

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
*Д. С. Гуц* / Д.С. Гуц /  
«10» марта 2023 г.

**ПРОГРАММА  
кандидатского экзамена по научной специальности  
2.4.5. Энергетические системы и комплексы**

Красноярск 2023

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ**  
кандидатского экзамена по специальности  
**2.4.5 – Энергетические системы и комплексы**  
по техническим наукам

**Введение**

Настоящая программа составлена на основе дисциплин направлений «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника», связанных с системными исследованиями региональных теплоэнергетических комплексов, оптимизацией структуры и режимов работы комплексов, решением проблем рационального использования энергетических ресурсов.

**Энергетика в современном мире**

Основные сведения об истории развития энергетики. Особенности развития энергетики в условиях рыночной экономики.

Материальный, энергетический, тепловой, эксергетический балансы теплотехнологических установок и систем. Оценка материальных и энергетических потерь, система КПД.

Основные закономерности и тенденции развития энергетики и электрификации. Природные энергетические ресурсы мира и его основных регионов. Характеристики направлений их использования.

Оптимизация структуры топливно-энергетического комплекса России и основных регионов; проблема выбора рациональных энергоносителей и направления ее решения. Энергетическая стратегия России до 2035 г.

Основные стадии трансформации первичных энергетических ресурсов.

Главные направления научно-технического прогресса в энергетике и электрификации и их эффективность, влияние региональных факторов. Особенности развития крупных систем и комплексов в электроэнергетической, газо-, тепло- и нефтеснабжающей отраслях, в ядерной энергетике и угольной промышленности. Создание энергетических комплексов.

Проблема экономии ресурсов и средств в энергетике. Главные технические пути решения проблемы. Использование возобновляемых источников энергии, потенциал энерго- и ресурсосбережения.

**Комплексные проблемы энергетики**

Основные проблемы развития энергетических систем и комплексов; принципы их построения и перспективы объединения в Единую электроэнергетическую систему.

Характерные графики электрической и тепловой нагрузок; методы выбора топливной базы электростанций и энергетических комплексов в увязке с оптимизацией общего энергетического баланса страны; комплексный выбор структуры электрических мощностей, типы электрических станций и их размещение; схемы электрических связей

(совместно с выбором общей схемы топливно-энергетических связей в стране). Показатели качества энергии.

Схемы энергоснабжения, их основные элементы, методы расчета. Особенности выбора комбинированной и раздельной схем энергоснабжения при использовании органического топлива, ядерного горючего и возобновляемых источников энергии; влияние на эти решения особенностей схем энергоснабжения и топливоснабжения. Теплофикационные, теплоснабжающие системы и методы выбора оптимальных параметров; энергетические балансы предприятий, основы нормирования расходов топлива, и энергии. Выбор схем энергоснабжения территориально-производственных комплексов, промышленных центров, крупных предприятий.

Экологическое воздействие энергетических систем и комплексов. Экологическая обстановка в районах крупных энергетических объектов. Показатели безопасности территорий. Нормирование загрязняющих веществ. Уменьшение материальных (выбросы в атмосферу, сбросы в гидросферу, поступление твердых и жидкых отходов на захоронение) и энергетических (шум, вибрация, электромагнитные поля и излучение, тепловые потоки и т. п.) отходов производства.

### **Методы системных исследований в энергетике и их приложения**

Классификация больших систем энергетики: понятие об их природе и основных свойствах. Особенности систем энергетики и энергетических комплексов как объектов исследования и управления.

Основные методы и средства изучения и оптимального управления (функционированием, развитием) системами энергетики. Основы применяемых математических методов.

Концепция построения автоматизированных систем управления в энергетике и их характерные особенности. Основы сочетания формализованных методов с активной ролью человека.

Системные исследования, математические и физические модели, средства вычислительной техники как научный инструмент современных исследований в энергетике.

