

**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
Криогенные и сверхпроводящие системы**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Захаренков А.В.
	Идентификатор	R753bbc1a-ZakharenkovAV-d56aae

А.В.
Захаренков

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-2 Владеет основами методики расчета и проектирования криогенных и сверхпроводящих систем термоядерных экспериментальных установок и реакторов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Параметры и особенности системы криовакуумной откачки термоядерных экспериментальных установок и реакторов (ЭТУ и ТЯР). Основы криогенной техники. Методы получения низких температур. Методика расчета показателей КГУ (Контрольная работа)

2. Структура и состав системы криогенного обеспечения ИТЭР (Контрольная работа)

3. Структура и состав СМС ТЯР, СКО больших токамаков (Контрольная работа)

4. Физическое обоснование явления сверхпроводимости. Технология производства сверхпроводящих кабелей. Расчет времени захолаживания катушек СМС, расхода криогена (Контрольная работа)

БРС дисциплины

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Параметры и особенности системы криовакуумной откачки термоядерных экспериментальных установок и реакторов (ЭТУ и ТЯР). Основы криогенной техники. Методы получения низких температур. Методика расчета показателей КГУ (Контрольная работа)

КМ-2 Физическое обоснование явления сверхпроводимости. Технология производства сверхпроводящих кабелей. Расчет времени захолаживания катушек СМС, расхода криогена (Контрольная работа)

КМ-3 Структура и состав СМС ТЯР, СКО больших токамаков (Контрольная работа)

КМ-4 Структура и состав системы криогенного обеспечения ИТЭР (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		1	2	3	4

	Срок КМ:	4	4	8	8
Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ) и реакторов					
Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ) и реакторов	+				
Основы криогенной техники					
Основы криогенной техники	+				
Основные процессы получения низких температур					
Основные процессы получения низких температур	+	+			
Общие принципы построения схем криогенных установок					
Общие принципы построения схем криогенных установок			+		
Методика расчета и оптимизации параметров рабочего тела в криогенных установках					
Методика расчета и оптимизации параметров рабочего тела в криогенных установках			+	+	
Сверхпроводящие магнитные системы экспериментальных термоядерных установок					
Сверхпроводящие магнитные системы экспериментальных термоядерных установок				+	+
Системы криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов: характеристика систем, режимы работы					
Системы криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов: характеристика систем, режимы работы				+	+
	Вес КМ:	20	30	30	20

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-2ПК-3 Владеет основами методики расчета и проектирования криогенных и сверхпроводящих систем термоядерных экспериментальных установок и реакторов	Знать: методы расчета основных показателей криогенных гелиевых установок структуру и состав криовакуумных систем термоядерных экспериментальных установок и реактора структуру и состав криогенных и сверхпроводящих систем термоядерных экспериментальных установок и реактора структуру, состав и технологию изготовления криогенных сверхпроводящих кабелей Уметь: разработать принципиальную схему и выполнять расчет параметров криовакуумной системы	КМ-1 Параметры и особенности системы криовакуумной откачки термоядерных экспериментальных установок и реакторов (ЭТУ и ТЯР). Основы криогенной техники. Методы получения низких температур. Методика расчета показателей КГУ (Контрольная работа) КМ-2 Физическое обоснование явления сверхпроводимости. Технология производства сверхпроводящих кабелей. Расчет времени захлаживания катушек СМС, расхода криогена (Контрольная работа) КМ-3 Структура и состав СМС ТЯР, СКО больших токамаков (Контрольная работа) КМ-4 Структура и состав системы криогенного обеспечения ИТЭР (Контрольная работа)

		термоядерных установок выполнять теплотехнические расчеты конструкций криогенных и сверхпроводящих систем термоядерного реактора выполнять расчет термодинамических параметров криогенных гелиевых установок	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Параметры и особенности системы криовакуумной откачки термоядерных экспериментальных установок и реакторов (ЭТУ и ТЯР). Основы криогенной техники. Методы получения низких температур. Методика расчета показателей КГУ

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

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

Краткое содержание задания:

