

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

**МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)**

Кафедра технологического и
холодильного оборудования

**Методические указания
к самостоятельной работе аспирантов**

По дисциплине: Б1.В.05 «Современное холодильное оборудование»
код и наименование дисциплины

Направление подготовки/специальность 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии
код направления/специальности

Направленность/специализация Процессы и аппараты пищевых производств
наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы

Квалификация выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь
указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО

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

Мурманск

2019

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, «25» июня 2019 г., протокол
№ 10

СОДЕРЖАНИЕ

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

I ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью дисциплины «Современное холодильное оборудование» является подготовка аспирантов всех формы обучения по направлению 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии» направленности «Процессы и аппараты пищевых производств» в соответствии с квалификационной характеристикой исследователя и преподавателя-исследователя и рабочим учебным планом, которая предполагает использование полученных знаний и навыков для проектирования, эксплуатации, разработки новых моделей и оценки эффективности современного холодильного оборудования.

Задачами дисциплины является:

- формирование у студентов методологического подхода к оценке термодинамических процессов, принципов работы и особенностей современного холодильного оборудования;
- выработка навыков решения инженерных задач, в том числе в рамках самостоятельной работы

Методические указания предназначены для оказания помощи аспиранту 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	Охлаждение. Его цели и задачи. Современные компрессорные, парожетторные и адсорбционные холодильные машины. Их отличительные признаки.	6	6
2	Основы современной технологии обработки холодом пищевых продуктов и сырья	10	10
3	Современное промышленное производство быстрозамороженных продуктов. Технология быстрого замораживания. Потери массы при замораживании и методы их уменьшения.	13	13
4	Способы замораживания. Современное холодильное и морозильное оборудование (камеры, шкафы, прилавки, витрины, чиллеры, скороморозильные аппараты). Их конструкции, принцип действия, достоинства и недостатки, область применения, основы проектирования.	13	14

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
5	Технологическое кондиционирование. Методы обработки воздуха при технологическом кондиционировании. Технологические кондиционеры. Их конструкции, область применения, расчет и подбор кондиционера.	13	14
6	Основные направления проектирования и применения современного холодильного и морозильного оборудования с учетом экологических аспектов	7	7
Итого		62	64

III СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Гайворонский К.Я. Технологическое оборудование предприятий общественного питания и торговли : учебник для сред. спец. учеб. заведений / К. Я. Гайворонский, Н. Г. Щеглов. - Москва : Форум : Инфра-М, 2011. - 477 с
2. Голубева О.А. Системы кондиционирования воздуха [Электронный ресурс] : метод. указания по расчету и подбору кондиционеров для студентов, обучающихся по специальности 260601.65 "Машины и аппараты пищевых производств" / Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т", Каф. технол. и холодиль. оборудования ; сост. О. А. Голубева. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 839 Кб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2013
3. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий./Под ред. В.А. Панфилова. - СПб.: Лань, 2013
4. Сластухин 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. Сластухин, А. И. Ейдеюс, Э. Е. Елисеев; под общ. ред. Ю. Н. Сластухин. - Москва : МОРКНИГА, 2014. - 508 с
5. Технологические машины и оборудование. / В.А. Похольченко, В.А. Гроховский, О.А. Голубева, Е.А. Глазунов, А.А. Иваней. - Мурманск: МГТУ, 2014
6. Фокин С.В. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: устройство, монтаж и эксплуатация : учеб. пособие для сред. проф. образования / С. В. Фокин, О. Н. Шпортько. - Москва : Альфа-М : Инфра-М, 2011. - 367 с.

Дополнительная литература

7. Бараненко, А. В. Практикум по холодильным установкам / А. В. Бараненко, В. С. Калюнов, Ю. Д. Румянцев. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Профессия, 2012. - 303 с. : ил. (1 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, [2] с. : ил. (3 экз.)
9. 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>

IV СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕМА 1

Охлаждение. Его цели и задачи. Современные компрессорные, пароэжекторные и адсорбционные холодильные машины. Их отличительные признаки.

Целевая установка

В результате изучения данной темы аспирант должен:

знать основные термины и определения, применяемые в холодильном оборудовании, классификацию холодильных машин и их отличительные признаки;

уметь построить рабочий цикл в диаграмме $s-i$ и определить основные рабочие параметры.

