Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по научной работе
Дата подписания: 03.11.2023 15:33:58
Уникальный программный ключ:
1a3df673e07fcd54440aceed8bb7e29f4817bf0a

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____/А.С. Соколов/
«30» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике»

Научная специальность
2.4.8. Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники

Уровень образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения
очная

Год начала подготовки – 2023

Москва 2023

Разработчик(и):
доцент, к.т.н. / А.Е. Ермолаев /



Согласовано:
Заведующий кафедрой «Техника низких температур»,
к.т.н. / Д.А. Некрасов /



Содержание

1 Цели и задачи освоения дисциплины 4
2 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры 4
3 Структура и содержание дисциплины 4
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 4
3.2 Тематический план изучения дисциплины 4
3.3 Содержание дисциплины 5
3.4 Тематика практических занятий 5
4 Планируемые результаты освоения дисциплины 5
5 Учебно-методическое и информационное обеспечение 5
5.1 Нормативные документы и ГОСТы 5
5.2 Основная литература 6
5.3 Дополнительная литература 6
5.4 Электронные образовательные ресурсы 6
5.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 6
5.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 6
5.7 Интернет-ресурсы 6
6 Материально-техническое обеспечение 6
7 Методические рекомендации 7
7.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 7
7.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 7
8 Фонд оценочных средств 7
8.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 7
8.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 7
8.3 Оценочные средства 7

1 Цели и задачи освоения дисциплины

К основным целям освоения дисциплины «Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике» следует отнести:

– освоение методов анализа и примеров расчета процессов теплообмена, сопровождающихся массопереносом.

К основным задачам освоения дисциплины «Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике» следует отнести:

– освоение методов, расчета толщины слоя криоосандка из водного льда и инея, на элементах низкотемпературного оборудования;

– анализа влияния криогенных температур на динамику роста ледяного криоосадка;

– выбора принципов и методов измерений, при проведении экспериментального исследования роста криоосадка, в том числе на криогенном уровне температур.

2 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла (Б1) основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В вариативной части базового цикла (Б1):

– Низкопотенциальная энергетика;

– Специализация рабочих веществ для холодильных и криогенных систем;

– Вакуумно-испарительные процессы охлаждения жидкостей.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			3	4
1	**Аудиторные занятия**	**36**		
	в том числе:			
1.1	Лекции		9	9
1.2	Практические занятия		9	9
2	**Самостоятельная работа**	**36**		
	в том числе:			
2.1	Консультации			
2.2	Реферат			
2.3	Самостоятельное изучение разделов дисциплины		18	18
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен		зачет	зачет
	Итого		36	36

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1. Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике		18	18		36
1.1	Тема 1. Введение.		1	1		5
1.2	Тема 2. Классификация процессов теплообмена		2	3		5
1.3	Тема 3. Стационарный и нестационарные процессы теплопроводности		3	3		5
1.4	Тема 4. Теплоперенос в установках и системах ТНТ		3	3		5
1.5	Тема 5. Конвективный теплообмен в канальных аппаратах холодильных установок		3	3		5
1.6	Тема 6. Теплопроводность эффективной теплоизоляции на основе вакуума		3	2		5
1.7	Тема 7. Расчет теплоотдачи при конденсации холодильных агентов в аппаратах холодильных установок.		3	3		6
Итого						

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. <u>Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике</u>

1. Введение.
2. Классификация процессов теплообмена.
3. Стационарный и нестационарные процессы теплопроводности.
4. Теплоперенос в установках и системах ТНТ.
5. Конвективный теплообмен в канальных аппаратах холодильных установок.
6. Теплопроводность эффективной теплоизоляции на основе вакуума.
7. Расчет теплоотдачи при конденсации холодильных агентов в аппаратах холодильных установок.

3.4 Тематика практических занятий

Учебным планом практические занятия не предусмотрены

4 Планируемые результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
знать: ● Основы анализа и оценки научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена **уметь:** ● Использовать анализ и оценку научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена **владеть:** ● методами разработки и внедрения научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена
знать: ● теоретические и практические подходы к проектированию низкотемпературного оборудования работающего в условиях ледовыпадения **уметь:** ● проектировать низкотемпературное оборудование, работающее в условиях ледовыпадения **владеть:** ● методами оценки эффективности работы низкотемпературного оборудования работающего в условиях ледовыпадения
знать: ● современные проблемы возникающие при эксплуатации холодильного оборудования, работающего в условиях образования криоосадка **уметь:** ● проектировать низкотемпературное оборудование, работающее в условиях ледовыпадения **владеть:** ● методами оценки эффективности работы низкотемпературного оборудования работающего в условиях ледовыпадения
знать: ● Основы анализа и оценки научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена **уметь:** ● Использовать анализ и оценку научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена **владеть:** ● методами разработки и внедрения научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена
знать: ● современные физико-технические проблемы связанные эксплуатацией холодильного оборудования в условиях массообмена **уметь:**

● выбирать адекватные и решения при проектировании оборудования в условиях массообмена **владеть:** ● методами оценки эффективности работы низкотемпературного оборудования работающего в условиях ледовыпадения
знать: ● Основы анализа и оценки научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена **уметь:** ● Использовать анализ и оценку научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена **владеть:** ● методами разработки и внедрения научных достижений при расчете процессов тепло- и массообмена
знать: ● Основы постановки теплофизического эксперимента **уметь:** ● провести теплофизический эксперимент, направленный на изучение тепло-массопереноса **владеть:** ● методами постановки теплофизического эксперимента, в том числе на криогенном уровне температур
знать: ● принципы построения теплофизических моделей **уметь:** ● выполнять расчеты теплофизических моделей **владеть:** ● аппаратом решения дифференциальных уравнений тепло- массопереноса
знать: ● принципы подбор экспериментального оборудования, работающего в криогенном диапазоне температур **уметь:** ● выполнять расчеты для подбора экспериментального оборудования **владеть:** ● методами постановки теплофизического эксперимента, в том числе на криогенном уровне температур

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение

5.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 24393-80 «Техника холодильная. Термины и определения»

5.2 Основная литература

1. Калиниченко, М. Ю. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий : учебное пособие / М. Ю. Калиниченко. — Ставрополь : СКФУ, 2017. — 136 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/155110 (дата обращения: 12.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.3 Дополнительная литература

1. ГОСТ 26963-86 Кондиционеры бытовые автономные. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс] - Введ. 1988-01-01.— Электрон. дан. — М.: Издательство стандартов, 1986. — Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200013296/ — Загл. с экрана.
2. Приданцев, А. С. Теплообменные аппараты холодильных установок : учебно-методическое пособие / А. С. Приданцев, Д. Д. Ахметлатыйпова, В. В. Акшинская. — Казань : КНИТУ, 2017. — 120 с. — ISBN 978-5-7882-2247-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/138369 (дата обращения: 14.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.4 Электронные образовательные ресурсы

ЭОР не разработан.

5.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

нет

5.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

нет

5.7 Интернет-ресурсы

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте http://lib.mami.ru в разделе «Библиотека», а также в электронных библиотечных системах, с которыми заключены договоры Университетом.

6 Материально-техническое обеспечение

Лекционные и практические занятия проводиться в специализированных аудиториях кафедры Ав2214 и Ав2103, оснащенных соответствующим испытательным стендовым оборудованием, плакатами, натурными образцами узлов, деталей машин.

При кафедре работает консультационно-вычислительный класс Ав2209 для самостоятельной работы, оснащенный компьютерами с соответствующим расчетным и графическим программным обеспечением.

7 Методические рекомендации

7.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно читать аспирантам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление аспирантов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения аспирантов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить аспирант с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить аспирантов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание аспирантов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала вопросы и давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности аспирантов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой аспирантов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке аспирантов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации аспирантам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий – обеспечить контроль усвоения учебного материала аспирантами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы.

Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей аспирантов к высказыванию собственных взглядов и

суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у аспирантов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий аспирантами. Проводить групповые и индивидуальные консультации аспирантов по вопросам, возникающим у аспирантов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

7.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов получения образования обучающимися и направлена на:

изучение теоретического материала, подготовка к лекционным, лабораторным, семинарским (практическим) занятиям;

подготовка к тестированию с использованием общеобразовательного портала.

Самостоятельная работа аспирантов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Аспирант должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый аспирант должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Аспирант должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача аспиранта. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

8 Фонд оценочных средств

8.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по

дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «незачтено».

8.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Незачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

8.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Вопросы к зачету

1. Основные процессы тепло- и массообмена в холодильных установках.
2. Основные процессы тепло- и массообмена в криогенной технике.
3. Основные закономерности теплообмена холодильных агентов при кипении.
4. Основные закономерности теплообмена при кипении жидких криоагентов.
5. Закономерности теплообмена при кипении жидких криоагентов в каналах.
6. Теплообмен и гидродинамика при кипении хладагентов в каналах.
7. Процессы тепло- и масоообмена при хранении жидких криопродуктов (гейзерный эффект), расслоение жидкости).
8. Теплообмен при вакуумировании жидких криопродуктов.
9. Методы интенсификации теплообмена в кожухотрубных конденсаторах холодильных установок.
10. Тепломассообмен между водой и воздухом в водоохлаждающих устройствах.
11. Теплопередача в системах тепловой изоляции на основе вакуума.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Форма билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии Кафедра «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы

Дисциплина
Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике

Направление подготовки (специальность) 2.4.8. Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники

форма обучения очная

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1.

1. Основные процессы тепло- и массообмена в холодильных установках
2. Теплообмен и гидродинамика при кипении хладагентов в каналах
3. Методы интенсификации теплообмена в кожухотрубных конденсаторах холодильных установок

Зав. кафедрой / Д.А.Некрасов /