Студентам предлагается ответить на вопросы письменного опроса

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: структуру и состав криовакуумных систем термоядерных экспериментальных установок и реактора	1. Структура криовакуумных систем больших токамаков и реакторов
Уметь: разработать принципиальную схему и выполнять расчет параметров криовакуумной системы термоядерных установок	1. Выполнить теплотехнический расчет параметров криовакуумной системы термоядерной установки 1

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-2. Физическое обоснование явления сверхпроводимости. Технология производства сверхпроводящих кабелей. Расчет времени захолаживания катушек СМС, расхода криогена

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

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

Краткое содержание задания:

Студентам предлагается ответить на вопросы письменного опроса

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы расчета основных показателей криогенных гелиевых установок	1. Основные понятия. Термины, определения. Классификация криогенных систем: рефрижераторы, ожижители, разделительные установки
Уметь: выполнять расчет термодинамических параметров криогенных гелиевых установок	1. Выполнить расчет криогенной гелиевой установки 1

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-3. Структура и состав СМС ТЯР, СКО больших токамаков

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

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

Краткое содержание задания:

Студентам предлагается ответить на вопросы письменного опроса

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: структуру, состав и технологию изготовления криогенных сверхпроводящих кабелей	1.Режимы работы сверхпроводящих систем термоядерных установок и реакторов
Уметь: выполнять теплотехнические расчеты конструкций криогенных и сверхпроводящих систем термоядерного реактора	1.Выполнить теплотехнический расчет криогенной и сверхпроводящей систем термоядерного реактора 1

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-4. Структура и состав системы криогенного обеспечения ИТЭР

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

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

Краткое содержание задания:

Студентам предлагается ответить на вопросы письменного опроса

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: структуру и состав криогенных и сверхпроводящих систем термоядерных экспериментальных установок и реактора	1.Системы криогенного обеспечения термоядерного реактора, характеристика систем, режимы работы

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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: Экзамен

Пример билета

1. Вакуумные системы термоядерных реакторов и установок. Структура, компоновка, технология подготовки
2. Основные процессы для получения низких температур
3. Оценить толщину криоосадка на пластинах первой ступени КВН ИТЭР перед регенерацией. Исходные данные: продолжительность рабочего периода первой ступени-22 часа, поток смеси газов на входе в КВН-, доля примеси-3%, площадь поверхности криопанелей 1-й ступени- $S=1\text{м}^2$, плотность криоосадка Принять эффективную молярную массу примеси

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-3} Владеет основами методики расчета и проектирования криогенных и сверхпроводящих систем термоядерных экспериментальных установок и реакторов

Вопросы, задания

- 1.1. Вакуумные системы термоядерных реакторов и установок. Структура, компоновка, технология подготовки
2. Основные процессы для получения низких температур
3. Оценить толщину криоосадка на пластинах первой ступени КВН ИТЭР перед регенерацией. Исходные данные: продолжительность рабочего периода первой ступени-22 часа, поток смеси газов на входе в КВН-, доля примеси-3%, площадь поверхности криопанелей 1-й ступени- $S=1\text{м}^2$, плотность криоосадка Принять эффективную молярную массу примеси
- 2.1. Высоковакуумная технология: конструктивные материалы, разборные и неразборные соединения
2. Основы методики расчета криогенной гелиевой установки
3. Рассчитать удельную холодопроизводительность КГУ. Исходные данные: расход гелия 1г/с, давление прямого потока $a=0.05$
- 3.1. Методика выбора и согласования высоковакуумных и форвакуумных насосов. Графическая проверка возможности совместной работы
2. Термомеханические методы получения холода
3. Рассчитать поток O_2 , диффундирующий из воздуха через отверстие в стенке большой камеры, наполненной N_2 . Площадь отверстия $S = 4 \text{ мм}^2$, толщина стенки = 1 см, давление и температура в камере $p = 1,02 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и $T = 298\text{K}$, соответственно
- 4.1. Особенности явления переноса в разреженных газах. Вязкость
2. Температура инверсии. Кривая инверсии
3. Рассчитать расход теплоносителя в криогенном насосе–разделителе смеси. Исходные данные: $=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$ – расход аргона, внутренний диаметр канала m , а длина $l_k=10,0\text{м}$; $=20,0 \text{ K}$ – температура теплоносителя (гелия) на входе при

давлении $p=10$ бар; средняя температура поверхности теплообменника (криопанели) $=35$ К. Принять значение коэффициента теплоотдачи $=300$ Вт/(м²К). Справочные данные: теплота кристаллизации аргона, удельная теплоемкость гелия

5.1. Методы измерения общих давлений. Схема типового ионного источника

2. Методика расчета удельной холодопроизводительности криогенной гелиевой установки

3. Рассчитать время охлаждения кожуха СМС в диапазоне температур 80-20К.

