

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор ФГБОУ ВО «БрГУ»

  
С.В. Белокобыльский

**ПРОГРАММА**

вступительных испытаний

**Направление подготовки магистров  
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Магистерская программа  
«Тепломассообменные процессы и установки»**

Братск 2017 г.

**РАЗРАБОТЧИК:**

Руководитель магистерской программы



д.т.н., проф. Федяев А.А.

Программа вступительных испытаний рассмотрена и утверждена на заседании научно-методического совета факультета магистерской подготовки «19» мая 2017 г., протокол №7

Председатель НМС ФМП



Видищева Е.А.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Программа вступительных испытаний для приема на обучение по магистерской программе «Оптимизация топливоиспользования в энергетике» направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника сформирована на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №1081 от 01.10.2015 г.

## **СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

### **Термодинамика**

Первый закон термодинамики; второй закон термодинамики. Реальные газы; водяной пар; термодинамические свойства реальных газов; PV-диаграмма; таблицы термодинамических свойств веществ. H-d-диаграмма.

Циклы паротурбинных установок. Тепловой и энергетический балансы паротурбинной установки; газовые циклы. Схемы, циклы и термический КПД двигателей и холодильных установок. Эксергетический анализ циклов.

Основы химической термодинамики; основы термодинамики необратимых процессов.

### **Тепломассообмен**

Способы теплообмена. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена.

Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучка труб. Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции. Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообмен излучением. Сложный теплообмен.

Массообмен: поток массы компонента; вектор плотности потока массы. Молекулярная диффузия: концентрационная диффузия, закон Фика; термо- и бародиффузия. Массоотдача, математическое описание и аналогия процессов массо- и теплообмена. Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.

### **Системы теплоснабжения предприятий**

Назначение, структура, классификация систем теплоснабжения. Методы определения потребности промышленных потребителей в паре и горячей воде. Методы регулирования отпуска тепла из систем централизованного теплоснабжения.

Тепловые сети: их назначение, конструкции; методы определения расчетного расхода воды и пара; гидравлический расчет паро-, водо- и конденсатопроводов; гидравлический режим тепловых сетей; выбор сетевых, подпиточных и подкачивающих насосов; способы поддержания давлений в "нейтральных" точках; тепловой и прочностной расчеты элементов тепловых сетей.

### **Источники теплоснабжения**

Источники генерации тепла, используемые в системах теплоснабжения: промышленные котельные: назначение, классификация, параметры, рациональные области использования; тепловые схемы и их расчет; методы выбора основного и вспомогательного оборудования; методы распределения нагрузки между котлами; энергетические, экономические и экологические характеристики котельных.

Теплоэлектроцентрали промышленных предприятий: назначение, классификация; методика определения энергетических показателей теплоэлектроцентралей (ТЭЦ); методика составления и расчета тепловых схем ТЭЦ; выбор ее оборудования.

Утилизационные котельные, теплонасосные установки и ТЭЦ, использующие вторичные энергетические ресурсы предприятий для генерации тепла и электроэнергии; схемы, режимы работы, определение технико-экономических показателей; расчет тепловых схем, выбор режима работы утилизационных установок параллельно с заводскими и районными котельными, ТЭЦ и конденсационными электрическими станциями.

Использование математического моделирования, пакетов прикладных программ, банков данных для расчета систем теплоснабжения.

### **Котельные установки и парогенераторы**

Общая характеристика современных котельных установок, их место и роль на промышленных предприятиях. Источники теплоты промышленных котельных установок; материальные и тепловые балансы котельных установок при работе на газовом, жидком и твердом топливах.

Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого и твердого топлив, производственных отходов. Обеспечение надежной гидродинамики в котельных агрегатах с естественной циркуляцией и принудительным движением воды и пароводяной смеси; основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции; основные элементы котельного агрегата.

Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт. Методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздушных подогревателей.

Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, особенности выполнения. Котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические агрегаты.

Системы топливоподачи. Очистка продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении; каркас и обмуровка котла. Эксплуатация котельных установок; пуск, обслуживание котла во время работы, останов, организация ремонтов. Теплотехнические испытания котельных установок: виды испытаний, требования к ним, методика проведения испытаний, определение основных характеристик работы котельного агрегата по результатам испытаний.

### **Тепломассообменное оборудование предприятий**

Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий, теплоносителей, их свойства, область применения.

Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия, регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками, газожидкостные и жидкостно-жидкостные смесительные теплообменники: конструкции, принцип действия, режимы эксплуатации; тепловой, гидравлический, прочностной расчеты рекуперативных теплообменников; деаэраторы; назначение, конструкции, принцип действия, основы расчета.

Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки; принцип действия, основные конструкции аппаратов, тепловые схемы и установки; физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации; основы теплового расчета.

