

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО «СамГТУ»,  
д.т.н., профессор



Д. Е. Быков

2017 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
в аспирантуру СамГТУ**

по направлению подготовки **14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая  
энергетика и сопутствующие технологии**

профили:

*Промышленная теплоэнергетика (05.14.04)*

*Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты (05.14.14)*

# **РАЗДЕЛ 1. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

## **1.1 Гидравлика и аэродинамика**

Закон Бернулли. Связь статического давления и динамического напора. Уравнение неразрывности. Истечение из отверстий. Сжимаемость сред. Местные и линейные сопротивления.

## **1.2 Термодинамика**

I и II Законы термодинамики. Внутренняя энергия; работа расширения. Энтропия. Обратимые и необратимые процессы. Газовые законы. Параметры состояния. Термодинамические процессы. Истечение газов. Дросселирование газов.

## **1.3 Теплопередача**

Виды теплообмена. Приложение переноса тепла теплопроводностью к техническим процессам. Уравнение теплопереноса теплопроводностью. Тепловой поток.

Конвективный теплообмен. Теория подобия. Закономерности конвективного теплообмена при обтекании поверхностей. Методы интенсификации конвективного теплообмена. Температурный напор. Уравнение теплопередачи. Лучистый теплообмен. Основные законы теплообмена излучением. Излучение твердых тел. Излучение газов. Действие экранов. Методы интенсификации теплообмена излучением.

## **1.4 Тепловой баланс**

Методы составления. Задачи составления тепловых балансов. Показатели использования тепловой энергии.

## **1.5 Газовое топливо**

Свойства газового топлива. Теплофизические характеристики газов. Материальный баланс процесса горения газового топлива. Понятие температуры горения. Достоинства газового топлива.

Техника сжигания газа. Газовые топки и горелки. Классификация горелок. Факел кинетический и диффузионный. Тепловые напряжения. Полнота сгорания. Влияние подогрева дутья на параметры горения.

Основы аэродинамики свободных струй. Подобие полей скоростей и концентраций. Закон сохранения массы. Уравнение импульсов.

Диффузионные явления в газовых потоках. Молекулярная и турбулентная диффузия. Устойчивость процесса горения газового топлива. Проскок и отрыв пламени. Принципы стабилизации газового пламени.

Роль природного газа в сжигании вредных выбросов в воздушный бассейн. Основные загрязняющие компоненты, образующиеся при сжигании газового топлива. Методы снижения вредных выбросов в атмосферу. Выбор параметров газа и воздуха для горелок. Правила подбора метода сжигания газа.

## **1.6 Теплообменные аппараты**

Классификация. Регенеративные и рекуперативные теплообменники. Задачи расчета. Методы оптимизации теплообменных аппаратов.

## **1.7 Промышленные печи**

Классификация. Прямые и косвенные методы нагрева. Задачи составления тепловых балансов. Методы повышения эффективности тепловой работы печей. Показатели эффективности работы печей.

## **1.8 Системы теплоснабжения**

Котлы паровые и водогрейные. Тепловой баланс, к.п.д. котла. Системы централизованного и децентрализованного теплоснабжения. Местные системы отопления. Пути энергосбережения в системах теплоснабжения.

## **1.9 Дополнительные (специальные) вопросы**

Термохимия Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа. Химическое равновесие. Второй закон термодинамики. Константа равновесия и степень диссоциации. Тепловой закон Нернста.

Аэродинамические основы процессов сжигания газового топлива. Общие свойства турбулентных потоков. Количественные характеристики турбулентности. Турбулентная диффузия. Модели горения.

Сложный теплообмен. Методы расчета конвективного теплообмена в технических приложениях. Радиационный теплообмен. Особенности радиационного теплообмена в газовых средах.

Светимость газового факела. Термическое разложение углеводородов. Факторы влияющие на светимость и сажеобразование.

Технические приемы управления теплообменом в движущихся потоках.

Повышение энергетической эффективности теплообменных процессов и установок. Принципы термохимической регенерации физической теплоты отходящих продуктов сгорания. Разработка научных основ получения комбинированных теплоносителей.

## **Список рекомендуемой литературы**

1. Основы практической теории горения /В.В.Померанцев и др. Л.: Энергия 1973.
2. Математическая теория горения и взрыва/ Я.Б. Зельдович и др. — М.: Наука, 1980
3. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Парогенераторы промышленных предприятий, М., Энергия, 1977.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод).М.: Энергия, 1973.
5. Черкасский В.М., Романова Т.М., Кауль Р.А. Насосы, компрессоры, вентиляторы. М.: Энергия, 1968.
6. Шукин А.А. Промышленные печи и газовое хозяйство заводов. М.: Энергия, 1973.
7. Промышленные теплообменные процессы и установки /А.М. Бакластов и др. М.: Энергоатомиздат, 1986.
8. Теплоэнергетика и теплотехника, кн. 1. Справочник под редакцией А.В. Клименко и В.М. Зорина - М.: изд-во МЭИ, 2000.
9. Теплоэнергетика и теплотехника, кн. 2. Справочник под редакцией А.В. Клименко и В.М. Зорина-М.: изд-во МЭИ, 2001.

