Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.09.2023 15:43:37
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

«Теоретические основы низкотемпературной техники»

Направление подготовки
16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль **«Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»**

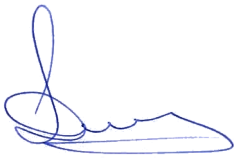
Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2023 г.

Разработчик(и):

доцент, к.т.н.  / А.Е. Ермолаев /

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

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....4
3. Структура и содержание дисциплины....4
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость....4
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины....6
   - 3.3. Содержание дисциплины....7
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....7
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....7
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы....7
   - 4.2. Основная литература....7
   - 4.3. Дополнительная литература....7
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы....8
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....8
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....8
5. Материально-техническое обеспечение....8
6. Методические рекомендации....8
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....8
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....8
7. Фонд оценочных средств....9
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения....9
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения....9
   - 7.3. Оценочные средства....9

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью преподавания дисциплины «Теоретические основы низкотемпературной техники» является обучение студентов физическим основам получения низких температур и термодинамическим основам холодильных машин.

К основным задачам освоения дисциплины «Теоретические основы низкотемпературной техники» следует отнести:

- подготовку студентов к изучению профессиональных дисциплин;
- изучение основных способов искусственного получения холода.

Обучение по дисциплине «Теоретические основы низкотемпературной техники» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-3. Способен разрабатывать методику расчета или проектирования и проводить их	- Знает виды и методики расчетов системы холодоснабжения - Знает современные подходы и методики оптимизации процесса проектирования системы холодоснабжения - Умеет определять необходимый перечень расчетов для проектирования системы холодоснабжения - Умеет определять методику расчета и определения тепловых нагрузок на систему холодоснабжения в соответствии с положениями нормативных правовых актов в сфере технического регулирования и стандартизации и видом расчета - Умеет выбирать наиболее эффективную конструктивную схему системы холодоснабжения

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Теоретические основы низкотемпературной техники» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинамиООП:

- Введение в специальность;
- Циклы криогенных систем.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часа (ов)).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			4	

1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**	
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	36	
1.2	Семинарские/практические занятия	14	14	
1.3	Лабораторные занятия	4	4	
2	**Самостоятельная работа**	**90**	**90**	
	В том числе:			
2.1	Проработка лекционного материала	36	36	
2.2	Подготовка к семинарам	36	36	
2.3	Подготовка к лабораторным работам	18	18	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**		
	Итого	**144**	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Введение в искусственное охлаждение	**16**	6				10
2	Физические основы получения низких температур	**20**	10				10
3	Термодинамические основы холодильных машин	**48**	10	4	4		30
4	Циклы и схемы паровых холодильных машин	**50**	10	10			40
Итого		**144**	36	14	4		90

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение в искусственное охлаждение

Естественное и искусственное охлаждение. Непрерывное и одноразовое искусственное охлаждение. Виды холодильных машин. Сущность и температурные границы глубокого и умеренного охлаждения. Применение искусственного холода в различных отраслях народного хозяйства. Роль холодильной техники в создании новых технологических процессов и в интенсификации производств. Основные направления и тенденции развития холодильного машиностроения.

Раздел 2. Физические основы получения низких температур

Классификация процессов, используемых для получения низких температур. Охлаждение при фазовых превращениях рабочих веществ: кипение, испарение, откачка паров, плавление, сублимация.

Охлаждение при расширении газов: дросселирование, расширение с совершением внешней работы, вихревой эффект, пульсационный эффект.

Охлаждение с использованием электрических и магнитных эффектов: термоэлектрический эффект, электрокалорический эффект, магнитокалорический эффект.

Охлаждение в процессе десорбции: десорбция водорода из активированного угля, металлогидридный эффект. Прочие процессы охлаждения: процессы растворения, электрохимические процессы.

Раздел 3. Термодинамические основы холодильных машин

Окружающая среда и ее свойства. Классификация обратных циклов.

Второе начало термодинамики в применении к обратным циклам. Внутренняя и внешняя необратимости. Необратимые процессы обратных циклов. Оценка необратимости.

