

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

*Кафедра Технологического и
холодильного оборудования*

**Методические указания
к самостоятельному изучению дисциплины
«Теоретические основы криологии»
для обучающихся по направлению подготовки
16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы
жизнеобеспечения»
профиля (специализации):
«Холодильная техника и технология»**

Мурманск

2020

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины «Теоретические основы криологии» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика ***Технологического и холодильного оборудования***

«23» июня 2020 протокол № 8.

дата

Составитель – Никонова Антонина Сергеевна, к.т.н., доцент кафедры технологического и холодильного оборудования.

Рецензент – Похольченко Вячеслав Александрович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой технологического и холодильного оборудования.

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины «Теоретические основы криологии» составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», утвержденного приказом Минобрнауки России от 12.03.2015 г., № 198 и предназначены для обучающихся по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», профиль «Холодильная техника и технология».

Цель дисциплины - является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и рабочим учебным планом направления 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», что предполагает освоение обучающимися теоретических знаний в области криологии.

Задачи дисциплины:

1) ознакомить студентов с кругом практических задач холодильной и криогенной техники; принципами получения низких температур в различных диапазонах (умеренно низких, криогенных, сверхнизких); показать особенности применения принципов термодинамики к анализу и расчету рабочих процессов в низкотемпературных системах; способы определения степени термодинамического совершенства низкотемпературных установок, основы энтропийного (эксергетического анализа); методы составления энергетических и энтропийных балансов машин, аппаратов и установок; изучить рабочие процессы, сопровождающиеся понижением температуры; холодопроизводящие процессы и метод определения полной холодопроизводительности цикла; способы определения свойств рабочих веществ (в том числе смесей) в различных состояниях и в условиях фазового равновесия.

2) формирование навыков самостоятельно приобретать и применять полученные знания.

В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

Обучающийся должен **знать**: предмет и задачи основ криологии, перспективы развития криогенных процессов, связанные с ними научные проблемы в основных направлениях криологии; классификацию криогенных циклов; реальные газы и конденсированное состояние; эффект Джоуля-Томсона; ступени охлаждения криогенных систем; основные циклы низкотемпературных установок; процессы разделения газовых смесей; конструкцию и принципы работы теплообменных аппаратов криогенных

установок;

Обучающийся должен **уметь** пользоваться термодинамическими диаграммами; рассчитывать основные циклы криогенных систем; выполнять основные расчеты процессов, связанных с производством холода.

Обучающийся должен **владеть** основными методами практического применения результатов развития криогенных процессов; способностью формулировать обобщающие выводы и оценки.

Содержание разделов дисциплины:

Базовые термодинамические понятия и законы. Термодинамические диаграммы и процессы криогенных систем. Равновесные состояния и фазовые переходы чистых веществ. Основные процессы для получения низких температур. Процессы внешнего и внутреннего охлаждения. Процессы, сопровождающиеся понижением температуры. Циклы холодильных систем и низкотемпературных установок. Идеальные циклы криогенных систем. Криогенное термостатирование. Реальные циклы криогенных систем. Классификация криогенных циклов. Основные циклы низкотемпературных установок.

Реализуемые компетенции: ПК-1; ПК-2; ПК-5.

Формы отчетности:

Очная форма обучения: Семестр 6 – зачет, РГР.

Заочная форма обучения: Курс4 – зачет.

Требования к уровню подготовки обучающегося в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины «**Теоретические основы криологии**» направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые дисциплиной «Теоретические основы криологии»

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции
1.	ПК-1	Способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их анализа соответствующий физико-математический аппарат
2.	ПК-2	Готовность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности
3.	ПК-5	Готовность составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, выполнять обработку и анализ полученных результатов, подготовку данных для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Теоретические основы криологии»