Методические указания

При изучении данной темы необходимо усвоить терминологию и основные понятия, используемые при рассмотрении современных холодильных машин.

В качестве холодильных агентов используются как неорганические (аммиак, вода, углекислота), так и органические (фреоны) вещества. Фреоны - фторхлорпроизводные предельных углеводородов: метана, этана, пропана, бутана. Фтор, хлор и бром содержатся во фреонах в различных соотношениях. Следует помнить, что «фреон» - торговая марка, принадлежащая американской фирме «Дюпон». В России вместо термина «фреон» используют термин «хладон».

При изучении этой темы следует обратить внимание на тенденции замены экологически опасных холодильных агентов на более современные и безопасные. Например, широко применявшийся ранее R12, сегодня заменяется на R134a. Большинство рабочих веществ, потенциально возможных для использования в холодильной технике сочетают как положительные, так и отрицательные свойства. При выборе хладагента необходимо проанализировать совокупность всех качеств и факторов, характеризующих как работу холодильной машины, так и конструктивные особенности ее отдельных элементов.

Правильно выбранный холодильный агент обеспечивает экономичность, надежность и безопасность эксплуатации холодильных машин и установок.

Аспирант должен иметь в виду, что двухступенчатые холодильные машины нашли широкое применение в пищевой промышленности при получении температур ниже минус 25°C .

Холодильные машины с однократным дросселированием имеют меньшую эффективность, чем холодильные машины, работающие по циклу с

двукратным дросселированием. Однако, из-за ряда эксплуатационных преимуществ нашли более широкое применение, чем машины с двукратным дросселированием.

Рабочим веществом ПЭХМ преимущественно является вода. Применять воду в ПКХМ невозможно из-за очень больших значений удельного объёма сухого насыщенного пара при низких температурах.

Недостатками ПЭХМ являются низкая энергетическая эффективность из-за больших потерь в эжекторе, а также необходимость поддержания глубокого вакуума в испарителе, конденсаторе и пароструйном аппарате.

Наиболее широкое ПЭХМ применяют в системах кондиционирования воздуха на судах с парогенераторными энергетическими установками, а также на промышленных предприятиях, располагающих вторичными энергетическими ресурсами повышенного температурного потенциала.

Рабочий цикл ПЭХМ строится в диаграмме $s-i$ для удобства расчётов.

Аспирант должен уметь выполнять энергетический анализ различных сложных циклов и подбирать холодильную машину для заданных условий.

Литература: [1], с.407-411, с. 421-427; [3], с. 718-735; [4], с. 18-67; [8], с. 9-48; [9], с.20-29;

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Перечислите требования, предъявляемые к холодильным агентам.
2. Привести характеристики аммиака, хладона-12, хладона-22.
3. Какие материалы разрушает аммиак?
4. Опишите меры оказания первой помощи при отравлении аммиаком?
5. В чём хранят холодильные агенты?
6. Какая существует зависимость между концентрацией рассола и его температурой?
7. Как подсчитать необходимое количество соли для разведения рассола?
8. Какие способы борьбы с коррозией оборудования, работающего в контакте с рассолом, применяют в холодильных установках?
9. При каких условиях переходят к многоступенчатому сжатию? Какое преимущество это даёт?
10. Начертить схему и цикл двухступенчатого сжатия с одной температурой кипения и полным промежуточным охлаждением. Сравнить её работу с работой одноступенчатой холодильной установки при тех же конечных давлениях кипения и конденсации.
11. Какие преимущества имеет включение в схему промежуточного сосуда со змеевиком?
12. Что такое полное и неполное промежуточное охлаждение?

13. Как рассчитать промежуточное давление при двухступенчатом сжатии при условии одной температуры кипения?
14. Изобразите рабочий цикл простейшей ПЭХМ в диаграмме $s-i$.
15. Какие параметры характеризуют действительный цикл ПЭХМ?
16. Что называется критической скоростью потока?
17. Что такое кратность циркуляции?
18. Какие холодильные агенты используются в ПЭХМ?

