

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

24-2556

**Ерещенко В.В.,
Благовещенский И.Г., Кайченев А.В.**

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ХОЛОДНОЙ СУШКИ
ГИДРОБИОНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ
ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ТЕПЛОВИЗИОННОГО АНАЛИЗА**

монография

24-02556

Курск - 2023

**Ерещенко В.В.,
Благовещенский И.Г., Кайченев А.В.**

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ХОЛОДНОЙ СУШКИ
ГИДРОБИОНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ
ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ТЕПЛОВИЗИОННОГО
АНАЛИЗА**

монография

Курск - 2023

УДК 574.52
ББК 28.082.0
Е70

Рецензенты:

Яблоков А.Е., доктор технических наук, доцент кафедры «Прикладная механика и инжиниринг технических систем», ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»;

Висков А.Ю., кандидат технических наук, начальник лаборатории инновационных образовательных технологий Мурманского филиала Нахимовского военного училища Министерства обороны Российской Федерации.

Е70 Ерещенко В.В. и др.

Управление процессом холодной сушки гидробιονтов с применением технологии интернета вещей и тепловизионного анализа: монография/ В.В. Ерещенко, И.Г.Благовещенский, Кайченoв А.В., - Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2023, - 172 с.

ISBN 978-5-907776-02-9

В монографии рассматривается разработка систем автоматического управления и методов, позволяющих достичь низкого энергопотребления, а также реализация адаптивных режимов обезвоживания рыбного сырья и повышение качества с использованием интеллектуальных технологий. Проведен аналитический обзор литературы в области автоматизации тепловой обработки пищевых продуктов. Рассмотрены цифровые промышленные технологии, применяемые при автоматизации и цифровизации систем управления пищевыми технологическими процессами.

Разработана и представлена программно-целевая модель исследований. Разработаны и предложены программно-аппаратные решения, необходимые для модернизации системы управления процессом холодной сушки гидробιονтов. Проведено цифровое моделирование тепловых и влажностных процессов при обезвоживании рыбного сырья. Предложены математические модели, которые позволяют провести синтез регуляторов и получить оптимальные по качеству управления настройки системы, а также разработать алгоритмы управления. Рассмотрена система управления процессом обезвоживания рыбного сырья с регулированием по влагосодержанию и температуре сушильного агента, реализующая комбинированный режим сушки с линейно изменяющимся временем релаксации рыбы. Предложена структура системы автоматического управления с каналами контроля массы сырья, температуры поверхности рыбы посредством тепловизионного контроля, в совокупности с видео-мониторингом состояния рыбы, позволяющая реализовать переменные способы обезвоживания.

Монография предназначена для специалистов и руководителей, научных и практических работников, занимающихся проблемами автоматизации процессов тепловой обработки пищевых продуктов. Она также будет полезна студентам и аспирантам, изучающим эту тему.

ISBN 978-5-907776-02-9

УДК 574.52
ББК 28.082.0

© Ерещенко В.В., Благовещенский И.Г., Кайченoв А.В., 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. Исследование перспективных технологий обезвоживания гидробионтов	7
1.1 Основные сведения о технологическом процессе обезвоживания гидробионтов	7
1.1.1 Анализ современного состояния рыбной промышленности в области обезвоживания гидробионтов	7
1.1.2 Основные сведения о технологическом процессе обезвоживания гидробионтов.....	8
1.1.3 Основные закономерности процесса обезвоживания.....	10
1.2 Направления совершенствования процесса тепловой обработки и обезвоживания гидробионтов	12
1.3 Обзор цифровых промышленных технологий, применяемых при автоматизации и цифровизации систем управления пищевыми технологическими процессами	14
1.4 Типовая система управления сушильной камерой	20
1.5 Постановка цели и задачи исследования.....	22
Выводы по 1 главе	23
ГЛАВА 2. Разработка программно-аппаратного комплекса поиска оптимальных режимов холодной сушки гидробионтов	25
2.1 Программно-целевая модель исследований	25
2.2 Объект исследования.....	26
2.3 Малогабаритная сушильная установка УПОР-М.....	27
2.4 Выбор программно-аппаратного обеспечения	31
2.4.1 Разработка элементов для модернизации малогабаритной сушильной установки.....	31
2.4.2 Разработка формата передачи данных поверх протокола MQTT ..	35
2.4.3 Разработка информационного шлюза для сопряжения оконечных устройств с системой управления по протоколу MQTT и форматом данных BTf	47
2.4.4 Разработка модуля управления заслонками	50
2.4.5 Разработка модуля управления симисторами	52
2.4.6 Разработка модуля реле	55
2.4.7 Разработка системы сбора данных по температуре и относительной влажности	57

2.4.8	Разработка массоизмерительной системы	61
2.4.9	Выбор оборудования для измерения потребляемой мощности	65
2.4.10	Разработка системы тепловизионного контроля поверхности продукта.....	67
2.4.11	Выбор оборудования для управления процессом.....	73
2.4.12	Разработка графического пользовательского интерфейса.....	77
2.4.13	Система управления малогабаритной сушильной установкой	84
	Выводы по 2 главе	87
ГЛАВА 3. Результаты разработки программно-аппаратного комплекса и исследования.....		88
3.1	Исследование теоретической модели тепловлажностной обработки сушильного агента.....	88
3.2	Исследование теоретической модели тепловлажностных процессов внутри секции сушки	105
3.3	Численное моделирование и синтез регуляторов системы автоматического управления	120
3.4	Исследование передачи данных в предлагаемом формате BTF по протоколу MQTT	123
3.5	Разработка алгоритма тепловизионного анализа поверхности гидробионтов	128
3.6	Предпосылки создания цифрового двойника процесса обезвоживания гидробионтов	137
3.7	Исследования применимости N-участкового переменного способа.....	138
	Выводы по 3 главе	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		149
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ		151