Результаты формирования компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1	ПК-1	Компоненты компетенции частично соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	Знать: перспективы развития криогенных процессов, связанные с ними научные проблемы в основных направлениях криологии; конструкцию и принципы работы теплообменных аппаратов криогенных установок. Уметь: выполнять основные расчеты процессов, связанных с производством холода. Обладать: основными методами практического применения результатов развития криогенных процессов; способностью формулировать обобщающие выводы и оценки.
2	ПК-2	Компоненты компетенции частично соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	Знать: конструкцию и принципы работы теплообменных аппаратов криогенных установок. Уметь: рассчитывать основные циклы криогенных систем; выполнять основные расчеты процессов, связанных с производством холода. Обладать: способностью формулировать обобщающие выводы и оценки.
3	ПК-5	Компоненты компетенции частично соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	Знать: предмет и задачи основ криологии, перспективы развития криогенных процессов, связанные с ними научные проблемы в основных направлениях криологии. Уметь: рассчитывать основные циклы криогенных систем; выполнять основные расчеты процессов, связанных с производством холода. Обладать: основными методами практического применения результатов развития криогенных процессов; способностью формулировать обобщающие выводы и оценки.

Целью настоящих методических указаний являются рекомендации, которыми обучающийся может воспользоваться при подготовке к сдаче форм контроля по дисциплине «**Теоретические основы криологии**», при подготовке к зачету и для самостоятельного углубления знаний по данной дисциплине.

Введение

Дисциплина «**Теоретические основы криологии**» состоит из трех модулей. Обучающийся должен изучить теоретические сведения по темам модуля, выполнить лабораторные работы, расчетно-графические работы для усвоения теории и завершить изучение дисциплины сдачей зачета.

Для изучения дисциплины в составе методической литературы обучающимся предлагается изучить литературные источники из списка. Начать изучение дисциплины следует с методических указаний для самостоятельного изучения дисциплины.

Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения							
	Очная				Заочная			
	Л	ЛР	П Р	СР	Л	ЛР	П Р	СР
Модуль 1. Базовые термодинамические понятия и законы. <i>Тема 1.</i> История развития криологии (Майкл Фарадей, Вальтер Нернст, Джозеф Пристли, Антуан Лавуазье, Луи Кальете и др.). Применение криогенных температур. Базовые термодинамические понятия и законы. Применение первого и второго закона термодинамики. Принцип сохранения массы, материальный баланс. Принцип сохранения энергии. Энергетический баланс.	2	0	0	1 4	0,3	0	0	19
<i>Тема 2.</i> Термодинамические диаграммы и процессы криогенных систем. Равновесные состояния и фазовые переходы чистых веществ.	2	0	0	1 4	0,3	0	0	19
Модуль 2. <i>Тема 3.</i> Основные процессы для получения низких температур. Процессы внешнего и внутреннего охлаждения.	2	0	0	1 4	0,3	0	0	19
<i>Тема 4.</i> Процессы, сопровождающиеся понижением температуры.	2	0	0	1 4	0,3	0	0	19
Модуль 3. Циклы холодильных систем и низкотемпературных установок. <i>Тема 5.</i> Идеальные циклы криогенных систем. Криогенное термостатирование.	2	1 4	0	1 4	0,3	0	0	19
<i>Тема 6.</i> Реальные циклы криогенных систем. Классификация криогенных циклов.	2	6		1 4	0,2	4		19
<i>Тема 7.</i> Основные циклы низкотемпературных установок.	2	8	0	1 8	0, 3	0	0	20

Подготовка к промежуточной аттестации								4
Итого:	14	28	0	102	2	4	0	134

Таблица 4. - Перечень лабораторных работ

№ п\п	Темы лабораторных работ	Количество часов	
		Очная	Заочная
1	Изучение процесса захлаживания трубопроводов для транспортировки криожидкостей	8	
2	Тепловой расчет теоретического цикла одноступенчатой компрессионной холодильной машины	4	
3	Тепловой расчет реального цикла одноступенчатой компрессионной холодильной машины, работающей с переохлаждением	4	
4	Обобщенный график сжимаемости газов	6	4
5	Изучение системы ожижения гелия Симона	6	
	Итого:	28	4

Перечень практических работ

Не предусмотрено.

Перечень примерных тем курсовой работы /проекта

Не предусмотрены.

