

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра физики неравновесных процессов**



ПРЕДПОСЛАВЛЯЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в часах) | | | | |
|---|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|---------|
| | | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | |
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | | Консультации | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 2 | 72 | 16 | 16 | | 18 | 18 | 2 | | | 2 |
| Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов | | | | | | | | | | |
| Компетенции ПК-1 | | | | | | | | | | |

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание

| | |
|---|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. | 3 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. | 4 |
| 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. | 5 |
| 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. | 5 |
| 5. Перечень учебной литературы. | 8 |
| 6. Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями: | 9 |
| 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. | 9 |
| 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. | 9 |
| 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. | 9 |
| 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. | 10 |

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Целью освоения дисциплины «Современные энергетические технологии» является формирование фундаментальных знаний у магистрантов о современных энергетических технологиях и приобретение начальных навыков их применения при проектировании энергетического оборудования и систем.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции) | Индикаторы | Результаты обучения по дисциплине |
|--|---|--|
| <p>ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p>Знать методы и способы постановки и решения задач энергетических технологий, принципы действия, функциональные и метрологические возможности современной аппаратуры для физических исследований, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований; базовые разделы энергетических технологий: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы энергетических технологий и способы их использования при решении научно-инновационных задач.</p> <p>Уметь самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области энергетических технологий с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий; уметь решать типовые учебные задачи по основным разделам энергетических технологий; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов энергетических технологий, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из</p> |

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции) | Индикаторы | Результаты обучения по дисциплине |
|---|------------|--|
| | | <p>специальных разделов энергетических технологий для решения научно-инновационных задач; применять знания энергетических технологий для анализа и обработки результатов физических экспериментов; проводить анализ научной и технической информации в области энергетических технологий и смежных дисциплин.</p> <p>Владеть разделами физики турбулентных течений, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности; навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам энергетических технологий; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов энергетических технологий; навыками решения базовых задач; основными методами научных исследований; навыками использования теоретических основ базовых разделов энергетических технологий при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области энергетических технологий и смежных дисциплин.</p> |

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина реализуется в 2-м семестре 1-го курса для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики неравновесных процессов. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким физическим дисциплинам как электродинамика, а также по математике (основы математического анализа и дифференциальные уравнения). Он должен предшествовать выполнению квалификационной работы студента по данной специализации, так как дает ему необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения научных исследований в рамках подготовки его квалификационной работы.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в часах) | | | | |
|---|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|---------|
| | | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | |
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | | Консультации | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 2 | 72 | 16 | 16 | | 18 | 18 | 2 | | | 2 |
| Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов | | | | | | | | | | |
| Компетенции ПК-1 | | | | | | | | | | |

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: задания для самостоятельного решения (расчетно-графическое задание);
- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 16 часов;
 - практические занятия – 16 часов;
 - самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
 - промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа.
- Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1-м курсе магистратуры физического факультета НГУ в 2-м семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

| № п/п | Раздел Дисциплины | Неделя семестра | Всего | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | Промежуточная аттестация (в часах) |
|----------|---|-----------------|-----------|--|-------------------------|--|---------------------------------------|
| | | | | Аудиторные часы | | Сам. работа в те- ние семестра (не включая период сессии) | |
| | | | | Лекции | Практические занятия | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Современное состояние энергетики | 1 | 2 | 1 | 1 | | |
| 2 | Топливо-энергетические ресурсы | 2-3 | 4 | 2 | 2 | | |
| 3 | Паротурбинные технологии ТЭС | 4-5 | 6 | 2 | 2 | 2 | |
| 4 | Котельные технологии ТЭС | 6-7 | 6 | 2 | 2 | 2 | |
| 5 | Турбинные технологии ТЭС | 8 | 2 | 1 | 1 | | |
| 6 | Физические основы ядерной энергетики | 9 | 2 | 1 | 1 | | |
| 7 | Основные положения ядерной и нейтрон- ной физики, определившие создание ядерного энергетического реактора | 10 | 2 | 1 | 1 | | |
| 8 | Основы теории ядерного реактора | 11-12 | 4 | 2 | 2 | | |
| 9 | Теплофизика и гидродинамика активных зон | 13 | 2 | 1 | 1 | | |
| 10 | Кинетика ядерного реактора | 14-15 | 4 | 2 | | 2 | |
| 11 | Реакторные технологии | 16 | 2 | 1 | 1 | | |
| 12 | Приём расчётно-графических заданий | | 14 | | 2 | 12 | |
| 13 | Консультация перед экзаменом | | 2 | | | | 2 |
| 14 | Самостоятельная подготовка обучающе- гося к экзамену | | 18 | | | | 18 |
| 15 | Экзамен | | 2 | | | | 2 |
| | ИТОГО | | 72 | 16 | 16 | 18 | 22 |

