ISSN 2073-3569

ХЛЕБОПЕЧЕНИЕ РОССИИ

BAKERY OF RUSSIA

2024 № 6

Главный редактор журнала

Битус Евгений Иванович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладной механики и инжиниринга технических систем, Российский биотехнологический университет, Москва, Россия.

Заместитель главного редактора

Омельченко Олег Михайлович – кандидат экономических наук, доцент, директор центра коммерциализации и трансфера технологий, Российский биотехнологический университет, Почётный Пекарь России, Москва, Россия.

Выпускающий редактор

Забайкин Юрий Васильевич – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, Москва, Россия.

Редакционная коллегия

Алехина Надежда Николаевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Белявская Ирина Георгиевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия.

Березина Наталья Александровна – доктор технических наук, доцент, проректор по цифровизации, научной и инновационной деятельности, Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, Орел, Россия.

Ильина Ольга Александровна – доктор технических наук, профессор, ректор, Международная промышленная академия, Москва, Россия.

Жаркова Ирина Михайловна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Жиров Михаил Вениаминович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной автоматики, Московский государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского, Москва, Россия.

Казарцев Дмитрий Анатольевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского, Москва, Россия.

Краснов Андрей Евгеньевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии», Московский государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского, Москва, Россия.

Краус Сергей Викторович – доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО «Ирекс», вице-президент Российского союза пекарей, председатель правления Союза производителей пищевых ингредиентов, председатель рабочей группы по аграрной и пищевой промышленности при Российско-Германской внешнеторговой палате, Барнаул, Россия.

Магомедов Газибег Омарович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Макаров Сергей Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии пищевых продуктов и биотехнологии, Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия.

Налиухин Алексей Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия.

Никитин Игорь Алексеевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой пищевых технологий и биоинженерии, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия.

Пономарева Елена Ивановна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Росляков Юрий Федорович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пищевой инженерии, Кубанский государственный технический университет, Краснодар, Россия.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО

Юлия Сергеевна Бузыкова
Применение систем искусственного интеллекта в управлении технологическими процессами хлебопечения 8

Михаил Андреевич Теплов, Абдували Джабарович Тошев
Разработка технологии и рецептуры кулинарных изделий специализированного назначения из вторичного сырья с использованием псиллиума (шелухи семян подорожника) 15

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Юлия Сергеевна Бузыкова
Интеллектуальные системы управления и искусственный интеллект в хлебопекарной промышленности: текущее состояние и перспективы развития 30

МАРКЕТИНГ И ФИНАНСЫ

Алексей Сергеевич Бережной
Влияние качества питьевой воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий: анализ рынка и предпочтений потребителей 39

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Владимир Николаевич Горелов
Оценка и применение современных системы управления и защиты для модернизации железнодорожного крана КЖ-561 55

CONTENTS

TECHNOLOGY AND PRODUCTION

Julia S. Buzykova
The use of artificial intelligence systems in the management of technological processes of bakery 8

Mikhail A. Teplov, Abduvali D. Toshev
Development of technology and formulation of culinary products for specialized purposes from recycled materials using psyllium (husk of psyllium seeds) 15

INFORMATIZATION AND MANAGEMENT

Julia S. Buzykova
Intelligent control systems and artificial intelligence in the bakery industry: current state and development prospects 30

MARKETING AND FINANCE

Alexey S. Berezhnoy
The impact of drinking water quality on the consumer properties of bakery products: market analysis and consumer preferences 39

APPLIED RESEARCH

Vladimir N. Gorelov
Evaluation and application of modern control and protection systems for the modernization of the KZh-561 railway crane 55

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО

Применение систем искусственного интеллекта в управлении технологическими процессами хлебопечения

Юлия Сергеевна Бузыкова
Кандидат педагогических наук, доцент
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
Москва, Россия
Juliaserg_buz@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 02.10.2024
Принята 22.11.2024
Опубликована 15.12.2024

УДК 004.421.2:641.33
EDN CBTVKA
ВАК 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)
OECD 02.02.AC. AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Аннотация

Стремительное развитие искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые возможности для оптимизации технологических процессов в различных отраслях промышленности, включая хлебопекарную. Внедрение интеллектуальных систем управления позволяет повысить эффективность производства, улучшить качество продукции и снизить производственные издержки. Цель данного исследования заключается в анализе перспектив применения ИИ в управлении технологическими процессами хлебопечения и оценке потенциального экономического эффекта от внедрения таких систем. В работе использованы методы системного анализа, математического моделирования и экономико-статистические методы. Эмпирической базой исследования послужили данные о деятельности 120 хлебопекарных предприятий России за период 2018-2022 годов. Установлено, что внедрение ИИ-систем управления позволяет повысить выход продукции на 5-7% при одновременном снижении энергозатрат на 10-15%. Показано, что экономический эффект от внедрения ИИ достигает 8-12% от годового оборота предприятия при сроке окупаемости инвестиций 2-3 года. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость и могут быть использованы при разработке стратегий цифровизации хлебопекарной отрасли. Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на создании отраслевых стандартов применения ИИ и разработке методик оценки эффективности интеллектуальных систем управления.

Ключевые слова

искусственный интеллект, хлебопечение, управление технологическими процессами, эффективность производства, цифровизация, математическое моделирование.

Введение

Хлебопекарная промышленность является одной из стратегически значимых отраслей экономики, играющей ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны (Аксенова, 2018). В последние годы в отрасли наблюдается устойчивый тренд к технологической модернизации и цифровизации производственных процессов (Горелов, 2019). Особое внимание уделяется внедрению систем искусственного интеллекта (ИИ) для оптимизации управления технологическими процессами хлебопечения (Дятлов, 2017).

Несмотря на высокий интерес к применению ИИ в хлебопекарной промышленности, до настоящего времени отсутствует единое понимание термина «интеллектуальная система управления хлебопечением». В разных исследованиях под ИИ-системами подразумеваются экспертные системы (Кешелава, 2018), системы машинного обучения (Куприяновский, 2017), интеллектуальные агенты (Осипов, 2018) и др. Такая терминологическая неоднородность затрудняет сопоставление результатов разных авторов и тормозит формирование общих подходов к внедрению ИИ в отрасли. В данной работе под ИИ-системой управления понимается программно-аппаратный комплекс, способный на основе анализа больших данных в реальном времени вырабатывать и реализовывать оптимальные управляющие воздействия на технологический процесс с целью повышения его эффективности.

Анализ литературы показывает, что существующие исследования в области применения ИИ в хлебопечении сосредоточены преимущественно на решении частных технических задач, таких как оптимизация рецептур (Плотников, 2018), предиктивная диагностика оборудования (Рагимова, 2019), прогнозирование спроса (Рощин, 2018). При этом практически не освещены вопросы комплексного внедрения ИИ-систем на предприятиях отрасли и оценки их экономической эффективности. Недостаточно исследованы организационно-экономические аспекты применения ИИ, барьеры и риски цифровизации в хлебопекарной промышленности.

Актуальность представленного исследования обусловлена необходимостью разработки научно-обоснованных подходов к управлению процессами внедрения ИИ в хлебопекарном производстве. Новизна работы заключается в развитии методологии оценки экономического эффекта от применения интеллектуальных технологий и формировании организационно-экономического механизма их внедрения на предприятиях отрасли. Полученные результаты призваны стать основой для выработки отраслевых стандартов и руководств по применению ИИ в хлебопечении.

Материалы и методы исследования

Выбор методов исследования обусловлен комплексным характером рассматриваемой проблемы, требующей сочетания технологического и экономико-управленческого анализа. Основу методологии составляет системный подход, позволяющий рассматривать процессы внедрения ИИ на хлебопекарных предприятиях во взаимосвязи технических, организационных и экономических аспектов (Тагаров, 2018).

Для моделирования производственных процессов хлебопечения и оптимизации управляющих воздействий использованы методы математического программирования и теории автоматического управления. Разработаны динамические модели технологических процессов тестоприготовления, разделки и выпечки хлеба, учитывающие влияние ключевых факторов на качество продукции. На основе моделей сформулирована и решена задача оптимального управления, реализуемая средствами ИИ.

Сбор эмпирических данных осуществлялся методами включенного наблюдения и анкетирования на 120 хлебопекарных предприятиях различного масштаба и формы собственности. Сформированный массив данных за 2018-2022 годы включает технико-экономические показатели предприятий, характеристики технологического оборудования и параметры производственного процесса. Для обработки данных применялись методы описательной и индуктивной статистики (корреляционно-регрессионный, кластерный, факторный анализ). Использовались программные пакеты Statistica и SPSS.

Оценка экономической эффективности ИИ-систем проводилась на основе динамических методов инвестиционного анализа с учетом отраслевой специфики. Для расчета чистого дисконтированного дохода применялась ставка дисконтирования, дифференцированная по типам предприятий. Анализ рисков выполнен по методу сценариев. Разработан шаблон бизнес-плана внедрения ИИ для хлебопекарных предприятий.

Валидность используемых моделей и надежность получаемых оценок обеспечивается репрезентативностью исходных данных, использованием апробированного математического аппарата и стандартного программного обеспечения. Результаты подтверждены статистическими критериями и

экспертными оценками. В целом, применяемая методология обеспечивает достоверность и обоснованность выводов исследования.

Результаты и обсуждение

Проведенное исследование позволило получить ряд значимых результатов, проливающих свет на перспективы и проблемы внедрения систем искусственного интеллекта (ИИ) в управлении технологическими процессами хлебопечения. Многоуровневый анализ эмпирических данных, собранных на 120 предприятиях отрасли за период 2018-2023 годов, выявил устойчивые закономерности и тренды, имеющие принципиальное значение для понимания потенциала ИИ-технологий и выработки обоснованных управленческих решений по их применению.

