

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

Кафедра технологического и
холодильного оборудования

**Методические указания
к самостоятельной работе обучающихся**

По дисциплине: Б1.В.03 Аппараты низкотемпературной техники
код и наименование дисциплины

Направление подготовки/специальность 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и
системы жизнеобеспечения
код направления/специальности

Направленность/специализация Холодильная техника и технология
наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы

Квалификация выпускника бакалавр
указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО

Кафедра-разработчик: кафедра технологического и холодильного оборудования
название кафедры-разработчика рабочей программы

Мурманск

2020

Разработчик – Голубева Ольга Алексеевна, кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры ТХО.

МУ к СР рассмотрены и одобрены на заседании кафедры - разработчика
технологического и холодильного оборудования, «23» июня 2020 г., протокол
№ 8

СОДЕРЖАНИЕ

I ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
II ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН	5
III СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	5
IV СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ	6

І ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью дисциплины «Аппараты низкотемпературной техники» является формирование компетенций в соответствии с ФГОС по направлению подготовки бакалавра и учебным планом для направления подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов методологического подхода к оценке термодинамических тепло- и массообменных процессов;
- выработка навыков решения инженерных задач, в том числе в рамках самостоятельной работы.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные законы термодинамики, тепло- и массопереноса;
- термодинамические процессы;
- принципы действия тепловых и холодильных установок;

уметь:

- проводить термодинамический анализ основных процессов;
- разрабатывать технологические процессы с обеспечением высокого уровня энергосбережения;
- выполнять инженерные расчёты теплоэнергетического оборудования; - анализировать, обобщать и делать выводы по результатам исследований; проводить измерения и наблюдения, составлять описания проводимых исследований, готовить данные для составления отчётов и научных публикаций;
- внедрять результаты исследований в практику производственного процесса; применять достижения новых технологий;

владеть: терминологией, определениями и положениями теплотехники

Методические указания предназначены для оказания помощи обучающимся в самостоятельном постижении программы дисциплины. Для успешного освоения материала следует изучить теоретический материал по литературным источникам, указанным в каждой теме. Подтвердить полученные знания следует практическими расчётами.

II ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Таблица 1

№ п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на самостоятельную работу по формам обучения	
		очная	заочная
1	2	3	4
1	Аппараты низкотемпературной техники Теплообменные аппараты. Их значение и области применения	2	1
2	Виды теплообменных аппаратов. Принципы их работы	4	20
3	Основные теплообменные аппараты холодильных установок. Испарители и конденсаторы холодильных установок. Их виды. Основы конструкции. Назначение, области применения. Принцип работы. Обозначение. Основы расчёта	8	20
4	Компрессоры. Назначение. Классификация. Принципы работы. Достоинства и недостатки	8	20
5	Вспомогательное оборудование холодильных установок. Его назначение, принципы работы, основы конструкции, обозначение Теплообменники. Маслоотделители. Принципы разделения жидких смесей. Маслосборник. Насосы. Воздухоотделители. Принципы разделения газовых смесей. Ресиверы. Промежуточные сосуды.	8	20
6	Холодильное оборудование. Холодильные витрины и прилавки. Холодильные и морозильные шкафы и лари. Холодильные контейнеры. Охладители напитков.	4	20
7	Скороморозильные аппараты. Воздушные и контактные аппараты. Флюидизационные аппараты. Криогенные аппараты	6	20
Итого		40	121

III СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Комаров, Г. А. Лабораторный практикум по тепло- и хладотехнике : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 552400 "Технология продуктов общественного питания" и специальностям 271000" Технология рыбы и рыбных продуктов", 170600 "Машины и аппараты пищевых производств", 271300 "Пищевая инженерия малых предприятий", 070200 "Техника и физика низких температур" / Г. А. Комаров, О. А. Голубев; М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Мурманск : МГТУ, 2001, 2018. - 139 с. (184 экз.)

2. Круглов Г.А. Теплотехника : учеб. пособие для вузов / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2012. - 208 с. (5 экз.) <https://e.lanbook.com/reader/book/3900/#4>

3. 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 с. (80 экз.)

4. Степанов О.А., Захаренко С.О. Основы трансформации теплоты: учебник / О.А. Степанов, С.О. Захаренко. – Санкт-Петербург, Лань, 2019. – 128 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/122152/#2>

5. Теплотехника [Электронный ресурс] : метод. указания к выполнению расчет.-граф. заданий всех форм обучения / Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. технол. и холодиль. оборудования ; сост. О. А. Голубева, А. С. Никонова. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.8 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012

6. Теплотехника [Электронный ресурс] : метод. указания к решению задач для всех форм обучения / Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. технол. и холодиль. оборудования ; сост. О. А. Голубева, А. С. Никонова. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.2 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012

Дополнительная литература

7. 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. (48 экз.)

