Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 03.07.2025 13:24:14
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

«Рабочие вещества низкотемпературных систем»

Направление подготовки
16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль **«Криогенные технологии индустрии водорода и систем сжиженного газа»**

Квалификация
Магистр

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 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
5. Материально-техническое обеспечение 9
6. Методические рекомендации 9
7. Фонд оценочных средств 11

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «**Рабочие вещества низкотемпературных систем**» следует отнести:

– изучение разделов техники низких температур, касающихся рационального выбора и применения рабочих веществ в холодильных машинах и системах низкопотенциальной энергетики.

К **основным задачам** освоения дисциплины «**Рабочие вещества низкотемпературных систем**» следует отнести:

– освоение методологии, анализа и выбора принципов и методов измерений, испытаний и контроля физических величин в условиях автомобиле- и тракторостроения, освоение методов и условий проведения поверки и калибровки, определения номенклатуры проверяемых параметров, порядка определения и обработки полученной информации при измерении и контроле.

Обучение по дисциплине «Рабочие вещества низкотемпературных систем» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 - готовность использовать прикладное и специализированное программное обеспечение	ИПК-2.1 Знает прикладные компьютерные программы для разработки технической документации и создания презентаций ИПК-2.2 Умеет применять программные средства общего и специального назначения для интеллектуальной обработки полученных данных и цифрового моделирования путей их применения ИПК-2.3 Умеет применять программы дополненной и виртуальной реальности для параллельного цифрового проектирования изделия по тематике и моделирования путей его разработки и изготовления
ПК-3 - готовность осуществлять сбор и анализ информации и проводить проектирование и расчет систем жизнеобеспечения	ИПК-3.1 Знает теорию создания систем жизнеобеспечения, терморегулирования и агрегатов пневмогидравлических систем ИПК-3.2 Знает методологию создания моделей, описывающих функционирование систем жизнеобеспечения, терморегулирования и агрегатов пневмогидравлических систем ИПК-3.3 Умеет осуществлять своевременный сбор и анализ информации (данных) о передовых технологических решениях для выявления наилучших параметров с последующим применением их в разработке тематической продукции ИПК-3.4 Умеет применять методики проведения общих и специальных расчетов по тематике для получения необходимых технических данных

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина «Рабочие вещества низкотемпературных систем» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- «Низкопотенциальные энергоустановки».
- «Перспективы развития низкотемпературных систем и установок»
- «Расчет и проектирование машин, аппаратов и установок холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения».

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	
			1	
1	**Аудиторные занятия**	**48**	**48**	
	В том числе:			
1.1	Лекции	16	16	
1.2	Семинарские/практические занятия	32	32	
1.3	Лабораторные занятия			
2	**Самостоятельная работа**	**96**	**96**	
	В том числе:			
2.1	Проработка лекционного материала	32	32	
2.2	Подготовка к семинарам	64	64	
2.3	Подготовка к лабораторным работам			
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

Лекция 1 «Введение»
Тема 1 «История применения хладагентов»
Лекция 2 «Экологическая оценка хладагентов.»
Тема 2 «Экология и хладагенты»
Лекция 3 «Разрушение озона и глобальное потепление»
Тема 2 «Экология и хладагенты»
Лекция 4 «Классификация и обозначение рабочих веществ»
Тема 3 «Классификация и обозначение рабочих веществ»
Лекция 5 «Фреоны»
Тема 4 «Применение фреонов и альтернативные хладагенты»
Лекция 6 «Природные хладагенты»

Тема 5 «Альтернативные хладагенты»
Лекция 7 «Озонобезопасные фреоны»
Тема 5 «Альтернативные хладагенты»
Лекция 8 «Хладоносители. Классификация и свойства»
Тема 6 «Хладоносители»
Лекция 9 «Хладоносители новых поколений»
Тема 6 «Современные хладоносители»
Тема 7 «Холодильные масла»

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Хладагенты**						
	Тема 1. История применения хладагентов	**6**	2				4
	Тема 2. Экологическая оценка хладагентов	**6**	2				4
	Тема 3. Классификация и обозначение рабочих веществ	**18**	2	4			12
	Тема 4. Применение фреонов и альтернативные хладагенты	**18**	2	4			12
	Тема 5. Альтернативные хладагенты	**66**	2	20			44
2	**Раздел 2. Хладоносители**						
	Тема 6. Хладоносители. Классификация и свойства	**12**	2	2			8
	Тема 7. Хладоносители новых поколений	**12**	2	2			8
3	**Раздел 3. Холодильные масла**						
	Тема 8. Холодильные масла	**6**	2				4
	Итого	**144**	**16**	**32**			**96**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Хладагенты
Тема 1. История применения хладагентов
Тема 2. Экологическая оценка хладагентов. Разрушение озона и глобальное потепление.
Тема 3. Классификация и обозначение рабочих веществ
Тема 4. Применение фреонов и альтернативные хладагенты. Фреоны.
Тема 5. Альтернативные хладагенты. Природные хладагенты.

Раздел 2. Хладоносители
Тема 6. Хладоносители. Классификация и свойства. История применения.
Тема 7. Хладоносители новых поколений. Современные хладоносители

Раздел 3. Холодильные масла
Тема 8. Холодильные масла. Типы и свойства масел.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

1. «Использование диаграмм состояния вещества для расчетов и анализа. Узловые точки цикла.»
2. «Расчет холодильного парокомпрессионного (парожидкостного) цикла.»
3. «Расчет холодильного парокомпрессионного (газожидкостного) цикла.», «Расчет цикла газовых холодильных машин.»
4. «Использование специализированных сайтов и ПО для анализа состояния вещества.»
5. «Использование специализированных сайтов и ПО для расчетов циклов.»
6. «Построение циклов холодильных машин с использованием электронных таблиц.»
7. «Расчет объема заправки холодильной системы»
8. «Расчет параметров хладоносителей, определение необходимой концентрации активного вещества.»

