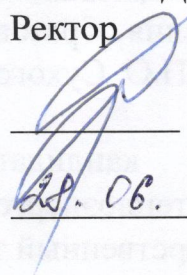


Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор



А.В. Пуцято

28.06. 2023 г.

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по специальности
05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

Гомель 2023

Программа составлена на основании учебных планов первой ступени высшего образования по специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» № I 43-1-9/уч. 31.05.2022; 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» № I 43-4-09/уч. 31.05.2022

СОСТАВИТЕЛИ

Кроль Д.Г. – кандидат физико-математических наук, доцент, декан энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

Макеева Е.Н. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры промышленная теплоэнергетика и экология (протокол № 14 от 31.05.2023 г.)

Заведующий кафедрой  Е.Н. Макеева

Одобрена и рекомендована к утверждению научно-методическим советом энергетического факультета (протокол № 10 от 27.06.2023 г.)

Председатель  Д.Г. Кроль

1. Цели и задачи программы

Целью программы является установление объема и уровня профессиональных знаний поступающего в аспирантуру на специальность «Промышленная теплоэнергетика».

Задачи, обеспечивающие достижение этой цели, включают знания следующих основных разделов, включенных в программу:

- устройство и эксплуатация котельного оборудования, проектирование, расчеты котлов и котельных установок;
- проектирование, эксплуатация, модернизация и совершенствование систем теплоснабжения промышленных предприятий;
- освоение современных конструкций, методов расчета теплотехнологических схем, процессов и аппаратов, источников и методов использования вторичных энергоресурсов, систем для защиты окружающей среды; выработка навыков оформления проектно-конструкторской документации.

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам экзаменуемого

Экзаменуемый должен

знать:

- устройство и принцип действия паровых и водогрейных котлов на органическом топливе, электродкотлов и вспомогательного оборудования;
- основные технологические схемы источников теплоснабжения;
- особенности конструкции и принцип работы современного теплообменного оборудования;
- методику технологического и гидравлического расчетов рекуперативных теплообменников, а также выбора оптимального варианта нормализованной конструкции;

уметь:

- выполнять конструкторский и поверочный расчеты котла;
- выполнять расчеты технологических схем источников теплоснабжения;
- выполнять тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей;
- разрабатывать технологические схемы теплообменных и холодильных установок;
- составлять материальный и тепловой баланс основных теплотехнологических установок;

владеть:

- принципами работы парового и водогрейного котлов;
- навыками проектирования тепловых схем источников теплоснабжения;
- методикой составления материальных и тепловых балансов теплообменных аппаратов;
- основными приемами проектирования теплообменных аппаратов и установок.

3. Содержание программы

Раздел 1. Промышленные теплообменные и холодильные установки

Тема 1.1. Теплообменные аппараты.

Конструкции рекуперативных теплообменников (трубчатых, кожухотрубчатых, пластинчатых, спиральных). Тепловой, конструктивный и поверочный расчеты рекуперативных теплообменников. Их основные элементы и узлы. Гидравлический расчет аппаратов. Аппараты с развитыми поверхностями теплообмена.

Регенеративные теплообменные аппараты и установки. Аппараты с неподвижной насадкой и подвижной насадкой. Роторные аппараты, с кипящим слоем, с активной насадкой, контактные. Особенности теплообмена, температурные режимы, поля температур, тепловой расчет регенеративных теплообменников. Смесительные теплообменные аппараты, конструкции, расчет.

Тема 1.2. Выпарные установки.

Физические основы. Свойства растворов. Схемы выпарных установок с аппаратами поверхностного типа: прямоточные, противоточные, смешанные, непрерывного и периодического действия; с конденсатором, с противодавлением, с ухудшенным вакуумом, с тепловым насосом. Выпарные установки: адиабатные, с контактными нагревателями и погружными горелками. Конструкции выпарных аппаратов. Сепараторы и брызгоотделители. Материальный баланс, определение количества выпаренной влаги и концентрации раствора; тепловой расчет многоступенчатой выпарной установки (МВУ). Располагаемая и полезная разности температур. Технично-экономические показатели МВУ.

Тема 1.3. Сушильные установки.

