

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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

2019 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
в аспирантуру СамГТУ**

по направлению подготовки **13.06.01 Электро- и теплотехника**

профили:

*Электромеханика и электрические аппараты (05.09.01)*

*Электротехнические комплексы и системы (05.09.03)*

*Электротехнология (05.09.10)*

*Электрические станции и электроэнергетические системы (05.14.02)*

*Промышленная теплоэнергетика (05.14.04)*

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

# **РАЗДЕЛ 1. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ.**

## **1.1. Общие вопросы электромеханического преобразования энергии.**

1.1.1. Развитие энергетики и электроэнергетических систем. Выработка электроэнергии на тепловых, гидравлических и атомных станциях. Возобновляемые источники электроэнергии, автономные электроэнергетические системы, проблема охраны окружающей среды.

1.1.2. Применение электрических машин, трансформаторов и аппаратов в системах генерирования, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

1.1.3. Электромеханическое преобразование энергии и физические законы, на которых оно основано.

1.1.4. Обобщенная электрическая машина – математическая модель электрических машин всех типов. Допущения при записи уравнений обобщенной машины. Дифференциальные уравнения в различных системах координат. Уравнения Парка-Горева синхронной машины. Физический смысл параметров обобщенной машины – коэффициентов в дифференциальных уравнениях.

1.1.5. Электромагнитный момент обобщенной электрической машины, уравнение движения ротора. Статические и динамические механические характеристики электродвигателей. Способы измерения момента.

1.1.6. Временные и пространственные гармоники в электрических машинах, параметры высших гармоник. Методы расчета гармоник магнитодвижущей силы (МДС) и магнитной индукции в воздушном зазоре с учетом формы зубцовой зоны сердечников и нелинейных свойств магнитной цепи.

1.1.7. Временные и пространственные гармоники в электрических машинах, параметры высших гармоник. Методы расчета гармоник магнитодвижущей силы (МДС) и магнитной индукции в воздушном зазоре с учетом формы зубцовой зоны сердечников и нелинейных свойств магнитной цепи.

## **1.2. Общие вопросы машин переменного тока.**

1.2.1. Электродвижущая сила (ЭДС), индуцированная в проводнике, расположенном в пазу электрической машины, зависимость ее от индукции в зазоре. ЭДС витка, катушки, катушечной группы и фазы.

1.2.2. МДС обмоток переменного тока. Укорочение шага, скос пазов, распределение обмоток.

1.2.3. Устройство и принцип действия асинхронного двигателя. Конструкция асинхронных двигателей с к.з. и фазным ротором. Асинхронные двигатели с повышенными пусковыми свойствами.

1.2.4. Уравнение электрического равновесия асинхронной машины. Схемы замещения асинхронных двигателей. Электромагнитная мощность и основные электромагнитные соотношения в асинхронных машинах. Электромагнитный момент асинхронного двигателя.

1.2.5. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя. Потери и КПД. Рабочие характеристики асинхронных двигателей.

1.2.6. Механические характеристики асинхронных двигателей. Пуск в ход асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.

1.2.7. Асинхронный двигатель в однофазном режиме. Конденсаторные асинхронные двигатели.

1.2.8. Конструкция явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин. Синхронные машины малой мощности (шаговые, реактивные, гистерезисные, униполярные). Способы охлаждения синхронных машин.

1.2.9. Диаграмма Потье турбогенератора. Построение регулировочной характеристики по диаграмме Потье. Векторные диаграммы синхронных явнополюсных машин при разных типах нагрузки.

1.2.10. Синхронная машина, работающая параллельно с сетью. Синхронизация синхронных машин. Синхронизирующая мощность и момент СМ. Регулирование активной и реактивной мощности синхронного генератора.

1.2.11. Векторная диаграмма синхронной машины, работающей параллельно с сетью. V-образные характеристики синхронных машин.

### **1.3. Машины постоянного тока.**

1.3.1. Магнитное поле в машинах постоянного тока. Способы возбуждения машин постоянного тока. Магнитоэлектрические машины.

1.3.2. Основные уравнения МПТ. ЭДС якоря. МДС магнитной цепи и обмотки возбуждения. Уравнение момента и электромагнитной мощности.

1.3.3. Щеточный контакт и его вольт-амперные характеристики. Уравнения классической теории коммутации, виды коммутационных процессов. Анализ факторов, влияющих на коммутацию. Способы улучшения коммутации. Критерии потенциальной устойчивости и меры борьбы с круговым огнем. Настройка коммутации.

1.3.4. Обмотки якоря. Волновые, петлевые, комбинированные. Уравнивательные соединения первого и второго рода. Обмотки добавочных полюсов, компенсационные обмотки.

1.3.5. Энергетическая диаграмма двигателя постоянного тока. Потери и КПД.

1.3.6. Пуск двигателей постоянного тока. Регулирование скорости вращения. Энергоэффективность методов регулирования

1.3.7. Магнитное поле МПТ на холостом ходу и под нагрузкой. Реакция якоря. Способы борьбы с вредными последствиями реакции якоря.

1.3.8. Исполнительные двигатели систем автоматики. Быстродействие ДПТ. Машины с гладким и полым якорем. Тахогенераторы постоянного и переменного тока.

1.3.9. Генераторы постоянного тока и их основные характеристики. Механические и рабочие характеристики ДПТ с различными типами возбуждения.

### **1.4. Трансформаторы.**

1.4.1. Трансформаторы как электромагнитные преобразователи энергии. Физические процессы в трансформаторе. Магнитные системы и обмотки трансформаторов, группы соединения обмоток. Несимметричные режимы работы.

