

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель председателя
Приемной комиссии,
проректор по учебной работе

М.В. Румянцев

ПРОГРАММА
вступительного испытания в аспирантуру
по направлению 13.06.01 Электро- и теплотехника
программа (профиль) 05.14.04 Промышленная теплотехника

Введение

Программа составлена на основе дисциплин направления «Теплоэнергетика» и соответствует действующему государственному стандарту высшего профессионального образования. Дисциплины отражают проблемное поле дальнейшей подготовки аспирантов в области исследования различных процессов теплообмена и связанных с ним физических явлений, эффективного использования материальных ресурсов в промышленных теплотехнологических системах, создания энергосберегающих и экологически безопасных технологий и оборудования нового поколения.

Программа разработана кафедрой теплотехники и гидрогазодинамики Политехнического института Сибирского федерального университета с учетом структуры программы-минимума кандидатского экзамена, рекомендованной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и образования Российской Федерации по энергетике, электрификации и энергетическому машиностроению при участии Московского энергетического института (технического университета).

1. Фундаментальные основы промышленной теплоэнергетики

1.1. Основы технической термодинамики

Состояние термодинамической системы, параметры и функции состояния. Уравнения состояния. Основные термодинамические процессы. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Энтальпия. Второй закон термодинамики. Энтропия. Эксергия и анергия. Термодинамические потенциалы и их применение в термодинамических расчетах. Свойства и процессы идеальных и реальных газов. Диаграммы водяного пара и влажного воздуха. Циклы тепловых двигателей и паросиловых установок (двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин, Карно и Ренкина). Термодинамика течения газов и паров.

1.2. Механика жидкости и газа

Основные понятия механики и кинематики жидкостей и газов. Уравнение неразрывности. Динамика идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной жидкости (уравнения Эйлера). Уравнение Бернулли для тока идеальной жидкости. Статика жидкостей и газов. Уравнение Эйлера для статики. Распределение давления в неподвижных жидкостях и газах. Динамика реальной жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Виды потерь давления. Принципы гидравлического расчета трубопроводов. Истечение газов из отверстий и сопел. Уравнения движения реальной жидкости (уравнения Навье-Стокса). Элементы теории гидродинамического пограничного слоя.

Основы теории подобия и моделирование. Основные понятия теории подобия. Критерии гидродинамического подобия. Основная теорема подобия. Автомодельность. Моделирование движения газов в печах и топках.

1.3. Тепло- и массообмен

Основные понятия теории тепломассообмена. Виды процессов тепло- и массообмена. Поля температур и концентраций. Законы сохранения массы, потока импульса, энергии. Тройная аналогия (законы Ньютона, Фурье и Фика).

Кондуктивный теплообмен. Основные положения и определения. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность при нестационарном режиме.

Конвективный тепло- и массоперенос. Основные положения и определения. Теплоотдача при течении жидкости (газа) в трубах. Теплоотдача при внешнем обтекании тел. Теплообмен при высокой скорости газового потока. Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплообмен при кипении жидкости. Теплоотдача при конденсации пара. Особенности расчета тепло- и массообмена при турбулентном течении жидкости. Тепло- и массообмен при фазовых превращениях. Механизм теплообмена при пузырьковом кипении жидкости в неограниченном объеме. Кипение внутри труб. Особенности двухфазного потока и теплообмена. Влияние давления на процесс кипения. Радиационный теплообмен. Основные понятия и определения. Основные законы теплового излучения. Теплообмен излучением в прозрачных и поглощающих средах. Собственное интегральное излучение твердых тел. Спектр излучения твердых тел. Поглощательная и излучательная способности тела. Тепловое излучение в процессах интенсивного теплообмена, сушки и других технологических процессах.

1.4. Основы теории горения

Процессы воспламенения и распространения пламени. Самовоспламенение и зажигание горючих смесей. Тепловая и цепная теория самовоспламенения. Концентрационные границы самовоспламенения и зажигания. Самовоспламенение твердого топлива. Нормальное горение. Турбулентное распространение пламени в газовых смесях.

Диффузионный, кинетический и смешанный принципы сжигания. Основные реакции горения и газификации углерода. Термическое разложение натуральных топлив. Роль летучих и золы в процессах горения. Особенность горения угольной пыли. Горение и газификация угля в неподвижном слое. Пути интенсификации горения твердого топлива. Воспламенение и механизм горения жидкого топлива. Горение распыленного топлива в факеле. Факельное горение газообразного топлива. Интенсификация процессов горения.

2. Источники и системы теплоснабжения предприятий

Методы определения потребности промышленных потребителей в паре и горячей воде. Тепловые сети. Методы определения расчетного расхода воды и пара. Тепловой и прочностной расчеты элементов тепловых сетей.

Промышленные котельные. Тепловые схемы и их расчет. Методы распределения нагрузки котлами. Энергетические, экономические и экологические характеристики котельных. Теплоэлектроцентрали промышленных

предприятий. Методика определения энергетических показателей теплоэлектростанций. Использование вторичных энергетических ресурсов предприятий для генерации тепла и электроэнергии.

3. Котельные установки и парогенераторы

Источники теплоты промышленных котельных установок. Материальные и тепловые балансы котельных установок при работе на газовом, жидком и твердом топливах. Определение основных характеристик работы котельного агрегата по результатам испытаний.

Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы, использующие теплоту технологического продукта. Очистка продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Пароперегреватели котлов. Методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздушных подогревателей. Методы расчета топочных устройств для сжигания газового, жидкого и твердого топлив, производственных отходов.

