



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

9 28.04.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института Теплоэнергетики
_____ Чичирова Н.Д.

«21» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Термоядерные установки и реакторы

Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

Специализация Проектирование и эксплуатация атомных станций

Квалификация Специалист

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (уровень специалитет) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 154)

Программу разработал(и):

профессор, доктор химических наук _____ Чичирова Наталия Дмитриевна

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры Атомные и тепловые электрические станции, протокол № 21-20/21 от 18.06.2021 г.

Зав. кафедрой _____ Чичирова Н.Д.

Программа одобрена на заседании методического совета института Теплоэнергетики, протокол № 05/21 от 21.06.2021 г.

Зам. директора института Теплоэнергетики _____ /Власов С.М./

Программа принята решением Ученого совета института Теплоэнергетики протокол № 05/21 от 21.06.2021 г.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Термоядерные установки и реакторы» является изучение теоретических основ физики плазмы, методов удержания и нагрева высокотемпературной плазмы, а также изучение технологических схем, систем и оборудования.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение конструкций современных термоядерных установок и реакторов;
- изучение основных технологических процессов, протекающих при эксплуатации термоядерных установок и реакторов;
- изучение процессов и методов удержания и нагрева высокотемпературной плазмы;
- формирование навыков решения технических и инженерных проблем термоядерных установок и реакторов для обеспечения их безопасной и эффективной эксплуатации.

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК-2. Использует знания по теоретическим основам функционирования технологических схем, систем и оборудования АЭС, конструкциям и характеристикам оборудования АЭС, режимам работы, основным принципам эксплуатации и основам обеспечения безопасности АЭС, с соблюдением нормативных требований к эксплуатации АЭС	ПК-2.1. Способен вести и оценивать правильность ведения персоналом технологического режима и оперативной документации в соответствии с регламентом, производственными инструкциями, графиками, и принимать меры к устранению выявленных нарушений	<i>Знать:</i> Основные типы термоядерных установок и реакторов. <i>Уметь:</i> Пользоваться принципиальными технологическими схемами термоядерных установок и реакторов. <i>Владеть:</i> Навыками сравнительного анализа характеристик различных термоядерных установок и реакторов.
ПК-2. Использует знания по теоретическим основам функционирования технологических схем, систем и оборудования АЭС, конструкциям и характеристикам оборудования АЭС, режимам работы, основным принципам эксплуатации и основам обеспечения безопасности АЭС, с соблюдением нормативных требований к эксплуатации АЭС	ПК-2.3. Способен применять знания теоретических основ функционирования технологических схем, систем и оборудования АЭС, конструкций и характеристик оборудования АЭС для обеспечения их энергетической эффективности и безопасной эксплуатации	<i>Знать:</i> Основы безопасности современных термоядерных установок и реакторов. <i>Уметь:</i> Рассчитывать основные показатели энергетической эффективности термоядерных установок и реакторов. <i>Владеть:</i> Навыками сравнительного анализа достоинств и недостатков термоядерных установок и реакторов для обеспечения их безопасной и эффективной эксплуатации.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Термоядерные установки и реакторы» относится к элективной части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ПК-2		Производственная практика (технологическая)
ПК-2		Производственная практика (преддипломная)

Для освоения данной дисциплины требуются знания и умения, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин, базовые знания в области естественно-научных дисциплин.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 108 часа, из которых 45 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 16 час., практические работы 16 час.), самостоятельная работа обучающегося 76 час.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	45	45
Лекционные занятия (Лек)	16	16
Практические занятия (Пр)	16	16
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	76	76
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (экзамен)	36	36
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	Эк	Эк