Методы технико-экономических расчетов в энергетике. Расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлив и энергии, роль замыкающих затрат на топливо и энергию, методы технико-экономических расчетов в энергетике для непрерывно развивающихся систем и при использовании неоднозначной исходной информации. Комплексное использование топлива с одновременной выработкой электроэнергии и другой ценной товарной продукции как реальный путь снижения стоимости конечного продукта.

### **Тепло- и массообмен и теплопередача**

Система дифференциальных уравнений конвективного тепло- и массообмена. Границные условия на проницаемых поверхностях, диффузионный пограничный слой.

Принципы работы, конструкции и методы расчета регенеративных и рекуперативных теплообменных аппаратов.

Графики электрической и тепловой нагрузок ТЭС: типы графиков электрической нагрузки, характеристические параметры и их расчет; температурный график отпуска тепловой энергии с горячей водой от ТЭС, расчет координат характерных точек; графики отпуска пара внешним потребителям от ТЭС.

Преобразование энергии в технологическом цикле ТЭС. Диаграмма потоков энергии для КЭС, ТЭЦ. КПД ТЭС по производству электроэнергии, по производству тепловой энергии для внешних потребителей.

Раздельное и комбинированное производство электрической и тепловой энергии. Термодинамические преимущества комбинированного производства. Схемные и технологические аспекты реализации циклов комбинированного производства энергии на ТЭС.

Тепловые нагрузки на ТЭЦ. Особенности технологических систем ТЭЦ. Схемы отпуска технологического пара и схемы теплоснабжения.

Пиковые и базисные ТЭС. Пиковые источники пара. Пиковые источники теплоты. Аккумуляторы теплоты на ТЭС.

Потребление воды на ТЭС. Прямоточная и обратные системы водоснабжения. Водный баланс ТЭС. Технологические схемы и характеристики систем водоснабжения.

Характеристики топлива и их влияние на выбор оборудования топливного хозяйства.

Типы, принципы работы, конструктивные схемы, технологические особенности паровых турбин ТЭС, газовых турбин ТЭС, парогазовых ТЭС.

Типы, принципы работы, конструктивные схемы, технологические особенности паровых котлов ТЭС.

Способы передачи теплоты. Количественные характеристики переноса теплоты. Температурное поле.

Теплопередача излучение. Механизм передачи тепла. Лучистый теплообмен и взаимная поверхность излучения. Частные случаи.

Уравнения теплопроводности в общем виде, для плоской и цилиндрической стенки при стационарном режиме. Численные методы расчета температур в двухмерной области.

Конвективный теплообмен. Естественная и вынужденная конвекция. Коэффициент теплоотдачи. Термическое сопротивление теплоотдачи.

### **Химические и термические методы подготовки воды на ТЭС.**

Физико-химические основы процесса ионного обмена. Химическое обессоливание воды. Схемы обессоливания и области их применения. Процесс совместного Н- и ОН-ионирования в фильтре смешанного действия. Химический контроль водного режима тепловых электростанций. Физико-химические основы коррекционной обработки воды. Коррозия оборудования ТЭС и методы коррозионной защиты. Очистка сточных вод ТЭС.

Схемы включения испарителей на КЭС и ТЭЦ. Многоступенчатые испарительные установки и испарители с самовспышанием воды. Водный режим испарителей и методы получения чистого вторичного пара. Испарители на сырой воде.

Растворимость газов и термическая деаэрация воды. Процесс переноса вещества на границе двух фаз и теория массообмена. Классификация и

конструкция пленочных, струйных, барботажных и комбинированных деаэраторов. Включение деаэраторов и тепловые схемы ТЭС и теплоснабжения. Деаэрация воды в конденсаторах турбин. Химические методы связывания растворенного в воде кислорода.

### **Котельные установки ТЭС**

Типы паровых котлов, основные элементы паровых котлов. Физико-химические свойства и теплотехнические характеристики энергетических топлив и организация их сжигания. Топочные устройства и особенности их работы, методы снижения уровня образования вредных продуктов сгорания в зоне горения. Экономичность работы паровых котлов. Методика теплового расчета парового котла. Процессы, происходящие на внешней стороне поверхностей нагрева.

