

**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
Теплофизические процессы в низкотемпературных системах**

**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-5 Знает методы определения параметров работы элементов энергетического оборудования и способен провести их оценку

2. ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития низкотемпературной техники

ИД-2 Знает основные направления развития и современные тенденции при расчете и анализе эффективности низкотемпературных установках

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. "Теплофизические процессы в современном криогенном оборудовании" (Реферат)
2. «Гидравлическое сопротивление двухфазных потоков» (Контрольная работа)
3. «Переходные процессы в трубопроводах» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Типовой расчет "Хранение, заправка и выдача криогенной жидкости" (Решение задач)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	6	9	12
Физико-математические модели нестационарных теплогидравлических процессов в обогреваемых каналах				
Физико-математические модели нестационарных теплогидравлических процессов в обогреваемых каналах			+	+
Теплофизические процессы в криогенных трубопроводах				
Теплофизические процессы в криогенных трубопроводах			+	+
Регазификация криогенных жидкостей				
Регазификация криогенных жидкостей		+	+	+

Переходные процессы в криогенных трубопроводах				
Переходные процессы в криогенных трубопроводах	+	+	+	
Теплофизические процессы в криогенных резервуарах				
Теплофизические процессы в криогенных резервуарах			+	+
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-5ПК-1 Знает методы определения параметров работы элементов энергетического оборудования и способен провести их оценку	Знать: Аналитические и экспериментальные подходы к определению характерных параметров теплофизических процессов, возникающих при работе с жидкими криогенными продуктами. Основные положения низкотемпературной термодинамики, гидродинамики, теплообмена, необходимых для расчета технологических операций с криогенными жидкостями	Типовой расчет "Хранение, заправка и выдача криогенной жидкости" (Решение задач) "Теплофизические процессы в современном криогенном оборудовании" (Реферат)
ПК-3	ИД-2ПК-3 Знает основные направления развития и современные тенденции при расчете и анализе эффективности низкотемпературных установках	Уметь: Самостоятельно разбираться в существующих методиках расчета процессов в криогенных емкостях и применять их для решения	«Гидравлическое сопротивление двухфазных потоков» (Контрольная работа) «Переходные процессы в трубопроводах» (Контрольная работа) Типовой расчет "Хранение, заправка и выдача криогенной жидкости" (Решение задач)

		поставленной задачи. Анализировать теплогидравлические процессы в элементах низкотемпературного оборудования и применять соответствующие методики расчета	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. «Гидравлическое сопротивление двухфазных потоков»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам на практическом занятии. В задании одна задача. Время на проведение 90 минут.

Краткое содержание задания:

Индивидуальное задание на расчет гидравлическое сопротивление двухфазных потоков.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Самостоятельно разбираться в существующих методиках расчета процессов в криогенных емкостях и применять их для решения поставленной задачи. Анализировать теплогидравлические процессы в элементах низкотемпературного оборудования и применять соответствующие методики расчета	1. По обогреваемому каналу ($D \times d \times L = 6 \times 1 \times 40000$ мм, $Q = 200$ Вт) движется поток кислорода с расходом 3 г/сек. Определить перепад давлений по длине канала, если температура жидкости на входе равна 90 К. Давление по длине канала считать постоянным и равным 0,3 МПа. 2. По обогреваемому каналу ($D \times d \times L = 10 \times 1 \times 50000$ мм) движется поток аргона с расходом 5 г/сек. Определить перепад давлений по длине канала, если паросодержание на входе равно минус 0,08, а на выходе 0,6. Давление по длине канала считать постоянным и равным 0,2 МПа. 3. По обогреваемому каналу ($D \times d \times L = 8 \times 1 \times 50000$ мм, $Q = 500$ Вт) движется поток метана с расходом 4 г/сек. Определить перепад давлений по длине канала, если паросодержание на входе равно минус 0,08. Давление по длине канала считать постоянным и равным 0,3 МПа, теплофизические свойства определять при температуре насыщения.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-2. «Переходные процессы в трубопроводах»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по индивидуальным вариантам на практическом занятии. В задании 2 задачи. Время на проведении 90 минут.

Краткое содержание задания:

Индивидуальное задание на расчет захлаживания и заполнения трубопроводов криогенной жидкостью, расчет вторичного гидроудара

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Самостоятельно разбираться в существующих методиках расчета процессов в криогенных емкостях и применять их для решения поставленной задачи. Анализировать теплогидравлические процессы в элементах низкотемпературного оборудования и применять соответствующие методики расчета	1. 1. Оценить длительность захлаживания и заполнения трубопровода жидким водородом при следующих условиях: диаметр трубопровода 30 мм, толщина стенки 2 мм, длина 60 м, материал сталь X18H10T, давление на входе 0,3 МПа, на выходе 0,1 МПа (теплопритоком извне пренебречь, коэффициент трения принять постоянным). Определить средний расход газа на выходе в процессе заполнения. 2. Оценить величину вторичного гидроудара в импульсной трубке манометра в схеме трубопровода для жидкого кислорода при мгновенном закрытии клапана V2. $L_1=60\text{м}$, $d_1=0.04\text{м}$, $P_1=0.3\text{МПа}$, $P_2=0.1\text{МПа}$, $d_2=0.01\text{м}$, $L_2=2\text{м}$, $l_f=0.02$, коэффициент $\zeta=4$ 2. 1. Оценить длительность захлаживания канала газообразным азотом с расходом 5г/с при следующих условиях: наружный диаметр канала 10 мм, диаметр внутреннего канала 8 мм, длина канала 250 м, начальная температура стенки 300K, температура газа на входе 100K. Материал канала - медь (теплопритоком извне пренебречь, коэффициент трения принять постоянным). 2. Определить величину гидроудара при открытии клапана V1. $\zeta_1=3+2.5\cdot\text{тоткр}/\text{т}$, $L_3=2\text{ м}$, $\text{тоткр}=2\text{ с}$
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Типовой расчет "Хранение, заправка и выдача криогенной жидкости"

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполняется индивидуальная проверка выполненного расчетного задания и ответы на вопросы.

Краткое содержание задания:

Индивидуальное задание на расчет по теме "Хранение, заправка и выдача криогенной жидкости"

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Аналитические и экспериментальные подходы к определению характерных параметров теплофизических процессов, возникающих при работе с жидкими криогенными продуктами. Основные положения низкотемпературной термодинамики, гидродинамики, теплообмена, необходимых для расчета технологических операций с криогенными жидкостями	1.Хранение с открытым и закрытым дренажем 2.Выдача криогенных жидкостей из резервуаров 3.Схемы заправки емкостного оборудования криогенной жидкостью
Уметь: Самостоятельно разбираться в существующих методиках расчета процессов в криогенных емкостях и применять их для решения поставленной задачи. Анализировать теплогидравлические процессы в элементах низкотемпературного оборудования и применять соответствующие методики расчета	1.Из резервуара А за минимально возможное время необходимо заправить V_{ab} м³ жидкого кислорода в резервуар В. При проведении расчетов необходимо: Описать последовательность технологических операций (регламент режима заправки); Определить длительность заправки; Определить количество газа на вытеснение жидкости из резервуара А (минимальное, максимальное, действительное) Определить потери криоагента при заправке, включая потери на захолаживание трубопровода и резервуара В, потери при сливе жидкости из трубопровода, а также количество газа на вытеснение жидкости из резервуара А. Оценить величину гидроудара при открытии и закрытии клапанов в начале и конце заправки, предложить меры по снижению гидроудара.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-4. "Теплофизические процессы в современном криогенном оборудовании"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Реферат

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Представление письменной работы, ответы на вопросы.

Краткое содержание задания:

Подготовка индивидуальной работы на одну из предложенных преподавателем тем

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Аналитические и экспериментальные подходы к определению характерных параметров теплофизических процессов, возникающих при работе с жидкими криогенными продуктами. Основные положения низкотемпературной термодинамики, гидродинамики, теплообмена, необходимых для расчета технологических операций с криогенными жидкостями	1.Схема, теплофизические процессы и экологическое влияние в крупных криогенных проектах 2.Применение сжиженного водорода в качестве альтернативы традиционным энергоносителям 3.Применение метана в качестве топлива для электростанций 4.Системы охлаждения радиоэлектронной аппаратуры 5.Методы охлаждения криогенных жидкостей 6.Особенности захлаживания гелиевых криогенных систем 7.Расчет теплопритоков через изоляцию
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Захлаживание короткого канала криогенной жидкостью.
2. Кристаллизация диоксида углерода при хранении и регазификации криогенных жидкостей.
3. Определить оптимальную скорость потока жидкого азота в канале ($D \cdot d \cdot L = 7 \cdot 1 \cdot 20000$ мм, $Q = 314$ Вт), если коэффициент гидравлического сопротивления равен 0.01

Процедура проведения

Слепой выбор билета, время на ответ, ответ.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-5ПК-1 Знает методы определения параметров работы элементов энергетического оборудования и способен провести их оценку

Вопросы, задания

- 1.1. Захлаживание короткого канала криогенной жидкостью.
2. Кристаллизация диоксида углерода при хранении и регазификации криогенных жидкостей.
3. Определить оптимальную скорость потока жидкого азота в канале ($D \cdot d \cdot L = 7 \cdot 1 \cdot 20000$ мм, $Q = 314$ Вт), если коэффициент гидравлического сопротивления равен 0.01
- 2.1. Бездренажное хранение.
2. Виды опасностей при работе с криогенными жидкостями.
3. Определите мгновенную скорость жидкого азота в тупиковом отводе разрушенного манометра после мгновенного закрытия клапана в основном трубопроводе, если его предельно допустимое давление составляет 16 МПа.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Виды теплоизоляции в криогенных системах

Ответы:

Перечисление видов изоляции

Верный ответ: Газонаполненная Высоковакуумная Вакуумно-порошковая Экранно-вакуумная

2. Меры борьбы со вторичным гидроударом в криогенных трубопроводах

Ответы:

Перечисление

Верный ответ: Установка местных сопротивлений в начале отвода Увеличение диаметра отвода Размещение клапана на удалении Потокоуправляемость клапанов

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-3 Знает основные направления развития и современные тенденции при расчете и анализе эффективности низкотемпературных установках

Вопросы, задания

- 1.1. Гидроудар в криогенных системах при заполнении тупиковых отводов (вторичный гидроудар).
2. Виды теплоизоляции. Материалы.
3. Теплоизолированный баллон заполняется воздухом от компрессора с температурой 77С до максимального давления 200 бар. Определите максимальную температуру баллона.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. На вход в обогреваемый канал ($D \cdot d \cdot L = 6 \cdot 1 \cdot 20000$ мм, $Q = 200$ Вт) поступает поток насыщенного азота с расходом 4 г/с. Определить паросодержание на выходе. Теплота фазового перехода $r = 200$ кДж/кг

Ответы:

Решение задачи

Верный ответ: 0.25

2. Методы охлаждения криогенных жидкостей

Ответы:

Перечисление

Верный ответ: Вакуумирование Барботаж Внешний холодильный цикл Сторонний криоагент

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Задача решена правильно. Даны полные ответы на вопросы в билетах. Даны полные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Задача решена правильно. Даны полные ответы на вопросы в билетах. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Задача решена правильно. Даны неполные ответы на вопросы в билетах.

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