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС								Формируемые результаты обучения (знания, умения, навыки)	Литература	Формы текущего контроля успеваемости	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе	
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	подготовка к промежуточной аттестации	Сдача зачета / экзамена						Итого
Раздел 1. Основные понятия физики плазмы. Физические основы ядерного синтеза															
Основные понятия физики плазмы. Физические основы ядерного синтеза	7	6	8			15				29	ПК-2.1 ПК-2.3	1-3	ДЗ, устный опрос	Э	20
Раздел 2. Термоядерный топливный цикл и управляемый термоядерный синтез.															
Термоядерный топливный цикл и управляемый термоядерный синтез.	7	6	6			15				27	ПК-2.1 ПК-2.3	1-3	ДЗ, устный опрос	Э	20
Раздел 3. Термоядерные установки и реакторы															
Термоядерные установки и реакторы	7	4	2			10				18	ПК-2.1 ПК-2.3	1-3	ДЗ, устный опрос	Э	20
Экзамен	7								36	36				Э	40
ИТОГО		16	16			40			36	108					100

3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Основные понятия физики плазмы. Квазинейтральность и разделение зарядов. Электростатическое экранирование. Плазма как сплошная среда. Идеальная проводимость и дрейфовое движение. Диффузия магнитного поля. Проводимость плазмы. Столкновения с нейтральными частицами и перезарядка. Плазма как система независимых частиц.	4
1	Физические основы ядерного синтеза. Термодинамика ядерного синтеза. Реакции ядерного синтеза.	2
2	Топливный цикл термоядерного реактора. Термоядерные топлива.	2
2	Управляемый термоядерный синтез. Временные и температурные условия. Плазма и управляемый термоядерный синтез.	2
2	Магнитное удержание плазмы. Системы с замкнутой магнитной конфигурацией. Открытые магнитные конфигурации.	2
3	Установки с магнитным удержанием плазмы. ИТЭР. Токамак. Пинч с обращенным полем.	2
3	Установки с магнитным удержанием плазмы. Стелларатор. Установки управляемого инерционного синтеза	2
Всего		16

3.4. Тематический план практических работ

Номер раздела дисциплины	Темы практических работ	Трудоемкость, час.
1	Плазма: понятие и свойства. Расчет радиуса Дебая	4
1	Плазменные колебания и частота	4
2	Скорости и энергии частиц в плазме. Средняя скорость частиц в плазме.	2
2	Температура плазмы. Поле Драйзера. Тепловая и кулоновская энергия плазмы.	4
3	Транспортное сечение в плазме.	2
Всего		16

3.5. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Выполнение письменного домашнего задания.	Тема: Экспериментальные значения сечений синтеза. Простые физические выводы из свойств сечений синтеза	5
1	Выполнение письменного домашнего задания.	Тема: Ионизация посредством электронного ионного или атомного удара. Прилипание электронов. Рекомбинация. Столкновение частиц с поверхностями. Природа поверхности	10
2	Выполнение письменного домашнего задания.	Тема: Пространство скоростей и функции распределения. Вывод уравнения Больцмана. Распределение Максвелла – Больцмана. Диффузия и подвижность. Пробой в газах. Пробой и начальное образование заряда в торе	10
2	Выполнение письменного домашнего задания.	Тема: Гидромагнитные уравнения. Метод получения макроскопических уравнений. Уравнение переноса импульса. Кинетический тензор натяжений. Уравнение переноса энергии. Больцмановский множитель для частиц в потенциальной яме. Гидромагнитные уравнения плазмы	5
3	Выполнение письменного домашнего задания.	Тема: Крупные современные токамаки – JET, JT-60SA, WEST, EAST, KSTAR, ИТЭР.	10
Всего			40

4. Образовательные технологии

При реализации дисциплины «Термоядерные установки и реакторы» по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг используются традиционные образовательные технологии (*лекции в сочетании с практическими работами, самостоятельное изучение определённых разделов*) и современные образовательные технологии, направленные на обеспечение развития у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств: (групповые дискуссии, анализ ситуаций и имитационных моделей, работа в команде, case-study).

5. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.).

Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится в письменной форме по билетам. На экзамен выносятся теоретические и практические задания, проработанные в течение семестра на учебных занятиях и в процессе самостоятельной работы обучающихся. Экзаменационные билеты содержат 2 теоретических задания и 1 задание практического характера.