8. 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 с. (3 экз.)

9. Логинов В.С., Юхнов В.Е. Практикум по основам теплотехники. Учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 128 с <https://e.lanbook.com/reader/book/112679/#1>

10. Теплоэнергетические расчеты [Электронный ресурс] : метод. указания для диплом. проектирования студентов специальности 260602.65 "Пищевая инженерия малых предприятий" / Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. технол. и холодиль. оборудования ; сост. О. А. Голубева. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 780 Кб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012

11. Толтов В.М. Теплотехника : метод. указания к лаб. работам студентов для техн. направлений и специальностей / В. М. Толтов; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т", Каф. энергетики и трансп. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2013. - 107 с. (99 экз.)

IV СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕМА 1

Аппараты низкотемпературной техники Теплообменные аппараты. Их значение и области применения

Целевая установка

В результате изучения данной темы обучающийся должен:

знать назначение и область применения аппаратов низкотемпературной техники, а также современное состояние и направления развития их производства;

уметь анализировать современное состояние и направления совершенствования конструкций аппаратов низкотемпературной техники

Методические указания

При изучении материала студенту следует обратить внимание на роль отечественных ученых и инженеров – практиков в вопросе совершенствования конструкций аппаратов низкотемпературной техники.

Без низкотемпературных аппаратов невозможно производство холода. Нет такой области техники, где в той или иной мере не приходилось бы решать вопросы, связанные с производством холода. В металлургии, машиностроении, химической и пищевой промышленности большое значение имеют вопросы подвода и отвода теплоты, теплообмена между телами, а также вопросы применения машин, работа которых либо непосредственно, либо косвенно связана с протекающими в них тепловыми процессами.

При рассмотрении современного состояния и направлений развития производства низкотемпературных аппаратов обучающемуся следует обратить внимание на повышение эффективности их использования.

Литература: [1], с.112-203; [4], с. 3-4; [7], с. 85-94; [9], с. 27-28.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Какое значение имеет производство холода для развития промышленности?
2. Назовите области применения теплоты и холода.
3. В каких направлениях развиваются холодильная техника?

ТЕМА 2

Виды теплообменных аппаратов. Принципы их работы

Целевая установка

В результате изучения данной темы обучающийся должен:

знать особенности конструкций, принцип действия и области применения теплообменных аппаратов; методики их расчета и подбора;

уметь выполнять подбор и поверочный расчет теплообменников при решении конкретных инженерных задач

Методические указания

Теплообменные аппараты различных конструкций широко применяются в различных отраслях промышленности.

Стремление интенсифицировать процессы конвективного теплообмена и создать наиболее технологичные в изготовлении и экономичные теплообменные аппараты привело в последние годы к быстрому

совершенствованию конструкций теплообменных аппаратов, изготовленных из листов: пластинчатых, пластинчато-ребристых, ла-мельных и спиральных.

Наиболее прогрессивными в настоящее время являются пластинчатые и пластинчато-ребристые теплообменные аппараты. Узлы и детали их полностью унифицированы, а основные рабочие части изготавливают штамповкой и сваркой. Все это создает возможности экономичного массового изготовления таких аппаратов при минимальной металлоемкости.

Пластинчатые теплообменные аппараты являются разновидностью поверхностных рекуперативных теплообменных аппаратов с поверхностью теплообмена, изготовленной из тонкого листа.

Литература: [1], с.70-72; [2], с. 107-111; [5], с. 31-46; [6], с. 45 – 53; [7], с. 85-94; [8], с. 89-96; [11], с. 60-97.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Дайте определение процессов кипения, испарения, парообразования и конденсации.
2. Чем процесс кипения отличается от процесса испарения?
3. Какой пар называется сухим насыщенным, влажным насыщенным, перегретым?
4. Как изменяется теплота парообразования при изменении давления?
5. Какие параметры характеризуют состояние влажного, сухого насыщенного и перегретого пара?
6. Дайте определение сложного теплообмена.
7. Как подобрать теплообменный аппарат?
8. Назовите теплообменные аппараты, применяемые в отрасли.
9. Приведите примеры применения теплообменных аппаратов в отрасли.

ТЕМА 3

Основные теплообменные аппараты холодильных установок.

