

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2025, Том 12, № 1 / 2025, Vol. 12, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2025.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/21ECOR125.pdf>

DOI: 10.15862/21ECOR125 (<https://doi.org/10.15862/21ECOR125>)

2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Анохина, Т. В. Проблематика автоматизации кондитерского производства / Т. В. Анохина, А. В. Гончаров, М. С. Кремлёв // Отходы и ресурсы. — 2025. — Т. 12. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/21ECOR125.pdf> DOI: 10.15862/21ECOR125.

For citation:

Anokhina T.V., Goncharov A.V., Kremlev M.S. Problems of automation of confectionery production. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2025;12(1): 21ECOR125. Available at: <https://resources.today/PDF/21ECOR125.pdf>. DOI: 10.15862/21ECOR125. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 681.5

Анохина Татьяна Владимировна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Москва, Россия
Аспирант кафедры «Систем автоматизированного управления»
E-mail: t.anohina@mgutm.ru

Гончаров Андрей Витальевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Москва, Россия
Заведующий кафедрой «Систем автоматизированного управления»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: a.goncharov@mgutm.ru

Кремлёв Михаил Семёнович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Москва, Россия
E-mail: 3290@mail.ru

Проблематика автоматизации кондитерского производства

Аннотация. Исследование посвящено комплексному анализу проблем и перспектив автоматизации кондитерского производства в современных условиях. Работа фокусируется на выявлении ключевых вызовов на пути внедрения роботизированных систем и интеллектуальных алгоритмов управления технологическими процессами в кондитерской промышленности.

В теоретической части исследования систематизируются научные подходы к осмыслению феномена автоматизации пищевых производств, его роли в трансформации отраслевого ландшафта и формировании новых парадигм управления. Обосновывается стратегическая значимость интеграции киберфизических систем, промышленного интернета вещей, машинного обучения для повышения эффективности операционной деятельности, обеспечения безопасности и качества продукции, укрепления конкурентных позиций кондитерских предприятий в условиях цифровизации экономики.

Эмпирический раздел работы основан на анализе текущего уровня автоматизации ведущих кондитерских фабрик России в сопоставлении с лучшими мировыми практиками цифровой трансформации. Особое внимание уделяется определению приоритетных направлений роботизации производственных процессов и внедрения интеллектуальных систем управления качеством по образцу глобальных отраслевых лидеров.

Подчеркивается значимость комплексного подхода к автоматизации, предполагающего развитие инфраструктуры сбора и обработки данных, модернизацию парка оборудования, внедрение предиктивной аналитики, переподготовку кадров. Анализируются ключевые барьеры на пути цифровизации кондитерского производства, связанные с высокой стоимостью решений, недостатком компетенций, отсутствием единых стандартов интеграции киберфизических систем.

Результаты исследования имеют высокую практическую значимость, предлагая участникам кондитерского рынка комплексные рекомендации по преодолению вызовов автоматизации производства. Успешная трансформация традиционных производственных процессов на базе передовых цифровых технологий рассматривается как необходимое условие сохранения глобальной конкурентоспособности в эпоху Четвертой промышленной революции.

Ключевые слова: кондитерское производство; автоматизация; роботизация; киберфизические системы; промышленный интернет вещей; машинное обучение; большие данные; предиктивная аналитика; качество продукции; цифровая трансформация

Введение

Стремительная цифровая трансформация промышленного сектора, обусловленная развитием технологий Индустрии 4.0, ставит перед кондитерскими предприятиями новые вызовы адаптации производственных и управленческих процессов к реалиям интеллектуальной экономики. Роботизация, интернет вещей, машинное обучение открывают качественно иные горизонты повышения эффективности операционной деятельности, обеспечения стабильного качества продукции, гибкого реагирования на запросы потребителей.

Несмотря на очевидные преимущества автоматизации, ее практическая имплементация в кондитерской отрасли до сих пор носит ограниченный характер. Высокая стоимость современных роботизированных комплексов, отсутствие квалифицированных кадров, недостаточная зрелость инфраструктуры сбора и обработки данных выступают значимыми барьерами перехода к автоматизированному производству. В этих условиях исследование проблематики автоматизации кондитерской промышленности приобретает высокую актуальность как в теоретическом, так и в практическом плане.

Фундаментальные основы автоматизации бизнес-процессов в пищевой промышленности отражены в исследованиях Алексейчевой Е.Ю. и Магомедова М.Д. [1], которые рассматривают современные тренды и необходимость технологического совершенствования предприятий в условиях меняющегося рынка товаров повседневного спроса. Алексеенкова Е. [2] подчеркивает важность полной автоматизации как одного из ключевых трендов в развитии кондитерского производства.

Практические аспекты внедрения автоматизированных систем управления в пищевой отрасли детально исследованы в работе Смагиной Н.В. [3], где представлены возможности использования программных продуктов на базе 1С:Предприятия 8 для кондитерского производства. Дальнейшее развитие концепций оптимизации бизнес-процессов на предприятиях пищевой промышленности нашло отражение в публикации Стадник Е.И. [4], которая определяет ключевые направления повышения эффективности производственных систем.

Вопросы комплексного управления развитием предприятий пищевой промышленности с учетом технологических и экономических факторов представлены в исследованиях Кретовой А.В. и Елистратова Н.С. [5], где обоснованы направления повышения эффективности отраслевого менеджмента.

Объектом исследования выступают технологические и управленческие процессы кондитерских предприятий в контексте внедрения систем автоматизации производства.

Предметом является совокупность организационно-экономических отношений, возникающих в процессе имплементации цифровых технологий в кондитерской промышленности.

Цель работы заключается в выявлении ключевых проблем автоматизации кондитерского производства и разработке комплекса мер по их преодолению на базе анализа лучших мировых практик и специфики отечественной отрасли.

Теоретическая значимость исследования связана с развитием методологических основ цифровой трансформации пищевой промышленности. Систематизация подходов к роботизации процессов, классификация эффектов и барьеров внедрения киберфизических систем вносят вклад в теорию управления автоматизированным производством.

Практическая ценность работы состоит в разработке дорожной карты преодоления вызовов автоматизации для предприятий кондитерской отрасли. Представленные рекомендации по модернизации инфраструктуры, переподготовке кадров, выстраиванию экосистемы инноваций могут быть использованы для выработки стратегий цифровизации, ускорения процессов внедрения технологий автоматизации производства.

Материалы и методы

В ходе исследовательской работы применялся комплекс взаимодополняющих теоретических и эмпирических методов. На этапе концептуализации проблемы использовались методы анализа, синтеза, обобщения научных источников, позволившие систематизировать ключевые подходы к пониманию природы автоматизации производства, ее роли в трансформации промышленных систем.

Методологической основой исследования выступили положения теории управления сложными системами, киберфизический подход к организации производства, концепция цифровых двойников. Сочетание методов структурно-функционального и процессного анализа обеспечило целостное рассмотрение кондитерского предприятия как динамической системы взаимосвязанных бизнес-процессов и технологических операций.

На прикладном уровне работа базируется на кейс-стади ведущих кондитерских фабрик России (КФ «Красный Октябрь», Холдинг «Объединенные кондитеры», КФ «Победа», Nestle) в контексте реализуемых проектов автоматизации. Информационную базу анализа формировали данные годовых отчетов, публичные выступления топ-менеджмента, пресс-релизы о внедрении цифровых решений, автоматизированных линий.

Для оценки динамики операционных показателей в привязке к уровню цифровизации производства применялись экономико-статистические методы. Проведение экспертных интервью с руководителями технических департаментов выявило основные драйверы и барьеры автоматизации, приоритетные направления инвестиций в технологии автоматизации производства.

Сравнительный анализ российского и зарубежного опыта автоматизации кондитерских производств (на примере Haribo, Ferrero, Mars) позволил определить лучшие практики роботизации технологических процессов, выстраивания цифровой инфраструктуры

предприятий. Обобщение полученных кейсов легло в основу разработки дорожной карты преодоления вызовов автоматизации для участников российского рынка.

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ теоретических источников позволяет констатировать кардинальную трансформацию подходов к автоматизации кондитерского производства на современном этапе развития технологий. Если традиционно автоматизация сводилась к точечному внедрению программируемых контроллеров и электромеханических устройств для решения локальных задач, то сегодня речь идет о построении целостных киберфизических систем, пронизывающих все этапы производственного процесса (рис. 1).

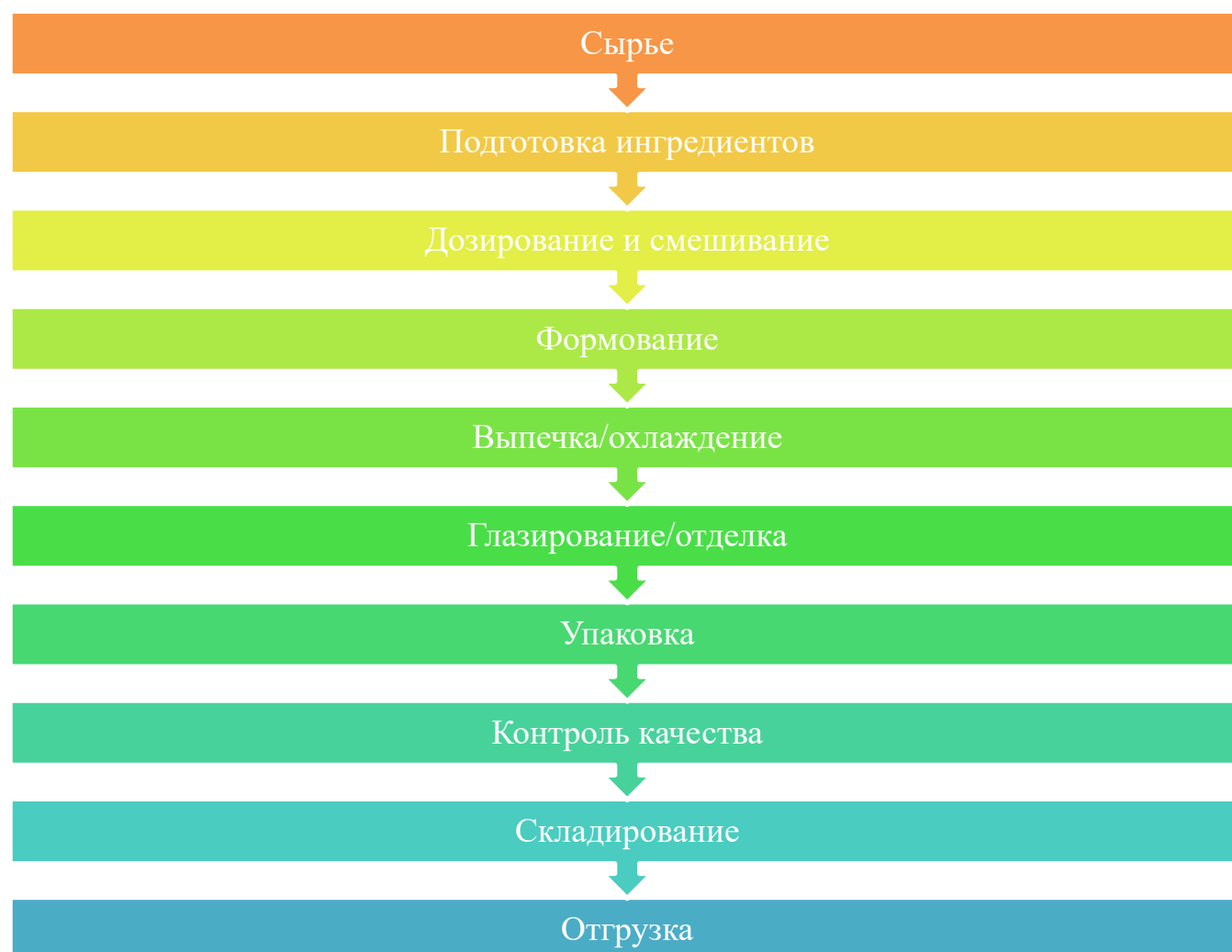


Рисунок 1. Этапы кондитерского производства (составлено авторами на основе [4; 5])

Ключевым элементом подобных систем выступает многоуровневая архитектура сбора, передачи и обработки данных, формирующая так называемую «нервную систему» предприятия. Датчики и сенсоры, установленные на ключевом оборудовании, в режиме реального времени отслеживают сотни параметров технологических процессов — температуру, влажность, давление, скорость и т. д. Полученные массивы информации по беспроводным каналам связи поступают в промышленные контроллеры и системы управления производством (MES), где подвергаются углубленной аналитике с применением алгоритмов машинного обучения.

На базе выявленных закономерностей и отклонений от заданных параметров качества интеллектуальные модули принимают решения о самонастройке оборудования, изменении режимов работы, превентивном обслуживании или остановке процесса. При этом в отличие от традиционных систем автоматизации, реагирующих на уже произошедший сбой, киберфизические комплексы способны предсказывать вероятные нарушения стабильности процесса на базе предиктивной аналитики с упреждением до нескольких дней.

Подобный проактивный подход к автоматизации позволяет кондитерским предприятиям существенно повысить надежность оборудования, снизить внеплановые простои, обусловленные аварийными ремонтами. По данным Международного центра решений в области автоматизации (ICSA), предиктивное обслуживание способно увеличить коэффициент готовности оборудования (OEE) до 20 %, одновременно сократив затраты на техническое обслуживание до 30 %.

Помимо мониторинга состояния оборудования, киберфизические системы открывают новые возможности для контроля качества сырья и готовой продукции. Интеллектуальные видеокамеры, установленные на ключевых фазах производства (приемка сырья, формование, глазировка, упаковка), в автоматическом режиме выявляют малейшие отклонения от заданных параметров формы, цвета, структуры изделий. В случае обнаружения дефектов бракованные продукты оперативно отсортировываются роботизированными манипуляторами без снижения скорости работы линии.

По оценкам экспертов кондитерской отрасли, комплексная система компьютерного зрения с функцией глубокого обучения позволяет сократить выход нестандартной продукции в несколько раз по сравнению с ручным контролем. При этом обеспечивается объективное документирование результатов контроля и возможность прослеживаемости качества на всех этапах производственного цикла.

Наряду с повышением надежности и стабильности процессов, автоматизация несет значительный потенциал оптимизации использования ресурсов. Интеграция робототехнических комплексов в операции развески, дозирования, упаковки обеспечивает высочайшую точность соблюдения заданных рецептур, существенно сокращая сверхнормативные потери сырья.

Интеллектуальные алгоритмы планирования производства позволяют динамически перестраивать производственную программу с учетом приоритетности заказов, доступности компонентов, прогнозов спроса. В результате достигается рост коэффициента использования мощностей, минимизация времени переналадки оборудования при переходе на новые виды продукции.

Обобщение опыта глобальных лидеров кондитерской отрасли позволяет выделить следующие магистральные направления автоматизации:

1. Создание многоуровневой системы сбора и анализа данных о параметрах технологических процессов, состоянии оборудования, качестве сырья и готовой продукции.
2. Роботизация ключевых производственных операций (дозирование, формование, глазирование, упаковка) для обеспечения стабильности рецептур, минимизации человеческого фактора.
3. Внедрение систем компьютерного зрения для автоматического выявления дефектов продукции, контроля соблюдения стандартов качества.
4. Переход к предиктивному обслуживанию оборудования на основе непрерывного мониторинга его технического состояния и прогнозирования вероятных отказов.

5. Интеллектуальная оптимизация производственного расписания с учетом динамики спроса, доступности ресурсов, необходимости переналадки линий.
6. Создание цифровых двойников продукции и технологических процессов для виртуального моделирования рецептур, режимов работы оборудования.

Так, компания Haribo в рамках проекта «Умная фабрика» оснастила производственные линии десятками тысяч сенсоров, передающих данные о ключевых параметрах процесса в общую систему мониторинга. Использование продвинутой аналитики позволило на 12 % повысить эффективность процессов, предотвратить более 5 000 инцидентов, связанных с отклонением качества.

Ferrero внедрила интеллектуальную систему прослеживаемости, интегрирующую информацию о сырье, условиях производства, результатах контроля качества в единую базу данных. Применение технологии блокчейн обеспечило абсолютную защищенность и достоверность информации о происхождении ингредиентов, соблюдении технологий и стандартов на каждом этапе.

Mars активно использует цифровые двойники производственных линий для моделирования влияния изменений рецептур и режимов работы оборудования на качество продукции. Виртуальные испытания позволяют оптимизировать параметры процесса без затратных физических экспериментов, ускоряя вывод новинок на рынок.

Обобщение передовой зарубежной практики позволяет сформировать представление об «умной кондитерской фабрике» как производственной системе нового поколения, базирующейся на сквозной интеграции физических и цифровых процессов. Однако анализ текущей ситуации в российской кондитерской отрасли показывает, что большинство предприятий находится лишь на начальном этапе подобной трансформации.

Средний возраст оборудования на ведущих кондитерских фабриках превышает 20 лет, что существенно ограничивает возможности интеграции «умных» устройств и датчиков. Автоматизированные линии зачастую функционируют в режиме «островов», не объединенных в единую информационную систему управления производством. Объем накапливаемых данных о технологических параметрах остается весьма ограниченным, препятствуя реализации подходов предиктивной аналитики.

Серьезным барьером выступает также дефицит квалифицированных кадров, обладающих компетенциями на стыке программной инженерии, науки о данных, пищевых технологий. Как показало экспертное интервьюирование, более 70% специалистов инженерно-технических служб российских кондитерских предприятий не имеют опыта работы с технологиями промышленного интернета вещей, машинного обучения, компьютерного зрения.

Фрагментация цифрового ландшафта, использование разрозненных протоколов обмена данными существенно затрудняет интеграцию оборудования различных поколений и производителей в целостную киберфизическую систему. Зачастую автоматизированные линии и модули разных вендоров просто «не понимают» друг друга, что требует сложных программных доработок и кастомизации интерфейсов.

Как следствие, уровень автоматизации и роботизации в российской кондитерской отрасли остается в 3–4 раза ниже ведущих зарубежных производителей. Так, если в Европе и США доля автоматизированных участков на кондитерских фабриках достигает 75–80 %, в России этот показатель редко превышает 20–25 %. Подобное технологическое отставание создает риски утраты глобальной конкурентоспособности в условиях ускорения цифровизации мировой пищевой индустрии (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ уровня автоматизации кондитерского производства в РФ и мире

Параметр	Россия	Европа	США
Средний возраст оборудования, лет	20–25	10–15	10–12
Доля автоматизированных участков, %	20–25	75–80	80–85
Доля предприятий, имеющих комплексные MES-системы, %	5–7	60–70	75–80
Охват технологических параметров системами сбора данных, %	15–20	75–80	80–90
Доля предприятий, использующих предиктивную аналитику, %	1–2	30–40	40–50

Составлено авторами на основе [6; 7]

Для преодоления обозначенных барьеров и реализации потенциала автоматизации российским кондитерским предприятиям необходимо выстроить поэтапную дорожную карту цифровой трансформации производственных систем (рис. 2).

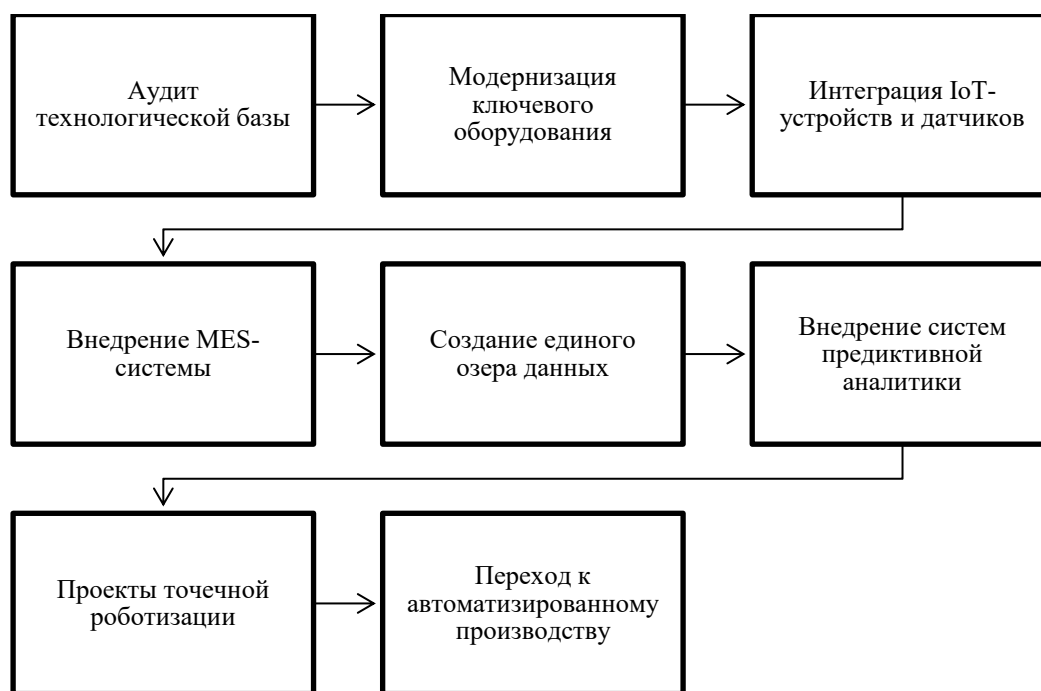


Рисунок 2. Дорожная карта автоматизации кондитерского производства (разработано авторами на основе [8; 9])

Отправной точкой трансформации должен стать комплексный аудит существующего парка оборудования с оценкой его совместимости с современными системами автоматизации. По итогам анализа определяются приоритетные участки для модернизации и переоснащения высокоавтоматизированными линиями нового поколения.

Параллельно предстоит развернуть многоуровневую инфраструктуру сбора и передачи данных, интегрирующую производственные активы в единую сеть промышленного интернета вещей. Установка интеллектуальных датчиков позволит в режиме реального времени отслеживать сотни параметров технологических процессов, создавая основу для продвинутой аналитики и оптимизации.

Следующим шагом должно стать внедрение комплексной MES-системы, обеспечивающей оперативный мониторинг, диспетчеризацию и интеллектуальное управление производством. Интеграция MES с системами автоматизированного планирования (APS), управления складом (WMS), взаимоотношениями с клиентами (CRM) позволит связать производственные процессы с общей логикой управления цепочками поставок.

Накапливаемые массивы данных о работе оборудования, параметрах качества, производственных показателях необходимо консолидировать в единое «озеро данных» (data lake) как основу для развертывания инструментов предиктивной аналитики. Обучаемые на исторических данных модели машинного обучения позволят с высокой точностью прогнозировать вероятные отклонения и сбои процессов, заранее рекомендуя превентивные воздействия.

На базе созданной цифровой инфраструктуры предстоит реализовать проекты точечной роботизации отдельных производственных участков и операций. Приоритетом здесь должны стать процессы, критически влияющие на качество продукции и эффективность использования ресурсов — дозирование, формование, упаковка. Интеграция промышленных роботов нового поколения, оснащенных техническим зрением и самообучающимися алгоритмами, позволиткратно повысить производительность, исключив влияние человеческого фактора.

В дальнейшем, по мере накопления компетенций и инвестиционных ресурсов, предполагается поэтапный переход к полностью автоматизированному производству кондитерских изделий. Интеграция физических и виртуальных процессов в рамках единой киберфизической системы обеспечит непрерывность потока данных и возможность динамической самооптимизации производственных и логистических процессов с учетом постоянно меняющегося спроса.

Практическое воплощение обозначенной дорожной карты потребует активного партнерства кондитерских предприятий с ведущими интеграторами решений для Индустрии 4.0, поставщиками промышленного оборудования, исследовательскими центрами. Выстраивание открытых инновационных экосистем позволит обеспечить трансфер передовых технологий, ускоренную пилотную апробацию и адаптацию интеллектуальных систем автоматизации к отраслевой специфике.

Параллельно предстоит реализовать комплексную программу повышения цифровой грамотности персонала, стимулировать вовлеченность рядовых сотрудников в проекты автоматизации. Проактивная коммуникация целей и эффектов внедрения технологий автоматизации производства, демонстрация новых возможностей профессиональной реализации позволит преодолеть психологические барьеры и создать в коллективах атмосферу открытости к технологическим инновациям.

Первые шаги по реализации представленной дорожной карты уже предприняты отдельными лидерами российской кондитерской отрасли. Так, в рамках проекта «Цифровая фабрика» Холдинг «Объединенные кондитеры» внедряет на своих предприятиях элементы технологий автоматизации производства, интегрированных в единую платформу управления производством. Инвестиции в роботизацию упаковки и нанесения глазури на фабрике «Красный Октябрь» позволили на 20 % повысить производительность линий и сократить потери сырья на 5 %.

КФ «Победа» реализовала проект создания «цифрового двойника» ключевого продукта — шоколада «Президент». Комплексная имитационная модель, связывающая параметры рецептуры, режимов работы оборудования и характеристики готовых изделий, используется для виртуальной оптимизации производственного процесса и ускоренного вывода на рынок новых продуктовых решений.

Nestlé в рамках развития концепции «подключенной фабрики» (connected factory) активно внедряет системы предиктивного обслуживания оборудования на базе промышленного интернета вещей. Аналитика данных с производственных линий уже позволила сократить незапланированные простои на 15 %, повысить коэффициент готовности оборудования (OEE) на 5 %.

Между тем, проекты комплексной автоматизации производства на российских кондитерских предприятиях до сих пор носят единичный характер. Реализация потенциала «умных» технологий требует системной перестройки всей операционной модели — от проектирования продукции до управления цепочками поставок. Производство, логистика, сбыт, разработка новых продуктов должны превратиться в полностью интегрированную экосистему, связанную сквозными потоками данных в режиме реального времени.

Переосмысления требуют традиционные подходы к организации труда, профессиональной подготовке, разделению функций между человеком и машиной. По мере автоматизации рутинных операций будет возрастать потребность в кадрах, обладающих междисциплинарными компетенциями на стыке инженерии, программирования, аналитики данных. Способность к творческому решению нестандартных задач, к обучению в течение всей жизни, эффективной коммуникации станет ключевым конкурентным преимуществом специалистов в условиях автоматизированного производства.

Особое значение приобретает также выстраивание стратегических партнерств с научным сообществом, технологическими компаниями, стартапами. Кондитерским предприятиям предстоит сформировать вокруг себя динамичные инновационные экосистемы, обеспечивающие генерацию идей, трансфер передовых разработок, проведение ускоренной индустриальной апробации перспективных решений. Совместное проектирование и тестирование «умных» технологий с привлечением всех участников цепочки создания ценности позволит существенно сократить сроки и риски их промышленного освоения.

В конечном счете устойчивая конкурентоспособность в новой технологической реальности будет определяться не только и не столько наличием автоматизированного оборудования, датчиков и алгоритмов, сколько способностью выстроить принципиально новую модель организации, непрерывно обучающуюся и адаптирующуюся к изменениям. Кондитерские фабрики должны превратиться в гибкие киберфизические системы, объединяющие возможности роботов, искусственного интеллекта и человеческого потенциала для быстрой реакции на запросы потребителей, создания кастомизированных продуктов, проактивного обеспечения безопасности и качества.

Подобная концепция «умного» предприятия предполагает переосмысление всей управленческой парадигмы — от иерархических структур к сетевым командам, от планирования сверху к децентрализованному принятию решений, от жестких регламентов к адаптивным процессам (табл. 2).

Таблица 2

Изменение управленческой парадигмы при переходе к модели «умного» предприятия

Параметр	Традиционное производство	«Умное» производство
Структура управления	Иерархическая, функциональная	Плоская, сетевая
Принятие решений	Централизованное, по регламентам	Децентрализованное, ситуативное
Планирование	Периодическое, сверху вниз	Непрерывное, совместное
Роль данных	Ограниченная, для отчетности	Ключевая, для принятия решений
Разделение труда	Жесткое, функциональное	Гибкое, межфункциональное
Квалификация персонала	Узкая специализация	Междисциплинарные компетенции
Взаимодействие с партнерами	Фрагментарное, конкуренция	Постоянное, коллаборация
Подход к инновациям	Реактивный, закрытый	Проактивный, открытый

Разработано авторами на основе [10; 12]

Как видно из приведенного анализа, автоматизация кондитерского производства — это не просто установка роботов и датчиков, а комплексная социотехническая трансформация, затрагивающая все аспекты деятельности предприятия. Интеграция киберфизических систем несет с собой новые требования к процессам, компетенциям, моделям взаимодействия,

корпоративной культуре. Готовность к столь глубоким преобразованиям станет ключевым фактором успеха кондитерских фабрик в перспективе ближайшего десятилетия.

Выводы

Подводя итог проведенному анализу проблем автоматизации кондитерского производства, можно сформулировать следующие ключевые выводы:

1. Интеграция передовых цифровых технологий — промышленного интернета вещей, роботизации, машинного обучения — открывает качественно новые возможности повышения эффективности, гибкости и конкурентоспособности кондитерских предприятий. Системы интеллектуального управления производством позволяют обеспечить стабильность качества, минимизировать влияние человеческого фактора, оптимизировать использование ресурсов.
2. Несмотря на очевидные преимущества, текущий уровень автоматизации российских кондитерских фабрик существенно уступает ведущим зарубежным производителям. Высокая степень износа оборудования, дефицит инвестиционных и кадровых ресурсов, отсутствие комплексного видения цифровой трансформации выступают ключевыми барьерами перехода к технологиям автоматизации производства.
3. Успешный опыт глобальных лидеров отрасли (Haribo, Ferrero, Mars) демонстрирует эффективность поэтапного подхода к автоматизации, предполагающего приоритетную цифровизацию критических процессов, тиражирование лучших практик, системное развитие инфраструктуры сбора и обработки данных. Стратегическое партнерство предприятий с научно-исследовательскими центрами, технологическими интеграторами, стартапами позволяет ускорить трансфер и адаптацию «умных» решений под отраслевую специфику.
4. Дорожная карта преодоления вызовов автоматизации для российских кондитерских производств должна обеспечить синхронизацию инвестиций в модернизацию оборудования, развитие многоуровневых систем сбора и анализа данных, точечную роботизацию процессов, подготовку кадров. Проактивная коммуникация эффектов внедрения технологий автоматизации производства, вовлечение всех категорий персонала в проекты цифровизации позволят снять психологические барьеры и повысить скорость организационных изменений.
5. В конечном счете цифровая трансформация производственных процессов должна стать неотъемлемой частью стратегии развития российских кондитерских предприятий. Конкурентоспособность в условиях Четвертой промышленной революции будет определяться способностью быстро интегрировать физические и цифровые технологии, гибко адаптировать характеристики продуктов и процессов под требования потребителей. Превращение традиционных фабрик в динамичные киберфизические системы, непрерывно обучающиеся и само-оптимизирующиеся на базе данных, станет ключевым фактором лидерства на глобальном кондитерском рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексейчева, Е.Ю. Современные тренды развития рынка товаров повседневного спроса / Е.Ю. Алексейчева, М.Д. Магомедов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. — 2024. — Т. 14, № 7-1. — С. 379–391. — EDN IUICTM.

2. Алексеенкова, Е. Пряный шоколад, «мини» и полная автоматизация: о трендах кондитерского рынка / Е. Алексеенкова // Пищевая индустрия. — 2021. — № 1(45). — С. 22–24. — EDN JTMGDE.
3. Смагина, Н.В. Автоматизация деятельности кондитерского производства с использованием 1С:Предприятия 8 / Н.В. Смагина // Ростовский научный журнал. — 2016. — № 6. — С. 41–53. — EDN WELNVD.
4. Стадник, Е.И. Оптимизация бизнес-процессов на предприятиях по производству пищевых продуктов / Е.И. Стадник // Russian Economic Bulletin. — 2024. — Т. 7, № 5. — С. 420–425. — DOI 10.58224/2658-5286-2024-7-5-420-425. — EDN VPDVZW.
5. Кретьова, А.В. Направления повышения эффективности управления развитием предприятий пищевой промышленности / А.В. Кретьова, Н.С. Елистратов // Components of Scientific and Technological Progress. — 2024. — № 11(101). — С. 87–94. — EDN GJVYSG.
6. Автоматизация контроля качества кондитерской продукции с использованием интеллектуальных технологий / А.В. Кучумов, И.Г. Благовещенский, В.Г. Благовещенский [и др.] // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. — Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. — С. 237–245. — EDN FVNAYJ.
7. Подольская, О.Г. Программный расчет устойчивости линейной автоматической системы в пищевой промышленности / О.Г. Подольская // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. — 2023. — № 2. — С. 119–126. — DOI 10.26296/2619-0605.2023.2.2.011. — EDN MKTCJE.
8. Медведев, А.В. Исследование и интеграция автоматизации работы кондитерского оборудования / А.В. Медведев, А.А. Медведев // Научное обозрение: теория и практика. — 2024. — Т. 14, № 4(104). — С. 628–638. — DOI 10.35679/2226-0226-2024-14-4-628-638. — EDN FEIWTS.
9. Маликова, З.Т. Разработка автоматизированной информационной системы кондитерской / З.Т. Маликова, А.Б. Биназарова // Бюллетень науки и практики. — 2024. — Т. 10, № 3. — С. 433–437. — DOI 10.33619/2414-2948/100/54. — EDN PDNZJB.
10. Автоматизация процессов производства помадных конфет / И.Г. Благовещенский, А.И. Виноградов, М.М. Благовещенская [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2015. — № 4. — С. 21–26. — EDN UDZFNX.
11. Благовещенский, И.Г. Основы создания экспертных систем контроля качества пищевых продуктов с использованием интеллектуальных технологий / И.Г. Благовещенский, Е.А. Назойкин, А.В. Татаринов // Пищевая промышленность. — 2017. — № 4. — С. 60–62. — EDN YPEJBL.
12. Лотков, Н.А. Модернизация внутрицехового транспорта на кондитерской фабрике / Н.А. Лотков, А.Е. Яблоков, А.А. Шаталов // Кондитерское производство. — 2014. — № 4. — С. 12–14. — EDN TKPKAZ.

Anokhina Tatyana Vladimirovna

Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University),
Moscow, Russia
E-mail: t.anokhina@mguttm.ru

Goncharov Andrey Vitalievich

Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University),
Moscow, Russia
E-mail: a.goncharov@mguttm.ru

Kremlev Mikhail Semenovich

Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University),
Moscow, Russia
E-mail: 3290@mail.ru

Problems of automation of confectionery production

Abstract. The study is devoted to a comprehensive analysis of the problems and prospects of automation of confectionery production in modern conditions. The work focuses on identifying key challenges in the implementation of robotic systems and intelligent algorithms for controlling technological processes in the confectionery industry.

The theoretical part of the study systematizes scientific approaches to understanding the phenomenon of automation of food production, its role in the transformation of the industry landscape and the formation of new management paradigms. The strategic importance of the integration of cyber-physical systems, the industrial Internet of things, machine learning to improve the efficiency of operations, ensure the safety and quality of products, strengthen the competitive positions of confectionery enterprises in the context of digitalization of the economy is substantiated.

The empirical section of the work is based on the analysis of the current level of automation of leading confectionery factories in Russia in comparison with the best world practices of digital transformation. Particular attention is paid to determining priority areas for the robotization of production processes and the implementation of intelligent quality management systems based on the model of global industry leaders. The importance of an integrated approach to automation is emphasized, which involves the development of data collection and processing infrastructure, modernization of the equipment fleet, implementation of predictive analytics, and retraining of personnel. The key barriers to digitalization of confectionery production are analyzed, associated with the high cost of solutions, lack of competencies, and the absence of unified standards for the integration of cyber-physical systems.

The results of the study are of high practical importance, offering participants in the confectionery market comprehensive recommendations for overcoming the challenges of production automation. Successful transformation of traditional production processes based on advanced digital technologies is considered a prerequisite for maintaining global competitiveness in the era of the Fourth Industrial Revolution.

Keywords: confectionery production; automation; robotics; cyber-physical systems; industrial Internet of Things; machine learning; big data; predictive analytics; product quality; digital transformation