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов

Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.1	Знать				
		Знать основные типы термоядерных установок и реакторов	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, не допускает ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Уметь				

ПК-2	ПК-2.1	Умеет пользоваться принципиальным и технологическим и схемами термоядерных установок и реакторов.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным и недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
		Владеть				
ПК-2	ПК-2.1	Владеет навыками оценки правильности сравнительного анализа характеристик различных термоядерных установок и реакторов.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ПК-2	ПК-2.3	Знать				
		Основы безопасности современных термоядерных установок и реакторов.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, не допускает ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
Уметь						

ПК-2	ПК-2.3	Рассчитывать основные показатели энергетической эффективности термоядерных установок и реакторов.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным и недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
		Владеть				
ПК-2	ПК-2.3	Владеет навыками сравнительного анализа достоинств и недостатков термоядерных установок и реакторов для обеспечения их безопасной и эффективной эксплуатации.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины. Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Рожанский В. А.	Теория плазмы	Учебное пособие	Издательство "Лань"	2021	https://e.lanbook.com/book/168368	

2	Ильгисони с В.И.	Классические задачи физики горячей плазмы	Учебное пособие	МЭИ	2017	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011508.html	
3	Семёнов В.К., Дерий В.П.	Ядерная и нейтронная физика	Учебное пособие	ИГЭУ	2014	https://elib.ispu.ru/node/5322	

Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпля- ров в биб- лиотеке КГЭУ
1	Франк-Каменецкий, Д. А.	Лекции по физике плазмы	Учебное пособие	Долгопрудный : Интеллект	2008		15
2	Проскураков К.Н.	Ядерные энергетические установки: учебное пособие для вузов	учебное пособие	Издательский дом МЭИ	2015	https://e.lanbook.com/book/72346	
3	Арцимович, Л. А.	Управляемые термоядерные реакции	учебник	М. : Физматлит	1961	https://elib.biblioatom.ru/text/artsimovich_upravlyaemye-termyadernye-reaktsii_1961/p0/	1

6.2. Информационное обеспечение

6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	https://e.lanbook.com/
2	Электронно-библиотечная система «Консультант студента»	https://www.studentlibrary.ru/
3	Электронно-библиотечная система ИГЭУ	https://elib.ispu.ru/
4	Электронная библиотека «Росатом история»	https://elib.biblioatom.ru/

6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
----------	------------------------------------------	-------	---------------

1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	По регистрации
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	По регистрации
3	Техническая библиотека	http://techlibrary.ru	По регистрации

6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru	По регистрации
2	«Консультант плюс»	http://www.consultant.ru/	По регистрации

6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
2	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
1	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), доска аудиторная
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий практического типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), доска аудиторная
3	СРС	Читальный зал библиотеки.	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета <https://www.kgeu.ru/>. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

9. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);
- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);
- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;
- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;
- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;
- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;
- формирование эстетической картины мира;
- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;
- формирование умения получать знания;
- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Физическое воспитание:

- формирование ответственного отношения к своему здоровью, потребности в здоровом образе жизни;
- формирование культуры безопасности жизнедеятельности;
- формирование системы мотивации к активному и здоровому образу жизни, занятиям спортом, культуры здорового питания и трезвости.

Профессионально-трудовое воспитание:

- формирование добросовестного, ответственного и творческого отношения к разным видам трудовой деятельности;
- формирование навыков высокой работоспособности и самоорганизации, умение действовать самостоятельно, мобилизовать необходимые ресурсы, правильно оценивая смысл и последствия своих действий;

Экологическое воспитание:

- формирование экологической культуры, бережного отношения к родной земле, экологической картины мира, развитие стремления беречь и охранять природу.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1	3.1	16.04.2024	Структуру дисциплины читать в новой редакции (см. ниже)	Н.Д. Чичирова	С.О. Гапоненко
2					
3					

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*		45	45
АУДИТОРНАЯ РАБОТА		32	32
Лекции		16	16
Практические (семинарские) занятия		16	16
Лабораторные работы			
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ		76	76
Проработка учебного материала		40	40
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Подготовка к промежуточной аттестации		36	36
Промежуточная аттестация:			Э