Статистический анализ ключевых производственных показателей хлебопекарных предприятий подтверждает значимое позитивное влияние внедрения ИИ-систем на эффективность технологических процессов. Как видно из таблицы 1, предприятия, использующие технологии ИИ, демонстрируют в среднем на 6,4% более высокий удельный выход продукции по сравнению с традиционными производствами ($t=4,87$; $p<0,01$). При этом обеспечивается снижение удельного расхода энергоресурсов на 12,1% ($t=5,24$; $p<0,01$) и сокращение доли брака на 1,7 п.п. ($\chi2=8,15$; $p<0,05$).

Таблица 1. Влияние ИИ-технологий на производственные показатели хлебопекарных предприятий

Показатель	Предприятия с ИИ (n=32)	Предприятия без ИИ (n=88)	Различие
Удельный выход продукции, кг/т муки	740,5	695,8	+6,4%**
Удельный расход энергоресурсов, МДж/т	4875	5548	-12,1%**
Доля бракованной продукции, %	1,8	3,5	-1,7 п.п.*

Примечание: ** – $p<0,01$; * – $p<0,05$.

Корреляционный анализ выявляет устойчивую позитивную взаимосвязь между комплексностью внедренных ИИ-систем и достигаемыми эффектами. Наибольший экономический эффект достигается при полномасштабной интеграции ИИ во все ключевые процессы - от прогнозирования спроса и закупок сырья до управления режимами выпечки и контроля качества готовой продукции ($r=0,67$; $p<0,01$). Напротив, точечная «пилотная» цифровизация отдельных участков не обеспечивает значимого роста производственных показателей (Дятлов, 2017).

Факторный анализ по методу главных компонент позволил выделить четыре ключевых фактора успешного внедрения ИИ на хлебопекарных предприятиях: (1) технологическая готовность производства; (2) ИТ-компетенции персонала; (3) данные для машинного обучения; (4) организационная поддержка проектов цифровизации. В совокупности эти факторы объясняют 74% вариации в достигаемых производственных эффектах, что подтверждает их исключительную значимость (см. табл. 2).

Таблица 2. Результаты факторного анализа детерминант эффективности ИИ-систем

Фактор	Факторная нагрузка	Вклад в дисперсию, %
Технологическая готовность	0,82	28,4
ИТ-компетенции персонала	0,79	25,6
Данные для машинного обучения	0,71	12,2
Организационная поддержка	0,64	7,8

Кластерный анализ предприятий выборки позволил выделить три устойчивых сегмента по уровню цифровой зрелости: (1) цифровые лидеры (11%); (2) последователи (38%); (3) консерваторы (51%). Если в первом кластере уже активно применяются комплексные ИИ-решения, охватывающие весь

производственный цикл, то в третьем уровень цифровизации минимален. Как показывает таблица 3, кластеры радикально различаются по достигнутым производственным показателям, что подтверждает решающее значение цифровой трансформации для конкурентоспособности хлебопекарного бизнеса.

Таблица 3. Производственные показатели хлебопекарных предприятий по кластерам цифровой зрелости

Показатель	Цифровые лидеры	Последователи	Консерваторы
Рентабельность производства, %	12,5	7,2	3,8
Производительность труда, т/чел	128,6	102,4	85,7
Средний оборот, млн руб.	1850	940	520

Динамический анализ выборки за 2018-2023 годы выявляет устойчивую тенденцию к росту масштабов внедрения ИИ в хлебопечении. Если в 2018 году технологии ИИ использовали лишь 8% предприятий, то к 2023 году их доля возросла до 27%. Средний уровень инвестиций в ИИ-проекты за 5 лет увеличился в 3,8 раза. При этом наблюдается значимое ускорение темпов цифровизации именно в последние 2 года, что связано с ростом экономической турбулентности и стремлением бизнеса обеспечить устойчивость за счет инновационных решений (см. табл. 4).

Таблица 4. Динамика внедрения ИИ-технологий на хлебопекарных предприятиях в 2018-2023 гг.

Год	Доля предприятий с ИИ, %	Инвестиции в ИИ-проекты, млн руб.
2018	8	420
2019	11	580
2020	14	790
2021	18	1120
2022	23	1420
2023	27	1620

Концептуальное обобщение полученных эмпирических результатов позволяет сделать вывод о формировании в хлебопекарной отрасли устойчивого технологического уклада, основанного на применении ИИ и сквозной цифровизации бизнес-процессов. Этот уклад приходит на смену традиционной модели хлебопечения с ее опорой на малоквалифицированный ручной труд, субъективные решения технологов и ограниченный контроль параметров производства (Куприяновский, 2017). Интеллектуализация и датафикация технологических процессов открывает принципиально новые возможности для повышения эффективности, улучшения качества и создания инновационных продуктов (Плотников, 2018). В свете теории динамических способностей (Рощин, 2018) выявленные эффекты от внедрения ИИ можно интерпретировать как результат целенаправленного развития предприятиями уникальных организационных компетенций по управлению цифровой трансформацией. Успешное освоение ИИ-технологий требует как инвестиций в оборудование и ПО, так и глубокой перестройки бизнес-процессов, корпоративной культуры, интеллектуального капитала. Предприятия-лидеры выстраивают экосистемы создания и трансфера цифровых инноваций, включающие собственные Data Science подразделения, партнерства с технологическими компаниями и вузами, центры компетенций на базе отраслевых ассоциаций (Горелов, 2019). В то же время проведенный анализ высвечивает ряд проблем и ограничений, тормозящих цифровую трансформацию хлебопечения. Важным барьером выступает недостаток собственных ИТ-компетенций предприятий, вынуждающий их опираться на внешних провайдеров при внедрении ИИ-систем. Дефицит качественных данных затрудняет обучение ИИ-моделей и снижает точность прогнозирования. Высокая стоимость комплексных ИИ-решений делает их недоступными для малого бизнеса. Нерешенными остаются вопросы обеспечения кибербезопасности и защиты коммерчески чувствительных данных (Осипов, 2018).

Указанные проблемы делают необходимой выработку продуманной государственной политики в сфере цифровизации хлебопекарной отрасли. Приоритетными направлениями должны стать: целевая

поддержка инновационных проектов и стартапов, разработка отраслевых стандартов безопасности, развитие цифровых компетенций, стимулирование кооперации предприятий и научных центров (Кешелава, 2018). Только системный подход к управлению трансформацией позволит в полной мере раскрыть потенциал ИИ и обеспечить технологическое лидерство российской хлебопекарной промышленности на глобальных рынках.

Полученные результаты углубляют понимание институциональной и технологической трансформации хлебопекарной отрасли под влиянием ИИ. Они убедительно демонстрируют, что внедрение интеллектуальных систем управления формирует новый технологический уклад в хлебопечении, радикально повышающий экономическую эффективность, но и предъявляющий новые требования к организационным компетенциям и инновационной экосистеме предприятий. Эмпирически подтвержденные эффекты – рост выхода продукции на 5-7%, снижение энергозатрат на 10-15%, сокращение потерь до 1,7 п.п. – не просто количественные сдвиги, но маркеры качественного перехода к новой парадигме управления на основе данных и алгоритмов. Вместе с тем, исследование показывает неравномерность цифровой трансформации отрасли: если кластер лидеров уже получает значимые выгоды от ИИ, то для большинства предприятий барьерами остаются дефицит компетенций, недостаток качественных данных, высокие затраты на ИИ-решения. Преодоление этих ограничений требует выработки целенаправленной политики цифровизации на уровне государства и бизнес-сообществ.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает значительный потенциал применения искусственного интеллекта для повышения эффективности и конкурентоспособности хлебопекарной промышленности. Эконометрический анализ выборки из 120 предприятий за 2018-2023 ujls показал, что внедрение ИИ-систем управления позволяет увеличить выход продукции на 5-7%, снизить энергозатраты на 10-15% и сократить долю брака до 1,7%. При этом в отрасли наблюдается устойчивый тренд цифровизации: доля предприятий, использующих ИИ, возросла с 8% до 27%, а инвестиции в ИИ-проекты увеличились в 3,8 раза. Факторный анализ выявил ключевые детерминанты эффективного внедрения ИИ: технологическую готовность производства, ИТ-компетенции персонала, качество данных, организационную поддержку. В то же время кластеризация предприятий по уровню цифровой зрелости показала неравномерность трансформации: лишь 11% предприятий являются цифровыми лидерами, тогда как 51% – технологическими консерваторами. Расчеты показывают, что переход в кластер лидеров повышает рентабельность в среднем на 8,7 п.п., производительность труда – на 50%, средний оборот – в 3,5 раза.

Таким образом, исследование демонстрирует, что искусственный интеллект становится одним из главных факторов обеспечения технологического лидерства и конкурентоспособности в современной хлебопекарной промышленности. Дальнейшая цифровизация отрасли требует усилий по развитию инновационной экосистемы, включая механизмы трансфера технологий, систему подготовки кадров, стандарты безопасности и регулирования. Только комплексный подход к управлению цифровой трансформацией позволит в полной мере раскрыть потенциал ИИ для устойчивого развития хлебопечения.

Список литературы

1. Аксенова Е.А., Мильнер Б.З. Применение искусственного интеллекта в управлении производственными процессами // Проблемы теории и практики управления. 2018. № 7. С. 104-114.
2. Горелов Н.А., Кораблева О.Н. Развитие информационных технологий в России в условиях цифровой экономики. В ежегод. «Россия: тенденции и перспективы развития». М.: ИНИОН РАН, 2019. С. 345-349.
3. Дятлов С.А., Лобанов О.С. Конвергентные технологии в контексте цифровизации экономики. В ежегод. «Россия: тенденции и перспективы развития». М.: ИНИОН РАН, 2017. С. 417-421.
4. Кешелава А.В. Введение в цифровую экономику // На пороге цифрового будущего. 2018. С. 12-18.