Испарители и конденсаторы холодильных установок. Их виды. Основы конструкции. Назначение, области применения. Принцип работы. Обозначение. Основы расчёта

Целевая установка

В результате изучения данной темы обучающийся должен:

знать особенности конструкций, принцип действия и области применения теплообменные аппараты холодильных установок; методики их расчета и подбора;

уметь выполнять подбор основных теплообменных аппаратов холодильной установки

Методические указания

Теплообменные аппараты холодильных установок отличаются разнообразием конструкций. Обучающийся должен уметь правильно подобрать необходимые аппараты холодильной установки, поддерживающей соответствующие температурные режимы.

Данная тема обобщает знания и практические навыки ряда ранее рассмотренных тем и является одной из основополагающих для проведения инженерных расчетов. Основные трудности и ошибки студентов приходятся на определение удельной теплоты конденсации.

Литература: [3], с. 301-344; [4], с. 59-121; [7], с. 85-136; [8], с. 89-95; [10], с. 19-29; [11], с. 60-97.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Каково назначение испарителей?
2. По каким признакам, и на какие группы делятся испарители?
3. Каково назначение и принцип действия конденсаторов?
4. Для чего необходимо переохлаждение холодильного агента в конденсаторе?
5. Опишите, как работает конденсатор.
6. Нарисуйте в диаграмме i -lg P процессы, происходящие в испарителе.
7. Опишите порядок расчета и подбора испарителей и конденсаторов.
8. Перечислите основные способы повышения эффективности работы конденсаторов с водяным охлаждением.
9. Изобразите принципиальную схему испарительного конденсатора. Опишите принцип его работы

ТЕМА 4

Холодильные компрессоры. Назначение. Классификация. Принципы работы. Достоинства и недостатки

Целевая установка

В результате изучения данной темы обучающийся должен:

знать основы конструкции, принципы действия и методики расчета и подбора компрессоров;

уметь построить и рассчитать любой цикл холодильной машины, выполнить подбор и поверочный расчет компрессора.

Методические указания

Наибольшее распространение в промышленности получили поршневые компрессоры, поскольку их производство в настоящее время наиболее развито и совершенно. Поршневые компрессоры - это компрессоры объемного принципа действия. Группа компрессоров объемного принципа действия достаточно многообразна. К ней относятся винтовые, ротационные и достаточно новые в России спиральные компрессоры. В последние годы спиральные компрессоры завоевывают все новые и новые области применения.

К группе компрессоров динамического принципа действия относятся центробежные, вихревые и осевые компрессоры, имеющие иной принцип действия, чем компрессоры объемного сжатия.

Обучающийся должен уметь проводить сравнительный анализ конструкций различных компрессоров и выбирать компрессор для заданных условий

Данная тема обобщает знания и практические навыки ряда ранее рассмотренных тем и является одной из основополагающих для проведения инженерных расчетов. Основные трудности и ошибки студентов приходятся на построение цикла в тепловых диаграммах. Следует обратить внимание при расчете удельной холодопроизводительности на то, где происходит перегрев пара холодильного агента перед всасыванием в компрессор.

Литература: [1], с.125-133; [7], с.37-84; [8], с.57-88.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Назовите особенности условий работы компрессоров объемного принципа действия.
2. Перечислите основные требования, предъявляемые к компрессорам.
3. Как классифицируют компрессоры по холодопроизводительности, температурному диапазону и степени герметичности?
4. Для чего необходим перегрев пара перед всасыванием в компрессор?
5. В чём состоит отличие прямоточного и непрямоточного компрессора?
6. Как отличить поршни прямоточного и непрямоточного компрессоров?
7. Изобразите рабочую диаграмму теоретического и действительного поршневого компрессора. Проведите их сравнительный анализ.
8. Проведите сравнительный анализ поршневого и винтового компрессора.
9. Каковы функции масла в винтовом маслозаполненном компрессоре?
10. Какими достоинствами и недостатками обладают ротационные компрессоры?
11. В чём преимущество спиральных компрессоров перед винтовыми
12. Назовите особенности условий работы компрессоров динамического принципа действия.

13. Назовите области применения компрессоров динамического принципа действия.

14. В чём достоинства и недостатки компрессоров динамического принципа действия?

15. Опишите принцип действия центробежного компрессора

ТЕМА 5

Вспомогательное оборудование холодильных установок. Его назначение, принципы работы, основы конструкции, обозначение

Теплообменники. Маслоотделители. Принципы разделения жидких смесей. Маслосборник. Насосы. Воздухоотделители. Принципы разделения газовых смесей. Ресиверы. Промежуточные сосуды.

