Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и инновациям
_____ А.И. Землянухин
«22» декабря 2025 г.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

2.4.5 «Энергетические системы и комплексы»

Саратов 2025

Введение

Настоящая программа составлена на основе дисциплин аспирантской подготовки направления **Теплоэнергетика и теплотехника**, связанных с системными исследованиями региональных теплоэнергетических комплексов, оптимизацией схем и параметров рабочих тел теплоэнергетических установок, структуры и режимов работы энергетических комплексов, обеспечением надежности и безопасности систем энергообеспечения, решением проблем рационального использования топлива, энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии.

1. Энергетика в современном мире

Основные закономерности и тенденции развития энергетики и электрификации.

Природные энергетические ресурсы мира и его основных регионов. Характеристика направлений их использования.

Основные особенности мирового энергетического баланса и развитие электрификации основных регионов. Особенности современного состояния энергетики мира и перспективные направления ее развития на ближайшую перспективу XXI века.

Основные объективные тенденции развития энергетики и электрификации в России и за рубежом. Пропорции развития энергетики и электрификации, энерговооруженность экономики. Структура добычи, переработки, транспорта и использования топливно-энергетических ресурсов. Структура конечного потребления топлива и энергии. Роль нетрадиционных и возобновляемых видов энергии в энергетическом балансе, основные направления энергосбережения и повышения энергоэффективности. Тенденции развития децентрализованных и возобновляемых источников энергообеспечения.

Оптимизация структуры топливно-энергетического комплекса России и основных регионов. Проблемы выбора рациональных видов энергоносителей и направления их решения. Методы оценки эффективности решений при взаимозаменяемости видов топлива и энергии.

Энергетическая стратегия России до 2050 года. Основные положения и особенности энергетической стратегии. Структурная трансформация энергетики страны. Стратегические задачи развития энергетического сектора экономики страны. Этапы реализации. Направления и задачи развития отраслей ТЭК.

Главные направления научно-технического прогресса в энергетике и электрификации, их особенности, влияние региональных факторов. Особенности развития крупных энергетических комплексов и систем в электроэнергетической, тепло-, угле-, газо- и нефтеснабжеющих отраслях, в ядерной энергетике.

Проблема экономии и рационального использования топливно-энергетических ресурсов. Главные научно-технические пути решения проблем использования нетрадиционных и возобновляемых видов энергии.

2. Комплексные проблемы энергетики

Основные проблемы развития энергетических систем и комплексов, принципы их построения, перспективы формирования и развития Единой электроэнергетической системы. Характерные графики электрических и тепловых нагрузок. Методы выбора топливной базы электростанций и энергетических комплексов в увязке с оптимизацией общего энергетического баланса страны. Комплексный выбор структуры генерирующих мощностей, типы электрических станций и их размещение. Схемы электрических связей регионов страны. Показатели качества электрической и тепловой энергии.

Схемы энергоснабжения, их основные элементы, показатели термодинамической, тепловой, топливной и системной эффективности. Методы расчета показателей эффективности. Особенности выбора и обоснования комбинированной и раздельной схем энергоснабжения при использовании органического топлива, ядерной энергии и возобновляемых источников энергии. Влияние особенностей схем энергоснабжения и топливоснабжения. Теплофикационные и теплоснабжающие системы, методы их обоснования и выбора технических и технологических решений. Выбор оптимальных схем и параметров рабочих тел. Энергетические балансы предприятий, основы нормирования расходов топлива и энергии.

Выбор схем энергоснабжения территориально-производственных комплексов, промышленных центров, крупных предприятий и городов.

Экологические проблемы энергетики. Влияние энергетических объектов на окружающую среду. Виды воздействия и их последствия. Методы оценки влияния энергетических объектов на окружающую среду, методы оценки и нормативы. Технические и режимные возможности снижения вредных выбросов в окружающую среду. Экономические аспекты природоохранных мероприятий.

3. Термодинамический анализ теплоэнергетических установок

Общая методика термодинамического анализа циклов теплоэнергетических установок и систем. Общие методы повышения термодинамической эффективности циклов теплоэнергетических установок.

Паротурбинные теплоэнергетические установки, показатели термодинамической и топливной эффективности. Методы термодинамического анализа и повышения эффективности циклов паротурбинных установок конденсационного типа. Показатели эффективности ТЭЦ и энергетических систем на их основе. Особенности реальных циклов паротурбинных

установок одно- и многоцелевого назначения. Совершенствование паротурбинных установок.

Газотурбинные установки. Простейшие циклы газотурбинных установок. Работа сжатия в компрессоре, способы снижения работы сжатия рабочего тела в компрессоре и повышения работы расширения в газовой турбине. Сложные циклы ГТУ. Особенности анализа. Методы повышения термодинамической эффективности ГТУ. Анализ термодинамической эффективности ГТУ на различных рабочих телах. Направления совершенствования и показатели термодинамической и топливной эффективности ГТУ.