Энтропийный метод анализа термодинамического совершенства процессов и циклов. Обратимые обратные циклы в условиях различных внешних источников теплоты: цикл Карно, цикл Лоренца, обобщенный цикл Карно. Основы эксергетического метода анализа обратных циклов.

Раздел 4. Циклы и схемы парокомпрессионных холодильных машин

Циклы и принципиальные схемы паровых холодильных машин с одноступенчатым сжатием. Холодильная машина с детандером. Холодильная машина с дросселированием в области влажного и сжатием в области перегретого пара. Необратимые потери в цикле. Методы сокращения необратимых потерь. Влияние переохлаждения жидкости после конденсатора. Регенеративный цикл. Методы сокращения необратимых потерь отвода теплоты от источников переменной температуры. Циклы и принципиальные схемы паровых холодильных машин с многоступенчатым сжатием. Условия для перехода к многоступенчатому сжатию рабочего вещества. Сокращение необратимых потерь при многоступенчатом сжатии путем перехода к сложным циклам.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

1. Термодинамические основы холодильных машин
2. Циклы и схемы паровых холодильных машин

3.4.2. Лабораторные занятия

1. Термодинамические основы холодильных машин
   Лабораторная работа — Исследование характеристик вихревого охлаждения.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

нет

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 26460-85 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. ПРОДУКТЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА. ГАЗЫ. КРИОПРОДУКТЫ. УПАКОВКА, МАРКИРОВКА, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ. - М.: Стандартинформ, 2006.
2. ГОСТ 32968-2014 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ ОБОРУДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ. АГЕНТЫ ХОЛОДИЛЬНЫЕ Требования по применению и извлечению. - М.: Стандартинформ, 2019.
3. ГОСТ 33662.1-2015 (ISO 5149-1:2014) Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Определения, классификация и критерии выбора. - М.: Стандартинформ, 2016.

4.2 Основная литература

1. Сергеев, А. А. Холодильная техника и технологии : учебное пособие / А. А. Сергеев, Н. Ю. Касаткина. — Ижевск : УдГАУ, 2021. — 163 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/257900(дата обращения: 28.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Усов, А. В. Основы холодильной техники : учебное пособие / А. В. Усов, И. А. Короткий. — 2-е изд. перераб. и доп. — Кемерово : КемГУ, 2016. — 121 с. — ISBN 978-5-89289-936-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/99565(дата обращения: 28.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3 Дополнительная литература

нет

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Теоретические основы холодильной техники
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=4519

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

нет

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

нет

Ссылки на ресурсы должны содержать актуальный электронный адрес и быть доступными для перехода с любого компьютера.

5. Материально-техническое обеспечение

Лекционные и практические занятия и лабораторные работы проводятся 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.

6. Методические рекомендации

6.1 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 вычитать студентам 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 студентов, 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 студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов 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 студентов 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 студентов 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 риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов 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 студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

6.2 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 защите лабораторной работы;
- подготовка к тестированию с использованием общеобразовательного портала.

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

Студент 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 студент 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.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. 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.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра

- Устный опрос, собеседование
- Лабораторная работа
- Тестирование

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Результаты обучения оцениваются по балльной шкале, баллы начисляются студенту по результатам выполнения обязательных работ.

Оценка	Количество баллов
отлично	от 81 до 100
хорошо	от 61 до 80
удовлетворительно	от 41 до 60
неудовлетворительно	40 и менее

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Темы для устных опросов

1. Теоретический цикл и схема каскадной ХМ. Условия применения. Выбор холодильных агентов. Расчет параметров.

2. Сокращение необратимых потерь путем перехода к сложным циклам с двухступенчатым (многоступенчатым сжатием). Элементы сложной принципиальной схемы. Основные условия перехода к двухступенчатому сжатию.

3. Соотношения между дифференциальными эффектами дросселирования и обратимого изоэнтропного расширения.

4. Свойства холодильных агентов, оказывающие влияние на размеры и эксплуатационные показатели холодильных компрессоров и машин. Их качественное влияние.

5. Внутренняя и внешняя необратимость, понятие. Внутренне обратимые процессы. Внешне обратимые процессы. Классификация термодинамических процессов по признаку обратимости.

6. Параметры состояния рабочего вещества: термические, калорические.