3.4.2. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Расчёт параметров термодинамических циклов рабочих веществ углеводородного происхождения:

- Бутан
- Бутилен
- Этилен
- Пропан
- Пропилен
- Пентан

- Изопентан
- Неопентан
- Гексан
- Изогексан
- Гептан
- Изогептан
- Октан

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 33662.4-2015 (ISO 5149-4:2014) Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление [Текст]. - Введ. 2017-07-01. - М. : Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2016.
2. ГОСТ 5546-86 Масла для холодильных машин. Технические условия (с Изменениями N 1, 2) [Текст]. - Введ. 1988-01-01. - Нефть и нефтепродукты. Масла. Технические условия. Сборник ГОСТов. - М.: Стандартинформ, 2011.
3. ГОСТ ISO 817-2014 Хладагенты. Система обозначений [Текст]. - Введ. 2015-09-01. - М.: Стандартинформ, 2014.

4.2 Основная литература

1. Усов, А. В. Актуальные проблемы и перспективы развития низкотемпературной техники : учебное пособие / А. В. Усов. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 136 с. — ISBN 978-5-8353-2675-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162592 (дата обращения: 18.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3 Дополнительная литература

нет

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Рабочие вещества низкотемпературных систем
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=2163

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, семинарским (практическим) занятиям
- подготовка и защита курсовой 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
- Курсовая 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. Что представляют собой фреоны, и как они были получены.
2. Преимущества фреонов перед другими агентами.
3. Четыре поколения хладагентов.
4. Классификация хладагентов.
5. Требования к хладагентам.
6. Основные принципы буквенно-цифрового обозначения хладагентов.
7. Экологические показатели хладагентов.
8. Показатель TEWI.
9. Механизм разрушения стратосферного озона.
10. Какие вещества могут разрушать озон.
11. Механизм глобального потепления.
12. Основные парниковые газы.
13. Международные соглашения по ограничениям применения хладагентов.
14. Основные альтернативные хладагенты и их свойства и особенности (ограничения).
15. Основные природные хладагенты и их свойства и особенности (ограничения).
16. Системы с непосредственным кипением хладагента и промежуточным охлаждением.
17. Достоинства и недостатки систем с непосредственным кипением хладагента.
18. Достоинства и недостатки систем с промежуточным охлаждением.
19. Классификация хладоносителей.
20. Взаимодействие хладоносителей с конструкционными материалами.
21. Факторы, влияющие на коррозионную активность хладоносителя.
22. Факторы опасности хладоносителя.
23. Требования к хладоносителям.
24. Как выбрать хладоноситель.
25. Наиболее распространенные хладоносители.
26. Безопасные хладоносители нового поколения.
27. Показатели LD50 и LC50.
28. Достоинства и недостатки систем с промежуточным охлаждением.
29. Классификация хладоносителей.
30. Взаимодействие хладоносителей с констукционными материалами.

Пример тестового задания.

1. Чем опасен фосген?
=токсичен
~взрывоопасен
~горюч
~не опасен

2. Регенерация хладагента — это…

=Полное восстановление свойств использованного хладагента с доведением его характеристик до уровня, соответствующего техническим требованиям к вновь произведенному продукту

~Удаление или передача продукта в другое место, как правило, для утилизации или уничтожения

~Извлечение хладагента в любом состоянии из холодильной системы с последующим его хранением во внешней емкости

~Применение извлеченного хладагента по назначению без выполнения операции по удалению загрязняющих веществ

3. Когда был синтезирован первый фреон?

~В 1910 годах

=В 1930 годах

~В 1950 годах

~В 1970 годах

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. Что представляют собой фреоны, и как они были получены.
2. Преимущества фреонов перед другими агентами.
3. Четыре поколения хладагентов.
4. Классификация хладагентов.
5. Требования к хладагентам.
6. Основные принципы буквенно-цифрового обозначения хладагентов.
7. Экологические показатели хладагентов.
8. Показатель TEWI.
9. Механизм разрушения стратосферного озона.
10. Какие вещества могут разрушать озон.
11. Механизм глобального потепления.
12. Основные парниковые газы.
13. Международные соглашения по ограничениям применения хладагентов.
14. Основные альтернативные хладагенты и их свойства и особенности (ограничения).
15. Основные природные хладагенты и их свойства и особенности (ограничения).
16. Системы с непосредственным кипением хладагента.

17. Достоинства и недостатки систем с непосредственным кипением хладагента.
18. Достоинства и недостатки систем с промежуточным охлаждением.
19. Классификация хладоносителей.
20. Взаимодействие хладоносителей с конструкционными материалами.
21. Факторы, влияющие на коррозионную активность хладоносителя.
22. Факторы опасности хладоносителя.
23. Требования к хладоносителям.
24. Как выбрать хладоноситель.
25. Наиболее распространенные хладоносители.
26. Безопасные хладоносители нового поколения.
27. Показатели LD50 и LC50.
28. Достоинства и недостатки систем с промежуточным охлаждением.
29. Системы с промежуточным охлаждением.

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 **Рабочие вещества низкотемпературных систем**
Направление **16.04.03**
Курс 1 группа **224-551,** форма обучения **очная**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1.

1. Требования к хладоносителям.
2. Классификация хладагентов.
3. Практическое задание. Расчитать холодильный коэффициент машины с t0=-20, tk=+10, хладагент R134a.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Рабочие вещества низкотемпературных систем».

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.