Системы подготовки и сжигания топлива на ТЭС. Топочные устройства и особенности их работы, методы снижения уровня образования вредных продуктов сгорания в зоне горения. Процессы, происходящие на внешней стороне поверхностей нагрева.

Особенности конструкций маневренных и полуниковых модификаций котлов.

Тепловые схемы котлов ТЭС. Способы и методы регулирования температуры первичного и вторичного пара. Работа при переходных режимах, регулировочные характеристики пароперегревателей. Особенности конструкций маневренных и полуниковых модификаций котлов.

Газовоздушный тракт котла. Состав оборудования, методы расчета и конструкция основных элементов.

Гидравлические режимы работы паровых котлов ТЭС. Контур циркуляции, его основные характеристики и методы расчета. Застой и опрокидывание циркуляции. Гидравлический расчет пароводяного тракта прямоточного котла.

Паровые котлы на парогазовых ТЭС: типы, особенности конструкций и режимов работы.

### **Паротурбинные установки электростанций**

Типы, конструкции и параметры паротурбинных установок, их влияние на экономичность ТЭС. Работа ступеней турбины.

Переменный режим работы турбоустановок. Пуск турбин из различных состояний.

Работа турбин на влажном паре, влияние влажности на характеристики турбинной ступени. Сепарация влаги в проточной части турбин.

Автоматизация работы паровой турбины. Конденсационные установки паровых турбин.

### **Типы ТЭС, их тепловые схемы, показатели тепловой экономичности и методы их повышения.**

Типы тепловых электростанций. Технологические схемы ТЭС. Тепловые схемы ТЭС. Показатели экономичности конденсационных ТЭС. Способы повышения тепловой экономичности ТЭС. Начальные и конечные параметры пара на ТЭС. Сопряженные параметры. Промежуточный перегрев пара на ТЭС. Регенеративный подогрев конденсата и питательной воды. Оптимальное распределение регенеративного подогрева.

Методы расчета тепловых схем ТЭС и исследование их эффективности. Полные тепловые схемы электростанций, выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭС. Трубопроводы тепловых электростанций и их классификация. Прочностные расчеты трубопроводов. Гидродинамика трубопроводов. Тепловая изоляция и расчет тепловых потерь.

Системы топливоподачи, технического водоснабжения, газоочистки и золошлакоудаления на ТЭС.

### **Теплофикация и ее энергетическая эффективность.**

Экономические основы теплофикации. Определение расхода топлива на выработку электроэнергии и тепла на паротурбинных ТЭЦ. Тепловые нагрузки на ТЭЦ. Особенности характеристик ТЭЦ.

Схемы отпуска технологического пара и схемы теплоснабжения. Режимы и методы регулирования централизованного теплоснабжения при однородной и разнородной тепловой нагрузке. Коэффициент теплофикации.

Совместная работа ТЭЦ и пиковых котельных.

### **Газотурбинные и парогазовые ТЭС**

Типы газотурбинных и парогазовых ТЭС. Принципиальные тепловые схемы газотурбинных и парогазовых ТЭС: структура, назначение агрегатов. Схемы, конструкции, характеристики и режимы работы компрессоров. Камеры сгорания: типы, конструктивные схемы, характеристики.

Эксплуатация и переменные режимы работы энергетических газотурбинных установок.

Котлы-утилизаторы в тепловой схеме парогазовых ТЭС: конструктивные схемы и особенности их работы. Тепловой и аэродинамический расчеты котлов-утилизаторов.

Особенности паротурбинных установок в составе парогазовых ТЭС. Регулирование нагрузки на парогазовых ТЭС с котлами-утилизаторами.

Особенности комбинированной выработки электроэнергии и тепла на газотурбинных и парогазовых ТЭС. Парогазовые технологии на пылеугольных электростанциях.