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
КГЭУ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Термоядерные установки и реакторы

(Наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Специальность:

14.05.02 Атомные станции: проектирование,

эксплуатация и инжиниринг

(Код и наименование направления подготовки)

Специализация: Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Специалист

Оценочные материалы по дисциплине «Термоядерные установки и реакторы» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций:

ПК-2.1. Способность вести и оценивать правильность ведения персоналом технологического режима и оперативной документации в соответствии с регламентом, производственными инструкциями, графиками, и принимать меры к устранению выявленных нарушений

ПК-2.3. Способен применять знания теоретических основ функционирования технологических схем, систем и оборудования АЭС, конструкций и характеристик оборудования АЭС для обеспечения их энергетической эффективности и безопасной эксплуатации.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине. При текущем контроле успеваемости используются следующие оценочные средства: защита письменных домашних заданий, устный опрос.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 4 курс, 7 семестр. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

1. Технологическая карта

Семестр 7

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы			
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично
				не зачтено	зачтено		
				низкий	ниже среднего	средний	высокий
Текущий контроль успеваемости							
1	Выполнение письменных домашних заданий	Защита письменных домашних заданий, устный опрос	ПК-2.1	≤ 12	12-13	13-17	16-20
2	Выполнение письменных домашних заданий	Защита письменных домашних заданий, устный	ПК-2.1	≤ 12	12-13	13-17	16-20

		опрос					
3	Выполнение письменных домашних заданий	Защита письменных домашних заданий, устный опрос	ПК-2.1 ПК-2.3	≤ 11	11-13	14-15	18-20
Всего баллов				менее 35	35-39	40-49	50-60
Промежуточная аттестация							
	Подготовка экзамену	Задания к экзамену	ПК-2.1, ПК-2.3	менее 20	20-30	30-35	35-40
Итого баллов				0-54	55-69	70-84	85-100

2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
Защита письменных домашних заданий (ДЗ)	Оцениваются развернутые письменные ответы на домашние задания согласно рабочей программе дисциплины.	Комплект заданий на самостоятельную работу
Устный опрос	Устный опрос проводится по вопросам пройденных разделов дисциплины	Контрольные вопросы по разделам
Экзамен	Экзамен проводится по теоретическому курсу и проверяется умение обучающихся применять теоретические знания при решении практических задач	Комплект билетов

3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Оценочные материалы
Защита письменных домашних заданий	
Представление и содержание оценочных материалов	Комплект домашних заданий для самостоятельной проработки: ДЗ №1 (по разделу 1). Тема: Экспериментальные значения сечений синтеза. Простые физические выводы из свойств сечений синтеза ДЗ №2 (по разделу 1). Тема: Ионизация посредством электронного ионного или атомного удара. Прилипание электронов. Рекомбинация. Столкновение частиц с поверхностями. Природа поверхности ДЗ №3 (по разделу 2). Тема: Пространство скоростей и функции распределения. Вывод уравнения Больцмана. Распределение Максвелла –

