

**Методические материалы для обучающихся
по освоению дисциплины (модуля)**

Б1.В.ДВ.01.01 Конструирование и совершенствование криогенных установок и систем
наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки /специальность 16.04.03 Холодильная, криогенная
техника и системы жизнеобеспечения
код и наименование направления подготовки /специальности

Направленность (профиль)/специализация Системы холодоснабжения
наименование направленности (профиля) /специализации

Мурманск
2023

Составитель – **Иваней А.А.**, канд. техн. наук, доцент кафедры ТХО ФГАОУ ВО «МГТУ»

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модулю) Конструирование и совершенствование криогенных установок и систем рассмотрены и одобрены на заседании кафедры Технологического и холодильного оборудования «27» февраля 2023г., протокол № 7.

Общие положения

Цель методических материалов по освоению дисциплины (модуля) - обеспечить обучающемуся оптимальную организацию процесса изучения дисциплины (модуля), а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

Освоение дисциплины (модуля) осуществляется на аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы обучающихся. Основными видами аудиторной работы по дисциплине (модулю) являются занятия лекционного и семинарского типа. Конкретные формы аудиторной работы обучающихся представлены в учебном плане образовательной программы и в рабочих программах дисциплин (модулей).

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины (модуля), ее структурой и содержанием, фондом оценочных средств.

Работая с рабочей программой, необходимо обратить внимание на следующее:

- некоторые разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, а выносятся на самостоятельное изучение по рекомендуемому перечню основной и дополнительной литературы и учебно-методическим разработкам;

- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул, входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины, необходимо самостоятельно контролировать с помощью вопросов для самоконтроля;

- содержание тем, вынесенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входит составной частью в темы текущего контроля и промежуточной аттестации.

Каждая рабочая программа по дисциплине (модулю) сопровождается методическими материалами по ее освоению.

Отдельные учебно-методические разработки по дисциплине (модулю): учебные пособия или конспекты лекций, методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и решению задач и т.п. размещены в ЭИОС МАУ.

Обучающимся рекомендуется получить в библиотеке МАУ учебную литературу, необходимую для работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины (модуля).

Виды учебной работы, сроки их выполнения, запланированные по дисциплине (модулю), а также система оценивания результатов, зафиксированы в технологической карте дисциплины (модуля)¹:

Объем дисциплины 5 з.е.

1. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций ²	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ПК-1 Способен определять алгоритмы и способы разработки новых технических решений при проектировании систем холодоснабжения	ИД-1ПК-1 Использует приемы и технологии целеполагания, реализации и оценки результатов деятельности по решению задач систем холодоснабжения,	Знать: параметры и режимы работы систем холодоснабжения; Уметь: воспринимать и анализировать информацию, необходимую для выполнения расчётов основных параметров и режимов работы систем холодоснабжения для объектов производственного и непроизводственного назначения;

¹ Выбрать вариант Таблицы 1 в зависимости от формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

² Указываются индикаторы достижения компетенций, закрепленные за данной дисциплиной (модулем)

	аргументируя выбор предлагаемого варианта решения	Владеть: навыками принятия решений о методической обработке параметров и режимов работы систем холодоснабжения;
	ИД-2 ПК-1 Синтезирует новые идеи в рамках собственных исследований и предлагает корректные пути решения научных проблем при проектировании систем холодоснабжения	Знать: параметры и режимы работы систем холодоснабжения; методы математической обработки данных; Уметь: выбирать современные методы математической обработки данных при решении профессиональных задач по определению основных параметров и режимов работы систем холодоснабжения для объектов производственного и непроизводственного назначения; Владеть: навыками применения математического аппарата при определении основных параметров и режимов систем холодоснабжения объектов;
	ИД-3 ПК-1 Аргументировано формулирует и предлагает решения задач для достижения цели научно-исследовательской работы	Знать: основные задачи проектирования и обеспечения режимов работы систем холодоснабжения объектов; Уметь: анализировать и понимать взаимосвязь задач проектирования и обеспечения режимов работы систем холодоснабжения объектов; Владеть: навыками выполнения расчётов по определению основных параметров и режимов работы систем холодоснабжения для объектов производственного и непроизводственного назначения;
ПК-2 –Способен производить системный анализ имеющихся объектов производства и применения холода, разрабатывать эффективные технологические и конструктивные решения систем холодоснабжения	ИД-1 ПК-2 Представляет результаты собственной научно-исследовательской работы в виде публикаций, докладов по актуальным проблемам холодоснабжения	Знать: параметры и режимы работы систем холодоснабжения; Уметь: воспринимать и анализировать информацию, необходимую для выполнения расчётов основных параметров и режимов работы систем холодоснабжения для объектов производственного и непроизводственного назначения; Владеть: навыками принятия решений о методической обработке параметров и режимов работы систем холодоснабжения;
	ИД-2 ПК-2 Применяет методы системного анализа принципиальных решений имеющихся объектов систем холодоснабжения	Знать: параметры и режимы работы систем холодоснабжения; методы математической обработки данных; Уметь: выбирать современные методы математической обработки данных при решении профессиональных задач по определению основных параметров и режимов работы систем холодоснабжения для объектов производственного и непроизводственного назначения; Владеть: навыками применения математического аппарата при определении основных параметров и режимов систем холодоснабжения объектов;