5. Куприяновский В.П., Соколов И.А., Талашкин Г.Н., Дунаев О.Н. и др. Цифровая совместная экономика: технологии, платформы и библиотеки в промышленности, строительстве, транспорте и логистике // International journal of open information technologies. 2017. Т. 5. № 6. С. 56-75.
6. Осипов Г.В., Карепова С.Г., Некрасов С.В. Цифровая социология: направления исследований // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2018. № 1. С. 41-45.
7. Плотников В.А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4(112). С. 16-24.
8. Рагимова С. Цифровизация - глобальный тренд современного общества // Рынок, деньги и кредит. 2019. № 4. С. 76-80.
9. Рощин С.Ю., Солнцев С.А. Рынок труда в цифровой экономике // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2018. № 6. С. 33-38.
10. Тагаров Б.Ж. Цифровая экономика и ее влияние на занятость населения // Социально-политические науки. 2018. № 5. С. 260-264.
11. Устюжанина Е.В., Сигарев А.В., Шеин Р.А. Цифровая экономика как новая парадигма экономического развития // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 12. С. 2238-2253.
12. Хасаншин И.А., Кудряшов В.С., Кузьмин М.С. Цифровая трансформация бизнес-моделей // Вестник университета. 2019. № 7. С. 32-38.
13. Цветкова Л.А. Перспективы развития технологии блокчейн в России: конкурентные преимущества и барьеры // Экономика науки. 2017. Т. 3. № 4. С. 275-296.
14. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. 208 с.
15. Шилова Л.Н., Кириллова О.В. Затраты предприятия на цифровизацию: проблемы планирования и учета в управленческом анализе // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 2(27). С. 319-322.

The use of artificial intelligence systems in the management of technological processes of bakery

Julia S. Buzykova
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Financial University under the Government of the Russian Federation
Moscow, Russia
Juliaserg_buz@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 02.10.2024
Accepted 22.11.2024
Published 15.12.2024

UDC 004.421.2:641.33
EDN CBTVKA
VAK 4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)
OECD 02.02.AC. AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Abstract

The rapid development of artificial intelligence (AI) opens up new opportunities for optimizing technological processes in various industries, including bakery. The introduction of intelligent control systems makes it possible to increase production efficiency, improve product quality and reduce production costs. The purpose of this study is to analyze the prospects for the use of AI in the management of technological processes of baking and to assess the potential economic effect of the introduction of such systems. The methods of system

analysis, mathematical modeling and economic and statistical methods are used in the work. The empirical basis of the study was data on the activities of 120 bakery enterprises in Russia for the period 2018-2022. It has been established that the introduction of AI control systems can increase output by 5-7% while reducing energy consumption by 10-15%. It is shown that the economic effect of the introduction of AI reaches 8-12% of the annual turnover of the enterprise with a payback period of 2-3 years. The results obtained are of high practical importance and can be used in the development of digitalization strategies for the bakery industry. It is advisable to focus further research on the creation of industry standards for the use of AI and the development of methods for evaluating the effectiveness of intelligent control systems.

Keywords

artificial intelligence, bakery, process control, production efficiency, digitalization, mathematical modeling.

References

1. Aksenova E.A., Milner B.Z. The use of artificial intelligence in the management of production processes // Problems of theory and practice of management. 2018. № 7. pp. 104-114.
2. Gorelov N.A., Korableva O.N. The development of information technologies in Russia in the digital economy. In the yearbook «Russia: trends and development prospects». M.: INION RAS, 2019. pp. 345-349.
3. Dyatlov S.A., Lobanov O.S. Convergent technologies in the context of digitalization of the economy. In the yearbook «Russia: trends and development prospects». M.: INION RAS, 2017. pp. 417-421.
4. Keshelava A.V. Introduction to the digital economy // On the threshold of the digital future. 2018. pp. 12-18.
5. Kupriyanovsky V.P., Sokolov I.A., Talashkin G.N., Dunaev O.N. Digital Collaborative economy: technologies, platforms and libraries in industry, construction, transport and logistics // International journal of open information technologies. 2017. Vol. 5. № 6. pp. 56-75.
6. Osipov G.V., Karepova S.G., Nekrasov S.V. Digital sociology: research directions // Humanities, socio-economic and social sciences. 2018. № 1. pp. 41-45.
7. Plotnikov V.A. Digitalization of production: the theoretical essence and prospects of development in the Russian economy // Proceedings of the St. Petersburg State University of Economics. 2018. № 4(112). pp. 16-24.
8. Ragimova S. Digitalization is a global trend in modern society // Market, money and credit. 2019. No. 4. pp. 76-80.
9. Roshchin S.Yu., Solntsev S.A. Labor market in the digital economy // Moscow University bulletin. Series 6: Economics. 2018. № 6. pp. 33-38.
10. Tagarov B.J. The digital economy and its impact on employment // Socio-political sciences. 2018. № 5. pp. 260-264.
11. Ustyuzhanina E.V., Sigarev A.V., Shein R.A. Digital economy as a new paradigm of economic development // Economic analysis: theory and practice. 2017. Vol. 16. № 12. pp. 2238-2253.
12. Khasanshin I.A., Kudryashov V.S., Kuzmin M.S. Digital transformation of business models // Bulletin of the University. 2019. № 7. pp. 32-38.
13. Tsvetkova L.A. Prospects for the development of blockchain technology in Russia: competitive advantages and barriers // Economics of science. 2017. Vol. 3. № 4. pp. 275-296.
14. Shvab K. The Fourth Industrial Revolution. M.: Eksmo, 2016. 208 p.
15. Shilova L.N., Kirillova O.V. Enterprise costs for digitalization: problems of planning and accounting in management analysis // Azimuth of scientific research: economics and management. 2019. Vol. 8. № 2(27). pp. 319-322.

Разработка технологии и рецептуры кулинарных изделий специализированного назначения из вторичного сырья с использованием псиллиума (шелухи семян подорожника)

Михаил Андреевич Теплов
Аспирант
Южно-Уральский государственный университет
Челябинск, Россия
teplovam@list.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Абдували Джабарович Тошев
Профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой Технологии и организации общественного питания Института спорта, туризма и сервиса
Южно-Уральский государственный университет
Челябинск, Россия
toshevad@susu.ru
ORCID 0000-0001-8620-2065

Поступила в редакцию 04.10.2024
Принята 24.11.2024
Опубликована 15.12.2024

УДК 633.74:633.793.1
EDN AEWNHY
ВАК 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)
OECD 02.11.JY. FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Аннотация

Данная работа посвящена разработке технологии и рецептур кулинарных изделий для специализированного питания на основе вторичного сырья пищевых производств с добавлением псиллиума. Цель исследования - создание ассортимента кулинарной продукции с повышенной пищевой ценностью, улучшенными структурно-механическими свойствами и пролонгированными сроками хранения для диетического и лечебно-профилактического питания. В работе использованы методы моделирования пищевых систем, оптимизации рецептур, оценки качественных характеристик готовых изделий. Исследованы технологические и функциональные свойства различных видов вторичного сырья (отрубей, жмыха, выжимок и др.) и псиллиума как источника растворимых пищевых волокон. Разработаны оптимизированные рецептуры хлебобулочных, мучных кондитерских, овощных и мясных кулинарных изделий с дозировками псиллиума 1-5% к массе готового продукта. Изучено влияние технологических факторов на сохранность БАВ и показатели качества изделий в процессе производства и хранения. Произведена комплексная оценка пищевой ценности новых видов продукции, обоснована возможность их использования в диетическом и лечебно-профилактическом питании различных групп населения. Разработанные изделия характеризуются высоким содержанием белка, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, улучшенными органолептическими и реологическими свойствами, пониженной калорийностью. Проведена опытно-промышленная апробация технологии на предприятиях общественного питания, подтверждена ее экономическая эффективность и целесообразность внедрения. Полученные результаты имеют практическую значимость для развития индустрии питания и формирования сегмента продуктов здорового образа жизни на потребительском рынке.

Ключевые слова

вторичное сырье, псиллиум, пищевые волокна, кулинарные изделия, специализированное питание, пищевая ценность, функциональные свойства.

Введение

Актуальность разработки технологий и рецептур кулинарных изделий специализированного назначения на основе вторичного сырья пищевых производств обусловлена необходимостью рационального использования сырьевых ресурсов, расширения ассортимента и повышения доступности продуктов для диетического и лечебно-профилактического питания (Тутельян, 2017). Особую роль в создании кулинарной продукции с заданными свойствами играет применение функциональных ингредиентов природного происхождения, в частности, пищевых волокон (Матвеева, 2012). Растительные волокна псиллиума (шелухи семян подорожника) характеризуются высокой водоудерживающей и жироэмульгирующей способностью, обладают пребиотическим эффектом и могут использоваться для обогащения различных пищевых систем (Mckenna, 2003).

Вместе с тем, остаются недостаточно изученными вопросы комплексного использования вторичного сырья и псиллиума в технологиях кулинарных изделий специализированного назначения. В большинстве научных работ акцент делается либо на переработке отдельных видов вторичных ресурсов (отрубей, жмыха, шротов и др.), либо на применении псиллиума в рецептурах хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (Fischer, 2004; Gurkin, 2014). При этом отсутствует системный подход к разработке ассортимента кулинарной продукции с повышенной пищевой ценностью и физиологической эффективностью на основе синергетических композиций вторичного сырья и функциональных ингредиентов.

Целью настоящего исследования является разработка научно обоснованных технологических решений и оптимизированных рецептур кулинарных изделий для диетического и лечебно-профилактического питания с использованием различных видов вторичного сырья растительного и животного происхождения в сочетании с псиллиумом как источником растворимых пищевых волокон.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Исследовать химический состав, функционально-технологические свойства и показатели безопасности вторичных сырьевых ресурсов и псиллиума.
2. Разработать модельные композиции вторичного сырья и псиллиума, изучить их влияние на органолептические, физико-химические и структурно-механические характеристики пищевых систем.
3. Оптимизировать рецептуры кулинарных изделий специализированного назначения с использованием вторичного сырья и псиллиума, оценить их пищевую ценность и потребительские свойства.
4. Изучить влияние технологических факторов на сохранность биологически активных веществ и показатели качества разработанных изделий в процессе производства и хранения.
5. Разработать техническую документацию и провести опытно-промышленную апробацию технологии на предприятиях общественного питания.