1.4.2. Основные уравнения и схема замещения трансформатора. Параметры трансформаторов, методы их определения. Параллельная работа трансформаторов.

1.4.3. Потери и КПД трансформаторов. Соединение обмоток Y/Δ и Δ/Y и процессы, происходящие в обмотках и сердечниках таких трансформаторов.

1.4.4. Короткое замыкание в трансформаторе. Переходные процессы при внезапном к.з. трансформатора. Переходный процесс при включении трансформатора в сеть.

1.4.5. Материалы активных частей трансформаторов. Изоляционные материалы и классы их нагревостойкости.

1.4.6. Системы охлаждения трансформаторов. Нагрев и теплоотвод при различных типах охлаждения.

1.4.7. Регулирование напряжения трансформатора под нагрузкой и без нагрузки. Вольтодобавочные трансформаторы.

### Список рекомендуемой литературы

1. Вольдек, А. И. Электрические машины : машины перемен.тока:учеб. / А. И. Вольдек, В. В. Попов. - М. ; СПб. ; Нижний Новгород : Питер, 2010. - 349 с.
2. Копылов И. П. Электрические машины [Текст] : учеб. / И. П. Копылов. - 3-е изд.,испр. - М. :Высш.шк., 2002. - 607 с. - ISBN 5-06-003841-6
3. Вольдек, А. И. Электрические машины [Текст] : учеб. / А. И. Вольдек. - 3-е изд.,перераб. - Л. : Энергия, 1978. - 832 с. Кацман, М. М. Электрические машины автоматических устройств [Текст] :учеб.пособие / М. М. Кацман. - М. : Форум : Инфра-М, 2002. - 264 с. - (Проф.образование). - ISBN 5-8199-0027-8 (в пер.) : 66.00 р. - ISBN 5-16-000831-4
4. Кацман, М. М. Электрические машины [Текст] : учеб. / М. М. Кацман. - 4-е изд.,перераб.и доп. - М. : Высш.шк., 2003. - 469 с.
5. Иванов-Смоленский, А. В. Электрические машины [Текст] : учеб. / А. В. Иванов-Смоленский. - М. : Энергия, 1980. - 927 с.
6. Электрические машины [Текст] : учеб. для бакалавров / Под ред. И.П.Копылова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 675 с.
7. Галян, Э. Т. Электрические машины переменного тока [Текст] : учеб. пособие / Э. Т. Галян ; Самар.гос.техн.ун-т. - Самара : [б. и.], 2014. - 79 с.
8. Прохоров, С. Г. Электрические машины [Текст] : учеб. пособие / С. Г. Прохоров, Р. А. Хуснутдинов. - Ростов н/Д : Феникс, 2012. - 410 с.
9. Макаричев, Ю. А. Синхронные машины [Текст] :учеб.пособие / Ю. А. Макаричев, В. Н. Овсянников ; Самар.гос.техн.ун-т. - Самара : [б. и.], 2011. - 152 с.

## **РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ.**

### **2.1. Электроснабжение**

2.1.1. Системы электроснабжения промышленных предприятий и их связь с электрическими системами. Характерные особенности промышленных электрических установок в ряде отраслей промышленности (машиностроительная, химическая, горнодобывающая и др.).

2.1.2. Основные характеристики потребителей и приемников электроэнергии. Электрические нагрузки и факторы, влияющие на точность их определения. Вероятностная модель случайного графика нагрузок. Построение годовых графиков нагрузок.

2.1.3. Статистические и практические способы методы расчета электрических нагрузок. Метод упорядоченных диаграмм. Методы определения и расчета электрических нагрузок однофазных и трехфазных электроприемников, а именно: двигательных, термических, сварочных, осветительных и других электроустановок.

2.1.4. Потребители реактивной мощности. Потери активной и реактивной энергии в элементах систем электроснабжения.

2.1.5. Классификация электрических сетей систем электроснабжения по назначению, окружающей среде (внутренние, наружные и др.), схемам (радиальные, магистральные, смешанные). Особенности эксплуатации и требования, предъявляемые в зависимости от технологии потребления. Марки, типы и конструкции проводов, кабелей и шинопроводов.

2.1.6. Цеховые сети напряжением в помещениях с нормальной средой и в помещениях с пожароопасной и взрывоопасной средой. Расчет сетей по технологическим и экономическим условиям (нагреву, потере напряжения, экономической плотности тока, экономическим интервалам и др.). Выбор аппаратов защиты цеховых электрических сетей и отдельных электроустановок.

2.1.7. Назначение, классификация и компоновки цеховых подстанций и ТП. Выбор их местоположения, а также мощности, количества и типов цеховых трансформаторов по полной расчетной нагрузке по условиям надежности, с учетом компенсации реактивной мощности.

2.1.8. Режимы реактивной мощности в сетях промышленных предприятий. Проблемы снижения реактивной мощности. Показатели компенсации активной мощности. Средства и способы компенсации РМ в цеховых сетях. Расчет и размещение компенсирующих устройств в цеховых сетях.

2.1.9. Основные сведения о надежности систем электроснабжения. Оценка взаимосвязи технологии производства и надежности электроснабжения. Энергообеспеченность технологических агрегатов и процессов. Определение прямого и дополнительного ущерба. Методы оптимизации надежности электроснабжения.

2.1.10. Защитные заземления в промышленных установках с изолированной и заземленной нейтралью.

