

УДК 621.56(042.4)  
ББК 31.392 я73  
С 32

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины, рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, протокол № 2 от 28.04.2021 г.

Рецензент:

*А. Г. Иванов* – доцент кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Авторы:

*А. А. Сергеев* – доцент кафедры ТОППП ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА,  
*Н. Ю. Касаткина* – доцент кафедры ТОППП  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

**Сергеев, А. А.**

С 32 Холодильная техника и технологии: учебное пособие /  
А. А. Сергеев, Н. Ю. Касаткина. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – 163 с.

В пособии изложены основы холодильной техники: физические принципы получения низких температур; термодинамические основы, циклы и типы холодильных машин. Рассмотрены компрессоры, теплообменные аппараты, вспомогательное оборудование, автоматизация холодильных машин и установок. Отдельный раздел посвящен глубокому охлаждению. Рассмотрены вопросы холодильной обработки и хранения пищевых продуктов. Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения по направлениям подготовки «Агроинженерия» и «Технология продукции и организация общественного питания», а также оно может быть полезно аспирантам и инженерно-техническим работникам, связанным с холодильной техникой.

Реализация данной дисциплины возможна с применением технологий дистанционного обучения.

УДК 621.56(042.4)  
ББК 31.392 я73

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021  
© Сергеев А. А., Касаткина Н. Ю.,  
2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	5
1. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕРМОГАЗОДИНАМИКИ. . . . .	6
1.1 Процесс парообразования. Основные понятия и определения. . . . .	6
1.2 Дросселирование. Эффект Джоуля – Томсона . . . . .	9
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ . . . . .	15
2.1 Физические основы получения низких температур . . . .	15
2.2 Термодинамические основы холодильных машин . . . .	18
2.3 Термодинамические диаграммы хладагентов. . . . .	23
2.4 Циклы холодильных машин . . . . .	27
2.5 Холодильные агенты и хладоносители . . . . .	37
3. ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. . . . .	43
3.1 Типы холодильных машин . . . . .	43
3.2 Компрессоры холодильных машин . . . . .	57
3.3 Теплообменные аппараты холодильных машин . . . . .	78
3.4 Вспомогательное оборудование холодильных машин и установок . . . . .	84
3.5 Автоматизация холодильных установок. . . . .	90
4. ГЛУБОКОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ . . . . .	97
4.1 Непосредственное охлаждение . . . . .	97
4.2 Простой регенеративный цикл с изохорическим расширением сжатого газа (цикл Линде) . . . . .	99
4.3 Регенеративный цикл с изохорическим расширением и предварительным охлаждением газа . . . . .	101
4.4. Регенеративный цикл с изобарическим расширением (цикл среднего давления Клода). . . . .	103
4.5 Регенеративный цикл с изобарическим расширением и низким давлением (цикл Капицы). . . . .	105
5. ОХЛАЖДАЮЩИЕ СРЕДЫ, ИХ СВОЙСТВА И ПАРАМЕТРЫ. . . . .	107
5.1 Атмосферный воздух . . . . .	107
5.2 Газообразный диоксид углерода . . . . .	109

5.3 Газообразный азот . . . . .	110
5.4 Жидкие охлаждающие среды . . . . .	111
5.5 Твердые охлаждающие среды . . . . .	113
6. ХОЛОДИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ . . . . .	117
6.1 Общие сведения. . . . .	117
6.2 Принципы сохранения пищевых продуктов . . . . .	117
6.3 Влияние низких температур на рост и размножение микроорганизмов . . . . .	121
6.4 Воздействие низких температур на клетки, ткани и организмы . . . . .	123
6.5 Вспомогательные средства, применяемые при холодильной обработке и хранении . . . . .	126
6.6 Виды холодильной обработки пищевых продуктов . . . . .	129
6.7 Теплофизические свойства пищевых продуктов и их изменения . . . . .	143
6.8 Отопление и размораживание . . . . .	147
6.9 Хранение пищевых продуктов у потребителя . . . . .	157
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. . . . .	162