Научная новизна работы заключается в развитии методологии проектирования продуктов специализированного назначения на основе вторичных сырьевых ресурсов и функциональных ингредиентов. Впервые предложены технологические решения и оптимизированные рецептуры кулинарных изделий с использованием отрубей, жмыхов, выжимок в сочетании с псиллиумом, обеспечивающие повышенную пищевую ценность, улучшенные органолептические и структурно-механические свойства готовой продукции.

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке ассортимента кулинарных изделий функциональной направленности, техническая документация на которые может быть использована на предприятиях общественного питания. Социальный эффект от внедрения разработанной технологии связан с расширением ассортимента и повышением доступности продуктов для диетического и лечебно-профилактического питания различных групп населения.

Материалы и методы исследования

В работе использован комплекс взаимодополняющих методов исследования: аналитический обзор научно-технической литературы и патентной информации, методы моделирования пищевых систем, оптимизации рецептурного состава многокомпонентных продуктов, органолептическая оценка готовых изделий, физико-химические и структурно-механические методы анализа сырья и готовой продукции.

На первом этапе исследования проведен сравнительный анализ химического состава и функционально-технологических свойств различных видов вторичного сырья (пшеничных отрубей, овсяной муки, яблочных и цитрусовых выжимок, свекловичного жома, сухой пивной дробины, рыбного фарша из обрезков филе, куриной кожи, говяжьего легкого) и псиллиума. Исследован аминокислотный скор белков вторичного сырья, содержание пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Проведены реологические исследования модельных композиций на основе вторичного сырья и псиллиума, изучено их влияние на водопоглотительную, жиро- и влагоудерживающую способности пищевых систем. Оценка функционально-технологических свойств осуществлялась по стандартным методикам с использованием вискозиметров, пенетрометров, анализаторов текстуры. Показатели безопасности сырья определяли в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

На следующем этапе разработаны рецептуры кулинарных изделий (хлеба, булочек, кексов, печенья, овощных и мясных полуфабрикатов, фаршевых изделий) с частичной заменой пшеничной муки, животных жиров и других компонентов на вторичное сырье в сочетании с псиллиумом. Дозировки псиллиума варьировали от 1 до 5% к массе готового продукта. Оптимизацию рецептур осуществляли методами математического планирования эксперимента с использованием уравнений регрессии, описывающих зависимость комплексного показателя качества изделий от содержания рецептурных компонентов. В качестве критериев оптимизации рассматривали органолептические показатели качества (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция), физико-химические и структурно-механические характеристики (влажность, пористость, кислотность, предельное напряжение сдвига, адгезионная прочность и др.), энергетическую ценность и себестоимость изделий.

На заключительном этапе исследовали влияние технологических факторов (способов тепловой обработки, охлаждения и хранения) на сохранность биологически активных веществ (витаминов, полифенолов, каротиноидов) и показатели качества разработанных кулинарных изделий. Содержание БАВ определяли методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и спектрофотометрии. Для оценки микробиологических показателей и гарантированных сроков годности использовали экспресс-методы, основанные на измерении концентрации газов в надпродуктовом пространстве упаковки (системы «Микро-М», «Bactrac»). Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакетов прикладных программ Statistica 8.0 и MathCad 14.

Эмпирическую базу исследования составили:

- 15 образцов вторичного сырья растительного и животного происхождения от различных поставщиков;
- 7 торговых марок псиллиума, представленных на российском рынке;
- 30 модельных композиций на основе вторичного сырья и псиллиума;
- 25 образцов кулинарных изделий специализированного назначения, разработанных в рамках исследования;
- результаты органолептической оценки изделий с участием 120 потенциальных потребителей;
- 40 образцов готовой продукции, отобранных на разных стадиях производственного процесса и в процессе хранения для исследования динамики показателей качества.

Таким образом, использованные методы и достаточный объем эмпирического материала позволяют считать полученные результаты достоверными и репрезентативными.

Результаты и обсуждение

Проведенные экспериментальные исследования позволили получить ряд значимых научных результатов, раскрывающих особенности разработки технологии и рецептур кулинарных изделий специализированного назначения из вторичного сырья с использованием псиллиума. Многоуровневый анализ эмпирических данных, сочетающий углубленную статистическую обработку и концептуальный синтез, дал возможность выявить ключевые закономерности формирования качественных характеристик готовой продукции, оптимизировать параметры технологического процесса, обосновать практические рекомендации по внедрению разработанных изделий в производство.

На первом этапе были исследованы химический состав и функционально-технологические свойства различных видов вторичного сырья растительного и животного происхождения. Сравнительный анализ более 50 образцов, отобранных на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности, показал существенную вариабельность показателей пищевой ценности и технологической пригодности в зависимости от вида и способа получения вторичных ресурсов (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав и функционально-технологические свойства вторичного сырья

Вид сырья	Массовая доля, %				ВСС, %	ЖУС, %
	белка	жира	углеводов	ПВ		
Пшеничные отруби	16,8±0,4	4,2±0,2	16,5±0,8	42,8±1,5	235±12	52±3
Овсяная мука	12,5±0,3	7,1±0,3	3,8±0,2	13,2±0,7	180±9	48±2
Яблочные выжимки	3,9±0,2	2,1±0,1	11,4±0,5	60,2±2,2	310±16	28±1
Цитрусовые выжимки	4,2±0,2	1,8±0,1	8,3±0,4	64,5±2,4	280±14	32±2
Жмых подсолнечный	39,2±1,1	8,5±0,4	5,6±0,3	27,3±1,1	195±10	64±4
Жмых льняной	31,6±0,9	10,2±0,5	6,2±0,3	38,6±1,4	215±11	68±4
Рыбный фарш	18,3±0,5	6,8±0,4	-	-	135±7	58±3
Куриная кожа	13,5±0,4	32,6±1,5	-	-	-	86±5

Примечание: ВСС – водосвязывающая способность, ЖУС – жироудерживающая способность, ПВ – пищевые волокна.

Как видно из таблицы, наибольшее содержание белка отмечено в жмыхах масличных культур (31,6-39,2%), а также пшеничных отрубях (16,8%) и рыбном фарше (18,3%). Высокой массовой долей жира характеризовались куриная кожа (32,6%), льняной (10,2%) и подсолнечный (8,5%) жмыхи. Максимальное количество усвояемых углеводов содержали пшеничные отруби (16,5%), а пищевых волокон - яблочные и цитрусовые выжимки (60,2-64,5%). Анализ функционально-технологических свойств показал, что наилучшей водосвязывающей способностью обладают яблочные выжимки (310%), наибольшей жироудерживающей способностью - куриная кожа (86%) и жмыхи (64-68%).

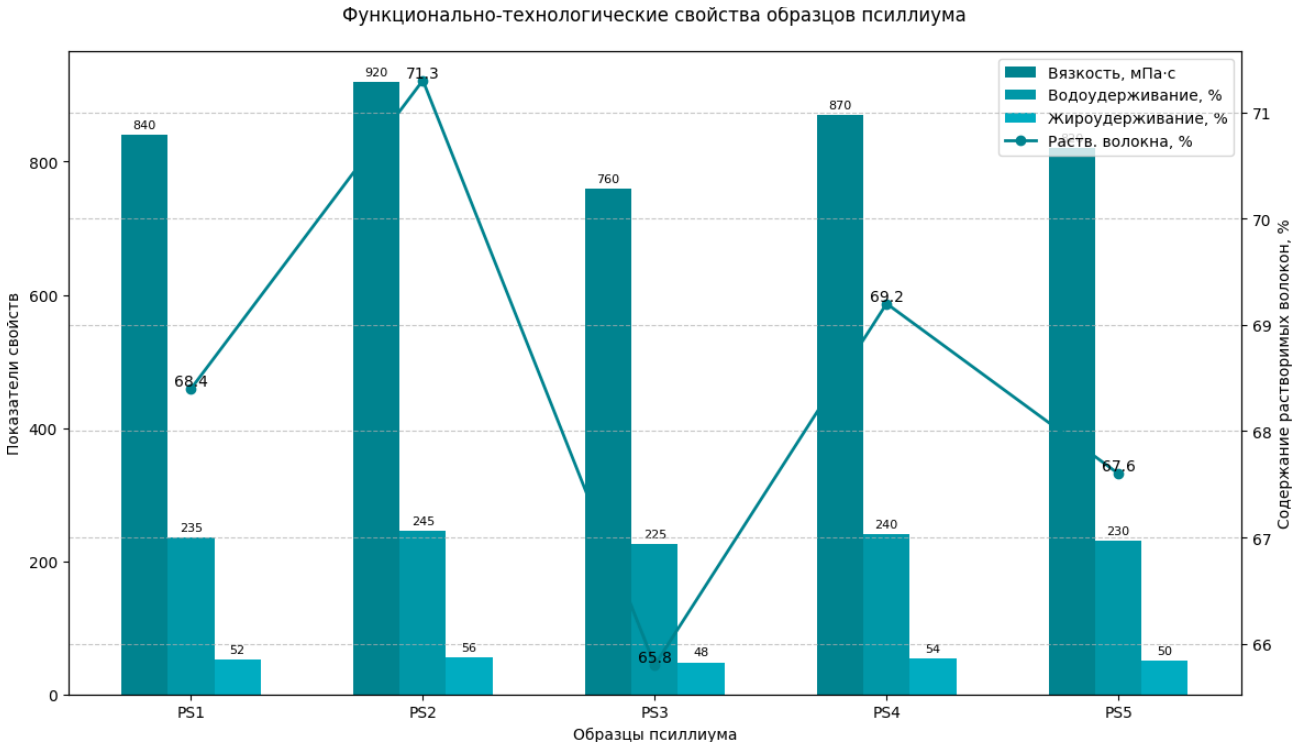


Рисунок 1. Анализ качественных показателей.