	ИД-3 Разрабатывает эффективные технологические и конструктивные решения систем холодоснабжения в соответствии с требованиями нормативных правовых актов в сфере технического регулирования и стандартизации	ПК-2 Знать: основные задачи проектирования и обеспечения режимов работы систем холодоснабжения объектов; Уметь: анализировать и понимать взаимосвязь задач проектирования и обеспечения режимов работы систем холодоснабжения объектов; Владеть: навыками выполнения расчётов по определению основных параметров и режимов работы систем холодоснабжения для объектов производственного и непромышленного назначения;
--	--	---

2. Содержание дисциплины (модуля)

Модуль 1.

Тема 1. Введение. Общие сведения. Основные машины и аппараты, входящие в состав установок криогенной техники. Классификация и особенности аппаратов криогенных установок. Основные параметры, характеризующие установки криогенной техники и их основные элементы. Параметры реального вещества на пограничной кривой и в парожидкостной области. Теплообменные аппараты. Ректификационные колонны. Адсорберы. Абсорберы. Вспомогательные аппараты.

Тема 2. Определение энтальпии газа на выходе из детандера. Дроссельная, детандерная и внешняя ступени охлаждения, а также ступени охлаждения с криоэжектором. Фазовое равновесие идеальных смесей. Фазовое равновесие бинарных и тройных смесей, состоящих из основных компонентов воздуха. Параметры фазового равновесия многокомпонентных смесей.

Тема 3. Конструктивные особенности турбомашин. Проточная часть компрессорных и расширительных ступеней. Рабочие колеса, диффузоры, сопловой аппарат, треугольники скоростей. Машины объемного действия.

Тема 4. Моделирование рабочего цикла машины и отдельных элементов и процессов: текущий объем цилиндра, истечение газа через неплотности, движение пластин самодействующих клапанов, теплообмен рабочего агента со стенками рабочей камеры, уплотнительные элементы.

Тема 5. Рекуперативные теплообменные аппараты. Основные методики расчета, анализ эффективности, перспективы развития конструкций. Конструкции теплообменников. Методы расчета теплообменников. Особенности расчета многопоточных теплообменников. Анализ работоспособности многопоточных рекуперативных теплообменников.

Тема 6. Конденсаторы, испарители, конденсаторы-испарители. Основные методики расчета, анализ эффективности, перспективы развития конструкций. Адсорбционные процессы и аппараты. Основные методики расчета, анализ эффективности, перспективы развития конструкций адсорбционных аппаратов. Физическая сущность сорбции. Адсорбенты. Теория равновесной адсорбции. Определения продолжительности работы адсорбера. Системы транспортирования криожидкостей. Основные методики расчета, анализ эффективности, перспективы развития конструкций.

3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению лабораторных/практических/контрольных работ (**выбрать**) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

Основная литература:

1. **Сластихин, Ю. Н.** Техническая эксплуатация судовых холодильных установок : учеб. для вузов по специальности "Эксплуатация судовых энергетических установок" и по направлениям уровня бакалавриата и магистратуры "Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения" / Ю. Н. Сластихин, А. И. Ейдеюс, Э. Е. Елисеев; под общ. ред. Ю. Н. Сластихин. - Москва : МОРКНИГА, 2014. - 508, [3] с. : ил. - (Учебник). - Библиогр.: с. 507-508. - ISBN 978-5-913081-11-7
2. **Лашутина, Н. Г.** Холодильные машины и установки : учеб. для сред. спец. учеб. заведений / Н. Г. Лашутина, Т. А. Верхова, В. П. Суедов. - Москва : КолосС, 2007. - 439 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов средних специальных учебных заведений). - Библиогр.: с. 437. - ISBN 978-5-9532-0640-2
3. **Абдульманов, Х. А.** Холодильные машины и установки, их эксплуатация : учеб. пособие / Х. А. Абдульманов, Л. И. Балыкова, И. П. Сарайкина; Центр. учеб.-метод. каб. по рыбохоз. образованию, Федер. агентство по рыболовству. - Москва : Колос, 2006. - 327 с. : ил. - Библиогр.: с. 324. - ISBN 5-10-003946-9. - ISBN 978-5-10-003946-4