### **Режимы работы оборудования ТЭС**

Графики электрических нагрузок. Режимы работы ТЭС. Энергетические характеристики конденсационных и теплофикационных турбоагрегатов и котельных установок. Экономичные режимы совместной работы агрегатов и блоков ТЭС.

Совместная работа ТЭС, ГЭС и АЭС в энергосистемах. Пусковые схемы блоков из различных тепловых состояний.

Перевод турбоагрегатов в моторный режим и другие методы покрытия переменной части графиков нагрузки энергосистемы.

Пиковые и полупиковые электростанции и установки.

Автоматизация управления работой, пусковыми и остановочными режимами оборудования ТЭС.

### **Защита окружающей среды от вредных выбросов ТЭС**

Воздействие ТЭС на окружающую среду. Нормирование вредных выбросов в атмосферу. Предельно допустимые концентрации вредных

веществ в атмосфере. Предельно допустимые и временно согласованные выбросы. ГОСТ Р 50831-95: нормативы удельных выбросов из котлов.

Снижение выбросов частиц золы в атмосферу. Снижение эмиссии оксидов азота и соединений серы в атмосферу. Сокращение выбросов водяного пара и парниковых газов в атмосферу.

Снижение вредного воздействия золошлаков на окружающую среду. Основные направления сокращения водопотребления и сброса сточных вод на ТЭС. Образование шламов на ТЭС и пути их утилизации.

Причины создания бессточных и малосточных систем технического водоснабжения на ТЭС. Технологические схемы ТЭС с высокими экологическими показателями.

### **Возобновляемые виды энергии и энергоустановки на их основе**

Источники возобновляемых видов энергии и их особенности. География энергоресурсов. Основные понятия и определения в практике исследования и использования возобновляемых видов энергии.

Современное информационное обеспечение для оценки ресурсов ВИЭ. Параметры возобновляемых видов энергии и методы их измерения. Основные категории потенциалов ВИЭ и методы их расчета.

Современное состояние и перспективы использования возобновляемых видов энергии. Место и значение ВИЭ в современном топливно-энергетическом комплексе мира и России.

Технические особенности использования ВИЭ в системах централизованного и децентрализованного энергоснабжения.

### **Модели и технологии использования энергоустановок на основе солнечной энергии**

Источники потенциала солнечной энергии. Солнечная радиация: прямая и диффузная. Спектры внеатмосферного и наземного солнечного излучения. Методы измерения солнечной радиации. Методы расчета прихода солнечной радиации на произвольно ориентированную площадку в произвольно взятой ее точке поверхности Земли. Зависимость солнечной радиации от времени года и широты местности. Поглощение в атмосфере (оптическая масса). Оптимальная ориентация приемника солнечного излучения.

Основные категории потенциала солнечной энергии и методы их расчёта. Кадастр солнечной энергии. Основные виды солнечных энергоустановок (СЭУ) и станций (СЭС): электроснабжения, горячего водоснабжения, отопления, охлаждения, сушки, опреснения, гидролиза и т. п.

Башенные СЭС. Основная технологическая схема, ее компоненты и; энергетические характеристики. Уравнение движения Солнца и гелиостатов. Затенение и блокировка гелиостатов. Коэффициент улавливания приёмником солнечной радиации. Тепловой приемник и методы его расчёта. Оптимизация системы «концентратор (гелиостаты) - приемник».

СЭС на основе солнечных прудов. Технологическая схема преобразования энергии и ее компоненты. Термальный градиент. Теплоаккумулирующая характеристика солнечных прудов. Методы расчета основных параметров СЭС на основе солнечных прудов.

Фотоэлектрические СЭС. Структура солнечных элементов и принципы их работы. Фотоэлектрические свойства цепи и нагрузки фотоэлементов. Основные виды потерь энергии и факторы, влияющие на КПД фотоэлемента. Конструкции солнечных элементов. Основные технические требования к материалам солнечных элементов. Жесткие и гибкие фотоэлементы. КПД основных типов фотоэлементов. Фотоэлектростанции.