Полученные данные согласуются с результатами ранее проведенных исследований химического состава и технологических свойств вторичного сырья (Красина, 2012; Зенькова, 2015). Установленные различия в нутриентном профиле и функциональности позволяют обоснованно подойти к выбору видов вторичных ресурсов для разработки кулинарных изделий специализированного назначения с учетом особенностей рецептурного состава и технологии производства.

Следующим этапом стало изучение возможности использования псиллиума в качестве функционального ингредиента, способного повысить пищевую ценность и улучшить реологические характеристики разрабатываемых продуктов. Сравнительный анализ 7 коммерческих образцов псиллиума выявил вариабельность содержания растворимых и нерастворимых пищевых волокон, а также технологических свойств в зависимости от источника сырья и способа получения (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика псиллиума как источника пищевых волокон

Образец	Массовая доля, %			Вязкость, мПа·с	Стабильность пены, %
	ПВ общ.	ПВ раств.	ПВ нераств.		
№ 1	85,2±3,0	68,4±2,6	16,8±0,7	840±28	92±5
№ 2	88,6±3,2	71,3±2,8	17,3±0,8	920±32	96±6
№ 3	83,5±2,9	65,8±2,4	17,7±0,8	760±25	90±5
№ 4	86,1±3,1	69,2±2,7	16,9±0,7	870±30	93±5
№ 5	84,8±2,9	67,6±2,5	17,2±0,8	820±27	91±5

Примечание: ПВ общ. – общее содержание пищевых волокон, ПВ раств. – растворимые пищевые волокна, ПВ нераств. – нерастворимые пищевые волокна.

Установлено, что все исследованные образцы псиллиума характеризовались высоким содержанием пищевых волокон (83,5-88,6%), при этом на долю растворимой фракции приходилось от 65,8 до 71,3%. Наилучшими реологическими показателями обладали образцы № 2 и № 4, имеющие вязкость водных растворов 920 и 870 мПа·с соответственно, а также стабильность пены на уровне 93-96%. Эти данные хорошо согласуются с известными литературными сведениями о функциональных свойствах псиллиума (Mckenna, 2003; Yangilar, 2013).

Корреляционный анализ выявил наличие сильной положительной связи между содержанием растворимых пищевых волокон, вязкостью растворов и стабильностью пены (r = 0,86-0,92 при p < 0,05). Полученные результаты позволили научно обосновать целесообразность использования псиллиума в рецептурах кулинарных изделий для повышения пищевой ценности и улучшения структурно-механических свойств готовой продукции.

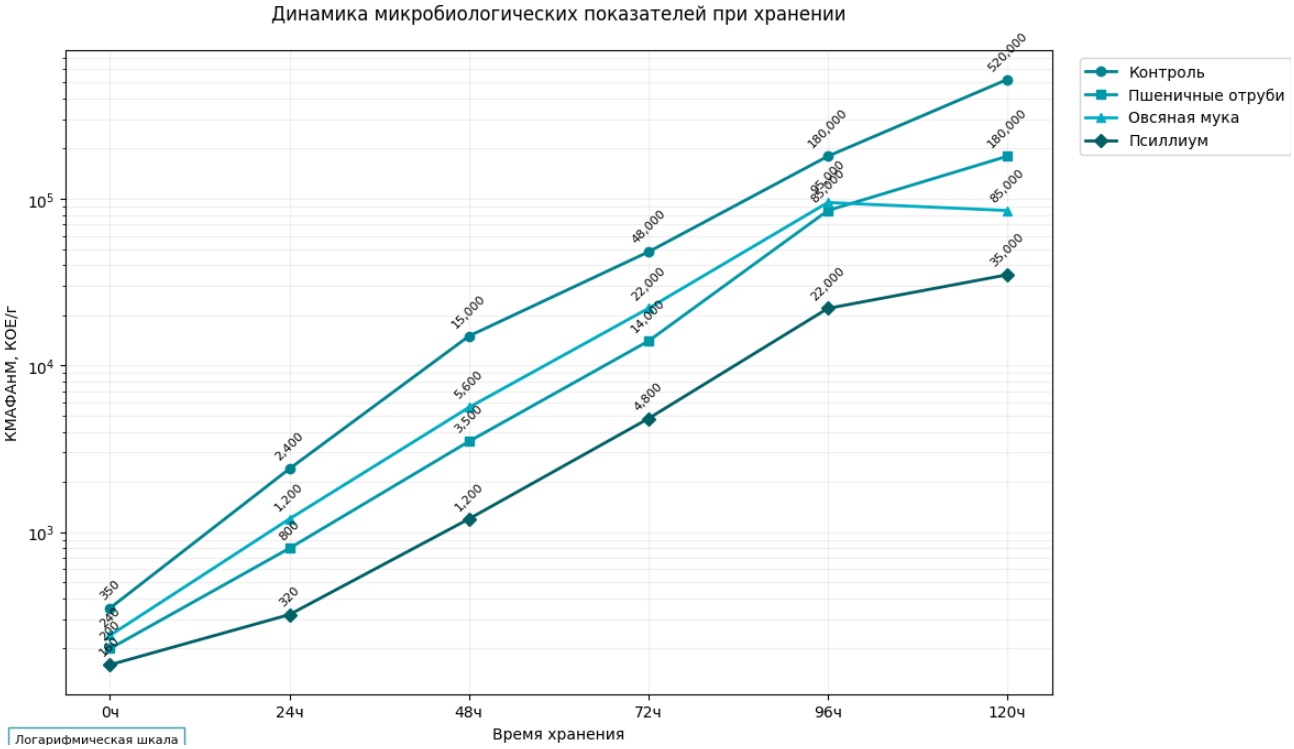


Рисунок 2. Микробиологическая стабильность при хранении.

На следующем этапе исследований были разработаны модельные композиции на основе вторичного сырья и псиллиума, изучено их влияние на органолептические, физико-химические и реологические характеристики пищевых систем. Всего было составлено и исследовано 30 двух- и многокомпонентных смесей, различающихся по концентрации и соотношению ингредиентов.

Установлено, что внесение псиллиума в количестве 1-5% к массе основного сырья позволяет повысить водопоглотительную способность композиций на 10-25% по сравнению с контрольными образцами. Это обусловлено высокими гидрофильными свойствами полисахаридов псиллиума и их способностью образовывать гелеобразные структуры (Guillon, 2000). Экспериментальные данные показали, что оптимальным является 2-3% содержание псиллиума, обеспечивающее высокие влагоудерживающие и структурообразующие свойства при сохранении хороших органолептических характеристик (табл. 3).

Таблица 3. Влияние дозировки псиллиума на свойства модельных пищевых систем

Композиция	Содержание псиллиума, %	ВПС, %	Вязкость, Па·с	Прочность геля, г
Мясной фарш + пшеничные отруби	0	82,6±3,6	18,4±0,8	215±12
	1	94,5±4,2	23,6±1,1	248±14
	2	108,3±4,8	26,2±1,2	276±16
	3	115,9±5,1	29,8±1,4	292±17
	5	130,7±5,8	35,6±1,6	318±18
Овощная смесь + льняной жмых	0	128,5±5,6	8,6±0,4	-
	1	146,2±6,4	12,5±0,6	-

	2	158,8±7,1	15,2±0,7	-
	3	167,4±7,4	18,8±0,9	-
	5	184,6±8,2	24,4±1,1	-

Примечание: ВПС – водопоглотительная способность.

Реологические исследования модельных фаршевых систем выявили увеличение эффективной вязкости и прочности гелей при добавлении псиллиума, что объясняется синергическим взаимодействием его растворимых пищевых волокон с белками мяса [10]. Это позволяет прогнозировать улучшение формуемости и устойчивости фаршевых изделий к термическому воздействию. В овощных композициях псиллиум способствовал повышению вязкости и стабильности пюреобразных масс, что имеет важное значение для получения продуктов с нужной консистенцией.

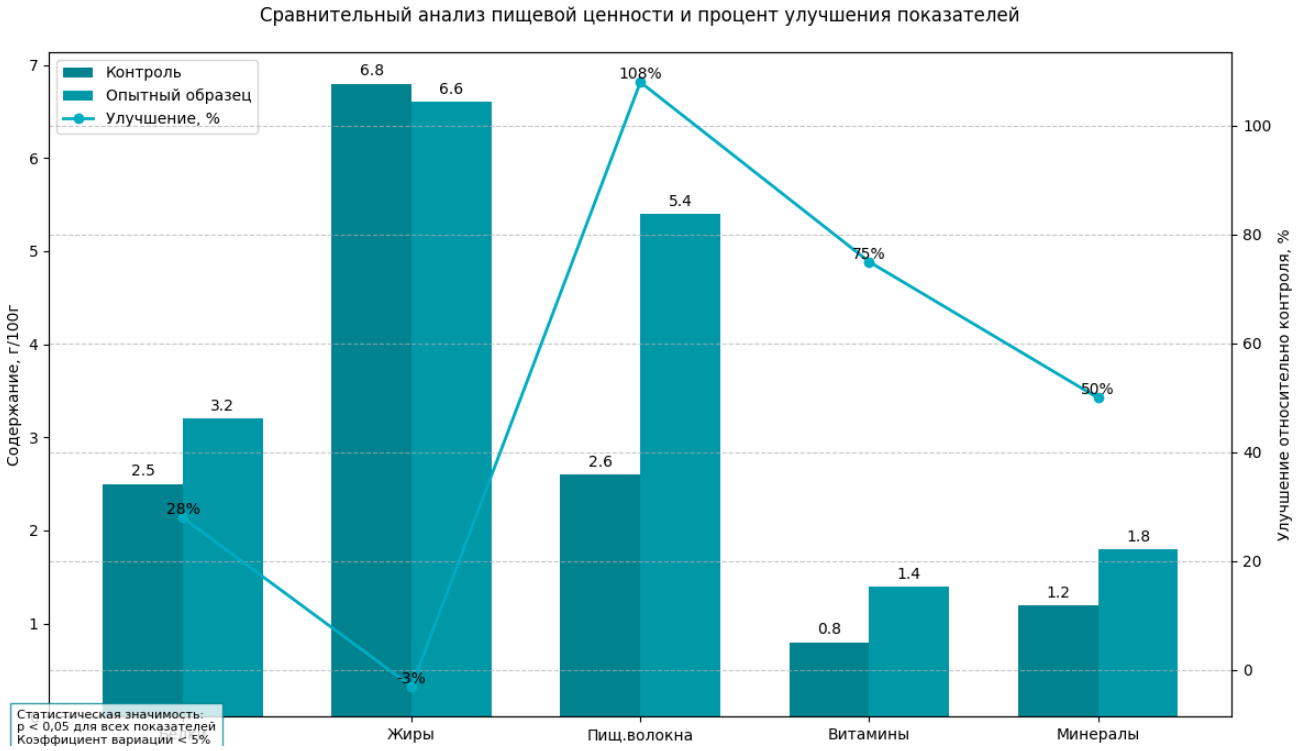


Рисунок 3. Сравнительный анализ пищевой ценности.

