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

«Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники»

Направление подготовки
16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль
Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

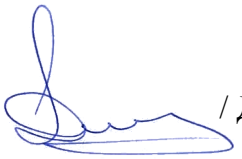
Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

доцент каф. «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы,
к.т.н.

 /М.А. Угольникова/

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.....6
3.5 Тематика лабораторных занятий.....6
3.6 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.....7
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение.....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 9
7. Фонд оценочных средств.....10
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения.....10
7.3 Оценочные средства.....10

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники» следует отнести:

– освоение студентами современных методов расчета, конструирования и технологии изготовления аппаратов холодильных и криогенных установок;

– формирование профессиональной подготовки студентов по направлению.

К основным задачам освоения дисциплины «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники» следует отнести:

– освоение методологии, анализа и выбора принципов и методов расчета и проектирования тепломассообменных аппаратов техники низких температур,

– освоение методов и условий проведения подбора аппаратов,

– определение номенклатуры рассчитываемых параметров, порядка определения и обработки полученной информации при расчете и проектировании.

Обучение по дисциплине «Тепломассообменные аппараты 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	ИПК-3.5 Умеет выбирать методы и алгоритм конструирования узловых соединений, стыков и соединений элементов системы холодоснабжения ИПК-3.6 Умеет определять необходимый перечень расчетов для проектирования системы холодоснабжения ИПК-3.7 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 ИПК-3.8 Умеет выбирать наиболее эффективную конструктивную схему системы холодоснабжения

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники» входит в обязательную часть Блока 1 основной образовательной программы бакалавриата по направлению 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники» составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

Дисциплина «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники»

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			5	
1	**Аудиторные занятия**	**72**	72	
	В том числе:			

1.1	Лекции	36	36	
1.2	Семинарские/практические занятия	28	28	
1.3	Лабораторные занятия	8	8	
2	**Самостоятельная работа**			
	В том числе:	**72**	**72**	
2.1	Тестирование	18	18	
2.2	Выполнение курсовой работы	36	36	
2.2	Подготовка к лабораторным работам	18	18	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**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	
1	Тема 1. Общие сведения об аппаратах низкотемпературных систем	**6**	2			4
2	Тема 2. Основные формулы для расчета теплообменных аппаратов	**22**	10	4		8
3	Тема 3. Нестационарная теплопроводность в условиях льдообразования и образования инея	**40**	6	6	4	24
4	Тема 4. Конденсаторы и конденсаторные комплексы	**24**	6	6		12
5	Тема 5. Испарители холодильных систем	**24**	6	6		12
6	Тема 6. Теплообменные аппараты и градирни	**28**	6	6	4	12
	Итого	**144**	**36**	**28**	**8**	**72**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Общие сведения об аппаратах низкотемпературных систем

Лекция 1. Общие сведения об аппаратах холодильных установок

Лекция 2. Наиболее распространенные аппараты холодильных систем

Тема 2. Основные формулы для расчета теплообменных аппаратов

Лекция 3. Основные формулы для расчета теплообменных аппаратов

Лекция 4. Основные зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи ч.1

Лекция 5. Основные зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи ч.2

Лекция 6. Основные зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи ч.3

Лекция 7. Оребрение. Влаговыпадение на охлаждаемой поверхности низкотемпературного оборудования

Тема 3. Нестационарная теплопроводность в условиях льдообразования и образования инея

Лекция 8. Теплообмен при образовании инея на охлаждаемой поверхности (ч.1)

Лекция 9. Теплообмен при образовании инея на охлаждаемой поверхности (ч.2)

Лекция 10. Нестационарная теплопроводность в условиях льдообразования на охлаждаемой поверхности

Тема 4. Конденсаторы и конденсаторные комплексы

Лекция 11. Конденсаторы и конденсаторные комплексы (ч.1)

Лекция 12. Конденсаторы и конденсаторные комплексы (ч.2)

Лекция 13. Особенности эксплуатации конденсаторов

Тема 5. Испарители холодильных систем

Лекция 14. Испарители (ч.1)

Лекция 15. Испарители (ч.2)

Лекция 16. Воздухоохладители

Тема 6. Теплообменные аппараты и градирни

Лекция 17. Теплообменное оборудование

Лекция 18. Градирни

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

Тема 2. Основные формулы для расчета теплообменных аппаратов

Семинар 1. Расчет коэффициента теплоотдачи

Семинар 2. Расчет теплового потока

Тема 3. Нестационарная теплопроводность в условиях льдообразования и образования инея

Семинар 3. Расчет динамики образования инея

Семинар 4. Расчет динамики образования льда на внешней поверхности трубы

Семинар 5. Расчет динамики образования льда на оребренной поверхности

Тема 4. Конденсаторы и конденсаторные комплексы

Семинар 6. Расчет КВО

Семинар 7. Расчет пластинчатого конденсатора

Семинар 8. Расчет пластинчатого конденсатора (ч2)

Тема 5. Испарители холодильных систем

Семинар 9. Расчет воздухоохладителя

Семинар 10. Расчет воздухоохладителя (ч2)