ТЕМА 2

Основы современной технологии обработки холодом пищевых продуктов и сырья

Целевая установка

В результате изучения данной темы аспирант должен:

знать основные способы холодильной обработки сырья и пищевых продуктов;

уметь определять отвод теплоты от обрабатываемого продукта при различных способах холодильной обработки.

Методические указания

Приступая к изучению этой темы, аспирант должен четко уяснить, что расчетные формулы, применявшиеся при определении отвода теплоты от обрабатываемого продукта при различных способах холодильной обработки.

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, например, в скороморозильных аппаратах, а также для тепло-влажностной обработки воздуха в кондиционерах.

При рассмотрении направлений обработки холодом следует обратить внимание на способы повышения эффективности промышленного использования холода, снижения затрат на его производство, применение вторичных энергоресурсов для получения низких температур.

Литература: [1], с.408-411; [4], с.68-85; [8], с. 9-34; [9], с.5-29.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Какая главная цель охлаждения пищевых продуктов?
2. От чего зависит выбор температура хранения охлажденных продуктов?
3. Какова средняя температура низкотемпературного холодильного оборудования?
4. Каковы максимальные колебания температуры при хранении замороженных продуктов?
5. При какой температуре хранят замороженные продукты?
6. Перечислите способы обработки холодом пищевых продуктов и сырья.
7. Для чего используют подмораживание продуктов?
8. Как определить расход холода, необходимый для замораживания сырья и полуфабриката?
9. От каких факторов зависит интенсивность усушки?
10. Назовите области применения сублимации для обработки пищевых продуктов

ТЕМА 3

Современное промышленное производство быстрозамороженных продуктов. Технология быстрого замораживания. Потери массы при замораживании и методы их уменьшения.

Целевая установка

В результате изучения данной темы аспирант должен:

знать условия жизнедеятельности микроорганизмов в пищевых продуктах, основные процессы холодильной технологии, их отличия друг от друга; факторы, определяющие величину усушки продуктов; методики расчета равновесной температуры и влажности воздуха в холодильных камерах, времени холодильной обработки пищевых продуктов, теплопритоков в холодильную камеру;

уметь подобрать систему охлаждения холодильной камеры в зависимости от продукта, его упаковки и вида холодильной обработки; рассчитывать параметры охлаждающей среды, длительность холодильной обработки продукта, тепловую нагрузку на холодильную камеру.

Методические указания

При изучении данной темы необходимо усвоить терминологию и основные понятия, используемые при рассмотрении тепло-массообменных процессов взаимодействия термодинамической системы и окружающей среды.

Литература: [1], с.108-211; [3], с. 746-756; [7], с. 43-96.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Что понимают под потерями массы сырья?
2. Назовите известные Вам способы быстрого замораживания сырья и полуфабрикатов.
3. Как определить потери массы сырья при замораживании.
4. От каких факторов зависит интенсивность усушки?
5. Перечислите известные способы уменьшения потерь массы при замораживании.
6. Запишите уравнения для определения отводимого количества теплоты при замораживании.
7. Расчет времени охлаждения различных типов продуктов
8. Льдосоляное охлаждение – принцип получения холода и область применения

ТЕМА 4

Способы замораживания. Современное холодильное и морозильное оборудование (камеры, шкафы, прилавки, витрины, чиллеры, скороморозильные аппараты). Их конструкции, принцип действия, достоинства и недостатки, область применения, основы проектирования.

Целевая установка.

В результате изучения данной темы аспирант должен:

знать существующие способы замораживания сырья и полуфабрикатов; принципы работы и основы конструкции промышленного холодильного и морозильного оборудования;

уметь выполнять расчет тепловой нагрузки и подбор холодильного и морозильного оборудования.

Методические указания

При изучении материала аспирант должен обратить внимание на основные этапы развития холодильной техники, 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, например, в скороморозильных аппаратах.

Технологическое холодильное оборудование позволяет сохранять качество пищевых продуктов, обеспечивая поддержание низких температур. Интенсивность процесса замораживания определяется скоростью замораживания и зависит от типа скороморозильного аппарата

При рассмотрении направлений развития хладотехники следует обратить внимание на способы повышения эффективности промышленного использования холода, снижения затрат на его производство, применение вторичных энергоресурсов для получения низких температур.