Перегонные и ректификационные установки; конструкции и принцип действия аппаратов; физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации, фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей: основы кинематики массообмена; материальный и тепловой расчет установки.

Конструкции, принцип действия и основы расчета абсорбционных и адсорбционных аппаратов.

Сушильные установки; понятие о процессе сушки; формы связи влаги с материалом; основы кинетики и динамики сушки; принципиальные схемы и конструкции сушильных установок; тепловой баланс конвективной сушильной установки; построение процесса сушки в  $h-d$  диаграмме влажного газа.

Теплообменники-утилизаторы для использования теплоты вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента, низкопотенциальных вторичных энергоресурсов; основные конструкции, принцип действия, основы расчета и подбора стандартного оборудования; вспомогательное оборудование.

### **Тепловые двигатели и нагнетатели**

Место и роль нагнетателей и тепловых двигателей в системах теплоэнергоснабжения промышленных предприятий. Типы коммуникаций в системах промтеплоэнергетики.

Классификация нагнетателей и тепловых двигателей. Анализ влияния начальных условий, охлаждения и подвода тепла, сжимаемости и типа рабочего тела на работу сжатия и расширения. Определение мощности машины, понятие о КПД нагнетателя и теплового двигателя.

Классификация и область применения нагнетателей объемного действия и поршневых детандеров; предельная степень повышения давления в ступени, распределение давления между ступенями, КПД компрессора. Схемы поршневых компрессоров; нормализованные базы; принцип работы поршневого детандера; холодопроизводительность, КПД и отводимая мощность поршневого детандера.

Принцип работы и область применения нагнетателей кинетического действия. Понятие удельной работы, напора и давления; газодинамические основы расчета турбомашин; теоретическая характеристика нагнетателя; общая классификация потерь в нагнетателях; учет потерь и переход к действительной характеристике; понятие о рабочей зоне характеристики; условия работы нагнетателя на сеть.

Классификация вентиляторов; область применения; способы изменения характеристики вентилятора.

Классификация насосов; особенности работы насосов в сети; центробежные и осевые компрессоры; области применения; основные способы изменения характеристики компрессора; сопоставление показателей и обоснование преимущественных зон применения центробежных и осевых компрессоров; область применения различных типов тепловых двигателей.

Классификация; типы паровых турбин; стандартные параметры пара; работа и мощность турбинной ступени; типы потерь в проточной части турбины; баланс энергии и структура КПД турбинной ступени; анализ потерь в характерных сечениях турбины; основы регулирования мощности паровых турбин; принципиальные схемы паротурбинных установок.

Принцип работы и схемы газотурбинных установок; особенности работы высокотемпературных ступеней газовой турбины; работа газовой турбины в составе энергетических и приводных газотурбинных установок.

Область применения, классификация и особенности работы турбодетандеров; характеристика турбодетандера.

### **Технологические энергоносители предприятий**

Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях: характеристика энергоносителей; масштабы их производства и потребления; методика определения потребности в энергоносителях.

Система воздухообеспечения: назначение, схема; классификация потребителей сжатого воздуха; определение расчетной нагрузки для проектирования компрессорной станции (КС); выбор типа и количества компрессоров КС; расчет технологических схем КС.

Система технического водоснабжения: назначение, классификация, схемы; состав оборудования; методика определения потребности в воде на технологические и противопожарные нужды предприятия; требования к качеству и параметрам технической воды; прямоточные, оборотные и бессточные системы технического водоснабжения. Расчет и выбор основного и вспомогательного оборудования системы газоснабжения: назначение, схемы, классификация; состав оборудования; газовый баланс предприятия; определение расчетной потребности в газе; природные искусственные и отходящие горючие газы; проблемы очистки, аккумулялирование, использование избыточного давления.

Системы обеспечения искусственными горючими газами: области использования; способы получения; технико-экономические показатели; проблемы защиты окружающей среды.

Системы холодоснабжения: назначение, схемы, классификация; методика определения потребности в холоде; технологические схемы холодильных станций их выбор и расчет.

Системы обеспечения предприятий продуктами разделения воздуха: назначение, схемы, классификация; характеристика потребителей технического и технологического кислорода, азота, аргона и других продуктов разделения.

### **Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях**

Актуальность энергосбережения в России и мире. Государственная политика в области повышения эффективности использования энергии. Энергосбережение и экология. Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения.

Основы энергоаудита объектов теплоэнергетики; особенности энергоаудита промышленных предприятий; экспресс-аудит; углубленные энергетические обследования; энергетический паспорт; энергобалансы предприятий.

Интенсивное энергосбережение; критерии энергетической оптимизации.