Двигатели внутреннего сгорания. Принцип действия и термодинамический анализ процессов и ДВС в целом. Показатели термодинамической и топливной эффективности ДВС, методы расчета.

Комбинированные парогазовые установки. Общие принципы комбинирования циклов, циклы комбинированных парогазовых установок на различных рабочих телах. Методы расчета показателей термодинамической и топливной эффективности ПГУ различных типов. Сложные высокотемпературные циклы с использованием ГТУ, МГД-генераторов. Топливные элементы, особенности термодинамических процессов в энергетических установках на базе топливных элементов. Показатели термодинамической и топливной эффективности комбинированных установок на базе топливных элементов.

Атомные теплоэнергетические установки. Особенности выбора и анализа термодинамических циклов теплоэнергетических установок с реакторами различных типов. Показатели термодинамической и системной топливной эффективности энергоустановок с реакторами различных типов. Термодинамические циклы АЭС с использованием газоохлаждаемых реакторов и реакторов с жидким теплоносителем.

Водородная энергетика. Способы получения и использования водорода. Энергетические затраты на получение водорода. Особенности энергетических установок с использованием водорода. Комбинированные системы производства водорода и использования в системах производства электрической и тепловой энергии, их термодинамический анализ.

Холодильные машины и теплонасосные установки. Циклы газовых компрессорных термотрансформаторов. Циклы паровых холодильных установок и тепловых насосов. Термодинамический анализ теплонасосных и газовых компрессорных термотрансформаторов в составе энергетических установок при комбинированной выработке электрической и тепловой энергии.

Принципиальные схемы и основы термодинамического анализа энергетических установок на возобновляемых источниках энергии. Солнечные энергетические установки. Особенности термодинамических циклов солнечных энергетических установок и методы их термодинамического анализа. Принципы комбинирования солнечных энергетических установок с традиционными теплоэнергетическими установками.

Океанические энергетические установки, принцип действия. Геотермальные энергетические установки. Особенности термодинамического анализа энергетических установок с использованием термальной энергии.

4. Комплексный выбор и оптимизация энергетически установок и систем

Методические основы комплексного выбора схем и оптимальных параметров рабочих тел теплоэнергетических установок и систем. Обоснование сопоставимости сравниваемых вариантов при оптимизации схем и параметров энергетических установок. Влияние режимов работы энергетических установок и систем на принятие оптимальных решений. Учет режимов работы теплоэнергетических установок и систем при оптимизации параметров и выборе оптимальных решений. Показатели надежности элементов и энергетических установок и систем. Методы расчета показателей надежности элементов, энергетических установок и систем на их основе. Методы учета надежности при обосновании схем и параметров теплоэнергетических установок. Нормирование показателей надежности энергетических установок и систем. Методы расчета и обеспечения заданной надежности теплоэнергетических установок в системах тепло- и электроснабжения. Выбор оптимальных решений с использованием критериев надежности. Методы учета и обеспечения показателей экологической безопасности при обосновании оптимальных решений.

Методы выбора оптимальных энергетических систем и методов получения электроэнергии и тепловой энергии, их термодинамическая, экологическая и технико-экономическая оценка. Основы энергоиспользования и комплексного использования водных ресурсов. Гидроэлектростанции и гидроаккумулирующие электростанции в составе энергетических систем. Влияние гидроэнергетики на состав и режимы работы теплоэнергетических установок.

Комплексные методы обоснования и выбора запасов топлива в условиях сезонного регулирования топливоснабжения и резервов энергетических мощностей, газохранилищ и водохранилищ. Понятие расчетной обеспеченности электро- тепло- и топливоснабжения и основы их обоснования.

Технические и экономические основы использования возобновляемых источников энергии (геотермальной, ветровой, солнечной и т.п.).

Замкнутая (регенеративная), разомкнутая (внешняя) и комбинированная схемы топливо- и теплоснабжения. Утилизационные системы, сравнение вариантов использования уходящих газов теплоэнергетических установок. Воздухоподогреватели и котлы-утилизаторы. Принципиальные схемы теплонасосных установок, показатели их эффективности. Использование теплонасосных установок в системах теплоснабжения. Технико-экономические основы их использования и оценка эффективности.

Основы теории сжигания органических видов топлива. Расчет радиационных свойств факелов и продуктов сгорания. Особенности теплообмена в промышленных печах. Методы расчета внешнего теплообмена в топках котлов. Основы теории горения топлив. Физико-химические основы и методы сжигания газообразного, жидкого и твердого видов топлива в теплоэнергетических и теплотехнологических установках. Методы расчетов процессов факельного горения топлив. Влияние энергетических объектов на окружающую среду и методы снижения вредных выбросов. Виды воздействий и последствия загрязнений, методы оценки и нормативы. Технические способы и возможности снижения вредных выбросов в окружающую среду.