Исходные данные: длина сверхпроводящей шины $l=1500$ м, диаметр канала для прокачки теплоносителя $d_k=4$ мм, масса кожуха катушки СМС кг, осредненный температурный напор на стенке, давление гелия $p_{He}=2 \cdot 10^6$ Па, теплоотдача принимается Вт/(м² К), материал кожуха-нержавеющая сталь 1Х18Н10Т. Принять удельную теплоемкость, $a=0.01$

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Совершается ли работа над внешними телами при адиабатическом дросселировании?

Ответы:

Да Нет Иногда

Верный ответ: Нет

2. Знак работы в обратном цикле Карно?

Ответы:

>0 <0 $=0$

Верный ответ: <0

3. Механизм откачки аргона в крио-разделительном насосе ИТЭРа?

Ответы:

Кипение Испарение Конденсация Сорбция

Верный ответ: Конденсация

4. Механизм откачки гелия в КВН ИТЭРа?

Ответы:

Криосорбция Сорбция Адсорбция Криозахват

Верный ответ: Криозахват

5. Температура первой ступени КВН ИТЭР?

Ответы:

Тос $T > T_{ос}$ $T=90$ К $T=4$ К

Верный ответ: $T=90$ К

6. Какой режим криовакуумного насоса в ИТЭРе?

Ответы:

Непрерывный Режим откачки - режим регенерации Стационарный Нестационарный

Верный ответ: Режим откачки - режим регенерации

7. Где происходит внешнее охлаждение?

Ответы:

В дросселе В детандере В теплообменнике компрессора

Верный ответ: В теплообменнике компрессора

8. В детандере совершается

Ответы:

Работа над внешними телами Внешний теплообмен Работа не совершается

Верный ответ: Работа над внешними телами

9. Внутреннее охлаждение происходит в

Ответы:

детандере компрессоре в регенеративном теплообменнике в холодном теплообменнике

Верный ответ: детандере

10. Знак дифференциального дроссель-эффекта

Ответы:

$<0 >0 +0$

Верный ответ: >0

11. Возможно ли твердое состояние у гелия?

Ответы:

Да Нет Иногда

Верный ответ: Да

12. Сверхпроводник это?

Ответы:

Идеальный проводник Идеальный диэлектрик Ферромагнетик Парамагнетик

Верный ответ: Идеальный диэлектрик

13. При каких температурах возможна сверхпроводимость?

Ответы:

$T > T_{ос}$ $T < T_{кр}$

Верный ответ: $T < T_{кр}$

14. Гелий-3 можно ожить?

Ответы:

Нет Да Можно при низких давлениях

Верный ответ: Нет

15. Гелий имеет тройную точку?

Ответы:

Имеет, две Нет Да

Верный ответ: Нет

16. Тепловая машина с замкнутым циклом направлена

Ответы:

Против часовой стрелки По часовой стрелке Комбинированный

Верный ответ: По часовой стрелке

17. Какое направление у холодильной машины?

Ответы:

По часовой стрелке Против часовой стрелки Комбинированный

Верный ответ: Против часовой стрелки

18. Какие системы должна включать в себя криогенная установка с замкнутым циклом, кроме устройства для внутреннего охлаждения?

Ответы:

Детандер Дроссель Компрессор+ холодный теплообменник Холодный теплообменник

Верный ответ: Компрессор+ холодный теплообменник

19. Тепловой поток самопроизвольно передается от тела 1 к телу 2

Ответы:

$T_1 > T_2$ $T_1 = T_2$ $T_1 < T_2$

Верный ответ: $T_1 > T_2$

20. Холодопроизводительность какого процесса выше?

Ответы:

Дросселирование Детандирование Одинаковое

Верный ответ: Детандирование

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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 аттестационной составляющих.