

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М. А. Прищепов, И. Г. Рутковский

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ
ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ ТЕКУЧИХ
ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ СРЕД С СЕКЦИОНИРОВАННЫМИ
И ЗОНИРОВАННЫМИ ЭЛЕКТРОДНЫМИ СИСТЕМАМИ**

Минск
БГАТУ
2025

Прищепов, М. А. Усовершенствованные электродные электронагреватели текучих термолабильных сред с секционированными и зонированными электродными системами / М. А. Прищепов, И. Г. Рутковский. – Минск : БГАТУ, 2025. – 224 с. : ил. – ISBN 978-985-25-0284-9.

В монографии проведен анализ тепловых процессов сельскохозяйственного производства, обоснованы пути совершенствования электродных электронагревателей, разработан математический аппарат исследования характеристик электродных электронагревателей, разработаны методики расчета и оптимизации конструктивных параметров секционированных электродных электронагревателей и многозонных электродных электронагревателей-датчиков, обоснованы перспективные области многофункционального использования электронагревательных установок на базе многозонных электродных электронагревателей-датчиков для выполнения ими функции защиты электронагревательных установок при отклонении режимов работы от нормальных (в аварийных режимах), контроля количества отложений на электродах и процесса кипения.

Для научных работников, аспирантов и инженерно-технического персонала, занимающихся исследованиями, разработкой и проектированием электронагревательных установок для сельскохозяйственной и пищевой промышленности.

Табл. 19. Ил. 57. Библиогр. 122 назв.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (протокол № 9 от 30.12.2024 г.)

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры
«Электрические системы» Белорусского национального
технического университета *М. А. Короткевич*;
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
«Автоматизация производственных процессов и электротехника»
УО «Белорусский государственный
технологический университет» *О. И. Александров*

СОДЕРЖАНИЕ

Термины и определения	6
Перечень сокращений и обозначений	8
Введение	9
ГЛАВА 1 Анализ технических средств электродного электронагрева и способов регулирования режимов тепловой обработки	11
1.1 Технологические требования к тепловым режимам нагрева текучих термолабильных сред	11
1.2 Современные технические средства электродного электронагрева термолабильных сред и предъявляемые к ним технические требования	15
1.3 Способы регулирования режимов тепловой обработки термолабильных сред при электродном электронагреве	18
ГЛАВА 2 Теоретические и экспериментальные исследования электродных электронагревателей	22
2.1 Теоретические предпосылки для совершенствования электродных электронагревателей	22
2.2 Математические модели основных электротепловых схем электродных электронагревателей	25
2.2.1 Проточные электродные электронагреватели	25
2.2.2 Непроточные электродные электронагреватели с плоскопараллельной электродной системой	30
2.3 Исследование статических и динамических характеристик основных электротепловых схем электродных электронагревателей	57
2.3.1 Исследование динамических характеристик непроточных электродных электронагревателей с плоскопараллельной электродной системой	57
2.3.2 Исследование динамических характеристик непроточных электродных электронагревателей-датчиков с зонированной электродной системой	67
2.3.3 Исследование статических характеристик проточных электродных электронагревателей с плоскопараллельной и секционированной электродной системой	70
2.3.4 Исследование статических и динамических характеристик проточных многозонных электродных электронагревателей-датчиков	76

2.4 Характеристики электродных электронагревателей, функционально зависимые от распределения температуры обрабатываемой среды	81
2.5 Влияние физических и конструктивных параметров электродных электронагревателей-датчиков на их электротепловые характеристики	87
ГЛАВА 3 Исследование электрофизических характеристик сельскохозяйственных термолабильных сред	100
3.1 Методика исследования электрофизических характеристик сельскохозяйственных термолабильных сред	101
3.2 Математическая обработка результатов многофакторного эксперимента и построение математических моделей электрофизических характеристик сельскохозяйственных термолабильных сред	106
3.3 Обоснование допустимых электрических параметров электродных электронагревателей для тепловой обработки сельскохозяйственных термолабильных сред	119
ГЛАВА 4 Методики расчета конструктивных параметров электродных электронагревателей с секционированными и зонированными электродными системами	124
4.1 Методика расчета непроточных электродных электронагревателей-датчиков с плоскопараллельной многозонной электродной системой	125
4.2 Методики расчета основных электротепловых схем проточных электродных электронагревателей с секционированными и многозонными электродными системами	130
4.3 Техничко-экономическая оптимизация конструктивных параметров многозонных непроточных электродных электронагревателей-датчиков	141
4.4 Разработка электронагревательных установок сельскохозяйственного назначения на базе многозонных электродных электронагревателей	155
4.5 Сравнительный анализ эффективности проточных электродных электронагревателей с плоскопараллельной, секционированной и зонированной электродными системами	159

ГЛАВА 5 Перспективные области многофункционального использования электронагревательных установок на базе многозонных электродных электронагревателей-датчиков . . .	166
5.1 Математическое моделирование электротепловых характеристик многозонных электродных электронагревателей-датчиков при отклонении режимов работы от нормальных	166
5.2 Математическое моделирование информационного сигнала разбаланса мостовой измерительной схемы проточных многозонных электродных электронагревателей-датчиков при наличии отложений на электродах	169
5.3 Исследование информационного сигнала непроточных электродных электронагревателей-датчиков с зонированной системой электродов в режиме кипения	201
Список использованной литературы	206
Приложение А Результаты обработки многофакторного эксперимента	218
Приложение Б Результаты технико-экономической оптимизации параметров многозонного непроточного электродного электронагревателя-датчика	220
Приложение В Схема управления ЭНУ с непроточным ЭЭН-Д	222

Научное издание

Прищепов Михаил Александрович,
Рутковский Иосиф Геннадьевич

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ
ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ ТЕКУЧИХ
ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ СРЕД С СЕКЦИОНИРОВАННЫМИ
И ЗОНИРОВАННЫМИ ЭЛЕКТРОДНЫМИ СИСТЕМАМИ

Ответственный за выпуск *И. С. Крук*
Редактор *Г. В. Анисимова*
Корректор *Г. В. Анисимова*
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*
Дизайн обложки *Д. О. Михеевой*

Подписано в печать 29.08.2025. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 10,18. Тираж 100 экз. Заказ 169.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–1, 220012, Минск.