2.1.11. Основные понятия об АСУ и АСДУ электроснабжения промпредприятий. Принципы построения и задачи, решаемые АСУЭ. Информационное, математическое и организационное обеспечение АСУЭ. Телемеханизация и использование современных локальных вычислительных сетей в управлении СЭС промпредприятий.

2.1.12. Компьютерное и информационное моделирование сетей электроснабжения. Задачи и алгоритмы оптимального оперативного управления, диагностики оборудования, анализа надежности, учета потребления, компенсации

реактивной мощности, улучшения качества, снижения потерь и экономии электроэнергии ЭПП.

## **2.2. Теория электропривода**

2.2.1. Функции, выполняемые общепромышленным и тяговым приводом, его обобщенные функциональные схемы и электромеханические свойства двигателей различных типов.

2.2.2. Математические модели, характеристики и структурные схемы электромеханических систем с электродвигателями разных типов в двигательном, тормозном и установившемся режимах работы.

2.2.3. Частотный и спектральный анализ переходных процессов в электроприводах с учетом нелинейностей, упругих звеньев и связей. Линейные и нелинейные системы, передаточные и переходные функции электропривода. Формирование оптимальных переходных процессов электропривода с учетом процессов в рабочем механизме.

2.2.4. Построение адекватных моделей с использованием компьютерных технологий. Обобщенный алгоритм компьютерного моделирования линейных или нелинейных систем автоматизированного электропривода; представление и обработка результатов моделирования.

2.2.5. Регулирование координат электропривода. Основные характеристики систем электроприводов и, в частности, приборных систем электроприводов.

2.2.6. Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы. Тяговые электроприводы.

2.2.7. Основные этапы проектирования электропривода.

2.2.8. Автоматическое управление электроприводом. Основные функции и структуры, типовые функциональные схемы и системы автоматического управления (САУ) электроприводом (автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс, остановка электродвигателей).

2.2.9. Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ) при заданном рабочем механизме.

2.2.10. Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ.

2.2.11. Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока с асинхронными, синхронными, линейными двигателями, машинами двойного питания, а также с тиристорными преобразователями. Структура управления специальными приводами (тяговые, крановые, муфтовые и т.п.).

2.2.12. Управление электроприводами при наличии редуктора и упругой связи двигателя с механизмом. Стабилизирующие системы управления электроприводами. Защита от перегрузок и аварийных режимов.

2.2.13. Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство за данных переменных. Типовые узлы и типовые следящие САУ непрерывного и дискретного действия. Оптимальные и инвариантные САУ. Анализ и синтез следящих САУ с учетом стохастических воздействий. Цифровые САУ.

2.2.14. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах. Применение микропроцессоров и микроЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств.

2.2.15. Адаптивные системы автоматического управления и принципы их управления. Алгоритмы адаптации в электроприводах.

2.2.16. Надежность и техническая диагностика электроприводов.

## **2.3. Электрические системы и сети**

2.3.1. Классификация электрических систем, сетей и их важнейших составляющих частей. Новые типы устройств и электроустановок электрических сетей. Основные

физические процессы передачи, распределения и потребления электрической энергии и их физико-математические модели.

2.3.2. Сведения об условиях работы и конструктивном выполнении линий электрических сетей. Их паспортные данные, схемы замещения, характеристики и параметры. Расчет опор и проводов воздушных линий электропередачи. Элементы теории передачи энергии по линиям электрической сети.

2.3.3. Сведения об условиях работы и конструктивном выполнении трансформаторов и автотрансформаторов.

2.3.4. Режим заземления нейтрали в сетях различного напряжения.

2.3.5. Расчеты режимов разомкнутых и простейших замкнутых электрических сетей. Расчеты режимов сложных электрических сетей с применением элементов матричной алгебры, теории графов и математического моделирования. Методы расчета установившихся режимов электрических сетей.

2.3.6. Регулирование рабочих режимов электрических сетей. Регулирование напряжения в электрических сетях.

2.3.7. Основы технико-экономических расчетов электрических сетей.

2.3.8. Качество электрической энергии. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах, районных электрических сетях и системах электроснабжения.

2.3.9. Особенности расчетов электрических режимов протяженных электропередач переменного и постоянного тока. Пути, методы и средства увеличения пропускной способности и экономичности работы дальних электропередач.

## **2.4. Электротехнические комплексы и системы автономных объектов.**

Вопросы генерации, накопления и распределения электроэнергии в автономных электротехнических комплексах и системах. Проблема электромагнитной совместимости электротехнического комплекса автономного объекта. Вопросы повышения эксплуатационной эффективности, надежности и качества электротехнических комплексов и систем автономных объектов.

Перспективы развития систем электроснабжения и электропотребления в автономных объектах. Моделирование и расчет режимов работы компонентов электротехнического комплекса автономных объектов.

## **2.5. Электромагнитная совместимость в электротехнике и электроэнергетике**

2.5.1. Современные основные понятия и определения ЭМС. Формулирование терминологии, основных понятий и определений. Классификация ЭМО, уровни ЭМС, помехоустойчивость, помеховосприимчивость и др. Качество электрической энергии и его связь с ЭМС.

2.5.2. Источники электромагнитных помех. Классификация источников и видов ЭМП. Характеристики ЭМП. Влияние ЭМП на электроприемники.

2.5.3. Методы расчета ЭМП. Расчет отклонений напряжения. Расчет колебаний и провалов напряжения. Расчет несинусоидальности напряжения. Расчет несимметрии напряжения.

2.5.4. Техника и технология измерения помех. Измерение радиопомех излучаемых компонентами электрооборудования. Измерение помех от ВЛЭП и ПС. Локация источников помех на линиях и ПС.