4. Тепломассообменное оборудование предприятий

Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия, регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками, газожидкостные и жидкостно-жидкостные смесительные теплообменники. Тепловой, гидравлический, прочностной расчеты рекуперативных теплообменников. Деаэраторы. Основы расчета.

Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки. Тепловые схемы и установки. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации. Основы теплового расчета.

Перегонные и ректификационные установки. Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации.

Принцип действия и основы расчета абсорбционных и адсорбционных аппаратов.

Сушильные установки. Понятие и процессы сушки. Формы связи влаги с материалом. Основы кинетики и динамики сушки. Тепловой баланс конвективной сушильной установки.

5. Тепловые двигатели и нагнетатели

Место нагнетателей и тепловых двигателей в системах теплоэнергоснабжения промышленных предприятий. Классификация и область применения нагнетателей объемного действия и поршневых детандеров. Схемы поршневых компрессоров. Принцип работы поршневого детандера. Холодопроизводительность, КПД и отводимая мощность поршневого детандера.

Теоретическая характеристика нагнетателя. Общая классификация потерь в нагнетателях. Способы изменения характеристики вентилятора. Особенности работы насосов в сети. Центробежные и осевые компрессоры. Основные способы изменения характеристики компрессора. Типы паровых турбин. Принципиальные схемы паротурбинных установок. Особенности работы высокотемпературных ступеней газовой турбины.

6. Технологические энергоносители предприятий

Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях. Характеристика энергоносителей.

Система воздухообеспечения. Определение расчетной нагрузки для проектирования компрессорной станции. Методика определения потребности в воде на технологические и противопожарные нужды предприятия. Прямые, обратные и бессточные системы технического водоснабжения. Расчет системы газоснабжения. Газовый баланс предприятия. Природные искусственные и отходящие горючие газы. Проблемы защиты окружающей среды. Системы холодоснабжения. Методика определения потребности в холоде.

Системы обеспечения предприятий продуктами разделения воздуха. Схемы потребителей технического и технологического кислорода, азота, аргона и других продуктов разделения. Методы расчета технологических схем станций разделения.

7. Энергетика теплотехнологии

Методологические основы создания энерго- и материалосберегающих, экологически совершенных теплотехнологических установок и систем. Метод предельного энергосбережения. Энергоэкономические и технологические характеристики источников энергии в теплотехнологии, их взаимосвязь с физико-химическим содержанием и организацией технологического процесса. Основные принципы и критерии сравнительной оценки и выбора источников энергии теплотехнологии. Принципы эффективного комбинирования источников энергии. Технология сжигания топлива в высокотемпературных теплотехнологических установках. Энергоэкономические критерии оценки совершенства тепловых схем теплотехнологических установок. Пути оптимизации балансов теплотехнологических установок. Принципы построения энерго-сберегающих тепловых схем.

Энергоэкономический анализ, структурная и параметрическая оптимизация тепловых схем с регенеративным теплоиспользованием, с внешним замыкающим технологическим и внешним замыкающим энергетическим теплоиспользованием. Оптимизация комбинирования регенеративного, внешнего технологического и внешнего энергетического теплоиспользования. Тепловые схемы технологических, комбинированных и энергетических систем и комплексов.

Физическое и математическое моделирование теплотехнических про-

цессов в теплотехнологии. Автоматизированные системы научных исследований.

8. Экономика

Динамика и структура потребления энергетических ресурсов. Долгосрочные прогнозы мирового потребления энергии. Характеристики различных источников энергии. Возобновляемые источники энергии, новые источники энергии. Влияние энергосбережения на темпы развития экономики. Организация управления промышленными предприятиями, пути их совершенствования. Капитальные вложения, источники инвестиций, основные фонды и оборотные средства: структура, динамика, показатели, пути повышения эффективности использования.

Список рекомендованных источников

Основная литература

1. Основы современной энергетики. В 2 тт. Т.1 "Современная теплоэнергетика"; Т.2 "Современная электроэнергетика". 4-е изд., перераб. – М.: МЭИ, 2008.
2. Луканин В.Н. Теплотехника. – М.: Высшая школа, 2002.
3. Основы практической теории горения / В.В. Померанцев и др. – Л.: Энергия, 1973.
4. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Парогенераторы промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1977.
5. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). – М.: Энергия, 1973.
6. Щегляев А.В. Паровые турбины. – М.: Энергия, 1976.
7. Черкасский В.М.: Романова Т.М. Кауль Р.А. Насосы, компрессоры, вентиляторы. – М.: Энергия, 1968.
8. Промышленные теплообменные процессы и установки / А.М. Бакластов и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
9. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник. Под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
10. Теория теплообмена / Под ред. А.И. Леонтьева. – М.: Изд-во МГТУ, 1997.
11. Современная теплоэнергетика: Курс лекций. Ч. 1. / Трухний А.Д., Макаров А.А., Клименко В.В. / Под общ. ред чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – М.: МЭИ, 2002.
12. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. – М.: МЭИ, 2002.

Дополнительная литература

1. Теоретические основы теплотехники: Справочник / Под ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. – М.: МЭИ, 2001.

2. Ключников А.Д. Теплотехническая оптимизация топливных печей. – М.: Энергия, 1974.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Изд-во МЭИ, 1999.
4. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки: Учебное пособие. / Кулагин В.А. и др. – Красноярск: КГТУ, 2001.
5. Хаглеев Е.П. Источники систем энергоснабжения. Учебное пособие. – Красноярск: КГТУ, 2000.

Составитель программы:

А. П. Скуратов, д-р техн. наук, профессор.

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальностей научных работников.