Солнечные коллекторы и их разновидности. Принцип действия, основные конструктивные особенности, КПД солнечных коллекторов. Расчет температурного поля тепловых потерь, отвода тепла, оптического КПД. Селективные покрытия их разновидности и свойства.

Системы солнечного горячего водоснабжения и отопления, методы расчета систем солнечного теплоснабжения (ССТ). Аккумуляция тепла в ССТ. Принцип действия, конструктивные особенности и методы расчета подогревателей воды и воздуха, сушилок, кондиционеров, холодильников, опреснителей воды на базе ССТ.

Пассивные солнечные системы (ПСС). Основные типы и их особенности. ПСС с непосредственным обогревом помещений (солнечные окна, оранжереи, теплицы, прозрачная крыша), с обогревом пассивного элемента вне помещения (стена Тромба, контейнеры с водой на крыше зданий и т. п.). Энергетические характеристики ПСС. Аккумуляция тепла элементами зданий и конструкций. Использование пристроенных и встроенных теплиц в качестве приемников солнечного тепла.

Космические СЭС (КСЭС). Основные схемы преобразования и концентрации солнечного излучения на КСЭС (фотоэлектрические, машинные и прямые преобразования энергии Солнца). Достоинства и недостатки схем. Проблемы сооружения КСЭС и передачи энергии на Землю. Перспективные системы передачи энергии с КСЭС на Землю (СВЧизлучение, лазерный луч).

Использование СЭС для энергоснабжения централизованных и автономных потребителей.

Этапы проектирования СЭУ и СЭС. Выбор и обоснование площадки для строительства, типа и основных параметров СЭС.

Эксплуатационные особенности и режимы различных типов СЭС. Надежность работы и технико-экономические показатели эксплуатации СЭС.

**Модели и технологии использования энергоустановок на основе энергии ветра**

Источники потенциала ветровой энергии. Основные характеристики ветра и методы и определения. Краткосрочные вариации скорости ветра: турбулентность, порывистость ветра. Энергетические характеристики ветра: мощность и энергия. Влияние орографии местности на формирование ветра: шероховатость местности, формы земной поверхности, препятствия. Вертикальный профиль ветра. Характерные функции распределения скорости ветра (распределения Рэлея, Вейбулла, Гринцевича и др.). Роза ветров. Основные категории потенциала ветровой энергии и методы их расчета. Кадастр ветровой энергии. Основные технические схемы использования энергии ветра и их классификация.

Преобразование энергии ветра (элементы аэродинамики). Осевая и подъемная сила, рабочий момент и мощность. Потери энергии. Методы получения энергетических характеристик ветроколеса. Способы установки ветроколеса на ветер. Гирокопический момент ветроколеса. Способы регулирования частоты вращения и мощности ветроколеса.

Конструктивные особенности и энергетические характеристики основных элементов ветроэнергетической установки. Режимы работы ветроколеса. Быстроходность и ее связь с коэффициентом мощности. Основные виды потерь энергии. Ветроустановки, предназначенные для производства электроэнергии, тепла, механической энергии, и их особенности.

Ветроустановки с горизонтальной осью вращения. Основные элементы конструкции. Одно- и многолопастные системы ВЭУ с различными способами ориентации на ветер. Энергетические характеристики ВЭУ. Особенности режимов работы ВЭУ.

Ветроустановки с вертикальной осью вращения. Основные элементы конструкции. Одно- и многоярусные системы.

Конструкции мультипликаторов и генераторов, их энергетические характеристики.

Баланс энергии ВЭУ. Концентраторы воздушного потока, особенности конструкции, эффективность.