Области применения сушки. Свойства влажных материалов. Общие сведения. Кинетика сушки. Динамика сушки. Конвективная сушка. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок. Теплотехнологические схемы.

Тема 1.4. Ректификационные установки.

Ректификация, общие сведения. Физико-химические свойства бинарных смесей. Диаграмма состояния $t - x - y$ и диаграмма равновесия бинарных смесей. Процессы в ректификационных установках и их изображение на $t - x - y$ и $x - y$ диаграммах. Схемы ректификационных установок для двойных и тройных смесей. Конструкции тарельчатых, сетчатых и насадочных колонн. Определение числа тарелок в колонне. Тепловой баланс ректификационных установок.

Тема 1.5. Установки для трансформации теплоты.

Классификация; области применения. Термодинамические основы получения холода. Холодильные агенты и хладагенты пароконденсационных холодильных установок. Озонабезопасные хладагенты. Холодильные установки. Сравнительная характеристика холодильных установок. Компрессионные холодильные установки и их элементы, методы теплового расчета. Методы увеличения холодильного коэффициента. Принципиальная схема абсорбционных холодильных установок. Аппараты абсорбционной холодильной установки. Пароэжекторные холодильные установки и их элементы; источники энергии для получения холода; методы и алгоритмы расчета.

Теплонасосные установки (ТНУ). Утилизация низкопотенциальных тепловых потоков в ТНУ. Типы ТНУ.

Раздел 2. Котельные установки промышленных предприятий

Тема 2.1. Классификация топлив. Определение объемов продуктов сгорания.

Топливо. Энергетическое топливо. Классификация топлив. Основные характеристики топлива (элементарный состав, влажность, зольность, выход летучих). Условное топливо. Определение объемов продуктов сгорания.

Тема 2.2. Эффективность использования топлива.

Использованное тепло топлива и потери тепла. Материальный и тепловой баланс котельного агрегата. Коэффициент полезного действия и расход топлива.

Тема 2.3. Водный режим котельных агрегатов.

Показатели качества воды. Методы докотловой обработки воды. Водоподготовка. Обработка воды методами ионного обмена. Деаэрация питательной и подпиточной воды. Принцип работы деаэраторов. Продувка котельных агрегатов (периодическая, непрерывная).

Тема 2.4. Сжигание топлива в котельных агрегатах.

Классификация топочных устройств котельных установок. Топки для сжигания твердого топлива в слое. Техническая характеристика слоеных топок. Топки для сжигания пылевидного топлива и их техническая характеристика. Системы пылеприготовления твердого топлива для сжигания в камерных топках. Топки для сжигания жидкого топлива и их техническая характеристика. Топки для сжигания газообразного топлива и их техническая характеристика. Газогорелочные устройства. Форсунки.

Тема 2.5. Хвостовые поверхности нагрева котельных агрегатов.

Пароперегреватели котельных агрегатов, их конструкции и методика теплового расчета. Водяные экономайзеры. Конструкции и методика теплового расчета. Воздухоподогреватели. Конструкции и методика теплового расчета.

Тема 2.6. Тягодутьевые устройства.

Тягодутьевые устройства. Напорная характеристика вентиляторов и дымососов. Дымовые трубы. Расчет.

Тема 2.7. Топливное хозяйство котельных. Снижение вредных выбросов.

Мазутное хозяйство, схемы, основное оборудование. Эксплуатация мазутного хозяйства котельных установок. Проблемы, связанные со снижением вредных выбросов котельных установок в окружающую среду. Методы снижения вредных выбросов. Теплоэнергетические системы промышленных предприятия

Раздел 3. Теплоэнергетические системы промышленных предприятия

Тема 3.1. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь.

Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь. Виды топлив, их характеристика и запасы в Республике Беларусь. Технические направления развития промышленной энергетики Республики Беларусь. Топливо-энергетические ресурсы промышленных предприятий. Вторичные энергоресурсы ПП.

Тема 3.2. Системы технологического пароснабжения.

Системы технологического пароснабжения ШТ. Задачи оптимизации систем пароснабжения. Однотрубная паровая система теплоснабжения с возвратом и без

возврата конденсата. Двухтрубная паровая система теплоснабжения с возвратом конденсата.