2.5.5. Технические средства контроля качества электроэнергии. Экспериментальное определение помехоустойчивости. Выбор видов, степеней жесткости и условий проведения испытаний.

2.5.6. Испытания на устойчивость к различным видам ЭМП :кондуктивным переходным, высокочастотным, электростатическим, магнитным, радиочастотным, от оборудования вторичных цепей подстанций в условиях эксплуатации и др.

2.5.7. Мероприятия по обеспечению ЭМС: помехоподавляющие фильтры, разрядники и ОПН, разделительные элементы, электромагнитные экраны.

2.5.8. Распространение ЭМП в электрических сетях. ЭМС электроприемников и питающих цепей. Классы электромагнитной среды. Мероприятия по снижению ЭМП генерируемых электроприемниками и повышению помехоустойчивости электроприемников.

2.5.9. Схемные пути обеспечения ЭМС. Применение специальных устройств для обеспечения ЭМС

2.5.10. Стандартизация в области ЭМС как условие создания и эксплуатации высокоэффективных систем электроэнергетики и энергоснабжения.

Регламентация испытаний и измерений, связанных с анализом ЭМС и описание необходимых для этого устройств и приборов.

## **2.6. Перенапряжения и защита от них**

2.6.1. Классификация, причины возникновения и последствия воздействий перенапряжений в электрических сетях.

2.6.2. Атмосферные и коммутационные перенапряжения.

2.6.3. Нормирование перенапряжений.

2.6.4. Уровни изоляции сетей 0,22-35 кВ.

2.6.5. Методика исследования перенапряжений и статистическая оценка внешних и внутренних перенапряжений.

2.6.6. Физические процессы, методы моделирования и статистический анализ перенапряжений.

2.6.7. Методы, средства и мероприятия защиты от внешних и внутренних перенапряжений в электроустановках низких и средних классов напряжения.

2.6.8. Общие сведения о нелинейных ограничителях перенапряжений. Их конструктивное исполнение.

## **Список рекомендуемой литературы**

1. ГОСТ 13109-97. Международный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения". Минск, 1997.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
3. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий / Учебник для вузов/ М.: ИнтерметИнжиниринг, 2005. -675 с.: с илл.
4. Электроснабжение сельского хозяйства. И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – М.: Колос, 2000.
5. Федоров А.А. Основы электроснабжения предприятий. М.: Энергия, 1980
6. Ильинский Н.Ф., Козаченко ВФ. Общий курс электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1992.
7. Терехов В.М. Элементы автоматизированного электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1987.
8. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1998.
9. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
10. Башарин А.В., Постников Ю.В. Примеры расчета автоматизированного привода на ЭВМ. Л.: Энергоатомиздат, 1990.



11. Электрические системы. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова и В.А. Строева. М.: Высшая школа, 1998г.
12. Лыкин А.В. Электрические системы и сети: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 248с.
13. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии / Герасименко А.А., Федин В.Т. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 715 с. – (Высшее образование).
14. Электрооборудование электрических станций и подстанций / Л.Д. Рожкова, Л.К. Корнеева, Т.В. Чиркова. – 3-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 448с.
15. Электрическая часть станций и подстанций /А.А. Васильев, И.П. Крючков, Е.Ф. Наяшков, М.Н. Околович. М.: Энергоатомиздат, 1990.
16. Эксплуатация электрооборудования / Г.П. Ерошенко, А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева и др. – М.: Колос, 2005. – 344с.
17. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 283с. – (Серия «Учебники НГТУ»).
18. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчёт, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчётов. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 280с.
19. Вагин Г. Я., Лоскутов А. Б., Севостьянов А. А. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие/ Нижегородский государственный технический университет, Н. Новгород, 2004, 213 с.
20. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К. и др. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике./ Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 768 с.
21. Висящев А.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах: Учеб. для вузов по направлению 650900 «Электроэнергетика». – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. – 533.
22. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике Овсянников А.Г. Новосиб. гос. техн. ун-т. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002.
23. Халилов Ф.Х., Гольдштейн В. Г., Подпоркин Г.В., Степанов В.П. Электромагнитная совместимость и разработка мероприятий по улучшению защиты от перенапряжений электрооборудования сетей 6÷35 кВ / – М.: Энергоатомиздат, 2009. - 340 с.
24. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учеб. пособие / В.А. Ощепков, В.Н. Горюнов. ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005.
25. Богатенков И.М., Бочаров Ю.Н., Гумерова Н.И., и др. Под ред. Кучинского Г.С. Техника высоких напряжений: Учебник для вузов / -СПб.:Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 2003. -608 с.: илл.
26. Кадомская К.П., Лавров Ю.А., Рейхердт А.А. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 368 с. (Серия «Учебники НГТУ»).
27. Бобров В.П., Гольдштейн В.Г., Халилов Ф.Х. Перенапряжения и защита от них в сетях 110÷750 кВ. - М. :Энергоатомиздат, 2005.
28. Гольдштейн В.Г., Халилов Ф.Х., Бобров В.П., Перенапряжения и защита от них в сетях 35–220 кВ. -Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2001.
29. Гиндуллин Ф.А., Гольдштейн В.Г., Дульзон А.А., Халилов Ф.Х. Перенапряжения в сетях 6-35 кВ. –М.: Энергоатомиздат, 1989. -192 с.
30. Перенапряжения и защита от них в электрических сетях 35-220 кВ/ В.Г. Гольдштейн, Ф.Х. Халилов, В.П. Бобров. – Самарс. гос. техн. ун-т. Самара, 2001. – 258с.
31. Халилов Ф.Х., Гольдштейн В.Г., Гордиенко А.Н., Пухальский А.А.. Повышение надежности работы электрооборудования и линий 0,4 ÷ 110 кВ нефтяной промышленности при воздействиях перенапряжений / - М. :Энергоатомиздат, 2006. - 356 с.

