

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Утверждаю**  
Директор филиала  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
\_\_\_\_\_ А.С. Федулов

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
для ПОСТУПАЮЩИХ в МАГИСТРАТУРУ**

Направление подготовки  
**13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА и ТЕПЛОТЕХНИКА**

Магистерская программа:

1. Энергообеспечение предприятий. Теплообменные процессы и установки

**Форма обучения:** заочная

**Срок обучения:** 2 года 3 месяца

Зав. кафедрой  
«Промышленная теплоэнергетика»

доцент \_\_\_\_\_ В.А. Галковский  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПРОГРАММЫ

## 1.1. Теоретические основы теплоэнергетики и теплотехники

Термодинамическая система и окружающая среда. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Первый закон термодинамики, как закон сохранения и превращения энергии. Работа и теплота – как формы передачи энергии. Второй закон термодинамики. Термодинамические циклы и их изображения в  $T,S$ -диаграмме. Эксергия, как мера работоспособности системы. Потери эксергии при необратимых процессах. Эксергетический КПД.

Диаграммы  $PV$ ,  $PT$ ,  $hS$  и  $TS$  для реальных газов. Уравнение Клайперона-Менделеева. Термодинамические основы процессов расширения и сжатия газов. Процессы истечения газов. Адиабатного истечение. Сопло Лаваля. Дросселирование. Термодинамические процессы во влажном воздухе.  $h_d$ -диаграмма влажного воздуха.

Циклы паротурбинных установок, циклы холодильных установок, циклы газотурбинных установок. Комбинированные циклы. Трансформаторы тепла.

Классификация процессов тепло- и массообмена по механизму переноса. Теплоотдача и теплопередача. Температурное поле, градиент температуры, плотность теплового потока. Коэффициент теплопроводности и его зависимость от различных факторов. Термические сопротивления. Теплопередача через многослойную плоскую и цилиндрическую стенки. Конвективный теплообмен. Особенности теплообмена при ламинарном и турбулентном течении. Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах и каналах. Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков труб. Пленочная и капельная конденсации. Конденсация на вертикальных и горизонтальных пучках труб. Кипение в большом объеме. Механизм теплоотдачи и расчетные соотношения.

Основные уравнение для расчетов процессов сушки. Выбор оптимального режима сушки.  $h_d$ -диаграмма процессов сушки.

Основные уравнения для расчетов процессов выпаривания растворов и процессов ректификации.

Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Особенности теплообмена излучением в поглощающей среде.

Гидравлика. Свойства жидкостей и газов. Общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов. Силы, действующие в жидкостях, абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред. Модель идеальной (невязкой) жидкости; общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения. Подобие гидромеханических процессов, общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной форме.

## **1.2. Системы теплоснабжения промышленных предприятий. Машины и аппараты, используемые в системах теплоснабжения промышленных предприятий**

Назначение, структура и классификация систем теплоснабжения промышленных предприятий. Их основные элементы. Схемы, оборудование и режимы работы систем пароснабжения. Схемы, состав оборудования и режимы работы систем сбора и возврата конденсата от потребителей пара. Схемы, оборудование и режимы работы водяных систем теплоснабжения предприятий.

Горячее водоснабжение. Его назначение, требуемые параметры, удельные нормы расхода воды на горячее водоснабжение и характер суточных графиков ее потребления. Методы определения расчетного, среднесуточного и годового расхода теплоты на горячее водоснабжение.

Отопление промышленных зданий. Расчетные значения температур воздуха внутри и снаружи отапливаемых цехов. Методы расчета потерь теплоты через наружные ограждения и с инфильтрацией наружного воздуха. Определение внутренних тепловыделений в производственных помещениях. Тепловой баланс помещения и методы определения потребности в подводе теплоты из отопительной системы при изменении температуры наружного воздуха. Суточные и годовые графики теплоснабжения на цели отопления в производственных цехах. Системы парового, воздушного и водяного отопления в цехах предприятия.

Вентиляция и кондиционирование воздуха промышленных цехов. Методы определения количества свежего воздуха для вентиляции или систем кондиционирования помещений и необходимого количества теплоты для его подогрева. Графики сменного, суточного и годового потребления теплоты на цели вентиляции и кондиционирования. Использование ЭВМ для построения годовых графиков суммарной тепловой нагрузки.