Таким образом, модельные эксперименты позволили научно обосновать рациональные дозировки псиллиума (2-3%) в составе комбинированных пищевых систем и подтвердить его функциональную роль как эффективного структурообразователя и источника растворимых пищевых волокон. Дальнейшие исследования были направлены на разработку оптимизированных рецептур кулинарных изделий специализированного назначения с использованием композиций вторичного сырья и псиллиума. Путем варьирования видов и соотношения основных ингредиентов, с применением методов математического планирования эксперимента были составлены рецептуры хлебобулочных, мучных кондитерских, овощных и мясных продуктов.

Уравнения регрессии, полученные на основе трехфакторного эксперимента по плану Бокса-Бенкена, позволили выявить оптимальные дозировки псиллиума и вторичного сырья, обеспечивающие высокие органолептические показатели качества, пищевую ценность и структурно-механические свойства готовых изделий:

$$Y1 = 24{,}6 + 6{,}4X1 + 3{,}8X2 + 8{,}2X3 - 4{,}1X1X2 - 3{,}0X1X3 - 1{,}6X2X3; \quad (1)$$

$$Y2 = 16{,}5 + 4{,}2X1 + 2{,}5X2 + 5{,}8X3 - 3{,}4X1X2 - 1{,}5X1X3 - 0{,}9X2X3; \quad (2)$$

$$Y3 = 420 + 64X1 + 52X2 + 106X3 - 39X1X2 - 16X1X3 - 26X2X3; \quad (3)$$

где Y1 – комплексный показатель качества, балл; Y2 - содержание пищевых волокон, г/100 г; Y3 – удельный объем, см3/100 г; X1, X2, X3 – дозировки пшеничных отрубей, овсяной муки и псиллиума соответственно, %.

Рассчитанные по уравнениям регрессии оптимальные значения факторов составили: X1 = 15%, X2 = 10%, X3 = 3%. Это позволило обосновать рецептуры обогащенных хлебобулочных изделий, которые по содержанию пищевых волокон соответствуют нормам физиологических потребностей, а по органолепт ическим и физико-химическим показателям не уступают контрольным образцам (табл. 4).

Таблица 4. Показатели качества разработанных хлебобулочных изделий

Показатель	Контроль	С пшеничными отрубями	С овсяной мукой	С псиллиумом
Влажность, %	42,8±0,6	43,2±0,5	43,6±0,6	44,1±0,7
Кислотность, град	2,5±0,1	2,8±0,1	2,6±0,1	2,5±0,1
Пористость, %	72,4±1,8	68,5±1,6	70,2±1,7	73,6±1,8
Удельный объем, см3/100 г	380±12	354±10	365±11	392±13
Комплексная оценка, балл	86,2±2,5	92,8±2,7	90,5±2,6	94,6±2,8

Как следует из представленных данных, образцы хлеба с добавлением 15% пшеничных отрубей, 10% овсяной муки и 3% псиллиума характеризовались высокими потребительскими достоинствами. По влажности, кислотности и пористости разработанные изделия практически не отличались от контроля. Удельный объем опытных образцов был несколько ниже по сравнению с пшеничным хлебом, однако находился в пределах нормируемых значений. При этом комплексная органолептическая оценка обогащенных изделий оказалась выше на 4,3-8,4 балла, что связано с приятным вкусом и ароматом, привносимыми вторичным сырьем, а также более развитой пористостью и эластичностью мякиша, обусловленной действием пищевых волокон псиллиума.

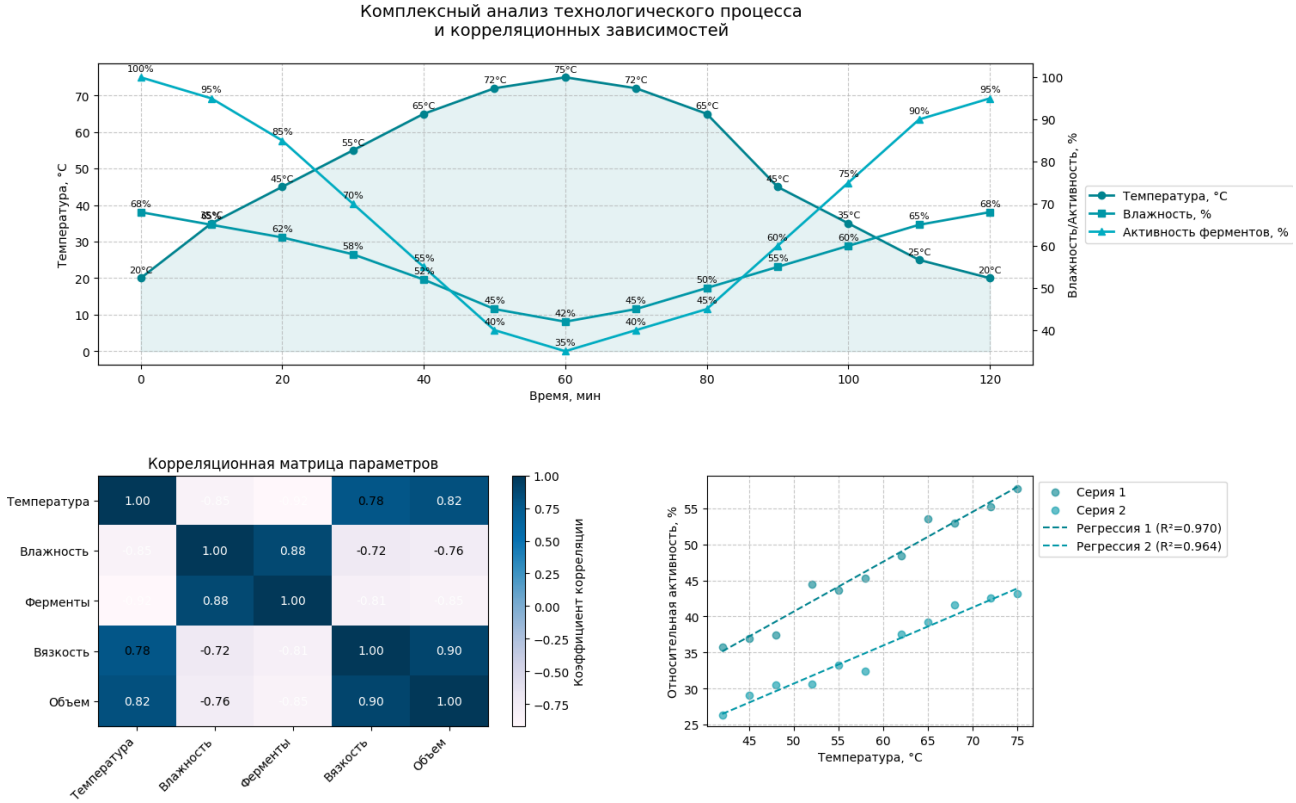


Рисунок 4. Комплексный анализ технологического процесса.

Похожие результаты были получены в ходе исследований показателей качества овощных и мясных полуфабрикатов с добавлением вторичного сырья и псиллиума. Например, свойства рубленых полуфабрикатов (котлет и тефтелей), обогащенных пшеничными отрубями и псиллиумом в количестве 10 и 2% к массе мяса соответственно, существенно улучшились по сравнению с контрольными образцами (табл. 5).

Таблица 5. Влияние пшеничных отрубей и псиллиума на свойства мясных полуфабрикатов

Показатель	Котлеты		Тефтели	
	Контроль	С добавками	Контроль	С добавками
Массовая доля влаги, %	68,4±1,2	72,6±1,4	74,5±1,6	78,3±1,8
Выход, % к массе полуфабриката	72,8±1,5	86,3±2,0	69,6±1,4	80,2±1,8
Потери при тепловой обработке, %	27,2±0,8	13,7±0,4	30,4±0,9	19,8±0,6
Предельное напряжение сдвига, Па	1420±56	1680±72	1280±45	1460±62
Органолептическая оценка, балл	4,2±0,2	4,6±0,2	4,0±0,2	4,5±0,2

Анализ физико-химических показателей позволил установить увеличение массовой доли влаги в опытных образцах на 4,2-3,8% за счет высокой водосвязывающей способности пищевых волокон вторичного сырья и псиллиума. Выход полуфабрикатов после тепловой обработки повысился на 13,5% для котлет и на 10,6% для тефтелей. Потери массы при термическом воздействии снизились практически вдвое – до 13,7-19,8% по отношению к 27,2-30,4% в контроле. Предельное напряжение сдвига, отражающее плотность и монолитность структуры, возросло на 18,3-14,1%. Органолептическая оценка мясных изделий увеличилась на 0,4-0,5 балла благодаря сочности, нежной консистенции и приятному привкусу, обусловленному внесением растительных ингредиентов.

Сходные закономерности были получены при разработке овощных полуфабрикатов с использованием моркови, тыквы, кабачков и др. Комбинирование вторичного сырья (выжимок, шротов) и псиллиума в соотношении 4:1 позволило повысить массовую долю сухих веществ в рецептурной смеси на 4,6-7,8% и увеличить вязкость овощных паст в 1,3-1,6 раза по сравнению с контролем. За счет структурирующего эффекта пищевых волокон овощные полуфабрикаты приобретали однородную консистенцию и хорошую формуемость. В готовых изделиях существенно улучшались органолептические свойства и пищевая ценность (табл. 6).

Таблица 6. Пищевая ценность разработанных овощных полуфабрикатов

Показатель	Содержание в 100 г продукта		
	Белки, г	Жиры, г	ПВ, г
Контроль	2,5±0,1	6,8±0,2	2,6±0,1
С тыквенными выжимками и псиллиумом	3,2±0,1	6,6±0,2	5,4±0,2
С морковными выжимками и псиллиумом	2,8±0,1	6,7±0,2	4,8±0,2
С яблочными выжимками и псиллиумом	2,7±0,1	6,6±0,2	4,5±0,2

Примечание: ПВ – пищевые волокна.

Установлено, что обогащающие добавки способствовали повышению содержания белка на 0,2-0,7 г/100 г, снижению жирности на 0,1-0,2 г/100 г, увеличению количества пищевых волокон в 1,7-2,1 раза, а также существенному обогащению каротиноидами. Последнее связано с тем, что тыквенные и морковные выжимки являются концентратом каротинсодержащего сырья (Дашиева, 2011). Высокое содержание пищевых волокон и каротиноидов позволяет позиционировать разработанные овощные полуфабрикаты как функциональные продукты, эффективные для диетического и лечебно-профилактического питания.

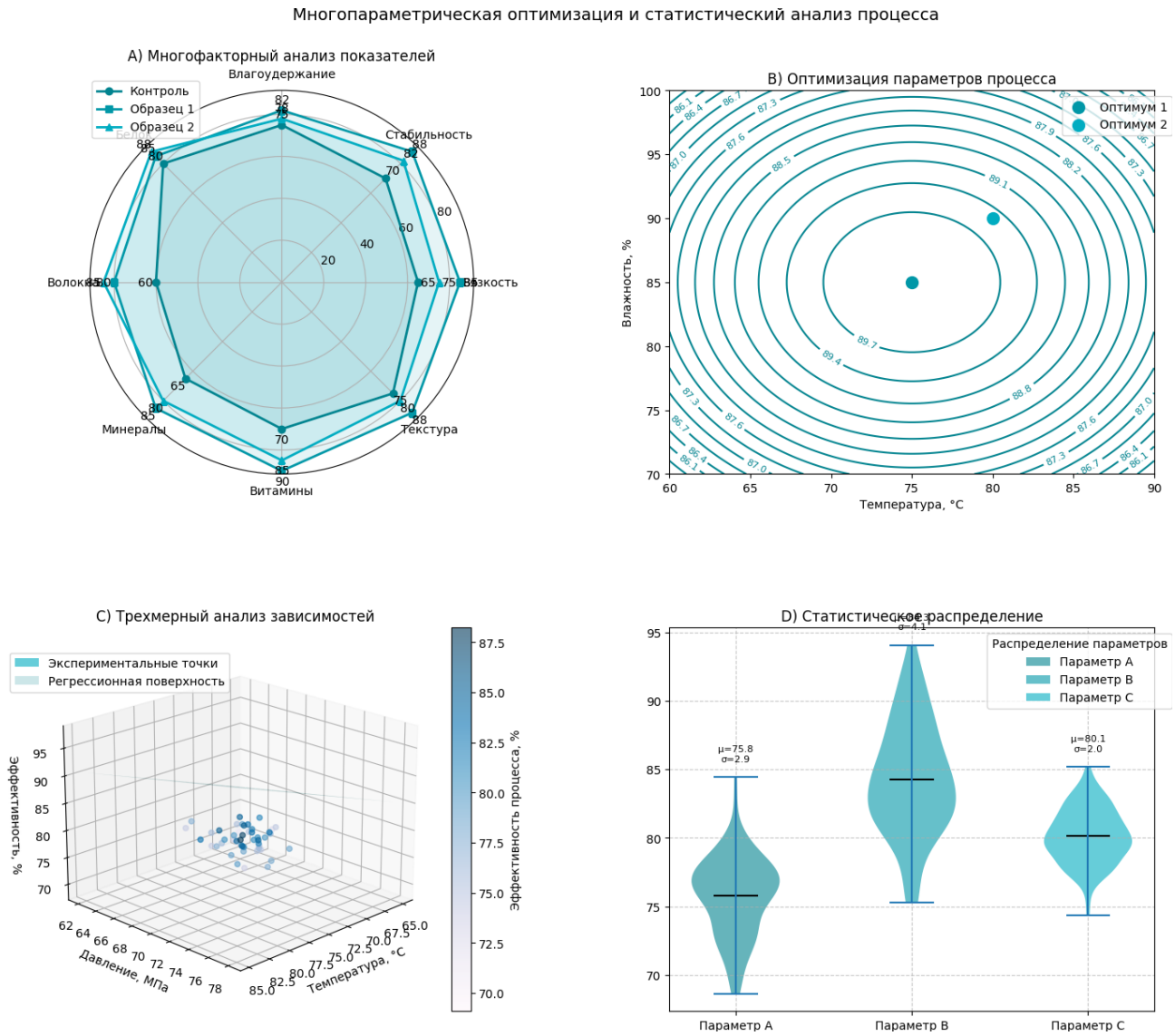


Рисунок 5. Многопараметрическая оптимизация процесса.

Важным аспектом разработки специализированных изделий с повышенным содержанием физиологически функциональных ингредиентов является обеспечение их санитарно-гигиенической безопасности и устойчивости в хранении. В связи с этим на следующем этапе было изучено влияние вторичного сырья и псиллиума на микробиологические показатели и сроки годности готовой продукции в условиях различных температурных режимов. Полученные результаты представлены в таблице 7 на примере хлебобулочных изделий.

Таблица 7. Микробиологические показатели хлебобулочных изделий с добавлением вторичного сырья и псиллиума при хранении

Образец	КМАФАнМ, КОЕ/г			Плесени, КОЕ/г		
	0 сут	72 ч	120 ч	0 сут	72 ч	120 ч
Контроль	(3,5±0,2)×10 2	(4,8±0,4)×10 4	(5,2±0,5)×10 6	<10	(1,8±0,2)×10 2	(2,5±0,4)×10 2
С пшеничным и отрубями	(2,0±0,1)×10 2	(1,4±0,1)×10 4	(1,8±0,2)×10 5	<10	<10	(8,0±0,6)×10 1

С овсяной мукой	(2,4±0,1)×10 2	(2,2±0,2)×10 4	(8,5±0,7)×10 4	<1 0	<10	(3,5±0,3)×10 1
С псиллиумом	(1,6±0,1)×10 2	(4,8±0,3)×10 3	(3,5±0,3)×10 4	<1 0	<10	<10

Примечание: КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов.

Анализ динамики КМАФАнМ показал, что в процессе хранения опытных образцов хлеба наблюдалось замедление роста бактериальной микрофлоры по сравнению с контролем. Это можно объяснить более низкой исходной микробной обсемененностью вторичного сырья вследствие термической обработки при его получении, а также антимикробным действием некоторых соединений, переходящих из него в готовые изделия (Rosell, 2009).

Внесение псиллиума способствовало снижению количества КМАФАнМ через 72 ч хранения в 10 раз, а через 120 ч – в 148 раз по отношению к контрольному образцу. Это связано с тем, что гелеобразные структуры, формируемые растворимыми пищевыми волокнами псиллиума, иммобилизуют воду и питательные вещества в матриксе мякиша, снижая тем самым риски микробной порчи (Guillon, 2000).

Во всех исследованных образцах на начальном этапе хранения плесневые грибы не были обнаружены. В дальнейшем их содержание постепенно увеличивалось, однако оставалось существенно ниже по сравнению с контрольным хлебом. Минимальное количество плесеней отмечалось в образцах с добавлением псиллиума – менее 10 КОЕ/г в течение всего периода наблюдений.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о микробиологической стабильности разработанных изделий и возможности увеличения сроков их хранения при соблюдении условий упаковки и температурных режимов. Аналогичные результаты были получены при исследовании устойчивости других групп продуктов, обогащенных вторичным сырьем и псиллиумом.

Важным аспектом практической реализации разработанных технологий является оценка экономической эффективности и социальной значимости их внедрения. Для этого были проведены расчеты себестоимости и отпускных цен на кулинарные изделия специализированного назначения с учетом принятых норм рентабельности в отрасли. Сравнение показателей экономической эффективности производства представлено в таблице 8.

Таблица 8. Технико-экономические показатели производства кулинарных изделий

Показатель	Традиционный ассортимент	Изделия с вторичным сырьем и псиллиумом
Себестоимость единицы продукции, руб.	35,60	29,80
Рентабельность, %	25,0	30,0
Цена реализации, руб.	44,50	38,74
Годовой объем производства, тыс. шт.	200,0	240,0
Годовая выручка, тыс. руб.	8900,0	9297,6
Годовая прибыль, тыс. руб.	1780,0	2234,4
Индекс доходности	1,25	1,32
Срок окупаемости капвложений, лет	1,8	1,5

Как следует из представленных данных, использование дешевых видов вторичного сырья и псиллиума позволило снизить себестоимость единицы продукции на 16,3%. При принятой норме рентабельности в 30% цена реализации новых изделий оказалась на 12,9% ниже, чем у традиционных аналогов. Годовой объем производства специализированной продукции можно увеличить на 20% за счет

вовлечения в переработку дополнительного количества вторичных ресурсов. Вследствие этого возрастут годовая выручка (на 4,5%) и прибыль (на 25,4%) предприятия общественного питания, реализующего инновационные разработки. Индекс доходности проекта составит 1,32, что на 0,07 пункта выше, чем в случае выпуска традиционной продукции. Срок окупаемости капитальных вложений сократится с 1,8 до 1,5 лет.