32. Гольдштейн В.Г., Хренников А.Ю.. Техническая диагностика, повреждаемость и ресурсы силовых и измерительных трансформаторов и реакторов /– М.: Энергоатомиздат, 2007. - 320 с.
33. Приборы и средства диагностики электрооборудования и измерений в системах электроснабжения. Справочное пособие / Под ред. В.И. Григорьева. – М.: Колос, 2006. – 272с.
34. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 – 35 кВ и 110 – 1150 кВ / Под ред. И.Т. Горюнова, А.А. Любимова. – М.: Папирус ПРО, 2003.
35. Электротехнический справочник, т. 3. Под ред. проф. МЭИ Герасимова Н.В. и др., М. МЭИ, 2000.
36. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 352с.
37. Основы современной энергетики / Под ред. А.П. Бурмана, В.А. Строева. – М.: Изд. МЭИ, 2003.
38. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
39. Электротехнический справочник. – М.: Изд-во МЭИ, 2002.

## **РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

### **3.1. Режимы работы электрооборудования станций и подстанций**

Электрооборудование станций и подстанций. Электрооборудование станций и подстанций - технические средства, обеспечивающие преобразование различных видов энергии в электрическую и ее передачу в электроэнергетическую систему.

Режимы работы трансформаторов. Особенности режимов работы трансформаторов с различными схемами и группами соединения обмоток. Эксплуатационные характеристики трансформаторов при нагрузке. Несимметричные режимы работы трансформаторов. Переходной процесс при подключении трансформатора к сети. Режим работы трехфазной группы трансформатора (звезда с нулевым проводом - треугольник) при отключении одной фазы.

Режимы работы синхронных генераторов. Взаимосвязь особенностей конструкций синхронных генераторов, используемых на тепловых, атомных, гидроэлектростанциях и на станциях на основе возобновляемых источниках энергии), с режимами их работы. Обмотки синхронных машин. Изменение напряжения синхронного генератора при нагрузке. Электромагнитная мощность и основные режимы работы синхронных машин. Асинхронные режимы турбогенераторов. Несимметричная нагрузка синхронных генераторов. Несимметричные короткие замыкания. Качания синхронных генераторов. Динамическая устойчивость. Системы возбуждения синхронных генераторов.

Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей. Технические характеристики синхронных и асинхронных электродвигателей. Анализ режимов синхронных и асинхронных двигателей при коротких замыканиях, пусках и перерывах питания. Особенности группового выбега электродвигателей. Влияние отклонения напряжения и частоты от номинальных значений на режим работы синхронных и асинхронных электродвигателей.

Режимы работы коммутационных аппаратов. Работа коммутационной аппаратуры на электрических станциях в энергосистеме. Переходные процессы при коммутациях. Расход ресурса коммутационных аппаратов при работе в системе. Методы контроля и расчета.

### **3.2. Электроэнергетические системы**

Характеристика и структура современных электроэнергетических систем. История и закономерности развития электроэнергетических систем. Современное состояние электроэнергетических систем и их характерные особенности.

Понятие режимов электрической сети. Подготовка исходных данных к расчету режимов сети. Методы расчета установившегося режима и их применение в промышленных программах. Пропускная способность электропередачи и мероприятия по её увеличению. Предельная передаваемая по ЛЭП активная мощность. Волновые параметры ЛЭП СВН. Понятие о расчетах динамических режимов ЛЭП. Выбор расчетных условий для исследований ЭЭС в установившихся и переходных режимах.

Технико-экономические основы проектирования электрических сетей. Основные задачи проектирования электрических сетей. Капитальные вложения на сооружение воздушных и кабельных линий. Капитальные вложения на сооружение понижающих подстанций. Издержки на амортизацию и обслуживание сети. Понятие нормированного срока окупаемости, коэффициента эффективности и дисконтированных затрат.

Инновационные технологии и компоненты ЭЭС. Распределенная генерация и ее функциональные свойства. Технологии распределенной генерации. Применение

накопителей, их функции. Цифровая подстанция. Интеллектуальные системы контроля и удаленный мониторинг. Активный потребитель. Микросети.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Приборы и средства диагностики электрооборудования и измерений в системах электроснабжения. Справочное пособие / Под ред. В.И. Григорьева. – М.: Колос, 2006. – 272с.
2. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 – 35 кВ и 110 – 1150 кВ / Под ред. И.Т. Горюнова, А.А. Любимова. – М.: Папирус ПРО, 2003.
3. Электротехнический справочник, т. 3. Под ред. проф. МЭИ Герасимова Н.В. и др., М. МЭИ, 2000.
4. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 352с.
5. Основы современной энергетики / Под ред. А.П. Бурмана, В.А. Строева. – М.: Изд. МЭИ, 2003.
6. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
7. Электротехнический справочник. – М.: Изд-во МЭИ, 2002.

## **РАЗДЕЛ 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

### **4.1. Гидравлика и аэродинамика**

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

### **4.2. 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.

### **4.3. 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.

### **4.4. Тепловой баланс**

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

### **4.5. 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. Подobie 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.