Назначение и области использования котельных в системах теплоснабжения промышленных предприятий. Паровые котельные. Методы выбора количества рабочих и резервных котлоагрегатов, их типоразмеров и состава вспомогательного оборудования. Водогрейные котельные. Области их рационального использования. Методы выбора количества и типоразмеров водогрейных котлов, устанавливаемых в котельной. Методы расчета тепловых схем котельной. Расходы топлива и электроэнергии на собственные нужды котельных. Определение удельного расхода топлива на единицу пара или теплоты, выработанных в котельной.

Назначение, области применения, принципиальные схемы, используемое топливо, состав и параметры оборудования паротурбинных (ПТС), газотурбинных (ГТС), парогазовых (ПГС) и атомных (АЭС) электростанций.

Паротурбинные ТЭЦ комбинировано вырабатывающие электроэнергию и теплоту. Методы определения их энергетических показателей и экономии топлива, влияние начальных и конечных параметров промышленной ТЭЦ и

параметров отбираемого пара на ее энергетическую эффективность. Промежуточный перегрев пара на ТЭЦ. Коэффициент теплофикации и методика нахождения его оптимального значения. Использование коэффициента теплофикации для распределения тепловой нагрузки между отборами турбин и пиковыми водогрейными котельными.

Регенеративный подогрев питательной воды. Методы определения оптимального значения температуры и числа ступеней подогрева питательной воды на паротурбинных и атомных ТЭЦ. Регенеративный подогрев сжатого воздуха в схемах ГТС и ПГС. Особенности составления и расчета тепловых схем промышленных ТЭЦ. Использование ЭВМ при расчетах и анализе тепловых схем. Выбор количества и типоразмеров основного и вспомогательного оборудования ТЭЦ.

Методы регулирования отпуска теплоты из систем теплоснабжения и их сравнительные характеристики. Регулирование отпуска теплоты из паровых систем теплоснабжения. Комбинированные методы регулирования разнородной тепловой нагрузки отпускаемой из водяных систем теплоснабжения промышленных предприятий. Способы построения графиков изменения температур и расходов теплоносителей с использованием ЭВМ.

Тепловые сети. Их назначение, схемы, конструкции элементов и различные типы прокладки. Основные требования к режиму давлений в тепловых сетях. Методики гидравлического расчета: паропроводов, конденсаторов и водяных тепловых сетей. Методы и алгоритмы гидравлического расчета с использованием ЭВМ. Пьезометрические графики и их использование в процессах проектирования и эксплуатации тепловых сетей. Гидравлические характеристики различных элементов тепловой сети и их использование для анализа переменных гидравлических режимов в процессе эксплуатации. Гидравлические разрегулировки и способы повышения гидравлической устойчивости систем теплоснабжения.

Методы расчета тепловых потерь и снижения температуры теплоносителя при движении его через тепловую сеть. Методика выбора оптимальной толщины изоляции.

Методы определения усилий и напряжений, возникающих в элементах тепловых сетей при различных эксплуатационных режимах. Методика расчета и выбора размеров труб, опор, компенсаторов, регулирующей арматуры и других элементов тепловых сетей.

Рекуперативные теплообменные аппараты. Их схемы и конструкция. Тепловой и конструктивный расчеты, используемые теплоносители. Аппараты со смешением теплоносителей. Области их применения, методы расчета.

Выпарные дистилляционные и сушильные установки промышленных предприятий. Их схемы и конструкции.

Природное топливо. Его характеристики, классификация, элементарный состав. Теплота сгорания топлив.

Высокотемпературные теплотехнические процессы и установки. Их классификация и характеристика. Структура теплового баланса высокотемпературной теплотехнологической установки. Регенерация тепловых и горючих отходов высокотемпературного теплотехнологического процесса.

Котельные установки. Их классификация, тепловые схемы, области использования. Материальный и тепловой балансы котла. КПД котла по прямому и обратному балансу. Методика теплового расчета котла. Основы аэродинамического расчета котлоагрегатов.

Нагнетатели и расширители. Их классификация, характеристики, области использования в промышленной теплоэнергетике. Определение работы, мощности и КПД нагнетательных и расширительных машин. Анализ влияния начальных условий и характеристики рабочего тела на работу его сжатия. Многоступенчатое сжатие и расширение.

Поршневые компрессоры. Работа сжатия газа в идеальном компрессоре. Методика определения его основных размеров и подбор привода. Насосы и вентиляторы. Методика выбора их типоразмеров и привода. Совместная работа нескольких нагнетателей на общую сеть. Влияние сжимаемости рабочего тела на условия работы нагнетателей.

