Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 13:48:58
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
Декан
_____ / А.С. Соколов /
« 27 » февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Холодильные машины»

Направление подготовки
16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль
Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация
бакалавр

Форма обучения
очная

Москва, 2025 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.....5
3.3 Содержание дисциплины.....5
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 10
7. Фонд оценочных средств.....10
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения.....10
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения.....11
7.3 Оценочные средства.....11

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Холодильные машины» следует отнести обучение студентов конструкции существующих типов холодильных машин, а также умению выбора конкретной холодильной машины для условий заказчика.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Холодильные машины» следует отнести:

– изучение законов термодинамики применительно к низкотемпературным процессам и циклам;

– приобретение навыков термодинамического анализа способов охлаждения, выборе рабочих веществ.

Обучение по дисциплине «Холодильные машины» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-3. Способен разрабатывать методику расчёта 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 числу профессиональных дисциплин части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Холодильные машины» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– «Теоретические основы низкотемпературной техники»;

– «Основы проектирования низкотемпературных систем».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(е) единиц(ы) (108 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	
			7	
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**	
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	36	
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18	
1.3	Лабораторные занятия			
2	**Самостоятельная работа**	**54**	**54**	
	В том числе:			
2.1	Проработка лекционного материала	18	18	
2.2	Подготовка к семинарам	36	36	
2.3	Подготовка к лабораторным работам			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**зачет**	**зачет**	
	Итого	**108**	**108**	

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	
1	Раздел 1. Парокомпрессионные холодильные машины	40	16	10		14
2	Раздел 2. Абсорбционные холодильные машины	20	8	2		10
3	Раздел 3. Пароводяные эжекторные холодильные машины	14	2	2		10
4	Раздел 4. Газовые холодильные машины	22	8	4		10
5	Раздел 5. Термоэлектрические холодильные машины	12	2			10
Итого		**108**	**36**	**18**		**54**

3.3 Содержание дисциплины

1. Парокомпрессионные холодильные машины

Разновидность и классификация ПКХМ. Признак классификации по уровню температур охлаждения, величине холодопроизводительности, типу принципиальной схемы, способу охлаждения конденсатора, способу охлаждения объекта, типу принятого компрессора, способу агрегатирования, области применения. Обозначение ПКХМ.

Основы анализа эффективности и оптимизации ПКХМ. Оптимизация холодильных машин и основных теплообменных аппаратов. Основы построения САПР холодильных систем.

Рабочие схемы и конструкции ПКХМ. Холодильные машины для различных отраслей промышленности. Холодильные машины для предприятий торговли. Холодильные машины для хранилищ продукции. Холодильные машины для систем кондиционирования воздуха. Транспортные холодильные машины.

2. Абсорбционные холодильные машины

Значение абсорбционных АХМ по использованию топливно-энергетических ресурсов для получения холода. Принцип действия АХМ. Рабочие вещества для АХМ и предъявляемые к ним требования. АХМ периодического действия. Преимущества и недостатки.

Основы термодинамики растворов. Процессы смешения, кипения, абсорбции дросселирования и ректификации. Тепловые диаграммы в координатах концентрация-теплосодержание.

Абсорбционные водоаммиачные холодильные машины (АВХМ). Циклы одноступенчатых АВХМ. Расчет аналитический и графический. Регенеративная АВХМ. Комбинированные циклы. Условия перехода к комбинированным циклам. Циклы ступенчатые в тепловой и холодильной части. Комбинированные циклы с механическим компрессором и эжектором.

Резорбционная АВХМ. Компрессионно-резорбционная АВХМ. Конструктивное оформление аппаратов АВХМ и их компоновка.

Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ). Принципиальная схема одноступенчатой АБХМ. Рабочие процессы и их тепловой расчет в тепловой диаграмме. Адиабатно-изобарная абсорбция. Высокотемпературные АБХМ с двухступенчатой генерацией. Схемы и тепловой расчет процессов. Расчетные режимы и параметрический ряд АБХМ. Конструктивное оформление АБХМ. Схемы использования АБХМ для хладотеплоснабжения.

Эффективность применения АХМ.