Системы сбора и возврата конденсата. Конденсатоотводчики. Классификация и назначение. Принцип действия. Конденсатосборные установки. Схема закрытой конденсатосборной установки и описание принципа работы.

Редукционно-охладительные установки. Схема и принцип работы. Диаграмма процессов охлаждения и дросселирования в РОУ.

Тема 3.3. системы ГВС ШП.

Системы ГВС ШТ. Тупиковая безциркуляционная система ГВС. Циркуляционные схемы водоснабжения с верхней и нижней разводками. Регулирование расходов циркуляционной воды по водоразборным узлам.

Элементы оборудования систем ГВС. Аккумулирование тепла в системах ГВС ШП. Порядок зарядки аккумулятора. Выбор объема бакааккумулятора систем ГВС.

Гидравлический и тепловой расчеты систем ГВС промпредприятий. Схемы абонентских вводов систем теплоснабжения ШП. Двухступенчатая смешанная схема подключения абонентских вводов к системе теплоснабжения. Автоматика схемы.

Тема 3.4. Тепловые трансформаторы.

Механическая компрессия пара. Турбокомпрессор с приводом от электродвигателя и с паротурбинным приводом. Схемы, процессы сжатия, расчет мощности. Турбокомпрессор с приводом от паровой турбины (расщепительная схема). Схема, процесс сжатия, расчет мощности. Трансформация тепла при помощи пароструйных компрессоров. Схема и принцип работы.

Тема 3.5. Основы энергетического аудита и менеджмента.

Паспортизация промышленных объектов. Составление и анализ оптимизированных комплексных энергобалансов предприятий. Классификация балансов. Баланс теплоэнергии промышленного предприятия. Структура теплового баланса теплопотребляющей установки. Определение полезного расхода энергии и потерь тепла.

Раздел 4. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий

Тема 4.1. Системы теплоснабжения. Классификация тепловых нагрузок.

Классификация систем теплоснабжения. Системы централизованного теплоснабжения (водяные системы). Преимущества и недостатки воды как теплоносителя (по сравнению с паром).

Отопление. Расход теплоты на отопление (максимальный, средний и годовой расчет по укрупненным показателям). Вентиляция. Расход теплоты на вентиляцию (максимальный, средний и годовой, расчет по укрупненным показателям). Горячее водоснабжение. Расход теплоты на горячее водоснабжение (средний, среднесуточный, максимальный и годовой) в отопительный и летний периоды.

Тема 4.2. Гидравлический расчет тепловых сетей. Гидравлический режим водяных теплосетей.

Задачи гидравлического расчета и основные формулы (Δp , $L_{рл}$, $L_{рм}$, $R_{л,d}$, (Σ, a)). Гидравлический расчет тепловых сетей, предварительный расчет, проверочный расчет. Определение расчетных расходов воды для гидравлического расчета. Определение параметров сетевых и подпиточных насосов для закрытой и открытой схем теплоснабжения.

Основные требования к режиму давления водяных теплосетей. Построение пьезометрического графика. Выбор схем присоединения абонентских установок.

Гидравлический режим водяных теплосетей. Построение гидравлических характеристик сети и сетевых насосов (при их последовательном и параллельном соединении).

Гидравлическая устойчивость теплосетей. Коэффициент гидравлической устойчивости. Гидравлический удар в тепловых сетях.

Регулирование тепловых нагрузок при централизованном теплоснабжении. Графики температур.

Тема 4.3. Тепловой расчет трубопроводов.

Тепловой расчет трубопроводов, общие сведения. Расчет тепловых потерь и температурного поля надземного теплопровода. Методика теплового расчета однетрубного подземного теплопровода. Термическое сопротивление грунта. Методика теплового расчета многотрубного подземного теплопровода. Расчет падения температуры теплоносителя и выпадения конденсата. Расчет падения температуры теплоносителя после прекращения циркуляции в теплосети.

Теплоизоляционные материалы и конструкции, применяемые в тепловых сетях. Расчет тепловых потерь теплосети и эффективности теплоизоляции. Выбор толщины теплоизоляционного слоя.

Тема 4.4. Источники теплоснабжения. Схемы и оборудование тепловых сетей.

