Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по научной работе
Дата подписания: 03.11.2023 15:50:14
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
декан факультета
химической технологии
и биотехнологии
_____ / Ю.В. Данильчук /
«25» августа 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники»

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

Уровень образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения
очная

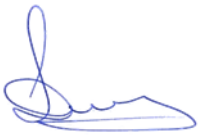
Год начала подготовки – 2022

Москва 2022

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 6
4 Планируемые результаты освоения дисциплины 6
5 Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
5.1 Нормативные документы и ГОСТы 7
5.2 Основная литература 7
5.3 Дополнительная литература 7
5.4 Электронные образовательные ресурсы 7
5.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 7
5.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 8
5.7 Интернет-ресурсы 8
6 Материально-техническое обеспечение 8
7 Методические рекомендации 8
7.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 8
7.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 8
8 Фонд оценочных средств 9
8.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 9
8.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 9
8.3 Оценочные средства 9

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 блока 2 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:

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			7	**8**
1	**Аудиторные занятия**	**108**	18	18
	в том числе:			
1.1	Лекции		9	9
1.2	Практические занятия		9	9
2	**Самостоятельная работа**	**72**	36	36
	в том числе:			

2.1	Консультации			
2.2	Реферат			
2.3	Самостоятельное изучение разделов дисциплины		36	36
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен		зачет	экзамен
	Итого		54	54

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. (7 семестр) Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники**		**9**	**9**		**36**
1.1	Тема 1. История холодильной техники		1	2		5
1.2	Тема 2. Получение, характеристики, процессы низких температур		2	2		8
1.3	Тема 3. Циклы холодильных машин		2	1		7
1.4	Тема 4. Абсорбционные холодильные машины		2	2		7
1.5	Тема 5. Компрессоры, детандеры и турбодетандеры		2	2		8
2.	**Раздел 2. (8 семестр) Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники**		**9**	**9**		**36**
2.1	Тема 6. Термоэлектрические генераторы, устройства и приборы		1	2		10
2.2	Тема 7. Идеальные и реальные газы		2	2		5

2.3	Тема 8. Вакуум		2	1		7
2.4	Тема 9. Типы холодильных установок		2	2		8
2.5	Тема 10. Аппараты криогенных температур		2	2		5
Итого			**18**	**18**		**72**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. <u>История холодильной техники</u>

Роль холодильной техники в развитии современной промышленности. Области применения искусственного холода. Краткие исторические сведения по развитию холодильной техники. История развития холодильной техники. Бурное развитие холодильной техники в XIX в., причины, следствия. Наиболее крупные ученые основоположники холодильной техники. Области использования искусственного холода, роль холода в развитии различных отраслей промышленности.

Тема 2. <u>Получение, характеристики, процессы низких температур</u>

Физические основы получения холода. Способы получения искусственного холода, их характеристики. Основные процессы для получения низких температур: дросселирование, детандирование и т.д. Способы реализующие данные процессы.

Тема 3. <u>Циклы холодильных машин</u>

Парокомпрессионные системы охлаждения, особенности и показатели эффективности. Циклы холодильных машин, построение и расчет. Основные циклы парокомпрессионных холодильных машин: одноступенчатые, двухступенчатые, многоступенчатые, каскадные и т.д. Оценка эффективности холодильных машин: холодильный коэффициент, эксергетический и энтропийный анализы.

Тема 4. <u>Абсорбционные холодильные машины</u>

Абсорбционные холодильные машины, принципы действия, характеристики и расчет. Изображение процессов АБХМ в i - ζ диаграмме. Абсорбционные холодильные машины – принцип действия, конструкция, расчет, рекомендуемые области применения. Диаграмма i - ζ рабочего вещества АБХМ, изображение процессов.

Тема 5. <u>Компрессоры, детандеры и турбодетандеры</u>

Компрессор, как машина орудие, детандер – машина двигатель. Потери в компрессоре и детандере, анализ и их оценка. Холодильные компрессоры-типы, характеристики, основные расчетные положения. Энергетические характеристики компрессоров. Типы детандеров, конструкции поршневых, турбодетандеров. Энергетические характеристики детандеров.