РГР. Основные циклы низкотемпературных установок.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жистин, Е.А. Основы проведения научных исследований [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Е.А. Жистин, В.А. Авроров. — Электрон. дан. — Пенза : ПензГТУ, 2010. — 28 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/62642>. — Загл. с экрана.
2. Шкляр, М.Ф. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Ф. Шкляр. — Электрон. дан. — Москва : Дашков и К, 2017. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93545>. — Загл. с экрана.
3. Маюрникова, Л.А. Основы научных исследований в научно-технической сфере [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Маюрникова, С.В. Новоселов. — Электрон. дан. — Кемерово : КемГУ, 2009. — 123 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4842>. — Загл. с экрана.
4. Сафин, Р.Г. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.Г. Сафин, А.И. Иванов, Н.Ф. Тимербаев. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2013. — 156 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73344>. — Загл. с экрана.
5. Прокофьев, Г.Ф. Основы прикладных научных исследований при создании новой техники [Электронный ресурс] : монография / Г.Ф. Прокофьев, Н.Ю. Микловцик. — Электрон. дан. — Архангельск : САФУ, 2014. — 171 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96541>. — Загл. с экрана.
6. Рыжков, И.Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Б. Рыжков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30202>. — Загл. с экрана.
7. Сагдеев, Д.И. Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.И. Сагдеев. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2016. — 324 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/101880>. — Загл. с экрана.
8. Патентование и защита интеллектуальной собственности [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Л. Ткалич [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. — 171 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91532>. — Загл. с экрана.
9. Информационные аспекты интеллектуальной собственности [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.В. Ахрамеева [и др.]. — Электрон. дан. — Ставрополь : СтГАУ, 2015. — 32 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82217>. — Загл. с экрана.

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Модуль 1

Базовые термодинамические понятия и законы.

Тема 1. История развития криологии

Применение криогенных температур. Базовые термодинамические понятия и законы. Применение первого и второго закона термодинамики. Принцип сохранения массы, материальный баланс. Принцип сохранения энергии. Энергетический баланс.

Тема 2. Термодинамические диаграммы и процессы криогенных систем

Равновесные состояния и фазовые переходы чистых веществ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какую температурную область охватывает криогенная техника?

2. Что такое контрольная система? Назовите параметры и функции состояния.

2. Сформулируйте принцип сохранения массы и принцип сохранения энергии.

4. Сформулируйте принцип возрастания энтропии.

5. Сформулируйте принцип недостижимости нуля термодинамической температуры.

6. Дайте формулировку правила фаз Гиббса.

7. Что является низкокипящим и высококипящим компонентом в смеси кислород-азот?

8. Что такое азеотропная бинарная смесь?

Модуль 2

Научные исследования в технике объектов производства и применения холода

Тема 3. Основные процессы для получения низких температур.

Процессы внешнего и внутреннего охлаждения.

Тема 4. Процессы, сопровождающиеся понижением температуры.

Вопросы для самоконтроля:

1. Кратко опишите основные методы внешнего и внутреннего охлаждения.
2. Какие процессы для получения низких температур являются холодопроизводящими, а какие - нехолодопроизводящими?
3. Дайте определение процессу дросселирования. Поясните, что такое интегральный эффект дросселирования.
4. Охарактеризуйте процесс расширения газа в детандерах.
5. Охарактеризуйте процесс выхлопа и поясните сферу его применения в криогенной технике.
6. Как устроена вихревая труба Ранка-Хилша?
7. Как применяется эффект адиабатного размагничивания в криогенной технике?
8. Какие процессы охлаждения, основанные на использовании свойств изотопов гелия ^4He и ^3He Вы можете назвать?
9. Дайте определение дифференциального эффекта Джоуля-Томсона, его физическая сущность.

После изучения теоретического материала необходимо выполнить практическую работу № 1.

Модуль 3

Циклы холодильных систем и низкотемпературных установок

Тема 5. Идеальные циклы криогенных систем. Криогенное термостатирование

Тема 6. Реальные циклы криогенных систем. Классификация криогенных циклов

Тема 7. Основные циклы низкотемпературных установок.

Вопросы для самоконтроля:

1. По каким признакам характеризуются криогенные циклы?
2. Что характеризует коэффициент ожижения?
3. Как определяется холодильный коэффициент криогенного цикла?

4. Что такое ступень охлаждения криогенного цикла?
5. Как определяются затраты работы в криогенной системе?
6. Что такое термодинамический КПД и как он определяется?
7. Как определяются основные характеристики цикла Клода?

После изучения теоретического материала необходимо выполнить, защитить лабораторные работы и РГР.