Данный курс знакомит с современными технологиями производства электрической и тепловой энергии, формирует знания об энергетических установках и системах на органическом и ядерном топливе, о протекающих физических процессах, об обеспечении наиболее эффективных режимов их работы с соблюдением требований по экологии, по экономике, по безопасности, о тенденциях развития энергетического комплекса в целом.

Полученные в рамках курса знания и первичные навыки могут применяться при проведении научных экспериментов, проектировании энергетических объектов, мониторинга и управления опытно-промышленными технологическими установками.

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. «Теплоэнергетические технологии»

1. Современное состояние энергетики. (2 часа).

Перспективы развития. Виды генерации: угольная, ядерная, гидрогенерация. Выработка электроэнергии на этих генерациях в России и мире. Энергетическая программа России до 2030 г. «Дорожная карта».

2. Топливо-энергетические ресурсы. (4 часа)

Энергетика и электростанции. Технологические схемы производства электрической и тепловой энергии на ТЭС. Запасы органического и ядерного топлива в мире и России и возможные сроки их истощения. Экологические проблемы при их «сжигании». Типы электростанций и их энергетические показатели. Принципиальные технологические схемы ТЭС.

3. Паротурбинные технологии ТЭС. (4 часа)

Цикл Карно. Циклы паротурбинных энергоблоков. Цикл Ренкина. Термический КПД. Способы его увеличения. Основные пути повышения экономичности паротурбинных блоков. Общие технические характеристики и параметры. Перспективы создания блоков с критическими и сверхкритическими параметрами и их показатели.

4. Котельные технологии ТЭС. (4 часа)

Классификация котельных агрегатов. КА с естественной и принудительной циркуляцией. КПД КА и пути его повышения. Технологические схемы современных КА. КА с вихревым сжиганием, с циркулирующим кипящим слоем. Технологии ступенчатого и стадийного сжигания углей.

5. Турбинные технологии ТЭС. (2 часа)

Турбинная ступень. Лопаточный аппарат и сопловая диафрагма. Активная и реактивная ступень. КПД ступени. Многоступенчатые и многоцилиндровые турбины. Турбины перегретого и влажного пара. Турбины с теплофикационным и производственным отборами пара. Общие технические характеристики и параметры.

Раздел 2 «Ядерно-энергетические технологии»

6. Физические основы ядерной энергетики. (2 часа)

Строение ядер. Эффективные сечения ядер. Возможность деления ядер ^{235}U и ^{238}U . Коэффициент размножения нейтронов в среде бесконечных размеров (K_∞). Уравнение баланса нейтронов в реакторе. Эффективный коэффициент размножения нейтронов ($K_{\text{эф}}$).

7. Основные положения ядерной и нейтронной физики, определившие создание ядерного энергетического реактора. (2 часа)

Деление тяжелых ядер. Процесс деления. Энергия деления. Спектр нейтронов деления. Самоподдерживающаяся цепная реакция деления.

8. Основы теории ядерного реактора. (4 часа)

Замедление и диффузия нейтронов. Замедляющая способность вещества. Коэффициент замедления. Закон диффузии Фика. Коэффициент диффузии. Уравнение диффузии тепловых нейтронов. Критические параметры реактора. Критические размеры. Критическая загрузка ядерного горючего. Распределение плотности потока тепловых нейтронов по активной зоне. Материальный и геометрический параметры реактора. Коэффициенты неравномерности нейтронного потока.