Энергосбережение при производстве и распределении тепловой энергии. Энергосбережение в промышленных котельных. Рациональное энергоиспользование в системах производства и распределения энергоносителей. Особенности энергосбережения в высокотемпературных теплотехнологиях. Энергосбережение в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, сушильных, выпарных, ректификационных установках.

Энергосбережение при электроснабжении промышленных предприятий, объектов аграрно-промышленного комплекса, жилищно-коммунального хозяйства. Энергосбережение в системах освещения.

### **Охрана окружающей среды при работе теплоэнергетических объектов**

Модель взаимодействия ТЭС и окружающей среды. Условия образования и свойства загрязнителей при работе теплоэнергетических объектов. Воздействие вредных выбросов на человека и природу. Тепловое загрязнение окружающей среды. Вторичные загрязнители атмосферы.

Санитарно-защитные зоны. Рассеивание в атмосфере выбросов ТЭС и котельных. Распространение выбросов из факела.

Снижение выбросов твердых частиц: физико-химические свойства летучей золы, основные показатели работы золоуловителя. Принцип действия и конструкции инерционных золоуловителей. Достоинства и недостатки циклонов. Тканевые (рукавные) фильтры. Принцип действия и конструкции мокрых золоуловителей, их достоинства и недостатки. Принцип действия электрофильтра. Методы повышения эффективности очистки дымовых газов в электрофильтрах.

Снижение выбросов соединений серы: переработка сернистых топлив перед сжиганием, сухие и мокрые методы сероочистки дымовых газов, сравнение и выбор метода сероочистки.

Снижение выбросов оксидов азота: механизмы образования оксидов азота при сжигании органических топлив, технологические и конструктивные методы снижения выбросов оксидов азота, методы очистки дымовых газов от оксидов азота.

Использование воды на объектах теплоэнергетики. Классификация и характеристика сточных вод. Нормирование загрязнения водоемов сточными водами.

Очистка сточных вод объектов теплоэнергетики: классификация методов очистки сточных вод; физико-механическая очистка; основные сооружения и аппараты для осветления воды; физико-химические методы очистки сточных вод.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: учеб. Пособие для вузов. – М.: МЭИ, 2004. – 158с.
2. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник /Под ред. А.В.Клименко, В.М.Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МЭИ, 2004. – 632с.
3. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы. Справочник /Под ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина -3-е изд. перераб. М.: МЭИ, 2000-526 с. (Теплотехника и теплоэнергетика. Кн. 1).
4. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник/Под ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина – 3-е изд., перераб. – М.: МЭИ, 2001. – 564с.
5. Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС: Учебное пособие для вузов. – 2 –е изд., перераб. – М.: МЭИ, 2002. – 260с.
6. Величко В.И., Пронин В.А. Интенсификация теплоотдачи и повышение энергетической эффективности конвективных поверхностей теплообмена: Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2003.
7. Сазанов В.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов - М.: Энергоатомиздат, 1990 - 304 с.
8. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 7-е изд. Стереотип. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.: ил.
9. Андрижиевский А.А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: Учебное пособие. - Мн.: Вышейш. школа, 2005. - 294с.
10. Колесников А.И. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях: Учебное пособие. М.: ИНФРА, 2005. - 124с.
11. Введение в энергосбережение: Учебное пособие. Под ред. М.И. Яворского. - Томск: "Курсив Плюс", 2000 - 218 с.
12. Лисенко В.Г. Хрестоматия энергосбережения: Справочник. – М.: Теплоэнергетик, 2003.
13. Вагин Г.Я. Экономия энергоресурсов в промышленных технологиях: Справочно-методическое пособие. - Н. Новгород: НГТУ, НИЦЭ, 2001. – 296 с.
14. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: Учеб. Пособие для вузов / А.И.Абрамов, Д.П.Елизаров, А.Н.Ремезов и др.; Под ред. А.С. Седлова.- М.: Изд-во МЭИ, 2001.- 378 с.
15. Путилов В.Я. Экология энергетики: Учебное пособие.-М.: МЭИ, 2003. – 716 с
16. Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу: Учебное пособие / П.В. Росляков, И.Л. Ионкин, И.А. Закиров и др.; Под ред. П.В. Рослякова. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 228 с.
17. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. – Москва-Ижевск, 2003. – 592с.
18. Трёмбовля В.Н. и др. Теплотехнические испытания котельных установок. – М. Энергоатомиздат, 1991. - 297с.
19. Поляков В.В., Скворцов А.С. Насосы и вентиляторы – М.: Стройиздат, 1990 г.
20. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и

энергетических установках. М.: Химия, 2000. - 288с.

21. Богословский В.Н., Разумов Н.Н. Отопление и вентиляции. М.: Стройиздат, 1991. - 479 с.