10. Теплоэнергетика и теплотехника, кн. 4. Справочник под редакцией А.В. Клименко и В.М. Зорина - М.: изд-во МЭИ, 2004.
11. Теория тепломассообмена/ Под ред. А.И.Леонтьева.М.: Изд-во МГТУ, 1997.
12. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: изд-во МЭИ, 2001
13. Газоснабжение/ под Ред. А.А. Ионина, высш. Школа, 2011.
14. Комплексное энерготехнологическое использование газа и охрана воздушного бассейна, М.: Дело, 1997.
15. Основы современной энергетики., ч.2 под ред. А.П. Бурмана и В.А. Строева, изд-во МЭИ, 2003.
16. О.Л. Данилов, В.А. Мунц. Использование вторичных энергетических ресурсов, изд-во УГТУ-УПМ, Екатеринбург, 2008
17. В.Е. Фролов, О.С. Попель. Энергетика в современном мире - Долгопрудный, изд. дом «Интеллект», 2011
18. Касилов В.Ф. Справочное пособие по гидрогазодинамике для теплоэнергетиков.М.: Из- во МЭИ, 2000.

## РАЗДЕЛ 2. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И АГРЕГАТЫ

### 2.1. Энергетические ресурсы, типы электростанций, техничко-экономические показатели

Энергетика и типы электростанций.

Энергетические ресурсы.

Потребление энергии и графики нагрузок.

Состав теплового хозяйства ТЭС.

Техничко-экономические требования к ТЭС.

Энергетические показатели конденсационной электростанции.

Основные составляющие абсолютного КПД станции.

Расходы пара, теплоты и топлива на КЭС.

Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии на ТЭЦ. Применение турбин типа Р, Т, ПТ.

Энергетические показатели теплоэлектроцентрали.

Расходы пара и теплоты на теплофикационные турбины.

КПД ТЭЦ по производству электроэнергии и теплоты.

Тепловая экономичность и расход топлива на ТЭЦ.

Влияние начальных параметров пара на тепловую экономичность конденсационных турбин.

Влияние конечных параметров пара на тепловую экономичность ТЭС.

Промежуточный перегрев пара. Особенности промежуточного перегрева пара на ТЭЦ.

Влияние начальных параметров пара на тепловую экономичность теплофикационных турбин.

### 2.2. Водоподготовка

Показатели качества воды.

Способы предварительной очистки исходной воды.

Состав отложений, образующихся на поверхностях нагрева.

Условия образования накипных отложений, методы глубокого умягчения воды.

Методы глубокого обессоливания воды, виды и формы коррозии металла, условия протекания коррозии металла.

Способы удаления агрессивных газов из воды.

Методы расчета оборудования ХВО.

Жесткость воды, щелочность, кислотность, прозрачность, солесодержание.

Схема ХВО. Определение показателей качества воды, расчет схем ХВО.

### 2.3 Котельные установки

Преобразование химической энергии топлива в потенциальную энергию пара.

Устройство и принципы работы энергетических и водогрейных котлов, история их развития.

Теплообмен в топке и газоходах котла.

Гидродинамика пароводяного тракта.

Аэродинамика газоздушного тракта.

Компоновка и тепловой расчет котельных агрегатов.

Водный режим котлов.

Поверхности нагрева.  
Регулирование температуры перегретого пара.  
Трубопроводы, арматура, гарнитура, металл котельных агрегатов.

#### **2.4. Теплообменники энергетических установок**

Классификация теплообменных аппаратов.  
Тепловой расчет теплообменных аппаратов. Общие положения.  
Тепловой расчет теплообменных аппаратов рекуперативного типа.  
Водо-водяные теплообменники с движением воды.  
в трубах и вдоль трубных пучков в межтрубном пространстве.  
Водо-водяные теплообменники с поперечно-продольным движением воды в межтрубном пространстве.  
Пароводяные теплообменники с вертикальным трубным пучком.  
Пароводяные теплообменники с горизонтальным трубным пучком.  
Тепловой расчет вращающихся регенеративных воздухоподогревателей энергетических котлов.  
Тепловой расчет конденсационного теплообменника контактного типа.  
Тепловой расчет конденсационного теплообменника поверхностного типа.  
Гидравлическое сопротивление теплообменного аппарата.  
Конденсационная установка ПТУ. Конденсатор, устройство, методы теплового и гидравлического расчета.  
Испарители и смесительные теплообменники.