9. Теплофизика и гидродинамика активных зон. (2 часа)

Тепловыделение в активной зоне. Выравнивание тепловыделения по активной зоне. Гидравлическое профилирование. Отвод тепла из активной зоны. Тепловой расчет технологического канала реактора. Изменение температуры теплоносителя по длине канала. Температурный режим тепловыделяющего элемента. Тепловой баланс в реакторе.

10. Кинетика ядерного реактора. (2 часа)

Регулирование мощности реактора. Период реактора. Запоздывающие нейтроны. Реактивность реактора. Выгорание ядерного топлива. Воспроизводство ядерного горючего. Реактор на быстрых нейтронах. Зашлаковывание реактора. Отравление реактора. Температурные эффекты. Кампания реактора. Составляющие запаса реактивности в реакторе.

11. Реакторные технологии. (2 часа)

Регулирование мощности реактора. Период реактора. Запоздывающие нейтроны. Реактивность реактора. Выгорание ядерного топлива. Воспроизводство ядерного горючего. Реактор на быстрых нейтронах. Зашлаковывание реактора. Отравление реактора. Составляющие запаса реактивности в реакторе. Ядерный реактор и его технологические узлы и системы. Активная зона. Отражатель нейтронов. Тепловыделяющие элементы. Тепловыделяющие сборки. Технологический канал. Конструкции современных ядерных реакторов. Классификация ядерных реакторов.

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

| Перечень занятий на СРС | Объем, час |
|--|------------|
| Изучения материала лекций | 3 |
| Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях | 3 |
| Подготовка расчетно-графического задания | 12 |
| Подготовка к экзамену | 18 |

5. Перечень учебной литературы.

1. Дружинин, Владимир Прокопьевич. Атомная и ядерная физика: конспект лекций: [для студентов физических факультетов университетов и инженернофизических вузов] / В. П. Дружинин ; М-во науки и высш. образования РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. — Электрон. дан. (1 файл) .— , (Новосибирск : Издательско-полиграфический центр НГУ, 2022) .— Загл. с экрана. — Текстовые электрон. данные. — Режим доступа: <http://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-8112/page00000.pdf>.— ISBN 978-5-4437-1376-2.
2. Маркова, В. М.; Чурашев, В. Н. Возможности повышения эффективности и оптимизации структуры энергетики: роли «большой» и «малой» генерации // Мир экономики и управления.
3. Саломатов, В. В.; Шарыпов, О. В.; Ануфриев, И. С.; Аникин, Ю. А.; Энхжаргал, Х. Физическое моделирование внутренней аэродинамики вихревой топки энергетического парогенератора (Новосибирский государственный университет, 2011).
4. Пляскина, Н. И. Развитие топливно-энергетического комплекса России и энергетическая безопасность (Новосибирский государственный университет, 2003).
5. Дудин, В. В. Исследование проблем теплоэнергетики в отечественной историографии: основные вехи (Новосибирский государственный университет, 2006).
6. Пальчиков, Евгений Иванович. Введение в технику физического эксперимента: Метрическая система мер. Измерение длины, времени и частоты. Эталоны: учеб. пособие / Е.И. Пальчиков; Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. — Новосибирск : НГУ, 2001 .— 111 с. : ил. ; 20 см. .— (Учебник НГУ) .— Библиогр.: с. 109, 400 экз.. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.(50 экз.)

6. Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

7. Дементьев Б.А. Ядерные энергетические реакторы: учебник / Б.А. Дементьев. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

8. Рассохин Н.Г. Парогенераторные установки АЭС / Н.Г. Рассохин - М.: Энергоатомиздат, 1977.

