

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

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физика и техника низких температур

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Криовакуумное обеспечение сверхпроводящих систем**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed

(подпись)

А.П. Крюков

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка
подписи)

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-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования

ИД-4 Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.

2. ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических процессов в конструкциях низкотемпературных установках

ИД-2 Знает особенности процессов в криовакуумных системах низкотемпературных установок, способен определять режимные параметры процессов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Захолаживание криовакуумных систем (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Анализ гелиевых ожижителей и рефрижераторов (Контрольная работа)

2. Криовакуумные системы больших сверхпроводящих систем (Контрольная работа)

3. Криоконденсационный насос (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ)					
Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ)		+			
Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок					
Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок				+	
Криовакуумные насосы					
Криовакуумные насосы			+		

Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы				
Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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-1	ИД-4 _{ПК-1} Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.	Знать: методы расчета основных показателей криовакуумных систем Уметь: разработать принципиальную схему и выполнять расчет параметров криовакуумной системы	Криовакуумные системы больших сверхпроводящих систем (Контрольная работа) Криоконденсационный насос (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-2 _{ПК-2} Знает особенности процессов в криовакуумных системах низкотемпературных установок, способен определять режимные параметры процессов	Знать: структуру и состав криовакуумных систем термоядерных экспериментальных установок; Уметь: выполнять расчет теплогидравлических характеристик криогенных гелиевых установок	Анализ гелиевых ожижителей и рефрижераторов (Контрольная работа) Захолаживание криовакуумных систем (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Криовакуумные системы больших сверхпроводящих систем

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Получение задания, время на подготовку ответа, ответ

Краткое содержание задания:

1. Схема обеспечения ИТЭР жидким гелием

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета основных показателей криовакуумных систем	1. Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы. 2. Схема обеспечения БАК жидким гелием 3. Схема обеспечения NICA жидким гелием 4. Схема криогенного обеспечения Токамак-7 5. Схема криогенного обеспечения Токамак-15
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-2. Анализ гелиевых ожижителей и рефрижераторов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Получение задания, время на подготовку ответа, ответ

Краткое содержание задания:

Анализ условной схемы ожижителя Капицы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: структуру и состав криовакуумных систем термоядерных экспериментальных установок;	1. Ожижитель Коллинза 2. КГУ с предварительным азотным ожижителем 3. Анализ схемы КГУ-250/4,5 4. Принцип действия рефрижераторов растворения
--	--

	He3 в He4 5. Принципиальные и технологические схемы установки. Системы хранения газообразного гелия. 6. Система обеспечения жидким азотом. Криоблок установки, теплообменные аппараты, расширительные устройства, сборник жидкого гелия. Трубопроводы.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-3. Криоконденсационный насос

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Получение задания, время на подготовку ответа, ответ

Краткое содержание задания:

Какова зависимость удельной быстроты действия крионасоса от толщины криослоя?

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: разработать принципиальную схему и выполнять расчет параметров криовакуумной системы	1. Каковы оптимальные параметры формирования криослоя газового конденсата? 2. В чем заключается механизм криозахвата? 3. Перечислите способы охлаждения теплозащитных экранов 4. Как выполняется расчет расхода криоагента, потребляемого крионасосом? 5. Приведите возможные схемы криопанелей и способы их охлаждения. 6. Перечислите способы уменьшения теплопритоков к криопанели и теплозащитным экранам. 7. Чем определяется эффективность теплозащитного экрана? 8. Каковы режимы работы криогенных насосов?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-4. Захолаживание криовакуумных систем

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Получение задания, время на подготовку ответа, ответ

Краткое содержание задания:

Определить время охлаждения и массу испарившейся жидкости при заполнении ёмкости жидким азотом/гелием.

Исходные данные: внутренний размер ёмкости, толщина стенки, материал стенки, материал теплоизоляции, начальная температура, температура стенки.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять расчет теплогидравлических характеристик криогенных гелиевых установок	1.Нестационарные процессы в процессе эксплуатации криогенных систем, режимы работы, время захолаживания. 2. Криовакуумные насосы. Принцип работы. Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. 3.Определение времени откачки до заданного давления. 4.Зависимость быстроты действия от давления. Примеры криовакуумных насосов сверхпроводящих систем.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. **Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ).** Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.
2. **Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы.** Нестационарные процессы в процессе эксплуатации криогенных систем, режимы работы, время захлаживания.