Тепловые схемы ТЭС и ТЭЦ. Основное и вспомогательное оборудование. Основы расчета принципиальной тепловой схемы ТЭЦ.

Схемы тепловых сетей. Оборудование тепловых сетей и тепловых пунктов. Трубы, применяемые для сооружения теплопроводов, основные требования. Способы прокладки тепловых сетей.

Литература

1. Акулич, П.В. Конвективные сушильные установки: методы и примеры расчета: учебное пособие для вузов / П.В. Акулич, А.В. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 375, [1] с. – Библиогр.: с. 371-373. – ISBN 978-985-06-2984-5: 33.24.
2. Акулич, П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок / П.В. Акулич. – Минск: Белорусская наука, 2010. – 444 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349>. – ISBN 978-985-08-1192-9. – Текст: электронный.
3. Бакластов, А.М. Промышленные теплообменные процессы и установки / А.М. Бакластов [и др.] ; под общ. ред. А.М.Бакластова. – Москва: Энергоиздат, 1986. – 328 с.
4. Расщепкин, А.Н. Теплообменные аппараты низкотемпературной техники: учебное пособие / А.Н. Расщепкин, В.А. Ермолаев; ред. А.В. Дюмина. – 2-е изд., испр. и доп. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012. – 169 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141516>. – ISBN 978-5-89289-729-7. – Текст: электронный.
5. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е.Я. Соколов 7-е изд., стер. - Москва: МЭИ, 2001. - 472 с.

6. Немцев, З.Ф. Теплоэнергетические установки и теплоснабжение: учеб. пособие для студ. вузов по электроэнергетическим спец. / З.Ф. Немцев, Г.В. Арсеньев. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 400 с.
7. Шульц, Л.А. Теплоэнергетическое оборудование и энергосбережение: учебное пособие для вузов / Л.А. Шульц. – Москва: Учеба, 2007. – 251 с.
8. Назаров, В. И. Системы регулирования теплоэнергетических процессов на ТЭС и АЭС: учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-43 01 04 "Тепловые электрические станции"; 1-43 01 08 "Проектирование и эксплуатация атомных электрических станций"; 1-53 01 04 "Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами" / В. И. Назаров ; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Тепловые электрические станции". - Минск : БНТУ, 2021. - 53, [1] с.
9. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети / Е.Я. Соколов – 7-е изд. – М.: Энергоиздат, 2001. – 472 с.
10. Тепловые и атомные электростанции : справочник. Кн.3 / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 648 с.
11. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника : справочник. Кн.4 / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 632 с.
12. Соколов, Б. А. Котельные установки и их эксплуатация: учебник / Б. А. Соколов. - Москва: Академия, 2005. - 428с.: ил. - (Профессиональное образование). - Библиогр.: с.423-424. - ISBN 5-7695-2032-9.
13. Липов, Ю. М. Котельные установки и парогенераторы: учебник / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков. - Изд. 2-е, испр. - Москва; Ижевск: РХД, 2005. - 591с.: ил. - Библиогр.:с.590-591. - ISBN 5-93972-430-2.
14. Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов по спец. «Пром. теплоэнергетика» / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. - 4-е изд., репринтное. - М : ООО «БАСТЕТ», 2009. - 528с. ил.
15. Левин, А. Б. Теплотехнический справочник студента : учеб. пособие для вузов / А. Б. Левин, Ю. П. Семенов. - 2-е изд. - Москва : МГУЛ, 2005. – 95с.
16. Маряхина, В.С. Теплогенерирующие установки: учебное пособие / В.С. Маряхина, Р. Мансуров ; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2014. – 104 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259259> . – Текст: электронный.
17. Салов, А.Г. Проектирование отопительно-производственной котельной: учебное пособие: [16+] / А.Г. Салов, А.А. Цынаева; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. – 118 с.: табл., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438333>. – Библиогр.: с. 101-103. – ISBN 978-5-9585-0606-4. – Текст: электронный.
18. Елистратов, С.Л. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие : [16+] / С.Л. Елистратов, Ю.И. Шаров ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 102 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574698>. – Библиогр. с 99. – ISBN 978-5-7782-3442-0. – Текст : электронный.