Литература: [1], с.428-471; [3], с.728-735; [7], с.89-127

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Что такое криогидратная точка?
2. Изобразите процесс, происходящий в испарителе. Назовите его особенности
3. Что такое удельная массовая холодопроизводительность?
4. Какие аппараты являются основными, а какие – вспомогательными теплообменными аппаратами для холодильной машины?
5. По каким признакам классифицирую холодильные камеры?
6. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при эксплуатации холодильных камер?
7. К какой группе относятся горизонтальные плиточные скороморозильные аппараты?
8. Какие плиточные скороморозильные аппараты наиболее удобны для использования в автоматической линии: горизонтальные или вертикальные?
9. Для чего предназначены прилавки и витрины?
10. Объясните принцип работы чиллера.

ТЕМА 5

Технологическое кондиционирование. Методы обработки воздуха при технологическом кондиционировании. Технологические кондиционеры. Их конструкции, область применения, расчет и подбор кондиционера.

Целевая установка

При изучении этой темы аспирант должен:

знать методы обработки воздуха; принципы действия, достоинства, недостатки и области применения основного оборудования систем кондиционирования: вентиляторов, воздухонагревателей, воздухоохладителей и камер орошения;

уметь изобразить схемы и объяснить принципы работы основного оборудования систем кондиционирования; произвести подбор и расчет данного оборудования и определить его эффективность.

Методические указания

При изучении данной темы аспирант должен обратить внимание на назначение и область применения кондиционеров, общую схему кондиционера. При изучении темы необходимо подробно рассмотреть особенности конструкций и принципы действия оборудования СКВ. Особое внимание следует обратить на обозначение оборудования СКВ и его взаимное совмещение

Кондиционер является основным элементом системы кондиционирования воздуха. Применяют центральные и местные кондиционеры. Центральные кондиционеры состоят из типовых секций. Вид, число и последовательность соединения секций определяются режимом обработки воздуха, принятым на основе расчета.

Местные кондиционеры могут быть автономными и неавтономными. К автономным относятся кондиционеры, имеющие в составе агрегата холодильную машину.

Литература: [2], с.4-25; [5], с.10-76; [6], с.182-232; [8], с.207-211;

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Каково назначение вентилятора в системах кондиционирования воздуха?
2. По каким признакам и на какие группы делятся вентиляторы?
3. Перечислите виды, назовите особенности конструкций и работы радиальных вентиляторов.
4. Расскажите об основных характеристиках вентилятора.
5. По каким признакам классифицируют воздухонагреватели?
6. Приведите пример и поясните условное обозначение калорифера.
7. Для чего в системах кондиционирования воздуха применяются камеры орошения?
8. Что такое кондиционер?
9. Из каких элементов состоит кондиционер? Нарисуйте общую схему кондиционера.
10. На какие виды подразделяются кондиционеры и по каким признакам?
11. Назовите особенности и область применения автономных кондиционеров.
12. Какие меры техники безопасности следует соблюдать при эксплуатации промышленных кондиционеров?

ТЕМА 6

Основные направления проектирования и применения современного холодильного и морозильного оборудования с учетом экологических аспектов.

Целевая установка

При изучении этой темы аспирант должен:

знать основные направления проектирования и применения современного холодильного и морозильного оборудования;

уметь выполнять анализ существующих конструкций современного холодильного и морозильного оборудования.

Методические указания

При рассмотрении направлений развития хладотехники следует обратить внимание на способы повышения эффективности промышленного использования холода, снижения затрат на его производство, применение вторичных энергоресурсов для получения низких температур.

Технологическое холодильное оборудование позволяет сохранять качество пищевых продуктов, обеспечивая поддержание низких температур. Интенсивность процесса замораживания определяется скоростью замораживания и зависит от типа скороморозильного аппарата.

Литература: [1], с.449-471; [8], с.4-12

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Перечислите основные направления совершенствования холодильного и морозильного оборудования
2. Перечислите вредные экологические факторы холодильных установок
3. Какие тенденции характерны для современного холодильного оборудования с точки зрения использования холодильных агентов?
4. Каковы тенденции по использованию хладоносителей в современном холодильном оборудовании? Приведите примеры.