	<p>Больцмана. Диффузия и подвижность. Пробой в газах. Пробой и начальное образование заряда в торе</p> <p>ДЗ №4 (по разделу 2). Тема: Гидромагнитные уравнения. Метод получения макроскопических уравнений. Уравнение переноса импульса. Кинетический тензор натяжений. Уравнение переноса энергии. Больцмановский множитель для частиц в потенциальной яме. Гидромагнитные уравнения плазмы</p> <p>ДЗ №5 (по разделу 3). Тема: Крупные современные токамаки – JET, JT-60SA, WEST, EAST, KSTAR, ИТЭР.</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>Выполнение письменного домашнего задания №1 (по разделу 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> – домашнее задание выполнено в полном объеме – 5 баллов; - домашнее задание выполнено не в полном объеме, показано общее понимание вопроса – 3 балла; - домашнее задание не выполнено – 0 баллов. <p>Выполнение письменного домашнего задания №2 (по разделу 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> – домашнее задание выполнено в полном объеме – 5 баллов; - домашнее задание выполнено не в полном объеме, показано общее понимание вопроса – 3 балла; - домашнее задание не выполнено – 0 баллов. <p>Выполнение письменного домашнего задания №3 (по разделу 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> – домашнее задание выполнено в полном объеме – 5 баллов; - домашнее задание выполнено не в полном объеме, показано общее понимание вопроса – 3 балла; - домашнее задание не выполнено – 0 баллов. <p>Выполнение письменного домашнего задания №4 (по разделу 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> – домашнее задание выполнено в полном объеме – 5 баллов; - домашнее задание выполнено не в полном объеме, показано общее понимание вопроса – 3 балла; - домашнее задание не выполнено – 0 баллов. <p>Выполнение письменного домашнего задания №5 (по разделу 3):</p> <ul style="list-style-type: none"> – домашнее задание выполнено в полном объеме – 10 баллов; - домашнее задание выполнено не в полном объеме, показано общее понимание вопроса – 5 баллов; - домашнее задание не выполнено – 0 баллов.
<p>Наименование оценочного средства</p>	<p>Устный опрос</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>Примерные вопросы для устного опроса:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие физические процессы лежат в основе термоядерного синтеза? 2. Какие основные типы термоядерных установок существуют? Дайте их краткую характеристику. 3. Как устроен и по какому принципу работает токамак? Какие основные проблемы его реализации? 4. Чем стелларатор отличается от токамака? 5. Что такое инерционный термоядерный синтез и какие основные установки

используются для его реализации?

6. Какое топливо используется в современных термоядерных реакторах? Какие существуют перспективные топливные циклы?
7. Какие основные элементы включает принципиальная схема токамака, и как они взаимосвязаны?
8. Как на технологической схеме обозначаются и функционируют магнитные катушки в установках с магнитным удержанием?
9. Каким образом на схеме можно определить систему отвода тепла из плазмы и какие технологии для этого используются?
10. Как устроена технологическая схема инерционного термоядерного реактора и какие системы в ней критически важны?
11. Где на схеме реактора можно найти систему ввода топлива, и какие способы подачи дейтерия и трития применяются?
12. В чем принципиальные различия между токамаком и стелларатором с точки зрения удержания плазмы и конструкции магнитных катушек?
13. Как сравниваются КПД и энергетический выход инерционных и магнитных термоядерных реакторов?
14. Какие преимущества и недостатки есть у термоядерных реакторов с магнитным удержанием по сравнению с установками инерционного синтеза?
15. Какие конструктивные особенности делают стелларатор более стабильным, но сложным в реализации по сравнению с токамаком?
16. Как различаются условия работы первой стенки реактора в различных термоядерных установках? Как это влияет на выбор материалов?
17. Какие перспективы у компактных токамаков по сравнению с крупномасштабными установками вроде ITER?
18. Какие ключевые факторы обеспечивают безопасность термоядерных реакторов по сравнению с традиционными ядерными установками?
19. Какое влияние на безопасность оказывает саморегулируемость термоядерной реакции?
20. Какие материалы используются для защиты конструкции реактора от воздействия высокоэнергетичных нейтронов и почему?
21. Как обеспечивается радиационная защита персонала и окружающей среды в термоядерных установках?
22. Как устроена система аварийного останова в современных термоядерных реакторах?
23. Каковы основные риски при эксплуатации термоядерных установок и какие меры принимаются для их минимизации?
24. Как рассчитывается выходная мощность термоядерного реактора и какие параметры для этого необходимы?
25. Что такое коэффициент усиления мощности Q в термоядерных установках и как он определяется?
26. Как рассчитать плотность мощности термоядерной реакции в зависимости от температуры и концентрации топлива?
27. Какие параметры входят в уравнение Лоусона, и как оно используется для оценки условий самоподдерживающегося термоядерного горения?
28. Как определяется КПД термоядерного реактора и какие факторы на него влияют?
29. Как рассчитывается удельное энерговыделение в плазме и почему оно важно для проектирования термоядерных установок?