Процедура проведения

Слепой выбор задания, время на подготовку ответа, ответ

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-1 Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.

Вопросы, задания

- 1.1. **Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ).** Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.
2. **Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок.** Принципиальные и технологические схемы установки. Системы хранения газообразного гелия. Система обеспечения жидким азотом. Криоблок установки, теплообменные аппараты, расширительные устройства, сборник жидкого гелия. Трубопроводы.
 - 2.1. **Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ).** Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.
2. **Криовакуумные насосы.** Принцип работы. Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость быстроты действия от давления. Примеры криовакуумных насосов сверхпроводящих систем.
 - 3.1. **Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок** Принципиальные и технологические схемы установки. Системы хранения газообразного гелия. Система обеспечения жидким азотом. Криоблок установки, теплообменные аппараты, расширительные устройства, сборник жидкого гелия. Трубопроводы.
2. **Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ).** Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.
 - 4.1. **Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок.** Принципиальные и технологические схемы установки. Системы хранения газообразного

гелия. Система обеспечения жидким азотом. Криоблок установки, теплообменные аппараты, расширительные устройства, сборник жидкого гелия. Трубопроводы.

2. Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы. Нестационарные процессы в процессе эксплуатации криогенных систем, режимы работы, время захлаживания.

5.1. Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок

Принципиальные и технологические схемы установки. Системы хранения газообразного гелия. Система обеспечения жидким азотом. Криоблок установки, теплообменные аппараты, расширительные устройства, сборник жидкого гелия. Трубопроводы.

2. Криовакуумные насосы. Принцип работы. Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость скорости действия от давления. Примеры криовакуумных насосов сверхпроводящих систем.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое число Кнудсена

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Один из критериев подобия движения разреженных газов. Отношение средней длины свободного пробега к характерному размеру системы.

2. Что такое средняя длина свободного пробега?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Это среднее расстояние, которое пролетает частица за время между двумя последовательными столкновениями

3. Что такое теплота адсорбции

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Теплота адсорбции - мера интенсивности адсорбционных взаимодействий

4. Единица измерения числа Кнудсена

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Число Кнудсена безразмерное

5. Что такое Эффект Кнудсена

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Эффект Кнудсена (явление тепловой эффузии) — явление перетекания при одинаковых давлениях разреженного газа через поры (малые отверстия) от более низкой к более высокой температуре.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Знает особенности процессов в криовакуумных системах низкотемпературных установок, способен определять режимные параметры процессов

Вопросы, задания

1.1. Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных

установок (ЭТУ). Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.

2. Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы. Нестационарные процессы в процессе эксплуатации криогенных систем, режимы работы, время захлаживания.

2.1. Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ). Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.

2. Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы. Нестационарные процессы в процессе эксплуатации криогенных систем, режимы работы, время захлаживания.

3.1. Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ). Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.

2. Криовакуумные насосы. Принцип работы. Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость скорости действия от давления. Примеры криовакуумных насосов сверхпроводящих систем.

4.1. Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ). Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.

2. Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок.

Принципиальные и технологические схемы установки. Системы хранения газообразного гелия. Система обеспечения жидким азотом. Криоблок установки, теплообменные аппараты, расширительные устройства, сборник жидкого гелия. Трубопроводы.

5.1. Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок.

Принципиальные и технологические схемы установки. Системы хранения газообразного гелия. Система обеспечения жидким азотом. Криоблок установки, теплообменные аппараты, расширительные устройства, сборник жидкого гелия. Трубопроводы.

2. Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ). Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое проводимость трубопровода

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Проводимость отверстия, трубопровода или вакуумной системы - это мера потока газа для данного перепада давления в трубопроводе или системе, она измеряется в литрах в секунду

2. Для чего применяют форвакуумные насосы

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Форвакуумный насос предназначен для того, чтобы создать предварительное разряжение. Это, примерно, 80-90% от всего вакуума.

Механические форвакуумные насосы не способны довести уровень вакуума в системе до значения 99,9%. Для этого используются паромасляные диффузионные насосы.

3. Что такое адсорбционный насос

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Адсорбционные насосы – насосы использующие физическую адсорбцию газов для их удаления из вакуумного объема. Большим достоинством адсорбционных насосов является отсутствие масла в конструкции, что позволяет получить с их помощью “безмасляный” вакуум

4. В чем разница между абсорбцией и адсорбцией

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Одно поверхностное, второе объемное

5. Какое количество соединений характерно для криогенной и вакуумной техники

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Минимальное

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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: 50

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу