



В. К. СЕМИПЯТНЫЙ  
Д. С. АРХИПОВ

КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ X.0.  
ЦИФРОВЫЕ И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МОНОГРАФИЯ

МОСКВА  
2025

Под общей редакцией академика РАН А. Г. Галстяна

Рецензенты:

А. Н. Петров – академик РАН, доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГАНУ «ВНИМИ»

А. Ю. Просеков – член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, ректор Кемеровского государственного университета

Семипятный В. К. Киберфизическая система пищевой промышленности Х.0. Цифровые и аддитивные технологии: монография / В. К. Семипятный, Д. С. Архипов. – М.: ВНИМИ, 2025. – 108 с.

В монографии представлен обзорный материал по цифровым и аддитивным технологиям в пищевой промышленности - киберфизической системы в рамках ускоряющегося перехода от Индустрии 4.0 к новым эволюционным ступеням Х.0. Рассмотрены теоретические основы и математические аппараты идентификации и контроля качества продуктов питания в современном мире, принципы их глобального мониторинга, оцифровки и оптимизации аналитических подходов. Отдельно показан уровень развития аддитивных технологий, перспектива их применения в производстве пищевых продуктов в рамках качественного перехода к персонализации питания, а также потенциал дальнейшего совершенствования процессов производства.

Книга предназначена для ученых, специалистов молочной промышленности, исследователей, преподавателей и учащихся профильных вузов, а также может быть полезна в системе послевузовского образования.

Монография подготовлена к печати с.н.с. ВНИМИ С. Н. Туровской.



© ФГАНУ «ВНИМИ»

© Коллектив авторов

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	5
<b>Глава 1. Цифровые решения в пищевой промышленности</b> <b>(В. К. Семипятный)</b> .....	9
1.1. Идентификационные тренды в пищевой промышленности .....	9
1.2. Принципы и перспективы мета-аналитического подхода при исследовании пищевого продукта .....	14
1.3. Оценка существующих подходов к оцифровке пищевых систем ..	17
1.4. Анализ методик кластеризации и аутентификации с точки зрения пищевой промышленности .....	25
1.5. Идентификация дифференцирующих характеристик в пищевых приложениях .....	29
1.6. Иерархическая кластеризация как база для классификации продукта .....	40
1.7. Агрегирование идентификационных методик .....	45
1.8. Определение динамических свойств продукта от производства до утилизации .....	47
Заключение к Главе 1 .....	50
Список литературы к Главе 1 .....	51
<b>Глава 2. Аддитивные технологии. Реалии и перспективы</b> <b>(Д. С. Архипов)</b> .....	68
2.1. Потери при производстве продуктов питания .....	68
2.2. Число голодающих в мире .....	70
2.3. 3D-печать в пищевой промышленности. Доля 3D-фудпринтинга в рынке мирового продовольствия .....	70
2.4. Инновационные принципы производства продуктов питания в парадигме персонализации (персонализированное питание) .....	72
2.4.1. Персонализированное питание .....	72

2.4.2. Технологические решения, которые используются в мире.	
Новое сырье (насекомые, растительные аналоги и т.д.) . . . . .	74
2.5. Методы 3D-печати, популярные формы, используемые при печати . . . . .	79
2.6. Перспективные и инновационные формы пищевой 3D-печати: таблетированные и/или брикетированные формы . . . . .	82
2.7. Примеры изготовления продуктов питания в виде таблетированных и/или брикетированных методом 3D-печати . . . . .	86
2.8. Анализ рынка батончиков – объем рынка, их виды, ассортимент, способы производства . . . . .	88
2.9. NoReCa как драйвер роста рынка брикетированных продуктов питания . . . . .	91
2.10. Сырье для 3D-принтеров . . . . .	94
2.10.1. Факторы, влияющие на использование продуктов питания в качестве филаментов . . . . .	94
2.10.2. Молочное сырье . . . . .	96
2.10.3. Сырье немолочного происхождения . . . . .	101
Заключение к Главе 2 . . . . .	102
Список литературы к Главе 2 . . . . .	103