Тема 6. <u>Термоэлектрические генераторы, устройства и приборы</u>

Термоэлектрические генераторы искусственного холода, физические основы процесса. Получение сверхнизких температур, физические принципы и методы реализации. Термоэлектрический способ охлаждения. Физические основы переноса тепла с помощью полупроводниковых охлаждающих приборов. Конструкции термоэлектрических модулей, конструкции термоэлектрических охлаждающих устройств на базе термоэлектрических модулей. Получение сверхнизких температур с помощью термоэлектрических охлаждающих приборов, каскадные термоэлектрические модули

Тема 7. <u>Идеальные и реальные газы</u>

Идеальные и реальные газы, понятия газ и пар. Уравнение состояния идеального и реального газов. Первый и второй законы термодинамики и их приложение к анализу процессов получения искусственного холода. Понятие газа и пара, критическая точка. Уравнения состояния идеального и реального газа, пара. Анализ термодинамических систем эксергитическим, энтропийным методами.

Тема 8. Вакуум

Определение вакуума, степень вакуума, критерий Кнудсена. Принципы действия вакуумных систем охлаждения и замораживания. Базовые понятия о вакууме. Средства достижения вакуума, механические вакуумные насосы. Вакуумно-испарительный и вакуумно-сублимационный способы охлаждения, преимущества и недостатки, конструкции подобных систем.

Тема 9. Типы холодильных установок

Турбовоздушные холодильные установки, их особенности, преимущества и недостатки. Сравнение различных принципов получения искусственного холода. Газовые холодильные установки. Конструкции воздушных холодильных установок. Циклы газовых холодильных установок. Сравнение воздушной холодильной установки с парокомпрессионной на одинаковом уровне температур.

Тема 10. Аппараты криогенных температур

Разделение воздуха методом глубокого охлаждения. Криогенные рефрижераторы и ожижители, рабочие вещества КГУ. Воздухоразделительные системы. Значение жидких криопродуктов в промышленности. Криогенные гелиевые установки, рабочие вещества криогенных установок.

3.4 Тематика практических занятий

Учебным планом не предусмотрены практические занятия

4 Планируемые результаты освоения дисциплины

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки
готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности
способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности
умение постановки теплофизического эксперимента, в том числе на уровне низких температур
способность составления математических моделей изучаемого теплофизического процесса и методических материалов к ним
способность выполнить подбор экспериментального оборудования, работающего в криогенном диапазоне температур

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение

5.1 Нормативные документы и ГОСТы

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

5.2 Основная литература

1. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 454 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12196-4. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/457110.

5.3 Дополнительная литература

1. Холодильные машины: Учебник для студентов втузов специальности «Техника и физика низких температур» / А.В. Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев, Л.С. Тимофеевский; под общ. ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб: Политехника, 2006. – 944 с.
2. Курылев, Е.С., Оносовский, В.В., Румянцев, Ю.Д. Холодильные установки: Учебник для студентов вузов – СПб: Политехника, 1999. – 576 с.
3. Маринюк, Б.Т. Теплообменные аппараты ТНТ. Конструктивные схемы и расчет. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 200 с.

5.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Методы подобия физических процессов
https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=3702

5.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

нет

5.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

нет

5.7 Интернет-ресурсы

нет

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

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена 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 «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Процессы тепло- и массообмена в криогенной и холодильной технике» (указывается что именно – прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы, выступили с докладом и т.д.)

8.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	***Описание***
Отлично	*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.*
Хорошо	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.*
Удовлетворительно	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная*

	часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	*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

По данной дисциплине текущий контроль не предусмотрен

7.3.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к зачету

1. Особенности расчёта теплопередачи при низких температурах ведения процесса.
2. Структура потока и режимы кипения холодильных агентов внутри каналов.
3. Централизованная система кондиционирования, разновидности ее исполнения. Основы расчётов.
4. Возобновляемые источники энергии и их использование в технике низких температур.
5. Классификация воздухоразделительных установок по признакам давления на компрессоре, возможности получения продуктов разделения в газообразном или сжиженном виде.
6. Особенности воздухоразделительных установок низкого давления, методики составления материального и теплового балансов.
7. Принципиальная схема воздухоразделительной установки малой производительности, с выдачей газообразного кислорода под высоким давлением посредством плунжерного криогенного насоса конструкции доц. Дробинина И.Н. Преимущества плунжерного криогенного насоса по сравнению с кислородным компрессором.
8. Рефрижераторные и ожижительные установки, принципиальные схемы их работы на уровне гелиевых температур.
9. Устройство и основные расчёты центростремительного детандера реактивно-активного типа конструкции П.Л. Капицы.
10. Резервуары для хранения и транспортировки ожиженных криопродуктов, особенности конструкции и основы расчёта.
11. Типы криогенной изоляции на основе вакуума. Формула д.т.н. Каганера М.Г. для расчета вакуумно-порошковой тепловой изоляции, физический смысл формулы. Расчет испарителя криопродукта при его хранении в стационарном резервуаре.
12. Случаи образования криоосадка из водного льда и инея на неизолированных участках низкотемпературного оборудования, методы учёта термического сопротивления криоосадка.