Этапы проектирования ВЭС. Выбор площадки для размещения ВЭУ. Ветромониторинг. Выбор оборудования ВЭУ. Классы безопасности ВЭУ. Климатическое исполнение ВЭУ. Критерии энергоэффективности ВЭУ. Транспорт и монтаж ВЭУ.

Ветроэлектростанция (ВЭС). Схемы оптимального размещения ВЭУ друг относительно друга и ветрового потока с учетом розы ветров. Эффект затенения.

Режимы работы ВЭУ. Электромеханические переходные процессы в ВЭУ. Эксплуатационные характеристики ВЭУ.

### **Модели и технологии использования энергоустановок на основе гидравлической энергии**

Источники потенциала большой и малой гидроэнергетики (МГЭ). Методы измерения напора и расхода воды. Особенности формирования водосборов и водостоков. Водно-энергетический кадастр водотоков.

Энергия морских волн и течений. Источники потенциала и их особенности. Энергия и мощность волны и методы ее использования. Методы использования энергии волн при непрерывном волновом движении. Распределение волнового потенциала.

Энергия приливов. Источники потенциала и их особенности. Основные характеристики приливной волны в зависимости от времени и основных влияющих факторов, методы их расчета.

Основные категории потенциала малой гидроэнергетики (включая волны и приливы) и методы их расчета. Водно-энергетический кадастр.

ГЭС: классификационные признаки. Основные методы и способы концентрации напора и расхода воды. Основные типы и виды турбин ГЭС и малых ГЭС (МГЭС), их энергетические характеристики, методы получения.

Водоподводящие и водоотводящие сооружения и их энергетические характеристики. Нетрадиционные схемы и виды оборудования МГЭС.

Основные типы гидрогенераторов ГЭС и МГЭС. Энергетические характеристики гидрогенераторов. Методы выбора и обоснования основных параметров гидроагрегатов МГЭС.

Волновые электростанции (ВлЭС). Основные типы и схемы ВлЭС. Баланс мощности ВлЭУ и ВлЭС. Основные энергетические характеристики элементов ВлЭУ и методы их расчета.

Приливные электростанции (ПЭС). Энергия и мощность приливных течений и приливного подъема - спада воды. Схемы использования энергии приливов: одно- и многобассейновые; с обратимыми и необратимыми агрегатами; с гидравлической аккумуляцией энергии. Методы выбора и обоснования основных параметров оборудования ПЭС.

Назначение аккумуляторов энергии и принципы ее накопления: биологический, химический, тепловой, электрической, механический. Основные характеристики.

Энергоаккумулирующие установки (ЭАкУ) и станции (ЭАкС). Гидроаккумулирующие, тепловые, индуктивные, водородные, электрохимические и другие виды аккумуляции энергии. Технологические циклы ЭАкУ и принцип их действия. КПД аккумуляции. Основные энергетические характеристики, методы их получения и расчета. Глубина и скорость заряда-разряда. Длительность цикла аккумуляции. Гарантируемое число циклов заряда-разряда. Преобразователи энергии ЭАкУ.

Транспорт первичной (ресурс) и вторичной (продукт) энергии. Основные способы передачи энергии (трубопроводный, кабельный, воздушный, контейнерный и т. п.), их особенности и характеристики.

### **Основные технические схемы преобразования возобновляемых видов энергии (ВВЭ)**

Основные энергетические характеристики преобразования энергии. Методы расчета и измерения основных параметров и характеристик в установившихся и переходных режимах.

Энергетические комплексы (ЭК). Основные схемы ЭК, принципы их работы на автономного потребителя и объединенную энергосистему. Методы расчета основных энергетических параметров ЭК с аккумуляторами энергии разного вида.

Основные этапы проектирования схем установок и станций на базе ВВЭ. Исходная информация, методы ее получения и хранения. Параметры энергоустановок и методы их расчета.

Расчет краткосрочных и длительных режимов работы энергоустановок на базе разных ВВЭ для обоснования их проектных параметров.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов на базе ВВЭ и их особенности.