5. Методы системных исследований в энергетике и их приложения

Классификация больших систем энергетики, их природа и основные свойства. Особенности систем энергетики и энергетических комплексов как объектов исследования и управления.

Научные основы, основные методы и средства изучения общих свойств, выбора и оптимизации параметров и оптимального управления (функционированием и развитием) систем энергетики. Основы применения математических методов исследования.

Разработка и исследование и совершенствование действующих и освоение новых технологий и оборудования для производства электрической и тепловой энергии. Научные подходы, методы и алгоритмы оценки надежности энергетических систем, станций и энергокомплексов.

Системные исследования в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой, электрической энергии и энергоносителей в энергетических системах и комплексах

Влияние технических и технологических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем, комплексов и установок на финансово-экономических и инвестиционные показатели.

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

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

Комплексное использование топлива в системах с комбинированной выработкой электроэнергии и другой ценной товарной продукции как реальный путь снижения стоимости конечных продуктов в комбинированных установках.

Методы технико-экономических расчетов в энергетике. Расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлива в энергетике. Методы технико-экономических расчетов в энергетике для непрерывно развивающихся

систем в условиях неопределенности и неоднозначности исходной информации. Многокритериальные методы исследования в теории принятия решений.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 г. № 908-р .

2. Андрющенко А.И. Основы термодинамических циклов теплоэнер - гетических установок. 2-е изд. М. Высшая школа, 1997

3. Андрющенко А.И., Аминов Р.З., Хлебалин Ю.М.Комбинированные установки и их использование. М.-Высшая школа, 1989

4. Мелентьев Л.А. Оптимизация, развитие и управление системами энергетики. М. Высшая школа, 1982

5. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. М., Наука, 1983

6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: утверждены Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФот 21.06.1999 № ВК 477.- Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28224/

7. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС: учеб. пособие для теплоэнергетических и энергомашиностроительных вузов /Г.П. Гладышев, Р.З. Аминов, В.З. Гуревич и др.; под ред. А.И. Андрющенко. - М.: Высш. шк., 1991. - 303с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аминов Р.З. Комбинирование водородных энергетических циклов с атомными электростанциями/ Р.З. Аминов, А.В. Байрамов ; Саратовский научный центр РАН-М.; Наука 2026 .-254 с.

2. Бредихин С.И. Стационарные энергетические установки с топливными элементам: материалы, технологии, рынки / Бредихин С.И., Голодницкий А.Э., Дрожжин О.А., Истомин С.Я., Ковалев В.П., Филиппов С.П. -М.:НТФ «Энергопрогресс» Корпорации «ЕЭЭК», 2017.- 392 с: илл.

3. Воропай Н.И. Системные исследования проблем энергетики. Новосибирск. Наука -2016-254 с

4. Долотовский И.В. Проектирование и оптимизация установок и систем энергетического комплекса промышленных предприятий/ Долотовский И.В., Долотовская Н.В., Ларин Е.А.- Саратов: Амирит. 2015 -330 с.

5. Надежность систем энергетики и их оборудования: справочник: В 4 т. – Новосибирск: Наука, 2000. – Т.1. – 350 с.

6. Ольховский Г.Г. Методы регулирования неравномерности электропотребления. - М.- Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2012.-712 с.

7. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. – М.: Изд-во МЭИ,2002. – 584 с.

8. Цанев, С.В. Газотурбинные энергетические установки: учеб. пособие / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – 428 с.

9. Щинников П.А. Комплексные исследования ТЭС с новыми технологиями /П.А. Щинников, Г.В. Ноздренко, В.Г. Томилов и др.- Комплексные исследования ТЭС с новыми технологиями. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. - 528 с.

10. Научно-технические журналы:

Атомная энергия. - М.: Гос. изд. техн.-теорет. лит., 1956 Энергоатомиздат. - ISSN 0004-7163;

Известия ВУЗОВ. Проблемы энергетики: научн.-техн. и произв. журнал. – Казань: Казанский гос. энергетический ун-т, 1999 –выходит ежемесячно.- ISSN 19989903 (2015-2021);

Промышленная энергетика: произв.-техн. хкрн. –М: НТФ «Прогресс, 1944. выходит эжемесячно. ISSN 0033-1155 (2015-2021)»;

Теплоэнергетика : теорет. и научн.-практ. журнал.- М.: МАИК «Наука/ Интерпериодика. 1954.- выходит ежемесячно. ISSN 0040-3636 (2015-2021);

Электрические станции: произв.-техн. журнал. –М: НТФ «Прогресс, выходит эжемесячно. ISSN 0201-4564 (2015-2021)»;

И.о. зав. кафедрой «Тепловая и атомная энергетика»
имени А.И. Андрющенко,
канд. техн. наук, доцент Новичков С.В.