Центробежные и осевые компрессоры. Их показатели и области использования. Методика выбора типоразмера и привода турбокомпрессоров. Влияние начальных условий и характеристики рабочего тела на режим работы и характеристику поршневых и турбокомпрессоров.

Работа и мощность турбинной установки. Баланс энергии и структура КПД турбинной ступени. Основы методики теплового расчета многоступенчатых турбин.

Паровые и газовые турбины и детандеры. Классификация, типы, энергетические характеристики отечественных теплофикационных и конденсационных паровых турбин. Стандартные параметры пара, используемые на промышленных тепловых электростанциях и их связь с оптимальными мощностями используемых турбин. Приводные турбины. Диаграммы переменных режимов теплофикационной турбины с одним регулируемым отбором и конденсатором.

Холодильные и теплонасосные установки, их схемы, принцип действия. Основное и вспомогательное оборудование трансформаторов тепла.

### 1.3. Литература

1. Кириллин В.А. Техническая термодинамика. М.: Изд. дом МЭИ, 2008 г 493с.
2. Аметистов Е.В. Основы теории теплообмена. М: МЭИ, 2000.
3. Гидравлика, гидромашин и гидропневмопривод; уч. пособие. Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко, А.Н. Румянцева, С.П. Стесин. М.: изд. центр Академия, 2007 г. 334 с.

4. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. Справочник. Под общей ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. М.: МЭИ, 2001.
5. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы. Справочная серия под общей ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. Кн.2. М.: МЭИ, 1999.
6. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергоатомиздат, 1984.
7. Турбины тепловых и атомных электрических станций. Под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. Изд. 3-е перераб. и доп. М.: Изд. Дом МЭИ, 2010.
8. Черкасский В.М. и др. Нагнетатели и тепловые двигатели: Учебник для ВУЗов. М.: Энергоатомиздат, 1997.
9. Тепловые и атомные электрические станции. Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин: Учебник для вузов. М.: МЭИ, 1999.
10. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок / Под ред. А.М. Бакластова. М.: Энергоиздат, 1981.
11. Щегляев А.Б. Паровые турбины. М.: Энергия, 1976.
12. Отопление. В.И. Полушкин. М.: Издательский Центр «Академия», 2010.
13. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. М.: МЭИ, 2009г. 472 с.
14. Голубков Б.Н., Данилов О.П. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. М.: 1993.
15. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий; Учебник для вузов - 3-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1988.
16. Долягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А. Теплогенерирующие установки: Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1986.
17. Водоснабжение и водоотведение. Под общ. ред. В.С. Дикаревского. М., 2009.

#### **1.4. Примерные вопросы**

**к вступительным испытаниям для поступающих в магистратуру**

**по направлению подготовки**

**13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА и ТЕПЛОТЕХНИКА**

1. Термодинамическая система и окружающая среда. Равновесные и неравновесные состояния и процессы.
2. Первый закон термодинамики, как закон сохранения и превращения энергии. Работа и теплота – как форма передачи энергии.
3. Второй закон термодинамики. Термодинамические циклы и их изображения в TS-диаграмме.
4. Эксергия, как мера работоспособности системы. Потери эксергии при необратимых процессах. Эксергетический КПД.
5. Диаграммы PV, PT, hS, TS для реальных газов. Уравнение Клайперона-Менделеева.

6. Термодинамические процессы расширения и сжатия газов.
7. Процессы истечения газов. Адиабатное истечение. Сопло Лаваля. Дросселирование.
8. Термодинамические процессы во влажном воздухе.  $h,d$ -диаграмма влажного воздуха.
9. Циклы паротурбинных и газотурбинных установок. Оценка энергетической эффективности.
10. Циклы трансформаторов тепла. Комбинированные циклы. Оценка энергетической эффективности трансформаторов тепла.
11. Классификация процессов тепло- и массообмена по механизму переноса.
12. Температурное поле, градиент температуры, плотность теплового потока.
13. Коэффициент теплопроводности и его зависимость от различных факторов. Термическое сопротивление.
14. Понятие коэффициент теплоотдачи и теплопередачи. Теплопередача через многослойную, плоскую и цилиндрическую стенки.
15. Конвективный теплообмен. Способы определения коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции.
16. Особенности теплообмена при ламинарном и турбулентном течении газов и жидкостей.
17. Теплоотдача при свободном и вынужденном течениях жидкости в трубах и каналах.
18. Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков труб.
19. Пленочная и капельная конденсация жидкости на вертикальных и горизонтальных пучках труб.
20. Кипение в большом объеме. Механизм теплопередачи и основные расчетные соотношения.
21. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Особенности теплообмена излучением в поглощающей среде.
22. Процессы сушки. Основные расчетные уравнения.  $hd$ -диаграмма процесса сушки.
23. Основные уравнения для расчетов процессов выпаривания растворов и процессов ректификации.
24. Основные гидравлические свойства жидкостей и газов. Законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов.
25. Модель идеальной (невязкой) жидкости. Общая интегральная форма уравнения количества движения и количества движения.
26. Назначение и классификация систем теплоснабжения объектов теплоэнергетических предприятий.
27. Горячее водоснабжение. Требуемые параметры. Нормы расхода воды на ГВС. Методы определения расчетного, среднесуточного и годового расхода теплоты на горячее водоснабжение.