13. Классификация и расчёт камерных воздухоохладителей с учётом инеевыпадения на теплопередающей поверхности батареи.

14. Способы и подходы к доставке жидких криопродуктов потребителю. Централизованная и децентрализованная системы снабжения, преимущества и недостатки каждой.

15. Методы сжижения природного газа, их характеристики, преимущества и недостатки. Природный газ как энергоноситель.

16. Водород, методы получения и ожижения. Модификации водорода, орто- и параводород. Водородная энергетика. Металловодородные соединения.

17. Теоретические основы процесса конденсации холодильных агентов, пузырьковая и плёночная виды конденсации, формула Ньютона. Особенности конденсации на пучках труб, внутрикапельная конденсация.

18. Низкотемпературные холодильные машины, многоступенчатые, каскадные, вакуумно-испарительные. Причины перехода от одноступенчатого сжатия к многоступенчатому.

19. Охлаждение воды до околонулевой температуры, конструкции испарителей, получение водоледяной суспензии (бинарный лед), способы, преимущества и недостатки.

20. Очистка воздуха от влаги, углекислоты и ацетилена в воздухоразделительных установках, конструктивные особенности устройств.

21. Изображение процессов дросселирования, детандирования и охлаждения воздуха в теплообменниках в тепловых диаграммах.

22. Тепло- и масообмен между водой и воздухом, формула Меркеля, изображение процесса в i-d диаграмме. Методика расчёта вентиляторной градирни.

23. Компрессоры динамического сжатия, центробежные, осевые, принцип действия, конструктивные особенности.

24. Рабочие вещества парокомпрессионных холодильных машин, классификация рабочих веществ первичного контура, требования, предъявляемые к ним, критерии экологического воздействия на окружающую среду, принципы подбора.

25. Рабочие вещества вторичного контура (теплоохладители), требования, предъявляемые к ним, классификация веществ, их характеристики. Виды хладоносителей, совместимых с пищевыми продуктами, низкотемпературные хладоносители.

26. Криогенно-газовая машина, работающая по циклу Стирлинга, особенности рабочих процессов, протекающих в проточной части машины, изображение процесса в тепловых диаграммах.

27. Идеальный и реальные газы, уравнение состояния, его модификации, длина свободного пробега молекул, распределение молекул по скоростям, формула Максвелла-Больцмана. Законы идеальных газов.

28. Оребрение в аппаратах и системах техники низких температур, определение оребрения, классификация, технология нанесения. Температурная и тепловая эффективности ребра, система ребер, понятие приведенного коэффициента оребрения.

29. Влажный воздух, i-d диаграмма, абсолютная и относительная влажности, изображение процессов увлажнения воздуха в диаграмме. Уравнение расчета упругости насыщенных паров воды в зависимости от температуры воздуха.

30. Классификация тепловых аппаратов холодильных машин, основные и вспомогательные аппараты, функциональные и конструктивные признаки в системе классификаций. Виды расчётов аппаратов.

31. Действительный цикл паровой холодильной машины, основные потери и степень термодинамического совершенства действительного цикла. Определение удельной холодопроизводительность и работы, совершенной в цикле.

32. Способы получения искусственного холода. Устройства, реализующие процесс понижения температуры, их характеристики.

33. Термодинамический цикл газовой холодильной машины, изображение в тепловой диаграмме T-S, расчёт КПД цикла. Устройство турбовоздушной холодильной машины, особенности эксплуатации, преимущества и недостатки.

34. Автоматизация холодильных машин, применение микропроцессов для программного регулирования режимов рабочих устройств получения искусственного холода. Приборы и системы автоматизации для контроля работы и защиты холодильной машины.

