та теплові двигуни: посібник / В. А. Трегубов, О. В. Замицький – Кривий ріг: Видавницький центр ДВНЗ «КНУ», 2012. – 374 с.
6. Безродный М. К. Гидродинамика и контактный тепломасообмен в некоторых газожидкостных ситемах : монография / М. К. Безродный, П. А. Барабаш, Н. Н. Голянд.- К.: НТУУ “КПИ”, 2011. – 408 с.
7. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання. Навч. пос / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний, Д.В. Степанов - Вінниця: ВНТУ, 2005. – 137с.
8. Ткаченко С. Й. Гідрогазодинаміка (прикладі і задачі): навчальний посібник / С. Й. Ткаченко, Н. Д. Степанова. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 180 с.
9. Константинов Ю. М. Технічна механіка рідин і газу. Підручник / Ю. М. Константинов, О. О. Гіжа. – К.: Вища школа, 2002. – 277 с.
10. Дейч М. Е. Гидрогазодинамика: Учебн. пособие для вузов / М. Е. Дейч, А. Е. Зарянкин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. –384 с.
11. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергия, 1981. – 426с.
12. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. – М.: Энергия, 1976. – 296с.
13. Кутателадзе С. С. Гидродинамика газожидкостных систем / С. С. Кутателадзе, М. А. Стырикович. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.
14. Справочник по теплообменникам: в 2 т. Пер. с англ., под ред. Б.С.Петухова, В.К Шикова. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

15. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках / А. А. Жукаускас. – М.: Наука, 1982. – 472 с.
16. Беляев Н.М. Термодинамика / Н. М. Беляев. – К.: Вища школа, 1987. – 334 с.
17. Кириллин В. А. Техническая термодинамика / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 416 с.
18. Кругов В. И. Техническая термодинамика / В. И. Кругов, С. И. Исаев, И. А. Кожин и др. – М.: Высшая школа, 1991. – 384 с.
19. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика. 4 изд. / Г. Н. Абрамович. – М.: Наука, 1975. – 888с.
20. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. Учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1987. – 840 с.
21. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Наука, 1974. – 712 с.
22. Померанцев В. В. Основы практической теории горения / В. В. Померанцев и др. – Л.: Энергия, 1973. – 264с.
23. Хзмалян Д. М. Теория горения и топочные устройства / Д. М. Хзмалян, Я. А. Каган. – М.: Энергия, 1976. – 487 с.
24. Сидельковский Л.Н. Парогенераторы промышленных предприятий / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. – М.: Энергия, 1977.
25. Щегляев А. В. Паровые турбины / А. В. Щегляев – М.: Энергия, 1976.
26. Трухний А. Д. Стационарные паровые турбины. Под ред. Б.М. Трояновского / А. Д. Трухний, С. М. Досев. – М.: Энергоиздат, 1981. – 456 с.
27. Черкасский В. М. Насосы, компрессоры, вентиляторы / В. М. Черкасский, Т. М. Романова, Р. А. Кауль. – М.: Энергия, 1968.
28. Щукин А. А. Промышленные печи и газовое хозяйство заводов / А. А. Щукин – М.: Энергия, 1973. – 232с.
29. Ключников А.Д. Теплотехническая оптимизация топливных печей / А. Д. Ключников. – М.: Энергия, 1974. – 343с.
30. Бакластов А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок / А. М. Бакластов – М.: Энергия, 1970. – 568с.
31. Бакластов А. М. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / А. М. Бакластов, В. М. Бродянский, Б. П. Голубев и др.; Под общ. ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 552 с.
32. Лебедев П. Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки / Лебедев П.Д. – М.: Энергия, 1972. – 320с.

33. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – М.: Энергия 1975. – 376 с.
34. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. Под ред. Б. Н. Голубкова. – М.: Энергия. – 423 с.
35. Промышленные тепловые электростанции. Под ред. Е. Я. Соколова. – М.: Энергия, 1967. – 344 с.
36. Шурыган А. П. Огневое обезвреживание промышленно-сточных вод / А. П. Шурыган, М. Н. Бернадинер. – Киев.: Техника, 1976. – 200с.
37. Беспмятное Г. Г. Термические способы обезвреживания промышленных отходов / Г. Г. Беспмятное, К. К. Богушевская, Л. А. Зеленовская, В. Ю. Плохоткин, Г. Г. Смирнов. – Л.: Химия, 1969. – 250с.
38. Кирилов И. И. Газовые турбины и газотурбинные установки. т. 1 / И. И. Кирилов. – М.: Машгиз, 1956. 434 с.
39. Кирилов И. И. Газовые турбины и газотурбинные установки. т. 2 / И. И. Кирилов. – М.: Машгиз, 1956. – 318 с.
40. Зысин В. А. Комбинированные парогазовые установки и циклы / Зысин В. А. – М. Л., Энергоиздат, 1962. – 186с.