	<p>30. Каковы основные достоинства и недостатки токамаков по сравнению со стеллараторами с точки зрения безопасности и энергоэффективности?</p> <p>31. Какие преимущества инерционного термоядерного синтеза перед магнитным удержанием, и какие трудности возникают при его реализации?</p> <p>32. Как различаются уровни нейтронного излучения в установках с различными топливными циклами и как это влияет на безопасность эксплуатации?</p> <p>33. Каковы ключевые различия в системе отвода тепла у различных типов термоядерных установок, и как это влияет на их эксплуатационные характеристики?</p> <p>34. Какие инженерные решения могут повысить безопасность работы термоядерного реактора, несмотря на его потенциальные недостатки?</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>1. Полнота ответа (0–4 балла) 4 балла – приведен полный, развернутый ответ, раскрыв все ключевые аспекты вопроса. 3 балла – приведен развернутый ответ, но есть незначительные недочеты. 2 балла – ответ частичный, освещены лишь основные моменты. 0 баллов – ответ отсутствует или полностью неверен.</p> <p>2. Корректность использования терминов и понятий (0–2 балла) 2 балла – студент точно использует термины, не допускает ошибок. 1 балл – есть небольшие неточности в терминологии, которые не искажают смысл. 0 баллов – термины использованы неправильно или отсутствуют.</p> <p>3. Логика и последовательность изложения (0–2 балла) 2 балла – ответ логичен, последователен, легко воспринимается. 1 балл – имеются небольшие логические ошибки, но суть ясна. 0 баллов – ответ хаотичен, без логической структуры.</p> <p>4. Способность к анализу и сравнению (0–2 балла) 2 балла – студент умеет сравнивать, выделять плюсы и минусы, делать выводы. 1 балл – частично продемонстрирован аналитический подход, но без четких выводов. 0 баллов – отсутствует анализ, только перечисление фактов.</p> <p>Итоговая шкала оценивания по результатам устного опроса в баллах 10 баллов – полный, правильный, логичный, хорошо аргументированный ответ. 8–9 баллов – ответ хороший, но с небольшими замечаниями или неточностями. 6–7 баллов – ответ содержит неточности, но основные моменты освещены. 4–5 баллов – ответ слабый, содержит много незначительных ошибок. 1–3 балла – ответ не раскрывает сути вопроса, с большим количеством ошибок. 0 баллов – отсутствие ответа или полностью неверный ответ.</p> <p>Итого за 3 устных опроса максимально – 30 баллов.</p>

4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Экзамен
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Билеты на экзамен, состоящие из двух заданий теоретического характера и одного практического задания (задачи). Всего 30 билетов.</p> <p>Примеры экзаменационных билетов:</p> <p>Билет 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Раскройте понятие квазинейтральности применительно к плазме. Выведите формулу плазменной частоты. 2. Какие теоретические основы функционирования систем и оборудования термоядерных реакторов обеспечивают их безопасную эксплуатацию? 3. Задача. <p>Билет 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Раскройте понятие электростатического экранирования. Выведите нелинейное уравнение самосогласованного поля. 2. Опишите конструкции и характеристики основного оборудования термоядерного реактора и объясните, как они влияют на режимы работы установки. 3. Задача. <p>Билет 3</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите условия, необходимые для протекания термоядерных реакций? 2. Напишите основные реакции синтеза с участием дейтерия и трития. 3. Задача. <p>Билет 4</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие силы действуют на заряженные частицы в магнитном поле? 2. Что такое радиус Дебая и как он определяется? 3. Задача. <p>Билет 5</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие стадии включает в себя топливный цикл термоядерного реактора? 2. Как связаны температура и средняя энергия частиц? Приведите расчетную формулу 3. Задача.
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Правильность выполнения практического задания 2. Владение методами и технологиями, запланированными в рабочей программе дисциплины 3. Владение специальными терминами и использование их при ответе. 4. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы 5. Логичность и последовательность ответа

От 9 до 10 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа.

От 7 до 9 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна – две неточности в ответе.

От 2 до 6 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

Максимальное количество баллов за выполнение письменных домашних заданий и устный опрос – 60

Максимальное количество баллов за экзамен - 40