9. Трояновский Б.М. Турбины АЭС / Б.М.Трояновский. - М.: Энергоатомиздат, 1987.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно

«Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции. Также студентам необходимо успешно самостоятельно выполнить расчетно-графическое задание.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области кристаллографии и рентгеноструктурного анализа в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации. Критерии и шкалы оценивания индикаторов достижения результатов обучения отражены в Таблице 10.2.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

| Индикатор | Результат обучения по дисциплине | Оценочные средства |
|---|--|--|
| <p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p>Знать методы и способы постановки и решения задач энергетических технологий, принципы действия, функциональные и метрологические возможности современной аппаратуры для физических исследований, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований; базовые разделы энергетических технологий: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы энергетических технологий и способы их использования при решении научно-инновационных задач.</p> | <p>Опрос в начале каждой лекции, экзамен</p> |

| | | |
|---|---|--|
| <p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p>Уметь самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области энергетических технологий с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий; уметь решать типовые учебные задачи по основным разделам энергетических технологий; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов энергетических технологий, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов энергетических технологий для решения научно-инновационных задач; применять знания энергетических технологий для анализа и обработки результатов физических экспериментов; проводить анализ научной и технической информации в области энергетических технологий и смежных дисциплин.</p> <p>Владеть разделами физики турбулентных течений, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности; навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам энергетических технологий; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов энергетических технологий; навыками решения базовых задач; основными методами научных исследований; навыками использования теоретических основ базовых разделов энергетических технологий при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области энергетических технологий и смежных дисциплин.</p> | <p>Опрос в начале каждой лекции, экзамен</p> |
|---|---|--|

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Современные энергетические технологии».

Таблица 10.2

| Критерии оценивания результатов обучения | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Уровень освоения компетенции | | | |
|--|---|--|---|---|---|
| | | Не сформирован (0 баллов) | Пороговый уровень (3 балла) | Базовый уровень (4 балла) | Продвинутый уровень (5 баллов) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Полнота знаний | ПК 1.1 | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. | Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--|---|--|---|
| | | | количество негрубых ошибок. | несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы. | отвечает на дополнительные вопросы. |
| Наличие умений | ПК 1.2 | Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки. | Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок. |
| Наличие навыков (владение опытом) | ПК 1.2 | Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок. | Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач. |

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Варианты расчётно-графического задания

Вариант № 1

Выполнить физико-нейтронный расчет гомогенного ядерного реактора на урановом горючем. Замедлитель нейтронов, высоту H и радиус R активной зоны, коэффициент размножения нейтронов $K_{0эф}$ принять из табл. 1. В результате расчета определить степень обогащения x_{05} горючего нуклидом ^{235}U . Определить также влияние отражателя нейтронов на величины $K_{эф}$ и x_5 , повторив расчет для варианта, когда геометрический параметр реактора V_g определяется с учетом эффективной добавки Δ . Построить график влияния отражателя нейтронов на коэффициент размножения нейтронов и сделать выводы о соответствующем изменении степени обогащения урана.

Таблица 1

| Вариант | Замедлитель | H , м | R , м | ε $K_{эф}$ | a |
|---------|----------------------|---------|---------|---------------------------|-----|
| 1 | C | 3 | 1,5 | 1,18 | 300 |
| 2 | C | 3,2 | 1,6 | 1,20 | 350 |
| 3 | C | 2,5 | 1,5 | 1,22 | 400 |
| 4 | H_2O | 2,2 | 1,2 | 1,24 | 60 |
| 5 | H_2O | 2 | 1 | 1,26 | 40 |
| 6 | Be | 3 | 1,5 | 1,28 | 350 |
| 7 | Be | 3,2 | 1,6 | 1,30 | 450 |
| 8 | C | 3,5 | 1,8 | 1,32 | 450 |
| 9 | D_2O | 4 | 2 | 1,34 | 100 |
| 0 | D_2O | 3,8 | 2 | 1,36 | 150 |

Вариант № 2

Выполнить тепловой расчет гетерогенного реактора типа ВВЭР, РБМК. Для реактора ВВЭР. Мощность блока (электрическую) $Q_э$, КПД установки η , давление в первом контуре p_1 ,

недогрев до кипения на выходе из активной зоны $\Delta T_{нк}$, повышение температуры теплоносителя в реакторе $\Delta T_{р}$, среднюю скорость теплоносителя в активной зоне $w_{ср}$, диаметр ТВЭЛ ($d_{ТВЭЛ}$) принять из табл. 2.