7. Эксергетическая температурная функция. Формула. График. Эксергетическая холодопроизводительность. Эксергетическая теплопроизводительность ТН.

8. Требования к холодильным агентам по химической стабильности.

9. Физиологическое воздействие холодильных агентов. Критерии, требования к физиологическим свойствам.

10. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием, дросселированием и промежуточным охлаждением сжимаемых паров, впрыском жидкого рабочего вещества. Расчет параметров. Область применения. Достигаемый эффект повышения холодильного коэффициента.

11. Регенеративный теоретический цикл и схема ХМ с одноступенчатым сжатием. Влияние термодинамических свойств рабочего вещества на эффективность его применения. Определение холодопроизводительности работы и холодильного коэффициента.

12. Обобщенный цикл Карно, процессы, изображение в S-T диаграмме. Его холодильный коэффициент.

13. Назначение обратимых обратных циклов (образцов). В каких случаях используют цикл Карно, обобщенный цикл Карно, цикл Лоренца.

14. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием с двухкратным дросселированием. Условия применения. Расчет параметров. Чем объясняется повышение холодильного коэффициента этого цикла по сравнению с простейшим циклом.

15. Назвать основные элементы холодильной машины (парокомпрессионной и газовой) и процессы, которые в них совершаются.

16. Условия применения термодинамических циклов с двухступенчатым сжатием хладагента. Что достигается применением сложных циклов. Система обозначения точек цикла. Основные уравнения параметров циклов.

17. Увеличение работы цикла, как результата необратимости процессов. Уравнение Гюи-Стодолы для обратных циклов.

18. Теоретический цикл и схема регенеративной газовой холодильной машины с детандером. Расчет параметров. Преимущества регенеративного цикла перед нерегенеративным.

19. Связь температуры и давления холодильного агента в области насыщения.

20. Нормальная температура кипения холодильного агента, понятие, ее связь с классификацией холодильных агентов по уровню давления.

21. Обратимые циклы-образцы. Условия, которым они должны отвечать. Разновидность обратимых обратных циклов и их применяемость.

22. Зеотропные смеси холодильных агентов. Особенности термодинамических свойств. Применение.

23. Разомкнутые и замкнутые циклы газовых холодильных машин с детандером. Принцип действия и схема регенеративной газовой холодильной машины с разомкнутым вакуумным циклом.

24. Влияние свойств рабочих веществ на эксплуатационные и конструктивные показатели холодильных машин.

25. Дифференциальный и интегральный эффекты дросселирования, изотермический эффект; понятия.

26. Определение с помощью энтропийного метода и анализа необратимых потерь теоретического цикла холодильной машины с одноступенчатым сжатием (сжатие - изоэнтропное, расширение жидкости по i = const).

27. Определение с помощью энтропийного метода анализа необратимых потерь при конечной разности температур при отводе теплоты от источника низкой температуры и при подводе к окружающей среде.

28. Понятие источников низкой температуры (ИНТ), окружающей среды (ОС), высокой температуры (ИВТ). Окружающая среда и ее свойства. Классификация обратных циклов.

29. Термоэлектрическое охлаждение. Физический смысл. Параметры, от которых зависит достигаемый эффект.

30. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием, двухкратным дросселированием и охлаждением сжимаемых паров жидким рабочим веществом. Расчет основных параметров. Условия эффективности.

31. Области применения искусственного холода.

32. Азеотропные смеси холодильных агентов. Особенности термодинамических свойств. Назначение.

33. Холодильная машина как термодинамическая система.

34. Применяемые и наиболее перспективные холодильные агенты среднего давления, их основные физические свойства.

35. Роль взаимодействия смазочного масла с холодильным агентом для нормальной работы холодильной машины. Характер взаимодействия, требования.

36. Воздействие холодильных агентов на озонный слой и глобальное потепление земли. Критерии и требования к холодильным агентам по этим показателям.

37. Процесс дросселирования газа (пара): физический смысл, эффект для реального и идеального газа, точки и линии инверсии. В какой области диаграммы состояния можно ожидать нулевого эффекта от дросселирования.

38. Возможные состояния рабочего вещества, понятие критической точки, тройной точки (изображение на типовой диаграмме состояния).