#### **2.5. Паротурбинные установки электростанций**

Энергетические машины как элементы энергетических установок, их основные экономические показатели.  
Ступени турбомашин, их типы, характеристики и методы расчета.  
Многоступенчатые турбины.  
Расчет и оптимизация группы ступеней.  
Предельные мощности турбин.  
Уплотнения, патрубки, регулирующие клапаны.  
Оценка КПД многоступенчатых турбин.  
Конструкции турбин различных типов.  
Устройство, принцип действия и определение характеристик центробежных и осевых насосов, компрессоров, вентиляторов.  
Струйные насосы и термонасосы.  
Исходные данные для проектирования турбин разного назначения.  
Выбор основных параметров и элементов конструкций турбин: частоты вращения, числа валов и цилиндров, типы парораспределения и числа ступеней.  
Технология обработки основных деталей.  
Влияние охлаждения на процессы и параметры турбин.

#### **2.6. Принципиальные тепловые схемы ТЭС и энергоблоков**

Принципиальная тепловая схема паротурбинной электростанции.  
Содержание, основы составления и примеры принципиальной схемы КЭС.

Методика расчета принципиальной тепловой схемы КЭС.  
Методика расчета принципиальной тепловой схемы ТЭЦ.  
Пример расчета принципиальной тепловой схемы ТЭЦ.  
Выбор основного оборудования электростанции.  
Выбор мощности электростанции и единичной мощности паровых котлов и турбин.  
Выбор вспомогательного оборудования электростанции.  
Полная (развернутая) тепловая схема и трубопроводы ТЭС.  
Основные сведения и характеристики трубопроводов ТЭС.  
Арматура и тепловая изоляция трубопроводов.

## **2.7. Компоновка главного корпуса и генплан ТЭС, системы обеспечения работы**

Компоновка главного корпуса и генеральный план электростанции.  
Общая характеристика компоновки и требования к ней.  
Типы компоновок турбинного и котельного оборудования.  
Компоновка главного корпуса пылеугольных электростанций.  
Техническое водоснабжение. Потребление воды на ТЭС.  
Источники и системы водоснабжения.  
Прямоточные и оборотные системы технического водоснабжения.  
Топливное хозяйство ТЭС. Общие положения.  
Принципиальная схема топливного хозяйства ТЭС на твердом топливе. Склады топлива.  
Мазутное хозяйство ТЭС. Оборудование и схема мазутного хозяйства.  
Газовое хозяйство ТЭС. Схема газового хозяйства и его оборудование.

## **2.8. Паротурбинные и газотурбинные установки**

Выбор параметров пара, питательной воды и схемы регенерации ПТУ для ТЭС и АЭС.  
Расчеты тепловой схемы; выбор типа парораспределения, числа цилиндров.  
Оценка числа ступеней.  
Расчет и проектирование ступеней различных типов.  
Ступени с длинными лопатками.  
Расчет и проектирование стопорных и регулирующих клапанов, выхлопных патрубков, уплотнений.  
Осевые усилия и их уравнивание.  
Особенности и требования при проектировании влажнопаровых, теплофикационных и других типов паровых турбин.  
Выбор схемы и конструкции ГТУ в зависимости от назначения и условий эксплуатации; пиковые, полупиковые, базовые ГТУ.  
Турбины для привода нагнетателей и транспортные ГТУ.  
Основные экономические показатели: экономичность, надежность, ресурс работы, приемистость, капитальные затраты и др.  
Требования к ГТУ различных типов.  
Основные особенности проектирования газовой турбины, компрессора, камеры сгорания.

## 2.9. Парогазовые установки (ПГУ) тепловых электростанций

Классификация ПГУ, их преимущества и недостатки.

Утилизационные ПГУ (ПГУ-У).

ПГУ со сбросом выходных газов ГТУ в энергетический котел.

ПГУ с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПГ).

ПГУ с «вытеснением» регенерации.

Цикл ПГУ с газовым регенеративным подогревателем.

Цикл ПГУ с котлом-утилизатором (ПГУ-У).

ПГУ с двухконтурным котлом-утилизатором.

ПГУ с трехконтурным котлом-утилизатором.

Принципиальная схема одновальной ПГУ.

Парогазовые ТЭС с котлами, работающими на бытовых отходах.

## 2.10. Защита окружающей среды от вредных выбросов ТЭС

Биосфера и человек: структура биосферы, экосистемы, взаимоотношения организма и среды, экология и здоровье человека.

Глобальные проблемы окружающей среды, экологические принципы рационального использования природных ресурсов и охраны природы.