## Рекомендуемая литература

1. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые электрические станции. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
2. 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.: Издательский дом МЭИ, 2009.
3. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник Под общ.ред. А.В.Клименко и В.М.Зорина. М.: Издательство МЭИ, 2007.
4. Теплоэнергетика и теплотехника (справочная серия). В 4 кн. Кн. 2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. М: Изд-во МЭИ, 2001.
5. Непомнящий В.А. Экономические потери от нарушения электроснабжения. - М.: Издательский дом МЭИ. 2010.-188с.
6. Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. — 428 с.
7. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.– 584 с.
8. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ (ред. от 18.07.2011) «О теплоснабжении».
9. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов.-6-е изд., перераб.-М.: Издательство МЭИ, 2001.
10. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – М.: Издательство МЭИ, 2002.
11. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергоатомиздат, 1987.
12. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: - М.: Издательство МЭИ, 2003.
13. Воронов В.Н., Петрова Т.И. Воднохимические режимы ТЭС и АЭС: - М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
14. О.И. Мартынова, Л.М. Живилова Химический контроль на тепловых и атомных электростанциях: - М.: Энергия, 1980.
15. А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков Технологии мембранных разделений в промышленной водоподготовке: - М.: Де Ли плюс, 2012.
16. Паровые и газовые турбины для электростанций / А.Г. Костюк, В.В. Фролов. М., А.Е. Булкин, А.Д. Трухний: - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
17. Щегляев А.В. Паровые турбины. М.: Энергоатомиздат, 1993.
18. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов.-6-е изд., перераб.-М.: Издательство МЭИ, 2001.
19. Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. — 428 с. 87
20. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник Под общ.ред. А.В.Клименко и В.М.Зорина. М.: Издательство МЭИ, 2007.
21. Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

22. Ветроэнергетика: учебное пособие / Васьков А.Г., Дерюгина Г.В., Малинин Н.К., Пугачев Р.В. – М.: Издательство МЭИ, 2016 г.
23. Цгоев Р.С. Нетрадиционная ветроэнергетика: учебное пособие / – М.: Издательство МЭИ, 2014 г.
24. Методы расчёта ресурсов возобновляемых источников энергии. Учебное пособие / Бурмистров А.А., Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Кунакин Д.Н., Малинин Н.К., Пугачев Р.В. – М.: Издательство МЭИ, 2-ое изд., 2008, 144 с.
25. Солнечная энергетика. Учебное пособие / Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. – М.: Издательство МЭИ, 2008, 276 с.
26. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике./ Синюгин В.Ю., Магрук В.И., Родионов В.Г., М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2008г.
27. Бобров А.В., Кривенко Т.В., Шишмарев П.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. – Красноярск: Сиб.федер. ун-т, 2021. – 232 с.
28. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. М.: Интеллект, 2011. – 168 с.
29. Тетельмин В.В., Язев В.А. Физические основы традиционной и альтернативной энергетики. М.: ИД «Интеллект», 2016. – 176 с.
30. Кулагина Т.А., Хаглеев П.Е., Кулагин В.А. Техносферная безопасность в теплоэнергетике. Топливоподготовка и золошлакоотвалы: монография – М.: РУСАЙНС, 2021. – 408 с.

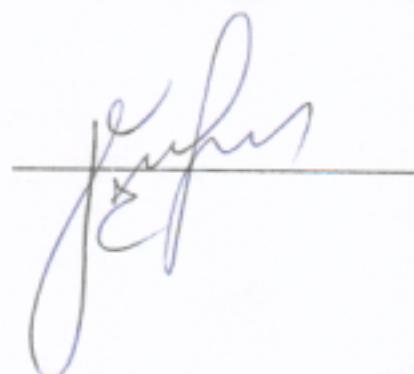
Программу составили:

д-р техн. наук, профессор



В.И Пантелейев

д-р техн. наук, профессор



Т.А.Кулагина

Директор Политехнического института



М.В. Первухин