

УДК 004.855.5:004.942  
ББК 32.965  
М92

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Казанского национального исследовательского технологического университета*

*Рецензенты:  
д-р техн. наук Е. К. Вачагина  
д-р техн. наук В. И. Курт*

**Мухутдинов А. Р.**

**М92** Универсальные вычислительные экспресс-методы для создания искусственной нейронной сети сложного объекта и инновационного программного модуля на ее основе : монография / А. Р. Мухутдинов, М. Г. Ефимов; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2022. – 164 с.

ISBN 978-5-7882-3205-8

Монография посвящена использованию современных информационных технологий для создания эффективных технических систем. Рассмотрены особенности и закономерности сложных процессов.

Предназначена для научных работников и инженеров, работающих в области теоретических и прикладных исследований сложных процессов, для практического использования результатов в новых перспективных технических системах, а также для преподавателей вузов, аспирантов и магистров направления подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» (программа подготовки «Перспективные конструкционные материалы и высокоэффективные технологии»), занимающихся нейросетевым моделированием.

Подготовлена на кафедре технологии твердых химических веществ.

**УДК 004.855.5:004.942  
ББК 32.965**

ISBN 978-5-7882-3205-8

© Мухутдинов А. Р., Ефимов М. Г., 2022  
© Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, 2022

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений и обозначений .....	3
Введение .....	6
Глава 1. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	9
1.1. Современное состояние применения универсальных методов для моделирования сложных объектов .....	9
1.1.1. Метод на основе планирования эксперимента .....	13
1.1.2. Метод на основе искусственных нейронных сетей .....	15
1.2. Сравнительная оценка регрессионного и нейросетевого подходов моделирования сложных объектов .....	17
1.2.1. Регрессионный подход .....	17
1.2.2. Нейросетевой подход .....	21
1.3. Анализ методов создания искусственных нейронных сетей .....	23
1.3.1. Традиционный подход на основе большого количества тренировочных примеров .....	23
1.3.2. Инновационный подход на основе малого количества тренировочных примеров .....	24
1.4. Обоснование выбора среды разработки искусственных нейронных сетей .....	26
Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	29
2.1. Объекты исследования .....	29
2.1.1. Универсальный экспресс-метод создания искусственной нейронной сети на малом количестве тренировочных примеров .....	30
2.1.2. Универсальный экспресс-метод создания прикладного программного модуля на основе разработанной искусственной нейронной сети .....	44
2.1.2.1. Решение задач осмысления и управления за счет прогнозирования значений выходных параметров для выявления аномалий .....	46
2.1.2.2. Оптимизация с использованием модернизированного численного метода за счет нахождения оптимальных значений входных характеристик для достижения экстремума значений выходных параметров .....	53
2.1.3. Универсальный метод проведения вычислительного эксперимента с использованием разработанного программного модуля на основе искусственной нейронной сети .....	59
2.2. Предмет исследования .....	64
Глава 3. АПРОБАЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПРЕСС-МЕТОДА СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	67
3.1. Теплообмен хлорбензола при высоких частотах электрического тока .....	67
3.2. Процесс детонации смеси на основе бризантного взрывчатого вещества повышенной мощности № 1 .....	74
3.3. Процесс детонации смеси на основе гексида .....	80
3.4. Процесс детонации смеси на основе гексида с инертными наполнителями .....	85
3.5. Процесс детонации смеси на основе бризантного взрывчатого вещества повышенной мощности № 2 .....	91

3.6. Процесс имплозии .....	98
3.7. Процесс обработки меди на вертикальном фрезерном станке с числовым программным управлением .....	103
3.8. Оценка свойств поливинилхлоридных композитов .....	109
Заключение.....	115
Библиографический список.....	116
Приложения .....	127
Приложение 1 .....	127
Приложение 2 .....	128
Приложение 3 .....	159