

**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**



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ
А. Е. Бондарь
« 04 » 20 2020 г.

академик РАН

Рабочая программа дисциплины

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

направление подготовки: **03.04.02 Физика**

Курс 1, Семестр 2

направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения


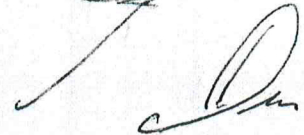
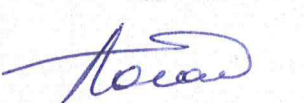
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (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	32			18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётных единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Разработчик:
д.т.н., профессор

Зав. КФНП ФФ НГУ
д.ф.-м.н., акад. РАН.

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

 В.В.Саломатов
 С.В.Алексеев
 И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2020

Содержание	
Аннотация	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	5
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.	6
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	7
5. Перечень учебной литературы.	9
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	10
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	10
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	10
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	11
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	11

Аннотация

к рабочей программе дисциплины «Современные энергетические технологии»

Направление: **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика

Программа дисциплины «Современные энергетические технологии» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню магистратуры по направлению подготовки **03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой физики неравновесных процессов в качестве дисциплины по выбору. Дисциплина изучается магистрантами 1 курса физического факультета в весеннем семестре.

Цель курса – 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 выпускника профессиональных компетенций:

ПК-1 – способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

ПК-2 - способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

• **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 (ПК 1.1);
- 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 (ПК 2.1).

• **Уметь:**

- самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области энергетических технологий с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий (ПК-1.2);
- 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 (ПК 2.2);

• **Владеть:**

- разделами физики турбулентных течений, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК 1.3)

- 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 (ПК 2.3);

Курс рассчитан на один семестр (2-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, консультации, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: задания для самостоятельного решения (расчетно-графическое задание)

Промежуточная аттестация: экзамен

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **72** академических часа / **2** зачетных единицы.

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.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

• 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 (ПК 1.1);
- 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 (ПК 2.1).

• Уметь:

- самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области энергетических технологий с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий (ПК-1.2);
- 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 (ПК 2.2);

• Владеть:

- разделами физики турбулентных течений, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК 1.3)
- 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 (ПК 2.3);

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. 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.

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	32			18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётных единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, 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 – 32 часа;
- 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, 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 период сессии) (в часах)
				Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции (кол-во часов)	Практ. занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Современное состояние энергетики	1	3	2		1	
2	Топливо-энергетические ресурсы	2-3	6	4		2	
3	Паротурбинные технологии ТЭС	4-5	6	4		2	
4	Котельные технологии ТЭС	6-7	6	4		2	
5	Турбинные технологии ТЭС	8	3	2		1	
6	Физические основы ядерной энергетики	9	3	2		1	
7	Основные положения ядерной и нейтронной физики, определившие создание ядерного энергетического реактора	10	3	2		1	
8	Основы теории ядерного реактора	11-12	6	4		2	
9	Теплофизика и гидродинамика активных зон	13	3	2		1	
10	Кинетика ядерного реактора	14-15	6	4		2	
11	Реакторные технологии	16	3	2		1	
12	Приём расчётно-графических заданий	17	2			2	
13	Консультация перед экзаменом		2				2
14	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		18				18
15	Экзамен		2				2
	ИТОГО		72	32		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 эффектив-

ных 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 суперкритическими 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. (4 часа)

Регулирование мощности реактора. Период реактора. Запаздывающие 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. Запаздывающие 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.

5.1. Основная литература

1. Основы современной энергетики. Т. 1. Современная теплоэнергетика. Под ред. Трухня А.Д. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

2. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: учебник / В.Я. Рыжкин - М.: Энергия, 1987.

4. Хрусталеv В.А. Физические основы ядерных энергетических установок: учебник / В.А. Хрусталеv, П.Г. Андронов. – Саратов: Изд-во Саратовский гос. тех. унив., 2005.

5. Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции / Т.Х. Маргулова - М.: Энергоатомиздат, 1989.

5.2. Дополнительная литература

1. Липов Ю.М. Котельные установки и парогенераторы / Ю.М. Липов. - Ижевск: Динамика, 2003.

2. Костюк А.Г. Турбины ТЭС / А.Г. Костюк, В.В. Фролов – М.: Издательский дом МЭИ, 2001.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

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

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

3. 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

Текущий контроль 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 заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы 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 компетенций ПК-1 и ПК-2.

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.

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

Критерии оценивания	Планируемые результаты обучения (показатели достиже-	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован	Пороговый уровень	Базовый уровень	Продвинутый уровень

результатов обучения	ния заданного уровня освоения компетенций)	(0 баллов)	(3 балла)	(4 балла)	(5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2 ПК 2.2	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 1.3 ПК 2.3	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.

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 Vg 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	$K_{эф}$	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 ₂ O	2,2	1,2	1,24	60
5	H ₂ O	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 ₂ O	4	2	1,34	100
0	D ₂ O	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 ΔT_r , среднюю скорость теплоносителя в активной зоне $w_{ср}$, диаметр ТВЭЛ ($d_{ТВЭЛ}$) принять из табл. 2.

Таблица 2

Вариант	$Q_{э}$, МВт	η , %	p_1 , МПа	$\Delta t_{нк}$, К	ΔT_r , 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 η , 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	η , %	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_T , 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_T , 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 $^{135}_{54}\text{Xe}$. “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 $^{235}_{92}\text{U}$). 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

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)**

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 фонда оценочных средств
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