

**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: Техника и физика низких температур

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Оборудование криогенных систем**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Ястребов А.К. |
| | Идентификатор | R0e5b2163-YastrebovAK-2523fea7 |

А.К. Ястребов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

А.П.
Крюков

Заведующий
выпускающей кафедрой

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

Ю.Ю.
Пузина

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-2 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей низкотемпературных процессов

ИД-3 Владеет экспериментальными методами исследования низкотемпературных процессов

2. ПК-3 Способен к проектированию узлов экспериментальных и промышленных низкотемпературных установок

ИД-4 Знает основные конструкционные элементы низкотемпературных установок и способы их соединения

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

1. Изучение процесса вынужденного капиллярного распада струй (Лабораторная работа)
2. Испытание пластинчато-ребристого теплообменника (Лабораторная работа)
3. Исследование охлаждения криогенных жидкостей методом вакуумирования парового пространства (Лабораторная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Криоблок гелиевого ожижителя (Коллоквиум)
2. Системы подготовки и хранения рабочего тела в гелиевом ожижителе (Коллоквиум)
3. Современное криогенное оборудование (Реферат)

БРС дисциплины

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Системы подготовки и хранения рабочего тела в гелиевом ожижителе (Коллоквиум)
- КМ-2 Криоблок гелиевого ожижителя (Коллоквиум)
- КМ-3 Современное криогенное оборудование (Реферат)
- КМ-4 Испытание пластинчато-ребристого теплообменника (Лабораторная работа)
- КМ-5 Исследование охлаждения криогенных жидкостей методом вакуумирования парового пространства (Лабораторная работа)
- КМ-6 Изучение процесса вынужденного капиллярного распада струй (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | | | | |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
| | Срок КМ: | 4 | 8 | 10 | 14 | 14 | 14 |
| Оборудование криогенных систем | | | | | | | |
| Изучение схемы гелиевого ожижителя, конструкции его элементов и основ их работы | + | + | | | | | |
| Проведение экспериментальных исследований с различным криогенным оборудованием | | | + | + | + | + | |
| Вес КМ: | 30 | 30 | 20 | 7 | 7 | 6 | |

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-2 | ИД-3ПК-2 Владеет экспериментальными методами исследования низкотемпературных процессов | Знать: особенности устройства и работы современного криогенного оборудования Уметь: участвовать в экспериментальных исследованиях процессов в криогенных установках и обработке результатов экспериментов | КМ-3 Современное криогенное оборудование (Реферат) КМ-4 Испытание пластинчато-ребристого теплообменника (Лабораторная работа) КМ-5 Исследование охлаждения криогенных жидкостей методом вакуумирования парового пространства (Лабораторная работа) КМ-6 Изучение процесса вынужденного капиллярного распада струй (Лабораторная работа) |
| ПК-3 | ИД-4ПК-3 Знает основные конструкционные элементы низкотемпературных установок и способы их соединения | Знать: основные элементы низкотемпературных установок и особенности их работы Уметь: использовать полученные знания для проектирования и эксплуатации установок низкотемпературной техники | КМ-1 Системы подготовки и хранения рабочего тела в гелиевом ожижителе (Коллоквиум) КМ-2 Криоблок гелиевого ожижителя (Коллоквиум) |

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Системы подготовки и хранения рабочего тела в гелиевом ожижителе

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на вопросы в устной форме.

Краткое содержание задания:

Основные элементы низкотемпературных установок и особенности их работы

Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---|---|
| Знать: основные элементы низкотемпературных установок и особенности их работы | <ol style="list-style-type: none">1. Для каких целей нужны газгольдеры чистого и технического гелия?2. Какая компоновка ступеней используется в основном и вспомогательном компрессорах?3. Как устроена система охлаждения основного и вспомогательного компрессоров?4. Сколько адсорберов используется в установке и почему именно такое количество?5. Почему при работе адсорберов их необходимо охлаждать? |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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: 50

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. Криоблок гелиевого ожижителя

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на вопросы в устной форме.

Краткое содержание задания:

Основы проектирования и эксплуатации установок низкотемпературной техники

Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|--|---|
| Уметь: использовать полученные знания для проектирования и эксплуатации установок низкотемпературной техники | 1. Какие теплообменники используются в криоблоке гелиевого ожижителя? 2. Для чего и как откачиваются пары азота из азотной ванны? 3. Почему в детандере нельзя использовать самодействующие клапаны, а необходим принудительный привод клапанов? 4. Почему шток детандера выполнен в виде тонкостенной трубки? |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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: 50

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. Современное криогенное оборудование

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Реферат

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Защита реферата в устной форме, ответы на вопросы.

Краткое содержание задания:

Особенности устройства и работы современного криогенного оборудования

Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|--|---|
| Знать: особенности устройства и работы современного криогенного оборудования | 1.Какие типы теплообменных аппаратов используются в гелиевом ожижителе? 2.Почему при работе адсорберов их необходимо охлаждать? 3.Как устроена система охлаждения основного компрессора? 4.Почему гелий подается на вход основного компрессора не напрямую из баллонов, а через газгольдер? 5.С какой целью пары азота откачиваются из азотной ванны вакуумным насосом? |

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. Испытание пластинчато-ребристого теплообменника**Формы реализации:** Выполнение задания**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 7**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение экспериментально-расчетного задания.**Краткое содержание задания:**

Испытание пластинчато-ребристого теплообменника

Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|--|---|
| Уметь: участвовать в экспериментальных исследованиях процессов в криогенных установках и обработке результатов экспериментов | 1.участвовать в экспериментальных исследованиях процессов в криогенных установках и обработке результатов экспериментов |

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-5. Исследование охлаждения криогенных жидкостей методом вакуумирования парового пространства

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 7

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение экспериментально-расчетного задания.

Краткое содержание задания:

Исследование охлаждения криогенных жидкостей методом вакуумирования парового пространства

Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|--|---|
| Уметь: участвовать в экспериментальных исследованиях процессов в криогенных установках и обработке результатов экспериментов | 1.участвовать в экспериментальных исследованиях процессов в криогенных установках и обработке результатов экспериментов |

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-6. Изучение процесса вынужденного капиллярного распада струй

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 6

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение экспериментально-расчетного задания.

Краткое содержание задания:

Изучение процесса вынужденного капиллярного распада струй

Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|--|---|
| Уметь: участвовать в экспериментальных исследованиях процессов в криогенных установках и обработке результатов экспериментов | 1.участвовать в экспериментальных исследованиях процессов в криогенных установках и обработке результатов экспериментов |

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

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

нет

Процедура проведения

Билетов нет, оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-3ПК-2 Владеет экспериментальными методами исследования низкотемпературных процессов

Вопросы, задания

1. Билетов нет, оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Почему гелий подается на вход основного компрессора не напрямую из баллонов, а через газгольдер?

Ответы:

- 1) Для сглаживания пульсаций давления за счет большого объема газгольдера
 - 2) Для того, чтобы по уменьшению объема газгольдера можно было определить производительность ожижителя
 - 3) Для понижения давления, так как в баллонах гелий хранится под высоким давлением
- Верный ответ: 1) Для сглаживания пульсаций давления за счет большого объема газгольдера

2. Как устроена система охлаждения основного компрессора?

Ответы:

- 1) На каждом цилиндре есть водяная рубашка, после каждой ступени установлен теплообменник, в котором гелий охлаждается водой
 - 2) Цилиндры охлаждаются за счет свободной конвекции в воздухе, после каждой ступени установлен теплообменник, в котором гелий охлаждается воздухом
 - 3) Цилиндры установлены внутри заполненного водой кожуха, в том же кожухе расположены змеевики, через которые гелий проходит после каждой ступени
- Верный ответ: 1) На каждом цилиндре есть водяная рубашка, после каждой ступени установлен теплообменник, в котором гелий охлаждается водой

3. Для чего предназначен вспомогательный компрессор?

Ответы:

- 1) Он используется в качестве резервного на случай выхода из строя основного компрессора
- 2) Он используется для закачки гелия в баллоны, а также в качестве резервного на случай выхода из строя основного компрессора

3) Он используется для закачки гелия в баллоны

Верный ответ: 3) Он используется для закачки гелия в баллоны

4. Почему при работе адсорберов их необходимо охлаждать?

Ответы:

- 1) Для увеличения емкости адсорбента
- 2) Для отвода тепла, выделяющегося при адсорбции
- 3) Для увеличения емкости адсорбента и отвода тепла, выделяющегося при адсорбции**

Верный ответ: 3) Для увеличения емкости адсорбента и отвода тепла, выделяющегося при адсорбции

5. Почему шток детандера выполнен в виде длинной трубки с тонкими стенками?

Ответы:

- 1) Для снижения теплопритоков к поршню и цилиндру**
- 2) Для увеличения прочности и надежности конструкции
- 3) Для экономии материала

Верный ответ: 1) Для снижения теплопритоков к поршню и цилиндру

2. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-3 Знает основные конструкционные элементы низкотемпературных установок и способы их соединения

Вопросы, задания

1. Билетов нет, оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Почему в гелиевом ожижителе используются четыре адсорбера?

Ответы:

1) Два адсорбера работают, при этом в разных адсорберах гелий очищается от разных примесей. Два других адсорбера резервные на случай выхода из строя работающих адсорберов.

2) Два адсорбера работают, при этом в разных адсорберах гелий очищается от разных примесей. В двух других адсорберах в это время происходит регенерация адсорбента.

3) В одном адсорбере гелий очищается от примесей, второй адсорбер резервный на случай выхода из строя работающего адсорбера. В двух других адсорберах в это время происходит регенерация адсорбента.

Верный ответ: 2) Два адсорбера работают, при этом в разных адсорберах гелий очищается от разных примесей. В двух других адсорберах в это время происходит регенерация адсорбента.

2. С какой целью пары азота откачиваются из азотной ванны вакуумным насосом?

Ответы:

1) Для понижения температуры кипения азота, что позволяет охладить гелий до более низкой температуры

2) Для обеспечения возможности выхода паров азота в атмосферу: без откачки это будет невозможно

3) Для уменьшения расхода азота за счет увеличения теплоты парообразования при уменьшении давления

Верный ответ: 1) Для понижения температуры кипения азота, что позволяет охладить гелий до более низкой температуры

3. Какие типы теплообменных аппаратов используются в гелиевом ожижителе?

Ответы:

1) Прямотрубные теплообменники, теплообменники типа «труба в трубе»

2) Витые поперечно-точные теплообменники, теплообменники типа «труба в трубе», витой теплообменник погружного типа

3) Регенераторы

Верный ответ: 2) Витые поперечно-точные теплообменники, теплообменники типа «труба в трубе», витой теплообменник погружного типа

4. Как используется механическая работа, которую гелий совершает при расширении в детандере?

Ответы:

1) Передается в основной компрессор для снижения затрат энергии при его работе

2) Преобразуется в электроэнергию и отдается в сеть

3) Преобразуется в тепловую энергию и отводится в атмосферу

Верный ответ: 2) Преобразуется в электроэнергию и отдается в сеть

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

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.