35. Водный и сухой лёд, методы получения и классификация видов. Холодоаккумуляция, диаграммы двухкомпонентного раствора вода-соль. Понятие эффективной температуры. Эвтектические плиты как основа безмашинного охлаждения.

36. Внутренняя энергия газа, теплосодержание и энтропия, как фундаментальные термодинамические понятия. Обратимые и необратимые процессы в газах.

37. Вакуумные насосы, классификация и характеристики. Основная формула вакуумной техники и её смысл. Режимы течения газов, критерии перехода.

38. Объемные компрессоры: поршневые, винтовые и спиральные, обобщенные показатели их работы, конструкции и основы расчёта. Области применения отдельных видов компрессоров.

39. Термотрансформаторы (тепловые насосы). Источники теплоты низкого потенциала. Рабочие вещества тепловых насосов, их характеристики и области применения.

40. Твердотельные рабочие вещества холодильных установок, их характеристики и области применения.

41. Методы интенсификации теплообмена в аппаратах холодильных машин, классификация методов интенсификации конвективного теплообмена по Кирпикову В.А. Интенсификация теплообмена при кипении хладо- и криоагентов.

Форма билета для получения экзамена

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Направление подготовки 2.4.8. Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники
Профиль «Энергетика и электротехника»
Кандидатский экзамен по научной специальности «Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники»

Экзаменационный билет № 1

1. Наука о холоде, методах его получения и использования. Области практического использования низких температур. Основные процессы, используемые для получения низких температур. Кратковременное и непрерывное охлаждение. Пути уменьшения затрат при генерации холода.

2. Системы кондиционирования. Централизованная система кондиционирования. Структура и варианты схемных решений. Основы расчета. Локальная и централизованно-локальная система кондиционирования. Процессы термовлажностной обработки воздуха в системах.

3. Параметры экологичности рабочих веществ. GWP, TEWI, LCCP.

Зав. каф. ТНТ им. П.Л. Капицы Д.А. Некрасов

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Направление подготовки 2.4.8. Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники
Профиль «Энергетика и электротехника»
Кандидатский экзамен по научной специальности «Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники»

Экзаменационный билет № 2

1. Циклы тепловых насосов, оценка их эффективности. Источники теплоты низкого потенциала. Области применения тепловых насосов. Термотрансформаторы.
2. Рабочие вещества парокомпрессионных холодильных машин, их классификация. Теплофизические свойства и эксплуатационные характеристики однокомпонентных рабочих веществ. Показатели «озонной» и «парниковой» опасности (ODP и GWP). Смазка холодильных компрессоров. Типы масел
3. Известные и исследуемые зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи при высокотемпературном кипении и конденсации хладагентов.

Зав. каф. ТНТ им. П.Л. Капицы Д.А. Некрасов

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Направление подготовки 2.4.8. Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники
Профиль «Энергетика и электротехника»
Кандидатский экзамен по научной специальности «Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники»

Экзаменационный билет № 3

1. Энергетические характеристики охлаждающих систем (удельная холодопроизводительность, коэффициент ожижения, удельная работа, холодильный коэффициент, коэффициент удельных затрат мощности). Степень термодинамического совершенства реальных систем
2. Емкости для хранения криогенных жидкостей, процессы в емкостях. Криостаты. Расчет теплопритоков через изоляцию и по элементам конструкций.
3. Каковы недостатки каскадных парокомпрессионных холодильных машин для заморозки крови, которые позволяет устранить использование воздушных холодильных машин (ВХМ), как источника холода.

Зав. каф. ТНТ им. П.Л. Капицы Д.А. Некрасов

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Направление подготовки 2.4.8. Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники
Профиль «Энергетика и электротехника»
Кандидатский экзамен по научной специальности «Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники»

Экзаменационный билет № 4

1. Основные задачи техники низких температур – поиск идеальных циклов и минимизации затрат для процессов охлаждения, криостатирования, конденсации в жидкое и твердое состояния, очистки и разделения газов, ожижения газов
2. Способы получения умеренно низких температур (до 120 К). Типы холодильных установок (парокомпрессионные, пароэжекторные, газовые, абсорбционные, термоэлектрические и др.), принципы их действия.
3. ВХМ отличает низкая термодинамическая эффективность цикла, как можно увеличить термодинамическое совершенство цикла?

Зав. каф. ТНТ им. П.Л. Капицы Д.А. Некрасов