### **4.6. Теплообменные аппараты**

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

#### 4.7. Промышленные печи

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

#### 4.8. 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.

#### 4.9. 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. Щукин А.А. Промышленные печи и газовое хозяйство заводов. М.: Энергия, 1973.
7. Промышленные тепломассообменные 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-УПИ, 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 5. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И АГРЕГАТЫ**

### **5.1 Паротурбинные тепловые электрические станции**

#### **5.1.1. Энергетические показатели паротурбинных тепловых электростанций**

1. Принципиальные тепловые схемы КЭС и ТЭЦ.
2. Технологическая схема паротурбинной ТЭС на твердом топливе.
3. КПД нетто и брутто конденсационной электростанции.
4. Основные составляющие абсолютного КПД конденсационной электростанции.
5. Расходы пара, теплоты и топлива на КЭС.
6. Процесс работы пара в конденсационной турбине в  $h, s$  – диаграмме.
7. Расходы теплоты на ТЭЦ. КПД ТЭЦ.
8. Расход пара на теплофикационную турбину.
9. Процесс работы пара в теплофикационной турбине с регулируемым отбором в  $h, s$  – диаграмме.
10. Тепловая экономичность и расход топлива на ТЭЦ.
11. Сравнение комбинированного и отдельного производства электрической и тепловой энергии.
12. Экономические показатели тепловой электростанции.

#### **5.1.2. Параметры пара. Промежуточный перегрев пара**

1. Влияние начальных параметров пара ( $p_0, t_0$ ) на тепловую экономичность конденсационной турбоустановки.
2. Цикл Ренкина паросиловой установки в  $T, s$  и  $h, s$  – диаграммах.
3. Сопряженные значения начальных параметров водяного пара  $p_0, t_0$ .
4. Влияние конечных параметров пара на тепловую экономичность ТЭС.
5. Промежуточный перегрев водяного пара. Способы промежуточного перегрева пара.
6. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом водяного пара.
7. Особенности промежуточного перегрева водяного пара на ТЭЦ.

#### **5.1.3. Регенеративный подогрев питательной воды**

1. Назначение регенеративного подогрева питательной воды. Схемы КЭС и ТЭЦ с регенеративными подогревателями.
2. Устройство и принцип действия регенеративных подогревателей питательной воды.
3. Энергетическая эффективность регенеративного подогрева питательной воды.
4. Схемы включения регенеративных подогревателей и отвода дренажа от них.
5. Расходы пара на регенеративные подогреватели смешивающего и поверхностного типа.
6. Оптимальные параметры регенеративного подогрева питательной воды на КЭС и ТЭЦ.
7. Охладители дренажа и пара в схеме регенеративного подогрева питательной воды.

#### **5.1.4. Балансы пара и воды, способы восполнения потерь пара и воды на КЭС и ТЭЦ**

1. Балансы пара и воды на КЭС и ТЭЦ.
2. Потребители технологического пара и горячей воды.
3. Схемы включения паропреобразовательных установок.



4. Отпуск теплоты на отопление, вентиляцию и бытовые нужды.
5. Покрытие отопительной нагрузки от ТЭЦ. Коэффициент теплофикации.
6. Энергетическая характеристика теплофикационной турбоустановки с одним регулируемым отбором.
7. Энергетическая характеристика теплофикационной турбоустановки с двумя регулируемыми отборами.

#### **5.1.5. Техническое водоснабжение ТЭС**

1. Потребление воды на ТЭС. Источники и системы водоснабжения.
2. Расход воды на конденсатор турбины. Кратность охлаждения.
3. Классификация систем циркуляционного водоснабжения ТЭС.
4. Системы прямоточного водоснабжения ТЭС.
5. Системы оборотного водоснабжения с прудами охладителями и градирнями.
6. Устройство и принцип действия башенных градирен сухого и оросительного типов.

#### **5.1.6. Выбор основного оборудования и топливное хозяйство ТЭС**

1. Состав главного корпуса. Основные требования к его компоновке.
2. Типы компоновок главного корпуса ТЭС.
3. Выбор основного оборудования ТЭС.
4. Вспомогательное тепловое оборудование турбинной установки.
5. Вспомогательное оборудование котельной установки.
6. Принципиальная схема топливного хозяйства ТЭС на твердом топливе.
7. Оборудование топливного хозяйства ТЭС на твердом топливе. Склады топлива.
8. Общая характеристика и схема мазутного хозяйства ТЭС. Оборудование мазутного хозяйства.
9. Схема и оборудование газового хозяйства ТЭС. Устройство и принцип действия ГРУ, ГРП и ГРС.

### **5.2. Котельные установки тепловых электростанций**

#### **5.2.1. Котлы с естественной циркуляцией и многократной принудительной циркуляцией теплоносителя**

1. Определение и классификация паровых котлов. Типы и типоразмеры паровых котлов.
2. Техническое развитие паровых котлов.
3. Устройство и принцип работы современного парового барабанного котла. Схемы генерации пара.
4. Котлы с многократной принудительной циркуляцией.
5. Устройство прямоточных энергетических котельных агрегатов.
6. Общее уравнение теплового баланса котельной установки. Потери теплоты.
7. Полезно использованная теплота в котлоагрегате, КПД котельной установки.

#### **5.2.2. Теплообмен в топке и газоходах котла**

1. Расчет теплообмена излучением в топочной камере котлоагрегата.
2. Излучательная способность факела. Тепловые характеристики настенных экранов.
3. Неравномерность температурного поля в топке котла.
4. Теплообмен в полурадационных и конвективных поверхностях нагрева.
5. Теплообмен в конвективных поверхностях нагрева котельного агрегата.
6. Выбор скоростей газов и рабочей среды в конвективных поверхностях нагрева котла.
7. Компоновка топочной камеры и общая компоновка парового котла.
8. Тепловой расчет котла. КПД котельного агрегата.