28. Отопление промышленных зданий. Методы расчета потерь теплоты через наружные ограждения и с инфильтрацией воздуха. Определение внутренних тепловыделений.
29. Определение количества теплоты на отопление потребителей по укрупненным показателям. Годовые расходы тепла.
30. Вентиляция и кондиционирование воздуха промышленных цехов. Определение количества свежего воздуха для вентиляции или систем кондиционирования помещений и необходимого количества теплоты для его подогрева.
31. Паровые котельные. Методы расчета тепловых схем котельной. Выбор количества рабочих и резервных котлоагрегатов, их типоразмеров и состава вспомогательного оборудования. Определение расхода топлива на единицу вырабатываемого пара.
32. Водогрейные котельные. Методы расчета тепловой схемы котельной. Выбор количества и типоразмеров водогрейных котлов, устанавливаемых в котельной. Определение удельного расхода топлива на единицу теплоты выработанной в котельной.
33. Назначение, принципиальные схемы, состав и параметры оборудования паротурбинных тепловых станций.
34. Назначение, принципиальные схемы, состав и параметры оборудования газотурбинных тепловых электростанций.
35. Назначение, принципиальные схемы, состав и параметры оборудования парогазовых тепловых электростанций.
36. Паротурбинные ТЭЦ комбинированно вырабатывающие электроэнергию и теплоту. Методы определения их энергетических показателей. Влияние начальных и конечных параметров промышленной ТЭЦ и параметров отбираемого пара на энергетическую эффективность.
37. Промежуточный перегрев пара на ТЭЦ. Коэффициент теплофикации и методика нахождения его оптимального значения. Использование коэффициента теплофикации для распределения тепловой нагрузки между отборами турбин и пиковыми водогрейными котельными.
38. Регенеративный подогрев питательной воды. Методы определения оптимального значения температуры и числа ступеней подогрева питательной воды на паротурбинных ТЭЦ.
39. Методы регулирования отпуска теплоты из систем теплоснабжения и их сравнительные характеристики.
40. Тепловые сети. Их назначение, схемы, конструкции и особенности прокладки. Методы и алгоритмы гидравлического расчета. Пьезометрические графики и их использование при проектировании тепловых сетей.
41. Методы расчета тепловых потерь и снижения температуры теплоносителя при его движении по тепловой сети. Выбор оптимальной толщины теплоизоляционного слоя.



42. Рекуперативные теплообменные аппараты. Их схемы и конструкция. Тепловой и конструктивный расчеты. Используемые теплоносители.
43. Высокотемпературные теплотехнические процессы и установки. Классификация. Структура теплового баланса.
44. Материальный и тепловой баланс котлоагрегата. КПД котлоагрегата и структура тепловых потерь.
45. Выпарные, дистилляционные и сушильные установки промышленных предприятий, их схемы и конструкции.
46. Турбонагнетатели и расширители. Их классификация, характеристики, области использования. Определение работы, мощности и КПД нагнетателей и расширительных машин.
47. Поршневые компрессоры. Работа сжатия газа в идеальном компрессоре. Многоступенчатое сжатие.
48. Характеристика сети. Рабочая точка. Совместная работы нескольких нагнетателей на сеть.
49. Работа и мощность турбинной установки. Баланс энергии и структура КПД турбинной ступени.
50. Холодильные и теплонасосные установки, их схемы, принцип действия. Основное и вспомогательное оборудование.

Программу вступительных испытаний  
для поступающих в магистратуру по направлению  
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника составили:

Руководитель  
магистерской программы:  
к.т.н., доцент

В.А. Галковский

доцент кафедры ПТЭ  
к.т.н., доцент

И.А. Кабанова

доцент кафедры ПТЭ  
к.ф.-м.н.

Т.С. Любова