

23-1958

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г.

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
ТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ
ОБОРУДОВАНИЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ
МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ**

Монография

Москва 2022

23-01958

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский государственный университет пищевых производств»**

Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г.

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ
ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БАЗЕ
НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ**

Монография

Москва 2022

УДК 664.6/7:681.518.5:004.8

ББК 36.82 Зстд2-082.051 я9

Я14

Рецензенты:

Шкапов П.М., зав. кафедрой «Теоретическая механика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, д-р техн. наук, профессор;

Петров С.М., профессор кафедры систем автоматизированного управления, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», д-р техн. наук, профессор

Я14 Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г.

Научно-практические основы создания автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе нейросетевых методов анализа данных: монография/ Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г., -М.: МГУПП, 2022. – 221 с.

ISBN 978-5-907627-28-4

Монография посвящена развитию теории, методологии и практики создания автоматизированных систем технического контроля и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий. Приведен обзор современных методов и средств технического диагностирования, современных информационных технологий с точки зрения их использования в диагностических системах. Описаны методология и практические примеры диагностического моделирования технологических машин. На практических примерах показана эффективность использования нейросетевых методов анализа данных в задачах классификации и прогнозирования технического состояния объекта контроля. Разработана концепция распределенной системы онлайн-мониторинга промышленного оборудования. Приводится описание программно-аппаратного комплекса автоматизированной системы диагностики технологических машин.

Монография предназначена для студентов, магистров и аспирантов обучающихся по специальностям 15.03.02, 15.04.02 Технологические машины и оборудование, 15.03.04, 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 09.03.01, 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, 27.03.04 Управление в технических системах, 05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. Будет полезна преподавателям технических вузов, а также специалистам, занимающихся разработкой и применением систем технического мониторинга и диагностики промышленного оборудования.

ISBN 978-5-907627-28-4

УДК 664.6/7:681.518.5:004.8

ББК 36.82 Зстд2-082.051 я9

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Глава 1. МОНИТОРИНГ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ: ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	15
1.1. Технологические машины зерноперерабатывающих предприятий как объект диагностирования	16
1.2. Стратегии технического обслуживания оборудования и средства автоматизации планирования ТОиР	21
1.3. Автоматизированные системы планирования и управление ТОиР	25
1.4. Обзор методов и средства технического диагностирования	28
1.5. Обзор современных систем вибрационной диагностики	38
1.6. Выводы по главе и задачи исследования	43
Глава 2. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК БАЗА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	47
2.1. Методы распознавания образов в задачах технической диагностики	47
2.2. Нейросетевые методы анализа информации	51
2.3. Повышение информативности диагностических признаков путем предварительной обработки сигналов	58
2.4. Проектирование признаков для задачи нейросетевой классификации	61
2.5. Информационные технологии как основа для создания диагностических систем нового поколения	63
2.6. Выводы по главе	69
Глава 3. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ДИАГНОСТИЧЕСКИМИ ПРИЗНАКАМИ, ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	70
3.1. Количественные и качественные показатели процесса переработки зерна ..	70
3.2. Исследование влияния дефектов мукомольного вальцового станка на показатели эффективности процесса измельчения	76
3.3. Исследование влияния износа молотков дробилки на показатели эффективности процесса измельчения	78
3.4. Исследование влияния износа абразивных дисков шелушителя на показатели эффективности процесса шелушения	80
3.5. Выводы по главе	82

Глава 4. ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ НЕИСПРАВНОСТЕЙ.....	83
4.1. Задачи диагностического моделирования, методы построения и классификация диагностических моделей.....	83
4.2. Диагностическая модель механической системы с консольным креплением ротора на валу электродвигателя	86
4.3. Диагностическая модель роторной двухопорной системы с консольным креплением ротора	88
4.4. Диагностическая модель роторной двухопорной системы.....	96
4.5. Диагностическая модель двухроторной системы с механической связью между валами (на примере вальцового станка А1-БЗН).....	98
4.6. Выводы по главе.....	106
Глава 5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ.....	108
5.1. Описание экспериментальной установки.....	109
5.2. Исследование эффективности применения различных диагностических признаков в задаче нейросетевой классификации состояний зубчатой передачи.....	111
5.3. Исследование эффективности применения различных диагностических признаков в задаче нейросетевой классификации состояний ременной передачи.....	130
5.4. Нейросетевое прогнозирование технического состояния объекта по трендовым характеристикам диагностического признака	140
5.5. Метод диагностики на базе комплектной оценки результатов нейросетевой классификации по отдельным параметрам с привлечением дополнительных признаков.....	143
5.6. Выводы по главе.....	147
Глава 6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ (СТМ-12Т).....	150
6.1. Аппаратная и программная реализация первичного прибора сбора и анализа диагностической информации	150
6.2. Структура системы удаленного мониторинга и диагностики оборудования	163

6.3. Концепция распределенной системы мониторинга и диагностики оборудования	169
6.4. Выводы по главе.....	175
Глава 7. АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ СТМ-12Т НА ПРОМЫШЛЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	177
7.1. Исследования на экспериментальной установке, созданной на базе энтолейтора РЗ-БЭР	177
7.2. Исследования на экспериментальной установке, созданной на базе вальцового станка А1-БЗН	185
7.3. Выводы по главе.....	188
Общие выводы	190
Заключение	195
Список сокращений	198
Список литературы.....	200