Снижение выбросов частиц золы в атмосферу. Гидрозолоудаление на пылеугольной ТЭС. Золоотвалы.

Защита водоемов от загрязнения сточными водами системы ГЗУ.

Снижение выбросов оксидов азота и соединений серы в атмосферу.

Сокращение выбросов водяного пара и парниковых газов в атмосферу.

### Список рекомендуемой литературы

1. Абрамов А.И. Повышение экологической безопасности тепловых электрических станций: учеб.пособие / А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.С. Седлов и др. / под ред. А.С. Седлова. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 389 с.
2. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок / А.А. Александров. – М.: МЭИ, 2006. – 258 с.
3. Дорохов Е.В. Основы проектирования тепловой схемы энергоблоков ТЭС на сверхкритических параметрах / Е.В. Дорохов, А.С.Седлов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 157 с.
4. Буров В.Д. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В.Д. Буров, Е.В. Дорохов, Д.П. Елизаров и др./ Под ред. В.М. Лавыгина, А.С. Седлова, С.В. Цанева. – М.: МЭИ, 2005. – 454 с.
5. Костюк А.Г. Турбины тепловых и атомных электрических станций / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний. – М.: МЭИ, 2001. – 488 с.
6. Кириллин В.А. Техническая термодинамика / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. М: Энергия, 1983.
7. Копылов А.С. Водоподготовка в энергетике / А.С. Копылов, В.М. Лавыгин, В.Ф. Очков. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 309 с.
8. Крупнов В.И. Техническая термодинамика / В.И. Крупнов, С.И. Исаев, И.А. Кожинов и др. – М.: Высш. шк., 1991. – 384 с.
9. Кудинов А.А. Техническая гидромеханика. Учеб.пособ. для вузов. М.: Машиностроение, 2008. 368 с.
10. Кудинов А.А. Гидрогазодинамика. Учеб.пособ. для вузов. М.: ИНФРА-М, 2011. 336 с.



11. Кудинов А.А. Теплообмен. Учеб.пособ. для вузов. М.: ИНФРА-М, 2012. 375 с.
12. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование. Учеб.пособ. для вузов. М.: ИНФРА-М, 2012. 325 с.
13. Кудинов А.А. Строительная теплофизика. Учеб.пособ. для вузов. М.: ИНФРА-М, 2013. 262 с.
14. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. М.: Машиностроение, 2011. 374 с.
15. Кудинов А.А. Горение органического топлива. Учеб.пособ. для вузов. / А.А. Кудинов. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 350 с.
16. Кудинов А.А. Парогазовые установки тепловых электрических станций. Учебное пособие / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. Самара: СамГТУ, 2014. 210 с.
17. Кудинов А.А. Основы централизованного теплоснабжения. / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. Самара: СамГТУ, 2015. 176 с.
18. Кудинов А.А. Энергосбережение в котельных установках ТЭС и систем теплоснабжения. / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. М.: ИНФРА-М, 2016. 320 с.
19. Мошкарин А.В. Анализ перспектив развития отечественной теплоэнергетики / А.В. Мошкарин, М.А. Девочкин, Б.Л. Шельгин, В.С. Рабенко. – Иваново: Иван.гос. энерг. ун-т, 2002. – 256 с.
20. Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС / Ю.Г. Назмеев, В.М. Лавыгин. М.: Издательство МЭИ, 2005. 260 с.
21. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. РД 34.20.501-95. М.: СПО ОРГРЭС, 2004.
22. Рихтер Л.А. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций / Л.А. Рихтер, Д.П. Елизаров, В.М. Лавыгин. М.: Энергоатомиздат, 1987. 216 с.
23. Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды / П.В. Росляков. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 336 с.
24. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции / Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 416 с.
25. Трубилов М.А. Паровые и газовые турбины: учебник для вузов / М.А. Трубилов, Г.В. Арсеньев, В.В. Фролов и др. / Под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.
26. Трухний А.Д. Основы современной энергетики. Ч. 1. Современная теплоэнергетика / А.Д. Трухний, А.А. Макаров, В.В. Клименко. – М.: МЭИ, 2002. – 368 с.
27. Трухний А.Д. Расчет тепловых схем утилизационных парогазовых установок: учеб.пособие / А.Д. Трухний, А.А. Романюк. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 40 с. – ISBN 5-903072-79-8.
28. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов. – М.: МЭИ, 2009. – 584 с.
29. Цанев С.В. Газотурбинные энергетические установки / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 428 с.
30. Consonni S., Silva P., Off-design performance of integrated waste-to-energy, combined cycle plants / Applied Thermal Engineering 27. – 2007. – P. 712-721.