Семинар 11. Расчет пластинчатого испарителя

Тема 6. Теплообменные аппараты и градирни

Семинар 12. Расчет кожухотрубного теплообменника (ч1)

Семинар 13. Расчет кожухотрубного теплообменника (ч2)

Семинар 14. Расчет градирни

3.5 Тематика лабораторных занятий

Тема 3. Нестационарная теплопроводность в условиях льдообразования и образования инея

Лабораторная работа 1. Намораживание льда на внешней поверхности трубы

Лабораторная работа 2. Намораживание льда на внутренней поверхности трубы

Тема 6. Теплообменные аппараты и градирни

Лабораторная работа 3. Теплообмен в сухой градирне
Лабораторная работа 4. Определение режимов работы теплообменных аппаратов

3.6 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Тема 6. Теплообменные аппараты и градирни
- Расчет кожухотрубного испарителя
- Расчет кожухотрубного конденсатора
- Расчет пластинчатого испарителя
- Расчет пластинчатого конденсатора
- Расчет воздухоохладителя
- Расчет конденсатора воздушного охлаждения
- Расчет регенеративного теплообменника

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

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

4.2 Основная литература

1. Приданцев, А. С. Теплообменные аппараты холодильных установок : учебно-методическое пособие / А. С. Приданцев, Д. Д. Ахметлатыйпова, В. В. Акшинская. — Казань : КНИТУ, 2017. — 120 с. — ISBN 978-5-7882-2247-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/138369 (дата обращения: 30.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3 Дополнительная литература

1. Теплообменные аппараты энергоустановок : учебное пособие / А. В. Делков, А. А. Кишкин, Д. В. Черненко, Ю. Н. Шевченко. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2021. — 96 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/269951 (дата обращения: 28.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Маринюк Б.Т. Расчет теплообмена в аппаратах и системах низкотемпературной техники. - М.: Машиностроение. 2015. - 272 с.

3. Маринюк Б.Т. Вакуумно-испарительные холодильные установки, теплообменники и газификаторы техники низких температур. - М.: Энергоатомиздат. 2003. - 208 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. ЭОР «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники»
URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=5600

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

5. Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где предусмотрена демонстрация фильмов, слайдов или использование раздаточных материалов. Аудитории АВ2214 и АВ2209. Лаборатория кафедры «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы.

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.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники» необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

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 раскрывать 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 – 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.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, лабораторных занятиям и выполнение практических работ и лабораторных работ.
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала
- написание и защита реферата по предложенной теме

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.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

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 и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники»

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Тестирование	Оценка преподавателя «зачтено», если результат тестирования по шкале (приложение Б) составляет более 41 %.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

6.2.1. Шкала оценивания тестирования

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

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

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

7.3.1.1. Пример тестовых заданий:

1. Что нельзя отнести к преимуществам конденсаторов воздушного охлаждения?
a.низкий уровень шума
b. надежность
c. дешевезна констркции
d. простая эксплуатация

2. Какой тип воздухоохладителей не относиться к контактным?
a. с пенным режимом
b. форсуночные
c. с орошаемой насадкой
d. непосредственного охлаждения

3. В каких аппаратах используют процесс избирательного поглощения компонента смеси.?
a. теплообменный аппарат
b. компрессор
c. абсорбер
d. ресивер

7.3.2. Промежуточная аттестация

7.3.2.1. Вопросы к экзамену по модулю «Тепломассообменные аппараты низкотемпературной техники»:

1. Классификация конденсаторов
2. Конденсаторные комплексы
3. Классификация конденсаторов бытовых холодильников
4. Каскадные холодильные установки, схема, теплообменные аппараты
5. Виды кожухотрубных аппаратов
6. Испарительный конденсатор, принцип работы, схема
7. Конденсатор воздушного охлаждения, принцип работы, схема
8. Виды пластинчатых теплообменных аппаратов, принцип работы
9. Пластинчато-ребристые теплообменные аппараты, принцип работы, область применения
10. Оребрение, коэффициент оребрения
11. Виды расчетов теплообменных аппаратов холодильных машин
12. Конструктивные особенности современных воздушных конденсаторов.
13. Вентиляторы для теплообменных аппаратов, виды преимущества недостатки
14. Преимущества и недостатки кожухотрубных конденсаторов, конструкция
15. Теплообменники с неподвижными трубными решетками
16. Аппараты с температурным компенсатором на кожухе
17. Теплообменник с расширителем на кожухе
18. Теплообменники с U-образными трубами
19. Компоновка пластинчатых теплообменников

20. Классификация испарителей по конструкции
21. Принцип компоновки конденсатора воздушного охлаждения
22. Расчет теплового потока через поверхность теплообмена
23. Расчет теплового потока динамический (через расход)
24. Расчет коэффициента теплопередачи
25. Общая формула и принцип расчета коэффициента теплоотдачи
26. Криогенные теплообменные аппараты
27. Заполнители в кожухотрубных аппаратах, виды, назначение.
28. Преимущества и недостатки пластинчатых конденсаторов, конструкция
29. Вентиляторные градирни, назначение принципиальная схема
30. Расчет критериев, Рейнольдс, Прандть, Нусельт