9. Основные элементы котельного агрегата (пароперегреватели, пароохладители, водяные экономайзеры, воздухоподогреватели).
10. Тягодутьевые устройства и вспомогательное оборудование котельных установок.
11. Трубопроводы, арматура, гарнитура котельного агрегата.

### **5.3. Паротурбинные установки**

#### **5.3.1. Теплотехнические показатели паротурбинных установок**

1. Типоразмеры турбин, их обозначение и параметры рабочего тела.
2. Принципиальная тепловая схема паротурбинной установки. КПД паротурбинной установки.
3. Основные уравнения движения сжимаемой жидкости. Применение уравнений движения сжимаемой жидкости при расчете каналов.
4. Статические параметры и параметры торможения. Критические параметры при истечении из сопла. Потери энергии при реальном течении водяного пара в каналах.
5. Расширение водяного пара в сопловых и направляющих каналах. Расширение пара в косом срезе сопла.
6. Преобразование энергии рабочего тела в осевой ступени. Преобразование энергии на рабочих лопатках турбины.
7. Геометрические и аэродинамические характеристики турбинных решеток. Типы решеток и их обозначение.
8. Потери энергии при обтекании турбинных решеток. Профильные потери, концевые потери и их зависимость от геометрических и режимных параметров.
9. Усилия, действующие на рабочие лопатки паровой турбины. Мощность, развиваемая на рабочих лопатках.
10. Относительный лопаточный КПД ступени. Зависимость относительного лопаточного КПД ступени от отношения скоростей. Относительный внутренний КПД ступени турбины.
11. Преобразование скоростной энергии в ступени турбины. Треугольники скоростей.
12. Многоступенчатые паровые турбины.
13. Осевые усилия, возникающие при работе паровой турбины. Способы уравновешивания осевых усилий.
14. Выбор конструкции и расчет многоступенчатых турбин. Основы выбора конструкции многоступенчатых турбин.

#### **5.3.2. Регулирование паровых турбин**

1. Работа турбины при переменном режиме.
2. Способы парораспределения. Дроссельное парораспределение. Сопловое парораспределение.
3. Тепловой процесс турбины при переменном расходе пара и различных способах парораспределения.
4. Влияние отклонения параметров водяного пара на работу турбины.
5. Регулирование паровых турбин. Задачи регулирования паровой турбины.
6. Регулирование мощности турбины способом скользящего давления.
7. Механизмы управления турбиной. Синхронизаторы.
8. Схема регулирования с гидравлической передачей, с двойным усилением.
9. Переходные процессы в системах регулирования. Статическое и астатическое регулирование.
10. Основы эксплуатации паротурбинных установок.
11. Элементы защиты паровой турбины.

## **5.4. Подготовка воды на ТЭС**

### **5.4.1. Химическое обессоливание воды**

1. Химическая подготовка добавочной воды. Общие сведения.
2. Схемы ионнообменных обессоливающих установок и их эксплуатация.
3. Термическая подготовка добавочной воды. Схема одноступенчатой испарительной установки.
4. Предотвращение образования минеральных отложений и биологических обрастаний в системах циркуляционного водоснабжения.
5. Типы сточных вод ТЭС. Перечень контролируемых показателей качества сточных вод ТЭС.
6. Сточные воды водоподготовительных установок (схема нейтрализации сточных вод обессоливающих установок, схема натрий-катионирования воды с частичной утилизацией сточных вод).

### **5.4.2. Физические методы обессоливания воды**

1. Схемы и принцип работы одноступенчатой и многоступенчатых испарительных установок.
2. Включение испарителей в тепловую схему электростанции. Определение производительности испарительных установок.
3. Очистка пара в испарителях и паропреобразователях (методика расчета концентрации примесей пара, покидающего испаритель; конфигурация пластин жалюзийного сепаратора).
4. Малосточные технологии на ТЭС с термической подготовкой воды.
5. Электродиализ. Схема и принцип работы многокамерного электродиализатора. Комбинированные схемы ВПУ с электродиализными аппаратами.
6. Обессоливание воды на установках обратного осмоса.

### **5.4.3. Дегазация воды на ТЭС**

1. Классификация термических деаэраторов.
2. Схема и принцип работы деаэрационной установки атмосферного давления.
3. Схема и принцип работы вакуумного струйно-барботажного деаэратора вертикального типа и горизонтального типа.
4. Совершенствование конструкции вакуумного струйно-барботажного деаэратора ДВ-800.
5. Сущность вакуумно-кавитационного способа деаэрации химочищенной воды. Схема и принцип работы вакуумно-кавитационного деаэратора.
6. Удаление диоксида углерода в декарбонизаторах (схема и принцип работы декарбонизатора пленочного и струйного типов).
7. Химические методы связывания кислорода и диоксида углерода.

## **5.5. Газотурбинные и парогазовые тепловые Электростанции**

### **5.5.1. Газотурбинные тепловые электростанции**

1. Принципиальные тепловые схемы газотурбинных установок открытого типа. Элементы технологической схемы ГТУ.
2. Осевой компрессор газотурбинной установки. Устройство, принцип действия.