Таблица 2

| Вариант | $Q_{э}$, МВт | $\eta_{у}$, % | p_1 , МПа | $\Delta t_{нк}$, К | $\Delta T_{р}$, К | $w_{ср}$, м/с | $d_{ТВЭЛ}$, мм |
|---------|---------------|----------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------|
| 1 | 440 | 30 | 12 | 15 | 20 | 3 | 9 |
| 2 | 640 | 31 | 14 | 20 | 30 | 4 | 9,2 |
| 3 | 1000 | 33 | 16 | 25 | 40 | 5 | 9,4 |
| 4 | 440 | 31 | 14 | 30 | 30 | 4 | 9,1 |
| 5 | 640 | 33 | 16 | 30 | 20 | 5 | 9,5 |
| 6 | 1000 | 32 | 14 | 20 | 30 | 4 | 9,6 |
| 7 | 440 | 32 | 16 | 25 | 40 | 5 | 9,7 |
| 8 | 640 | 32 | 12 | 15 | 40 | 3 | 9,8 |
| 9 | 1000 | 31 | 12 | 30 | 25 | 3 | 10,0 |
| 0 | 640 | 33 | 16 | 15 | 25 | 4 | 10,1 |

Для реактора РБМК. Мощность блока (электрическую) Q , КПД установки $\eta_{у}$, давление в первом контуре p_1 , температура теплоносителя на выходе из реактора T_1 , температура теплоносителя на входе в реактор T_2 ; скорость теплоносителя в реакторе $w_{ср}$, диаметр ТВЭЛ ($d_{ТВЭЛ}$) принять из табл. 3.

Таблица 3

| Вариант | Q , МВт | $\eta_{у}$, % | p_1 , МПа | T_1 , К | T_2 , К | $w_{ср}$, м/с | $d_{ТВЭЛ}$, мм |
|---------|-----------|----------------|-------------|-----------|-----------|----------------|-----------------|
| 1 | 800 | 29 | 7 | 553 | 543 | 2 | 13 |
| 2 | 1000 | 30 | 6,5 | 554 | 545 | 2,5 | 13,2 |
| 3 | 1200 | 31 | 7,5 | 555 | 543 | 3,0 | 12,8 |
| 4 | 1400 | 32 | 8 | 556 | 543 | 2,1 | 12,9 |
| 5 | 1600 | 29 | 8,5 | 557 | 543 | 3,0 | 12,4 |
| 6 | 1400 | 30 | 7 | 558 | 540 | 2,8 | 13,0 |
| 7 | 1200 | 31 | 6,5 | 557 | 540 | 2,4 | 13,1 |
| 8 | 1100 | 32 | 7,5 | 556 | 543 | 2,3 | 13,8 |
| 9 | 1000 | 32 | 8 | 553 | 538 | 2,5 | 12,7 |
| 0 | 800 | 29 | 7 | 549 | 539 | 2 | 13,6 |

Результаты выполнения контрольной работы № 2 необходимо представить в виде заключения в котором отразить:

1. Основные результаты расчета: тепловую мощность реактора $Q_{т}$, расход теплоносителя (воды первого контура) $G_{тр}$, температуру теплоносителя на входе $T_{вх}$ и выходе $T_{вых}$ из активной зоны, сечение активной зоны для расхода теплоносителя $F_{т}$, количество тепловыделяющих сборок (ТВС) в активной зоне $n_{твс}$, диаметр $D_{аз}$ и высоту $H_{аз}$ активной зоны.

2. Сравнение теплотехнических параметров рассчитанного реактора с параметрами реакторов ВВЭР, действующих на АЭС (Приложение 3).

3. Выполнить эскиз выбранного варианта тепловыделяющей сборки.