39. Цикл Лоренца, процессы, изображение в S-T диаграмме. Вывод уравнения для холодильного коэффициента.

40. Вихревой эффект охлаждения: физическая сущность, процессы, тепловой баланс, устройство вихревой трубы, достигаемый эффект охлаждения, сравнение процессов с процессами дросселирования и расширением в детандере с совершением внешней работы.

41. Адиабатическое расширение с совершением внешней работы: физическая сущность процесса и его реализация. Понятия и выражения дифференциального и интегрального эффектов обратимого изоэнтропного расширения, изотермического эффекта.

42. Классификация холодильных машин.

43. Понятие термодинамического процесса и термодинамического цикла. Виды процессов.

44. Принципы выбора. Область применения основных холодильных агентов.

45. Термодинамическое совершенство холодильных агентов. Понятие. Зависимость от относительной величины необратимых потерь.

46. Критическая температура и давление (понятие). Понятие приведенной температуры и приведенного давления. Уравнение состояния для пара рабочего вещества.

47. Применяемость холодильных агентов в зависимости от температурного режима работы холодильной машины.

48. Понятие холодильного коэффициента холодильной машины и коэффициента преобразования теплового насоса. Холодильный коэффициент цикла Карно.

49. Понятие обратимых и необратимых процессов. Источники необратимости в холодильных машинах.

50. Физические принципы получения низких температур при использовании эффектов: пульсационного охлаждения воздуха, десорбции рабочего вещества, электрокалорического. Их суть.

51. Охлаждение с помощью кипения, плавления, сублимации рабочего вещества. Физический смысл. Область диаграммы рабочего вещества, где эти процессы осуществимы. Понятие эвтектических растворов.

52. Влияние переохлаждения жидкого рабочего вещества после конденсатора на удельную холодопроизводительность, работу и холодильный коэффициент теоретического цикла парокомпрессионной холодильной машины.

53. Суть эксергетического метода анализа эффективности холодильных машин. Эксергетическая температурная функция. Эксергетическая холодопроизводительность. Эксергетический КПД холодильной машины.

54. Теоретический цикл и схема нерегенеративной газовой холодильной машины с детандером. Определение удельной холодопроизводительности, работы цикла, холодильного коэффициента, степени необратимости.

55. Определить дифференциальный эффект, интегральный эффект дросселирования, изотермический эффект дросселирования для воздуха при условиях P1=8,0 МПа; T1=293 К; P2=0,1 МПа.

56. Изобразить в S-T диаграмме обратимые циклы холодильной машины (ХМ), теплового насоса (ТН), комбинированной машины (ХМ-ТН) при постоянных температурах источников.

57. Рассчитать холодопроизводительность вихревого охладителя, работающего на воздухе с расходом воздуха 1 кг/с при условиях: P1=0,6 МПа, T1=298 К, P2=0,1 МПа, $\dot{\mu}$=0,4, температурная эффективность охладителя 0,35.

58. Определить давление после компрессора, холодопроизводительность, холодильный коэффициент регенеративного теоретического цикла газовой (воздушной) холодильной машины с детандером при следующих условиях: То.с.=298 К, давление после детандера P2=0,1 МПа, Тинт=243 К, температура после детандера Т4=223 К, 203 К, расход воздуха

1 кг/с.

59. Обосновать выбор холодильного агента для централизованной холодильной установки с водяным охлаждением конденсатора для распределительного мясного холодильника.

60. Обосновать выбор холодильного агента для теплового насоса.

61. Изобразить макет диаграммы состояния S-T с линиями P,T,v,i, S=const в надкритической области. Показать ход линий, обуславливающих стремление ✔i к нулю.

62. Изобразить в S-T диаграмме цикл Карно теплового насоса, описать его процессы. Рассчитать коэффициент преобразования при трех сочетаниях температур источников То.с. и Тивт.

63. С помощью диаграммы S-T определить теплоту испарения азота при давлениях 0,1 и 0,2 МПа.

64. Определить удельную холодопроизводительность, удельную работу и холодильный коэффициент холодильной машины с двухступенчатым сжатием и с двухкратным дросселированием при условиях: Т0=233 К, Тк=303 К, переохлаждение жидкости в конденсаторе 5 К. Холодильный агент R22.

65. Определить удельную холодопроизводительность, удельную работу и холодильный коэффициент холодильной машины с двухступенчатым сжатием, с двухкратным дросселированием и с полным промежуточным охлаждением сжимаемых паров при условиях: Т0=233 К, Тк=303 К, переохлаждении жидкости в конденсаторе 5 К. Холодильный агент R717.

66. Определить давление воздуха перед вихревой трубой Р1 для достижения эффекта охлаждения $\Delta Tx=500$ при условии температурной эффективности $\eta=\Delta Tx/\Delta Ts=0,3$ (Т1=293К).

67. Написать химическую формулу для R142.

68. Написать обозначение фреона, имеющего химформулу C3F8.

69. Определить изотермическую холодопроизводительность и теплопроизводительность адиабатной вихревой трубы при следующих условиях: Р1=0,5 МПа, Т1=298 К, доля холодного воздуха $\mu=0,35$, температурная эффективность охлаждения $\eta=\Delta Tx/\Delta Ts=0,3$. Расход воздуха 1 кг/с.

70. Определить удельную холодопроизводительность, удельную работу и холодильный коэффициент регенеративного цикла холодильной машины с одноступенчатым сжатием при условиях: Т0=253 К, Тк=303 К, переохлаждение жидкости в конденсаторе 5 К, недорегенерация 10 К. Холодильный агент - R 22.

71. Определить удельную холодопроизводительность, удельную работу и холодильный коэффициент нерегенеративного цикла холодильной машины с одноступенчатым сжатием при условиях: Т0= 253 К, Тк=303 К, переохлаждение жидкости в конденсаторе 5 К, перегрев пара перед компрессором 5 К. Холодильный агент - R 12.

72. Изобразить макет диаграммы состояния S-T с линиями P,T,v,i,S, X = const в подкритической области. Указать размерность параметров состояния.

73. Холодильный агент высокого, среднего и низкого давления. Примеры. Области применения.

74. Изобразить макет диаграммы состояния S-T с надкритической, подкритической областью и с областью твердой фазы с линиями P,T,v,i, S = const (по образцу диаграммы для CO2).

75. Определить температуру после детандера, удельную холодопроизводительность, удельный расход энергии и холодильный коэффициент нерегенеративного теоретического цикла газовой (воздушной) холодильной машины с детандером при следующих условиях: То.с.=298 К, Тинт=243 К, давление после детандера Р1=0,1 МПа, давление после компрессора Р2=0,3; 0,5; 0,8 МПа.

76. Влияние химического состава холодильного агента на его озоноразрушающие свойства.

77. Возможно ли применение R23 для теплового насоса. Обосновать.

78. Определить эксергетический КПД холодильной машины, имеющей холодильный коэффициент 1,0 (Тинт=233 К, Тос=293 К).

79. Рассчитать и построить график зависимости холодильного коэффициента цикла Карно от Тинт при Тос = 303 К (Тинт изменять в пределах 233...263 К).

80. Принцип обозначения холодильных агентов. Классификация холодильных агентов по уровню давления.

Пример тестового задания

1. Обратимый цикл состоит из
=обратимых процессов
~обратных процессов
~обратимых и необратимых процессов
~обратимых и изоэнтальпийных процессов

2. Что такое воздушная холодильная машина?
=Газовая холодильная машина с воздухом как хладагентом
~Холодильная машина для охлаждения воздуха
~Холодильная машина для осушения воздуха
~Установка ожижения воздуха

3. Азеотропные смеси...
=Ведут себя как моновещество
~Имеют температурный глайд
~Имеют малую теплоту парообразования
~Все перечисленное

4. Перенос тепла с более низкого уровня температуры на более высокий, осуществляет
=холодильный агент
~хладоноситель
~компрессор
~капиллярная трубка

5. Литр жидкого азота, испаряясь, образует примерно …
=700 литров газа
~100 литров газа
~1000 литров газа

~3000 литров газа

Темы для подготовки к защите лабораторных работ

1. Конструкция вихревой трубы.
2. Схема работы вихревой трубы.
3. Вихревой эффект охлаждения: физическая сущность.
4. Вихревой эффект охлаждения: тепловой баланс,
5. Вихревой эффект охлаждения: процессы на диаграмме.
6. Достигаемый эффект охлаждения вихревой трубы.
7. Сравнение процессов вихревой трубы с процессами дросселирования и расширением в детандере с совершением внешней работы.

7.3.2. Промежуточная аттестация

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».

Примерные вопросы к экзамену

1. Теоретический цикл и схема каскадной ХМ. Условия применения. Выбор холодильных агентов. Расчет параметров.
2. Сокращение необратимых потерь путем перехода к сложным циклам с двухступенчатым (многоступенчатым сжатием). Элементы сложной принципиальной схемы. Основные условия перехода к двухступенчатому сжатию.
3. Соотношения между дифференциальными эффектами дросселирования и обратимого изоэнтропного расширения.
4. Свойства холодильных агентов, оказывающие влияние на размеры и эксплуатационные показатели холодильных компрессоров и машин. Их качественное влияние.
5. Внутренняя и внешняя необратимость, понятие. Внутренне обратимые процессы. Внешне обратимые процессы. Классификация термодинамических процессов по признаку обратимости.
6. Параметры состояния рабочего вещества: термические, калорические.
7. Эксергетическая температурная функция. Формула. График. Эксергетическая холодопроизводительность. Эксергетическая теплопроизводительность ТН.
8. Требования к холодильным агентам по химической стабильности.
9. Физиологическое воздействие холодильных агентов. Критерии, требования к физиологическим свойствам.

10. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием, дросселированием и промежуточным охлаждением сжимаемых паров, впрыском жидкого рабочего вещества. Расчет параметров. Область применения. Достигаемый эффект повышения холодильного коэффициента.

11. Регенеративный теоретический цикл и схема ХМ с одноступенчатым сжатием. Влияние термодинамических свойств рабочего вещества на эффективность его применения. Определение холодопроизводительности работы и холодильного коэффициента.

12. Обобщенный цикл Карно, процессы, изображение в S-T диаграмме. Его холодильный коэффициент.

13. Назначение обратимых обратных циклов (образцов). В каких случаях используют цикл Карно, обобщенный цикл Карно, цикл Лоренца.

14. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием с двухкратным дросселированием. Условия применения. Расчет параметров. Чем объясняется повышение холодильного коэффициента этого цикла по сравнению с простейшим циклом.

15. Назвать основные элементы холодильной машины (парокомпрессионной и газовой) и процессы, которые в них совершаются.

16. Условия применения термодинамических циклов с двухступенчатым сжатием хладагента. Что достигается применением сложных циклов. Система обозначения точек цикла. Основные уравнения параметров циклов.

17. Увеличение работы цикла, как результата необратимости процессов. Уравнение Гюи-Стодолы для обратных циклов.

18. Теоретический цикл и схема регенеративной газовой холодильной машины с детандером. Расчет параметров. Преимущества регенеративного цикла перед нерегенеративным.

19. Связь температуры и давления холодильного агента в области насыщения.

20. Нормальная температура кипения холодильного агента, понятие, ее связь с классификацией холодильных агентов по уровню давления.

21. Обратимые циклы-образцы. Условия, которым они должны отвечать. Разновидность обратимых обратных циклов и их применяемость.

22. Зеотропные смеси холодильных агентов. Особенности термодинамических свойств. Применение.

23. Разомкнутые и замкнутые циклы газовых холодильных машин с детандером. Принцип действия и схема регенеративной газовой холодильной машины с разомкнутым вакуумным циклом.

24. Влияние свойств рабочих веществ на эксплуатационные и конструктивные показатели холодильных машин.

25. Дифференциальный и интегральный эффекты дросселирования, изотермический эффект; понятия.

26. Определение с помощью энтропийного метода и анализа необратимых потерь теоретического цикла холодильной машины с одноступенчатым сжатием (сжатие - изоэнтропное, расширение жидкости по i = const).

27. Определение с помощью энтропийного метода анализа необратимых потерь при конечной разности температур при отводе теплоты от источника низкой температуры и при подводе к окружающей среде.

28. Понятие источников низкой температуры (ИНТ), окружающей среды (ОС), высокой температуры (ИВТ). Окружающая среда и ее свойства. Классификация обратных циклов.

29. Термоэлектрическое охлаждение. Физический смысл. Параметры, от которых зависит достигаемый эффект.

30. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием, двухкратным дросселированием и охлаждением сжимаемых паров жидким рабочим веществом. Расчет основных параметров. Условия эффективности.

31. Области применения искусственного холода.

32. Азеотропные смеси холодильных агентов. Особенности термодинамических свойств. Назначение.

33. Холодильная машина как термодинамическая система.

34. Применяемые и наиболее перспективные холодильные агенты среднего давления, их основные физические свойства.

35. Роль взаимодействия смазочного масла с холодильным агентом для нормальной работы холодильной машины. Характер взаимодействия, требования.

36. Воздействие холодильных агентов на озонный слой и глобальное потепление земли. Критерии и требования к холодильным агентам по этим показателям.

37. Процесс дросселирования газа (пара): физический смысл, эффект для реального и идеального газа, точки и линии инверсии. В какой области диаграммы состояния можно ожидать нулевого эффекта от дросселирования.

38. Возможные состояния рабочего вещества, понятие критической точки, тройной точки (изображение на типовой диаграмме состояния).

39. Цикл Лоренца, процессы, изображение в S-T диаграмме. Вывод уравнения для холодильного коэффициента.

40. Вихревой эффект охлаждения: физическая сущность, процессы, тепловой баланс, устройство вихревой трубы, достигаемый эффект охлаждения, сравнение процессов с процессами дросселирования и расширением в детандере с совершением внешней работы.

41. Адиабатическое расширение с совершением внешней работы: физическая сущность процесса и его реализация. Понятия и выражения дифференциального и интегрального эффектов обратимого изоэнтропного расширения, изотермического эффекта.

42. Классификация холодильных машин.

43. Понятие термодинамического процесса и термодинамического цикла. Виды процессов.

44. Принципы выбора и область применения основных холодильных агентов.

45. Термодинамическое совершенство холодильных агентов. Понятие. Зависимость от относительной величины необратимых потерь.

46. Критическая температура и давление (понятие). Понятие приведенной температуры и приведенного давления. Уравнение состояния для пара рабочего вещества.

47. Применяемость холодильных агентов в зависимости от температурного режима работы холодильной машины.

48. Понятие холодильного коэффициента холодильной машины и коэффициента преобразования теплового насоса. Холодильный коэффициент цикла Карно.

49. Понятие обратимых и необратимых процессов. Источники необратимости в холодильных машинах.

50. Физические принципы получения низких температур при использовании эффектов: пульсационного охлаждения воздуха, десорбции рабочего вещества, электрокалорического. Их суть.

51. Охлаждение с помощью кипения, плавления, сублимации рабочего вещества. Физический смысл. Область диаграммы рабочего вещества, где эти процессы осуществимы. Понятие эвтектических растворов.

52. Влияние переохлаждения жидкого рабочего вещества после конденсатора на удельную холодопроизводительность, работу и холодильный коэффициент теоретического цикла парокомпрессионной холодильной машины.

Образец экзаменационного билета

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

Факультет **ХТиБ** Кафедра **Техника низких температур**
Дисциплина **Теоретические основы низкотемпературной техники**
Направление**16.03.03**
Курс 4, группа **201-551,** форма обучения **очная**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1.

1. Понятие холодильного коэффициента холодильной машины и коэффициента преобразования теплового насоса. Холодильный коэффициент цикла Карно.

2. Термоэлектрическое охлаждение. Физический смысл. Параметры, от которых зависит достигаемый эффект.

3. Практическое задание. Изобразить в S-T диаграмме теоретический цикл одноступенчатой холодильной машины, рассчитать удельную холодопроизводительность цикла, работу цикла, холодильный коэффициент, эксергетический КПД при условиях: рабочее вещество R 22, температура конденсации Тк=303 К, температура кипения Т0=273 и 253 К, Тос=Тк.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Теоретические основы низкотемпературной техники».

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.
Удовлетвори-тельно	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.
Неудовлетвори-тельно	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.
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.
Не зачтено	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.