3. Пароводяные эжекторные холодильные машины

Назначение и области применения. Принципиальная схема. Схемы с поверхностным и смешивающим конденсаторами. Основы теории и расчета. Необратимые потери в действительном цикле. Характеристики. Конструкции ЭХМ. Удельные показатели и энергетическая оценка.

4. Газовые холодильные машины

Типы ГХМ. Воздушные холодильные машины (ВХМ). Сравнительная эффективность ВХМ и ПКХМ. Регенеративные ВХМ с детандером. Замкнутые и разомкнутые циклы. Конструкции ГХМ с детандерами. Воздушная турбохолодильная машина ТХМ 1-25.

5. Термоэлектрические холодильные машины

Основные положения термоэлектрического охлаждения. Режим работы термоэлементов. Энергетическая эффективность применения термоэлектрического охлаждения. Перспективы применения.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

1. Парокомпрессионные холодильные машины. Построение процессов в диаграммах. Расчет основных параметров.
2. Абсорбционные холодильные машины. Построение процессов в диаграммах. Расчет основных параметров.
3. Газовые холодильные машины. Построение процессов в диаграммах. Расчет основных параметров.

3.4.2. Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 59972-2021 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования. - М.: ФГБУ "РСТ", 2022.
2. Реферат оформляется согласно требованиям ГОСТ 7.32-2001 «Отчёт о научно-исследовательской работе».

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.

4.3 Дополнительная литература

1. Леонов, В. П. Абсорбционные холодильные машины : учебно-методическое пособие / В. П. Леонов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-7038-5383-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/205679 (дата обращения: 28.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Иващенко, Е. Ю. Холодильные машины : учебно-методическое пособие / Е. Ю. Иващенко, А. С. Зверок. — Минск : БНТУ, 2020. — 82 с. — ISBN 978-985-583-142-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/247946 (дата обращения: 28.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Карнаух, В. В. Теплоиспользующие холодильные машины и тепловые насосы : учебное пособие / В. В. Карнаух, М. А. Пундик, Ю. В. Пьянкова. — Донецк : ДонНУЭТ имени Туган-Барановского, 2019. — 112 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/461216 (дата обращения: 28.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

ЭОР по данной дисциплине не разработан. Предусмотрено частичное использование ЭОР:

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

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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.

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, семинарским (практическим) занятиям
- подготовка к контрольным работам
- 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
- Контрольные работы
- Рефераты

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

Комплект заданий для контрольной работы

1. Системы критериев эффективности холодильных систем (приведенные затраты, удельные приведенные затраты, безразмерные затраты).
2. Тепловые диаграммы для абсорбционных холодильных машин.
3. Рабочие схемы и конструкции парокомпрессионных ходильных машин.
4. Сопоставление газовых и парокомпрессионных холодильных машин.
5. Графический расчет цикла абсорбционной холодильной машины.

Темы рефератов

1. Термоэлектрические охладители малой мощности.
2. Двухступенчатые парокомпрессионные холодильные машины.

3. Двухступенчатые АБХМ.
4. Методы эксергетического анализа систем.
5. Пароэжекторные холодильные машины на природных хладагентах.

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».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Холодильные машины».

Примерные вопросы к зачету

1. Классификация парокомпрессионных холодильных машин. Диапазон холодопроизводительности и температур охлаждения. Области применения.
2. Весовая и мольная концентрация раствора. Материальный и тепловой баланс процесса смешения компонентов раствора.
3. Система автоматизированного проектирования холодильных машин (САПР).
4. Рабочие схемы и конструкции парокомпрессионных холодильных машин.
5. Схема и теоретический цикл абсорбционной холодильной машины. Понятие кратности циркуляции раствора.
6. Воздушная холодильная машина. Замкнутые и разомкнутые процессы.
7. Бромистолитевая абсорбционная холодильная машина. Конструкция аппаратов.
8. Эжекторная холодильная машина. Принципиальная схема. Преимущества и недостатки.
9. Характерные параметры холодильных систем (режимные, технические, экономические).
10. Основные процессы бинарных смесей в тепловой диаграмме концентрация-энтальпия.

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.
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.