Вариант 3

Температурный режим тепловыделяющего элемента. Изменение по длине и максимальные температуры ТВЭЛ: стенки оболочки со стороны теплоносителя, стенки оболочки со стороны горючего, горючего на оси ТВЭЛ.

Указания. Значения температуры насыщения, теплоемкости и плотности воды определить из таблиц теплофизических свойств воды и пара по заданному давлению в первом контуре. Толщина оболочки ТВЭЛ – 0,7 мм.

Вариант ТВС и его сечение студент выбирает самостоятельно (по прототипу) При определении площади сечения, приходящейся на одну ТВС, необходимо учитывать слой замедлителя (воды) снаружи ТВС; толщину этого слоя принять в пределах 12 ... 15 мм. Сечение всей активной зоны принять на 15% больше суммы сечений ТВС с учетом размещения в активной зоне органов контроля и управления реактором. Высота активной зоны принимается в пределах 80 ... 120% от ее диаметра.

Билеты к экзамену

Билет 1

1. Ядерные реакции. Зависимость протекания реакции от энергии падающей частицы. Составное ядро.

2. Компония реактора. Составляющие запаса реактивности в реакторе.

Билет 2

1. Поперечное сечение ядерной реакции. Микроскопическое и макроскопическое сечение.

2. Температурные эффекты реактора. Температурный коэффициент реактивности. Мощностной коэффициент реактивности.

Билет 3

1. Основные типы нейтронных реакций, идущих в ядерных реакторах. Связь средней длины пробега нейтрона с макросечением конкретной нейтронной реакции.

2. Отравление реактора. Стационарное и нестационарное отравление ${}_{54}^{135}\text{Xe}$. “Йодная яма”.

Билет 4

1. Зависимость микросечений нейтронных реакций от энергии нейтрона. Быстрая, промежуточная, тепловая области энергии нейтронов.

2. Воспроизводство ядерного горючего. Коэффициент воспроизводства. Время удвоения.

Билет 5

1. Деление тяжелых ядер (на примере ${}_{92}^{235}\text{U}$). Энергия порога деления. Зависимость сечения реакции деления от энергии нейтрона.

2. Выгорание ядерного топлива. Степень выгорания. Глубина выгорания.

Билет 6

1. Процесс деления. Продукты деления. Мгновенные и запаздывающие нейтроны.

2. Управление цепной реакцией деления. Реактивность реактора. Период реактора.

Билет 7

1. Энергия деления. Выход энергии на один акт деления. Локализованный и рассеянный виды энергии. Остаточное энерговыделение.

2. Температура оболочки и горючего тепловыделяющего элемента в активной зоне.

Билет 8

1. Замедление нейтронов. Замедляющая способность. Коэффициент замедления.

2. Тепловыделение в активной зоне. Коэффициенты неравномерности тепловыделения.

Билет 9

1. Диффузия тепловых нейтронов. Закон Фика. Дифференциальное уравнение диффузии тепловых нейтронов.
2. Тепловой расчет рабочего канала активной зоны. Температура теплоносителя по высоте реактора.

Билет 10

1. Энергия связи в ядре. Дефект массы. Удельная энергия связи на один нуклон.
2. Цепная реакция деления ядер. Коэффициент размножения.

Билет 11

1. Нейтронный цикл в реакторе на тепловых нейтронах. Эффективный коэффициент размножения. Формула четырех сомножителей.
2. Способы выравнивания тепловыделения по активной зоне.

Билет 12

1. Материальный и геометрический параметры активной зоны ядерного реактора. Распределение плотности нейтронного потока по радиусу и высоте активной зоны.
2. Программа развития ядерной энергетики России до 2030 г.

Билет 13

1. Условие критичности ядерного реактора. Критические размеры и критическая загрузка активной зоны.
2. Классификация ядерных реакторов.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

| | |
|--|--|
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ | |
| <i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</i> | |
| Физический факультет | |
| ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____ | |
| 1. | |
| 2. | |
| Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись) | |
| « ____ » _____ 20 г. | |

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Современные энергетические технологии»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ | Подпись ответственного |
|---|--|--|------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |