

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Экспериментальные термоядерные и плазменные установки**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Будаев В.П.
	Идентификатор	Rd3677197-BudayevVP-5d24f851

В.П. Будаев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-3 Способен к проектированию узлов экспериментальных и промышленных ядерных и плазменных установок

ИД-3 Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании и основами эксплуатации экспериментальных термоядерных и плазменных установок

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита домашнего задания 1. Критерии устойчивости плазмы в токамаке (Домашнее задание)
2. Защита домашнего задания 2. Расчет термоядерного реактора (Домашнее задание)
3. Контрольная работа 1. Критерии термоядерного зажигания (Контрольная работа)
4. Контрольная работа 2. Критерии устойчивости в плазменных ловушках (Контрольная работа)
5. Тест. Конструкции и технология эксплуатации современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы предназначенных для решения проблемы управляемого термоядерного синтеза (Тестирование)

БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	13	14
Реакции термоядерного синтеза, представляющие интерес для УТС и способы их осуществления						
Реакции термоядерного синтеза, представляющие интерес для УТС и способы их осуществления	+			+		+
Расчет энергии и потоков заряженных частиц						
Расчет энергии и потоков заряженных частиц			+	+		+
Расчет магнитной термоизоляции						
Расчет магнитной термоизоляции				+		+
Расчет различных систем магнитного удержания плазмы						

Расчет различных систем магнитного удержания плазмы			+		+
Токамаки и стеллараторы					
Токамаки и стеллараторы					+
Решение проблем неустойчивости					
Решение проблем неустойчивости				+	+
Расчет примесей и способов их удаления					
Расчет примесей и способов их удаления				+	+
Вес КМ:	10	16	16	18	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	ИД-3ПК-3 Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании и основами эксплуатации экспериментальных термоядерных и плазменных установок	Знать: методы экспериментального исследования плазмы в современных плазменных установках конструкции и технологию эксплуатации современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы предназначенных для решения проблемы управляемого термоядерного синтеза методы инженерного проектирования и конструкции основных систем термоядерного реактора и термоядерного источника нейтронов Уметь: принимать обоснованные технические решения при проектировании и эксплуатации систем	Тест. Конструкции и технология эксплуатации современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы предназначенных для решения проблемы управляемого термоядерного синтеза (Тестирование) Контрольная работа 1. Критерии термоядерного зажигания (Контрольная работа) Защита домашнего задания 1. Критерии устойчивости плазмы в токамаке (Домашнее задание) Контрольная работа 2. Критерии устойчивости в плазменных ловушках (Контрольная работа) Защита домашнего задания 2. Расчет термоядерного реактора (Домашнее задание)

		плазменных экспериментальных установок и термоядерного реактора выполнять расчеты физико-технических характеристик плазменных разрядов в установках с магнитным удержанием плазмы	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест. Конструкции и технология эксплуатации современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы предназначенных для решения проблемы управляемого термоядерного синтеза

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты вытягивают билеты с вопросами и отвечают на них письменно.

Краткое содержание задания:

Опишите систему, представленную в билете

Контрольные вопросы/задания:

Знать: конструкции и технологию эксплуатации современных термоядерных установок с магнитным удержанием плазмы предназначенных для решения проблемы управляемого термоядерного синтеза	1.Конструкция магнитной системы токамака с круглым сечением плазмы 2.Конструкция магнитной системы токамака с дивертором 3.Конструкция магнитной системы стелларатора 4.Конструкция магнитной системы пробкотрона - линейной термоядерной установки с магнитным удержанием плазмы
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Контрольная работа 1. Критерии термоядерного зажигания

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 16

Процедура проведения контрольного мероприятия: КМ проводится в виде письменного ответа на вопросы билета

Краткое содержание задания:

Решите задачу

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы экспериментального исследования плазмы в современных плазменных установках	Предельная величина магнитного поля, которую можно обеспечить в объеме термоядерной установки $B = 12 \text{ Т}$, при какой величине β можно обеспечить зажигание $D - He^3$ реакции, если время удержания энергии $\tau = 3 \text{ сек}$? 1. Предельная величина магнитного поля, которую можно обеспечить в объеме термоядерной установки $B = 5 \text{ Т}$, при какой величине β можно обеспечить зажигание $D - T$ реакции, если время удержания энергии $\tau = 4 \text{ сек}$? 2. Предельная величина магнитного поля, которую можно обеспечить в объеме термоядерной установки $B = 8 \text{ Т}$, при какой величине β можно обеспечить зажигание $D - D$ реакции, если время удержания энергии $\tau = 5 \text{ сек}$? 3. Предельная величина магнитного поля, которую можно обеспечить в объеме термоядерной установки $B = 12 \text{ Т}$, при какой величине β можно обеспечить зажигание $D - T$ реакции, если время удержания энергии $\tau = 8 \text{ сек}$? 4.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Контрольная работа 2. Критерии устойчивости в плазменных ловушках

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 16

Процедура проведения контрольного мероприятия: КМ проводится в виде письменного ответа на вопросы билета

Краткое содержание задания:

Решите задачу

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять расчеты физико-технических характеристик плазменных разрядов в установках с магнитным удержанием плазмы	1. Рассчитать критерии устойчивости плазменного разрядов токамаке ИТЭР 2. Рассчитать критерии устойчивости плазменного разрядов токамаке Т-15МД 3. Рассчитать критерии устойчивости плазменного
---	--

	разрядов токамаке WEST 4.Рассчитать критерии устойчивости плазменного разрядов токамаке EAST
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Защита домашнего задания 2. Расчет термоядерного реактора

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 18

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают и выполняют индивидуальные домашние задания

Краткое содержание задания:

Выполните полученное задание

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: принимать обоснованные технические решения при проектировании и эксплуатации систем плазменных экспериментальных установок и термоядерного реактора	1.Рассчитать необходимые магнитное поле и ток плазмы для обеспечения стабильности плазменного разряда в токамаке-реакторе ИТЭР Рассчитать максимально достижимые концентрацию плазмы и температуру ионов. Для расчета использовать критерии устойчивости - запас устойчивости q , нормализованную бэта плазмы, критерий Гринвальда. 2.Рассчитать необходимые магнитное поле и ток плазмы для обеспечения стабильности плазменного разряда в токамаке-реакторе ДЕМО Рассчитать максимально достижимые концентрацию плазмы и температуру ионов. Для расчета использовать критерии устойчивости - запас устойчивости q , нормализованную бэта плазмы, критерий Гринвальда. 3.Рассчитать необходимые магнитное поле и ток плазмы для обеспечения стабильности плазменного
---	---

	разряда в токамаке-реакторе ДЕМО-ТИН Рассчитать максимально достижимые концентрацию плазмы и температуру ионов. Для расчета использовать критерии устойчивости - запас устойчивости q, нормализованную бэта плазмы, критерий Гринвальда. 4. Рассчитать необходимые магнитное поле и ток плазмы для обеспечения стабильности плазменного разряда в токамаке-реакторе ИТЭР Рассчитать максимально достижимые концентрацию плазмы и температуру ионов. Для расчета использовать критерии устойчивости - запас устойчивости q, нормализованную бэта плазмы, критерий Гринвальда.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-5. Защита домашнего задания 1. Критерии устойчивости плазмы в токамаке

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают и выполняют индивидуальные домашние задания

Краткое содержание задания:

Выполните полученное задание

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы инженерного проектирования и конструкции основных систем термоядерного реактора и термоядерного источника нейтронов	1. Рассчитать необходимые магнитное поле и ток плазмы для обеспечения стабильности плазменного разряда в токамаке Т-10 (Курчатовский институт) Для расчета использовать критерии устойчивости - запас устойчивости q, предельную нормализованную бэта плазмы.
---	--

	2.Рассчитать необходимые магнитное поле и ток плазмы для обеспечения стабильности плазменного разряда в токамаке Т-15МД (Курчатовский институт) Для расчета использовать критерии устойчивости - запас устойчивости q , предельную нормализованную бэта плазмы 3.Рассчитать необходимые магнитное поле и ток плазмы для обеспечения стабильности плазменного разряда в токамаке JET (Евросоюз) Для расчета использовать критерии устойчивости - запас устойчивости q , предельную нормализованную бэта плазмы . 4.Рассчитать необходимые магнитное поле и ток плазмы для обеспечения стабильности плазменного разряда в токамаке KSTAR (Корея) Для расчета использовать критерии устойчивости - запас устойчивости q , предельную нормализованную бэта плазмы .
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Реакции термоядерного синтеза, представляющие интерес для УТС и способы их осуществления, сечения, энергетические зависимости.
2. Критерий Лоусона; различные подходы к получению термоядерной энергии.

Процедура проведения

Студентам предлагается сделать письменный ответ на вопросы билета

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-3 Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании и основами эксплуатации экспериментальных термоядерных и плазменных установок

Вопросы, задания

1. Инженерные проблемы ИТЭР.
2. Термоядерный источник нейтронов.
3. Дрейфовая неустойчивость плазмы.
4. Замкнутые магнитные ловушки - токамаки и стеллараторы
5. Критика пролетотрона.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Реакция термоядерного синтеза, представляющая интерес для реализации УТС в международном токамаке-реакторе ИТЭР

Ответы:

1. Протон+бор P-B11
2. Дейтерий+третий D-T
3. Железо+никель Fe-Ni
4. Дейтерий+дейтерий D-D

Верный ответ: Дейтерий+третий D-T

2. Критерий Лоусона, характеризующий достижение самоподдерживающейся термоядерной реакции, рассматривает достижение параметра

Ответы:

1. Концентрации плазмы
2. Температуры плазмы
3. Произведения концентрации плазмы на время удержания энергии в плазме
4. Времени удержания энергии в плазме

Верный ответ: Произведения концентрации плазмы на время удержания энергии в плазме

3. Удержание плазмы в перспективном термоядерном реакторе для получения термоядерной энергии осуществляется

Ответы:

1. Гравитационным полем
2. Электрическим полем
3. Магнитным полем
4. Металлической камерой

Верный ответ: Магнитным полем

4. Пролетотрон является плазменной ловушкой с

Ответы:

1. Линейной конфигурацией магнитного поля
2. Тороидальной конфигурацией магнитного поля
3. Мультипольной конфигурацией магнитного поля
4. Электрическим удержанием

Верный ответ: Линейной конфигурацией магнитного поля

5. Открытая магнитная ловушка для удержания плазмы это

Ответы:

1. Пробкотрон
2. Рельсотрон
3. Бетатрон
4. Омегатрон

Верный ответ: Пробкотрон

6. Замкнутые магнитные ловушки для удержания плазмы

Ответы:

1. Токамаки
2. Тороидальные пинчи, токамаки и стеллараторы
3. Стеллараторы
4. Тороидальные пинчи

Верный ответ: Тороидальные пинчи, токамаки и стеллараторы

7. Токамак имеет системы для создания магнитного поля

Ответы:

1. Тороидального и полоидального
2. Полоидального
3. Тороидального
4. Линейного

Верный ответ: Тороидального и полоидального

8. МГД неустойчивости плазмы вызваны

Ответы:

1. Магнитным полем
2. Электрическим полем
3. Гравитационным полем
4. Взаимодействием плазмы с аппаратурой управления

Верный ответ: Магнитным полем

9. Дрейфовая неустойчивость плазмы в токамаке вызывает движения плазмы

Ответы:

1. Поперек тороидального магнитного поля
2. Вдоль тороидального магнитного поля
3. Поперек суммарного тороидального и полоидального магнитного поля
4. В направлении гравитационного поля

Верный ответ: Поперек суммарного тороидального и полоидального магнитного поля

10. Потери плазмы из разряда в токамаке вызваны

Ответы:

1. Дрейфовой неустойчивостью
2. Гравитационной неустойчивостью
3. МГД неустойчивостями
4. МГД, кинетическими и дрейфовыми неустойчивостями

Верный ответ: МГД, кинетическими и дрейфовыми неустойчивостями

11. Равновесие тороидального плазменного разряда в токамаке достигается

Ответы:

1. Сильным тороидальным магнитным полем
2. Сильным током в плазме
3. Вертикальным магнитным полем
4. Высокочастотными волнами

Верный ответ: Сильным тороидальным магнитным полем

12. Микронеустойчивости плазмы вызваны

Ответы:

1. Дрейфами плазмы в электрических и магнитных полях
2. Дрейфами плазмы в электрических полях
3. Дрейфами плазмы в магнитных полях
4. Дрейфами плазмы в гравитационных полях

Верный ответ: Дрейфами плазмы в электрических и магнитных полях

13. Неустойчивости срыва в токамаке вызваны

Ответы:

1. МГД неустойчивостями
2. дрейфовыми неустойчивостями
3. механическими неустойчивостями
4. гравитационными неустойчивостями

Верный ответ: МГД неустойчивостями

14. Нагрев плазмы в токамаке может осуществляться

Ответы:

1. Током через плазму
2. Током через плазму, высокочастотными волнами, нейтральными пучками
3. Высокочастотными волнами

4. Трением плазмы о стенку камеры

Верный ответ: Током через плазму, высокочастотными волнами, нейтральными пучками

15.Примесные ионы кислорода и углерода в плазменном разряде токамака могут

Ответы:

1. Улучшать характеристики разряда
2. Ухудшать характеристики разряда
3. Не влияют на характеристики разряда
4. Вызывают термоядерную реакцию

Верный ответ: Ухудшать характеристики разряда

16.Источниками примесей в термоядерных плазменных установках являются

Ответы:

1. Поверхность разрядной камеры
2. Вакуумные насосы
3. Рабочий газ
4. Поверхность разрядной камеры и рабочий газ

Верный ответ: Поверхность разрядной камеры и рабочий газ

17.Способы подготовки стенок плазменных установок

Ответы:

1. Облучение ультрафиолетовым излучением камеры
2. Применение защитных покрытий
3. Очистка поверхности камеры тлеющим разрядом, применение защитных покрытий
4. Очистка ацетоном, применение защитных покрытий

Верный ответ: Очистка поверхности камеры тлеющим разрядом, применение защитных покрытий

18.Дивертор в токамаке предназначен для

Ответы:

1. Наблюдения за плазмой
2. Удаления примесей из плазмы, высокочастотного нагрева плазмы
3. Управления плазмой
4. Удаления примесей и энергии из плазмы, улучшения характеристик разряда

Верный ответ: Удаления примесей и энергии из плазмы, улучшения характеристик разряда

19.Термоядерный источник нейтронов на основе токамака вырабатывает нейтроны с энергией

Ответы:

1. 17,6 МэВ
2. 14,1 кэВ
3. 2,5 ГэВ
4. 14,1 МэВ

Верный ответ: 14,1 МэВ

20.В ИТЭР из сверхпроводника изготовлены

Ответы:

1. Тороидальная и полоидальная магнитная система
2. Моторы вакуумной системы
3. Тороидальная магнитная система
4. Проводники системы управления

Верный ответ: Тороидальная и полоидальная магнитная система

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.