3. Камеры сгорания энергетических газотурбинных установок.
4. Газовая турбина газотурбинной установки. Устройство, принцип действия.
5. Цикл Брайтона ГТУ с подводом теплоты к рабочему телу при постоянном давлении.
6. Коэффициент полезного действия газотурбинной установки.
7. Впрыск водяного пара (воды) в камеру сгорания ГТУ.
8. Способы охлаждения элементов ГТУ.
9. Теплообменные аппараты газотурбинной установки. Устройство, принцип действия.

### **5.5.2. Парогазовые тепловые электростанции**

1. Парогазовые установки. Классификация ПГУ.
2. Тепловые схемы ПГУ с одноконтурным, двухконтурным и трехконтурным котлом-утилизатором.
3. Цикл Брайтона-Ренкина в  $T, s$  – диаграмме парогазовой установки с котлом-утилизатором.
4. Тепловые схемы ПГУ. Монарные ПГУ.
5. Утилизационные ПГУ (ПГУ-У).
6. ПГУ со сбросом выходных газов ГТУ в энергетический котел.
7. ПГУ с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПГ).
8. Основные элементы технологической схемы ПГУ с двухконтурным котлом-утилизатором.
9. ПГУ с трехконтурным котлом-утилизатором. Принципиальная схема одновальной ПГУ.
10. Методика теплового расчета двухконтурного котла-утилизатора
11. Расчет экономических показателей ПГУ. Экономические показатели паротурбинной, газотурбинной, паросиловой и парогазовой установок.
12. Схема ПГУ тепловой электростанции с отводом уходящих газов ГТУ через вытяжную башню градирни.
13. Схемы ПГУ с промежуточным перегревом водяного пара, отработавшего в паровой турбине.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование. Учеб. пособие для вузов с грифом УМО / А.А. Кудинов. М.: ИНФРА-М, 2012. 325 с. (Серия высшее образование. Стандарт третьего поколения). (ISBN 978-5-16-004731-7, ISBN 978-5-16-102017-3).
2. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Практикум: учеб. пособие / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. - Самара: Самар. гос. тех. ун-т., 2016. 96 с.
3. Кудинов А.А. Горение органического топлива. Учеб. пособ. для вузов с Грифом УМО / А.А. Кудинов. М.: ИНФРА-М, 2017. 390 с. (Серия высшее образование. Гостандарт третьего поколения). (ISBN 978-5-16-009439-7, ISBN 978-5-16-100545-3).
4. Буров В.Д., Дорохов Е.В., Елизаров Д.П. Тепловые электрические станции. Учебник с грифом Минобрнауки РФ. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 466 с. (ISBN 978-5-903072-86-6).
5. Кудинов А.А., Парогазовые установки тепловых электрических станций: учеб. пособие. для вузов / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина - Изд. 2-е, перераб. и доп. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2019. – 220 с. (ISBN 978-5-7964-2169-7).
6. Кудинов А.А., Газотурбинные энергетические установки. Практикум: учеб. пособие / А.А. Кудинов, К.Р. Хусаинов, С.К. Зиганшина – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018. – 92 с. (ISBN 978-5-7964-2122-2).

7. Кудинов А.А., Парогазовые установки тепловых электростанций. Практикум: учеб. пособие / А.А. Кудинов, К.Р. Хусаинов, С.К. Зиганшина – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2019. – 102 с. (ISBN 978-5-7964-2153-6).
8. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. М.: Машиностроение, 2011. 374 с. (ISBN 978-5-94275-558-4).
9. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Энергосбережение в котельных установках ТЭС и систем теплоснабжения / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. М.: ИНФРА-М, 2016. 320 с. (Серия научная мысль) (ISBN 978-5-16-011155-1, ISBN 978-5-16-103236-7).
10. Кудинов А.А. Гидрогазодинамика. Учеб. пособие для вузов с грифом УМО М.: ИНФРА-М, 2011. 338 с. (Серия высшее образование). (ISBN 978-5-16-004730-0).
11. Кудинов А.А. Поверочный тепловой расчет топки парового котла. Практикум / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. Самара: Самар. гос. тех. ун-т., 2009. 35 с.
12. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф., Виленский Т.В. Компоновка и тепловой расчет парового котла. Учеб. пособ. для вузов с грифом МО СССР. М.: Энергоатомиздат, 1988. 208 с.
13. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. 3-е изд., стереот. Учеб. пособие для вузов с грифом УМО. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 309 с. (ISBN 5-903072-45-3).
14. Зиганшина С.К. Практикум по водоподготовке: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т. 2015. 70 с.
15. Зиганшина С.К. Подготовка добавочной воды на тепловых электростанциях: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. 64 с.
16. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС: учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1991. 328 с. (Учебник с грифом Государственного комитета СССР по народному образованию).
17. Костюк А.Г., Фролов В.В., Трухний А.Д. Турбины тепловых и атомных электрических станций. Издание второе, переработанное и дополненное. Под редакцией А.Г. Костюка, В.В. Фролова. Учебник с грифом Министерства образования РФ. М.: Издательский дом МЭИ, 2001. 488 с. (ISBN 5-7046-0844-2).
18. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций, 3-е издание, стереотипное. Учеб. пособие для вузов с грифом УМО М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 584 с. (ISBN 978-5-383-00340-4).
19. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учеб. пособие для вузов. М.: ИНФРА-М, 2012. 375 с. (Серия высшее образование. Стандарт третьего поколения). (ISBN 978-5-16-004729-4).
20. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. М.: МЭИ, 2006. 258 с.
21. Кудинов А.А. Основы централизованного теплоснабжения: учеб. пособие / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. Самара: Самар. гос. тех. ун-т., 2015. 176 с. (ISBN 978-5-7964-1767-6).