Дополнительная литература:

4. **Балыкова, Л. И.** Кондиционирование воздуха. Компрессорные машины. Курсовое проектирование : учеб. пособие для высш. и сред. проф. учеб. заведений / Л. И. Балыкова, И. П. Сарайкина. - Москва : Вектор-ТиС, 2008. - 240, [2] с. : ил. - (Учебник). - Библиогр.: с. 221-222. - ISBN 978-5-93126-135-5
5. **Курылев, Е. С.** Холодильные установки : учебник / Е. С. Курылев, В. В. Оносовский, Ю. Д. Румянцев. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Политехника, 2004, 2000. - 576 с. : ил. - (Учебник для вузов). - ISBN 5-7325-0419-2. - ISBN 5-7325-0690-X
6. **Колиев, И. Д.** Судовые холодильные установки : учеб. пособие для вузов / И. Д. Колиев; М-во образования и науки Украины, Одес. нац. мор. акад. - Одесса : Фенікс, 2009. - 261, [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 263. - ISBN 978-966-438-137-3 : 290-00. 39.464.3 - К 60

6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- 1) *Государственная система правовой информации - официальный интернет-портал правовой информации- URL: <http://pravo.gov.ru>*
- 2) *Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - URL: <http://window.edu.ru>*
- 3) *Справочно-правовая система. Консультант Плюс - URL: <http://www.consultant.ru/>*

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

- 1) *Офисный пакет Microsoft Office 2007*
- 2) *Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader*

8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата/специалитета/магистратуры (4 «П», 5 «П», 9 «П», 27 «П», 201 «Э», 202 «Э»), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
 - помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МАУ;
- Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1³ - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности ⁴	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Семестр			Всего часов	Семестр			Всего часов	Семестр/Курс			Всего часов
		2	3									
Лекции		10	6	16								
Практические занятия		14	30	44								
Лабораторные работы												
Самостоятельная работа		48	72	120								
Подготовка к промежуточной аттестации ⁵		-	-	-								
Всего часов по дисциплине		72	108	180								
/ из них в форме практической подготовки ⁶												

Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Экзамен		-	-	-								
Зачет/зачет оценкой ^с		1/-	1/-	2/-								
Курсовая работа (проект)		-	-	-								
Количество расчетно-графических работ		-	-	-								
Количество контрольных работ		-	-	-								
Количество рефератов		-	-	-								

³ Разработчикам РП можно убирать столбцы с формами обучения, если данная форма не реализуется в МАУ,

⁴ При отсутствии вида учебной деятельности, формы промежуточной аттестации и текущего контроля соответствующая строка может быть удалена

⁵ Для экзамена очной и очно-заочной формы обучения - 36 часов, для экзамена заочной формы обучения - 9 часов, для зачета заочной формы обучения - 4 часа.

⁶ Организуется при реализации учебных дисциплин (модулей) путем проведения практических занятий, лабораторных работ и иных аналогичных видов учебной деятельности, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка может включать в себя отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Количество эссе		-	-	-							
-----------------	--	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

Перечень практических занятий по формам обучения⁷

№ п\п	Темы практических занятий
1	2
	Очная форма
1	Расчет объемной машины криогенной техники
2	Расчет турбомашин криогенной техники
3	Гидравлические расчеты теплообменных аппаратов кожухотрубного типа
4	Расчет на прочность теплообменных аппаратов низкотемпературных систем
5	Расчет одноступенчатой ректификационной колонны
6	Расчет двухступенчатой ректификационной колонны
7	Тепловой и конструктивный расчет кожухотрубного испарителя с оптимизацией температуры кипения
8	Тепловой и конструктивный расчет воздушного конденсатора с оптимизацией температуры конденсации
9	Расчет систем для транспортировки криожидкостей
10	Расчет процесса захлаживания трубопроводов для транспортировки криожидкостей
11	Расчет процесса перепада давлений в двухфазных потоках при передаче криожидкостей по трубопроводам

Перечень лабораторных занятий по формам обучения⁸

№ п\п	Темы лабораторных занятий
1	2
	Очная форма
1	не предусмотрено

⁷ Если практические занятия не предусмотрены учебным планом, таблица может быть удалена

⁸ Если практические занятия не предусмотрены учебным планом, таблица может быть удалена