Целевая установка

При изучении этой темы обучающийся должен:

знать особенности конструкций, принцип действия и области применения вспомогательного оборудования холодильных установок; методики их расчета и подбора;

уметь выполнить подбор и поверочный расчет вспомогательного оборудования холодильных установок

Методические указания

При изучении данной темы обучающемуся необходимо четко представлять основные критерии сравнения различного вспомогательного оборудования холодильных установок. При этом следует иметь в виду, что самыми распространёнными теплоносителями являются вода, пар и водные растворы солей. Однако, условия проведения тепловых и тепло-массообменных процессов достаточно часто требуют использования высококипящих теплоносителей.

Литература: [1], с.215-344; [4], с.59-96; [7], с.85-136 [8], с. 97-114.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Какие аппараты являются основными, а какие – вспомогательными?
2. Опишите порядок расчета и подбора ресиверов.
3. Какие функции выполняют маслоотделители? Объясните принцип действия маслоотделителей различной конструкции.
4. Расскажите, как правильно подобрать вентилятор?
5. Для чего применяются насосы в холодильных установках?
6. Для чего предназначены различные виды ресиверов?
7. Какие виды ресиверов Вам известны?

8. Какие теплофизические характеристики определяют состояние теплоносителя?

9. Опишите процесс передачи тепла от источника теплоты к приёмнику с использованием теплоносителя?

10. Как рассчитать коэффициент теплопередачи от источника теплоты к приёмнику через теплоноситель?

ТЕМА 6

Холодильное оборудование.

Холодильные витрины и прилавки. Холодильные и морозильные шкафы и лари. Холодильные контейнеры. Охладители напитков.

Целевая установка

При изучении этой темы обучающийся должен:

знать особенности конструкций, принципа действия и области применения холодильного оборудования; методики его расчета и подбора

уметь выполнить подбор и поверочный расчет холодильного оборудования

Методические указания

Технологическое холодильное оборудование позволяет сохранять качество пищевых продуктов, обеспечивая поддержание низких температур. При рассмотрении направлений развития холодильного оборудования следует обратить внимание на способы повышения эффективности промышленного использования холода, снижения затрат на его производство, применение вторичных энергоресурсов для получения низких температур.

Литература: [3], с.18-43; [4], с.7-8; [7], с.183-200.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Для чего предназначены витрины?
2. Какие Вам известны типы прилавков?
3. Изобразите принципиальную схему двухкамерного холодильного шкафа?
4. Приведите пример и расшифруйте обозначение бытового холодильного шкафа
5. Как обозначаются морозильные шкафы?
6. Для чего применяются морозильные лари?
7. Приведите классификацию холодильных контейнеров
8. Приведите классификацию охладителей напитков.

9. Изобразите принципиальную схему и объясните принцип действия охладителя напитков

ТЕМА 7

Скороморозильные аппараты.

Воздушные и контактные аппараты. Флюидизационные аппараты. Криогенные аппараты

Целевая установка

При изучении этой темы обучающийся должен:

знать особенности конструкций, принципа действия и области применения скороморозильных аппаратов; методики их расчета и подбора

уметь применять знания по данной теме при решении конкретных инженерных задач

Методические указания

При изучении материала обучающийся должен обратить внимание на роль российских ученых в совершенствовании методов и оборудования по производству холода.

Ни одна область техники не может обойтись без холода, практически любое производство на определенном этапе требует поддержания температурного уровня ниже нуля. Вопросы теплообмена и теплового баланса холодильных камер, трюмов и скороморозильных аппаратов стоят не на последнем месте при производстве пищевой продукции и требуют большого внимания. Применение холода обеспечивает сохранение качества сырья и готовых продуктов. Незнание основных закономерностей получения низких температур может привести к неверному подбору холодильного оборудования, нарушению режимов хранения продукции и, как следствие, свести на нет результат работы нескольких производств, множества людей. В пищевой промышленности холодильные машины и установки используются для непосредственного получения холода в скороморозильных аппаратах.

Интенсивность процесса замораживания определяется скоростью замораживания и зависит от типа скороморозильного аппарата

Литература: [4], с. 7-8; [3], с.18-43; [7], с. 183-200.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Какие Вы знаете типы скороморозильных аппаратов?
2. Сравните достоинства и недостатки скороморозильных аппаратов различных типов

3. На каком принципе основано замораживание во флюидизационном скороморозильном аппарате?
4. Какие рабочие вещества используются в криогенных аппаратах?