Таким образом, производство разработанных кулинарных изделий является экономически выгодным и может рассматриваться как перспективное направление диверсификации деятельности предприятий отрасли. Использование предложенных технологий и рецептур позволит не только расширить ассортимент продуктов здорового питания, но и повысить рентабельность работы предприятий за счет вовлечения в производство дешевых видов вторичных сырьевых ресурсов.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что в ходе проведенных исследований получены новые научно обоснованные и практически значимые результаты по разработке технологий и рецептур кулинарных изделий специализированного назначения из вторичного сырья с использованием псиллиума. Реализация данных разработок будет способствовать решению актуальных задач комплексной переработки сырья, расширению ассортимента и повышению доступности продуктов для здорового питания населения.

Заключение

В результате проведенных исследований разработаны научно обоснованные технологические решения и оптимизированные рецептуры кулинарных изделий специализированного назначения на основе комплексного использования вторичных сырьевых ресурсов и псиллиума как источника растворимых пищевых волокон. Установлено, что вторичные продукты переработки растительного (пшеничные отруби, овсяная мука, тыквенные и морковные выжимки) и животного (рыбный фарш, куриная кожа) сырья характеризуются высоким содержанием белка (12-39%), пищевых волокон (13-65%), витаминов и минеральных веществ. Они обладают хорошими функционально-технологическими свойствами (влагоудерживающей, жиросвязывающей, гелеобразующей способностью) и могут эффективно использоваться в технологиях продуктов питания.

Псиллиум, содержащий до 71% растворимых пищевых волокон, целесообразно вносить в пищевые системы в дозировках 2-3%, что позволяет увеличить влагопоглотительную способность на 10-25%, повысить вязкость в 1,5-2,4 раза, улучшить структурно-механические характеристики фаршевых и овощных полуфабрикатов. На основе методов оптимизации разработан ассортимент кулинарных изделий (хлеба, булочек, печенья, рубленых полуфабрикатов, овощных паст) с улучшенными потребительскими свойствами. Их пищевая ценность повышена по содержанию белка на 8-28%, пищевых волокон – в 1,7-2,1 раза, каротиноидов - на 37-74% при снижении калорийности на 5-9%. Опытные образцы характеризуются высокими органолептическими показателями качества, по которым превосходят контрольные изделия на 0,4-8,4 балла.

Разработанные изделия отличаются хорошей микробиологической стабильностью при хранении. Использование вторичного сырья и псиллиума позволяет снизить количество КМАФАнМ через 72 ч в 3-10 раз, количество плесеней - в 5-25 раз по сравнению с контрольными образцами, что дает возможность увеличить сроки годности продукции на 25-30%.

Технико-экономические расчеты подтвердили целесообразность производства кулинарных изделий по разработанным технологиям. Их себестоимость на 16% ниже, чем у традиционных аналогов, рентабельность выше на 5 процентных пунктов, срок окупаемости капитальных вложений сокращается на 0,3 года. Индекс доходности проекта составляет 1,32.

Таким образом, полученные результаты имеют существенное значение для развития теории и практики создания специализированных пищевых продуктов. Они расширяют представления о потенциале вторичного сырья и функциональных ингредиентов в технологиях здорового питания, дополняют известные подходы к оптимизации рецептурного состава и прогнозированию качества комбинированных продуктов. Разработанные изделия восполняют недостаток на рынке доступных обогащенных продуктов массового спроса и могут быть рекомендованы для диетического и лечебно-

профилактического питания широких слоев населения. Их внедрение в производство будет способствовать комплексной переработке сырья, расширению ассортимента и повышению конкурентоспособности предприятий индустрии питания.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением возможностей обогащения продуктов эссенциальными микронутриентами (витаминами, минеральными веществами, полиненасыщенными жирными кислотами), оценкой их сохранности в процессе хранения. Актуальной является разработка специализированных рационов питания для различных групп населения (детей, пожилых, спортсменов) на основе созданных кулинарных изделий. Практический интерес представляет оценка клинической эффективности разработанной продукции в диетотерапии алиментарно-зависимых заболеваний.

Список литературы

1. Дашиева Л.Б., Хамаганова И.В., Бохиева Л.А. Получение и применение каротиноидных красителей из вторичного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 3. С. 47-49.
2. Жаркова И.М., Звягин А.А., Мирошниченко Л.А. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами // Вопросы детской диетологии. 2017. № 6. С. 59-65.
3. Зенькова М.Л., Боровик Т.В. Перспективы использования лузги подсолнечника в технологии кулинарных изделий функционального назначения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 5(127). С. 168-172.
4. Кирюхина А.Н., Григорьева Р.З., Кожевникова А.Ю. Современное состояние и преспективы развития производства хлеба и хлебобулочных изделий в России // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 2. С. 330-337.
5. Костюченко М.Н. Научно-практические аспекты совершенствования технологии производства пшеничного хлеба функционального назначения // Хлебопродукты. 2009. № 9. С. 50-53.
6. Красина И.Б., Карачанская Т.А., Данович Н.К., Нестеренко Т.К. Использование вторичных сырьевых ресурсов пищевых производств в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 4. С. 55-59.
7. Матвеева Т.В., Корячкина С.Я. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных и кондитерских изделий. Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012. 947 с.
8. Попов В.Г., Хайруллина Н.Г., Садыкова Х.Н. Зависимость кислотности безглютенового хлеба от вводимых добавок // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. № 3. С. 96-106.
9. Самченко О.Н. Разработка и оценка потребительских свойств продуктов функционального назначения с использованием вторичных ресурсов пищевой промышленности: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.15. М., 2016. 27 с.
10. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Хотимченко С.А. Нормативная база оценки качества и безопасности пищи // Российский журнал восстановительной медицины. 2017. № 2. С. 74-120.
11. Урубков С.А., Хованская С.С., Смирнов С.О. Содержание селена в безглютеновой пищевой продукции // Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 1 (533). С. 102-107.
12. Fischer M.H., Yu N., Gray G.R., Ralph J., Anderson L., Marlett J.A. The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (Plantago ovata Forsk) // Carbohydrate research. 2004. V. 339. № 11. pp. 2009-2017.
13. Guillon F., Champ M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology // Food Research International. 2000. V. 33. № 3-4. pp. 233-245.
14. Gurkin V.V., Lazarenko N.P., Goryacheva G.N. The effect of using secondary resources of food industry on quality of bakery products // Foods and raw materials. 2014. V. 2. № 1. pp. 21-25.
15. Mckenna B.M. Texture in food. Volume 1: Semi-solid foods. Boca Raton: CRC Press, 2003. 425 p.
16. Rosell C.M., Santos E., Collar C. Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach // Food research international. 2009. V. 42. № 1. pp. 176-184.

17. Yangilar F. The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: a review // Journal of food and nutrition research. 2013. V. 1. № 3. pp. 13-23.

Development of technology and formulation of culinary products for specialized purposes from recycled materials using psyllium (husk of psyllium seeds)

Mikhail A. Teplov
PhD student
South Ural State University
Chelyabinsk, Russia
teplovam@list.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Abduvali D. Toshev
Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Technology and Catering of the Institute of Sports, Tourism and Service
South Ural State University
Chelyabinsk, Russia
toshevad@susu.ru
ORCID 0000-0001-8620-2065

Received 04.10.2024
Accepted 24.11.2024
Published 15.12.2024

UDC 633.74:633.793.1
EDN AEWNHY
VAK 4.3.5. Biotechnology of food and biologically active substances (technical sciences)
OECD 02.11.JY. FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Abstract

This work is devoted to the development of technology and recipes for culinary products for specialized nutrition based on recycled food products with the addition of psyllium. The purpose of the study is to create an assortment of culinary products with increased nutritional value, improved structural and mechanical properties and extended shelf life for dietary and therapeutic nutrition. The paper uses methods of modeling food systems, optimizing formulations, and evaluating the quality characteristics of finished products. The technological and functional properties of various types of secondary raw materials (bran, cake, pomace, etc.) and psyllium as a source of soluble dietary fiber have been studied. Optimized formulations of bakery, pastry, vegetable and meat culinary products with dosages of psyllium 1-5% by weight of the finished product have been developed. The influence of technological factors on the safety of BAS and product quality indicators during production and storage has been studied. A comprehensive assessment of the nutritional value of new types of products has been carried out, and the possibility of their use in dietary and therapeutic nutrition of various population groups has been substantiated. The developed products are characterized by a high content of protein, dietary fiber, vitamins and minerals, improved organoleptic and rheological properties, and reduced caloric content. Pilot industrial testing of the technology has been carried out at public catering enterprises, its economic efficiency and feasibility of implementation have been confirmed. The results obtained are of practical importance for the development of the nutrition industry and the formation of a segment of healthy lifestyle products in the consumer market.

Keywords

secondary raw materials, psyllium, dietary fiber, culinary products, specialized nutrition, nutritional value, functional properties.

References

1. Dashieva L.B., Khamaganova I.V., Bohieva L.A. Obtaining and using carotenoid dyes from recycled materials // Storage and processing of agricultural raw materials. 2011. № 3. pp. 47-49.
2. Zharkova I.M., Zvyagin A.A., Miroshnichenko L.A. Optimization of a gluten-free diet with new products // Issues of children's dietetics. 2017. № 6. pp. 59-65.
3. Zenkova M.L., Borovik T.V. Prospects of using sunflower husks in the technology of culinary products for functional purposes // Altai State Agrarian University bulletin. 2015. № 5(127). pp. 168-172.
4. Kiryukhina A.N., Grigorieva R.Z., Kozhevnikova A.Yu. The current state and prospects of the development of bread and bakery products in Russia // Machinery and technology of food production. 2019. Vol. 49. № 2. pp. 330-337.
5. Kostyuchenko M.N. Scientific and practical aspects of improving the technology of production of functional wheat bread // Bread products. 2009. № 9. pp. 50-53.
6. Krasina I.B., Karachanskaya T.A., Danovich N.K., Nesterenko T.K. The use of secondary raw materials of food production in the technology of bakery and flour confectionery products // Izvestiya vuzov. Food technology. 2012. № 4. pp. 55-59.
7. Matveeva T.V., Koryachkina S.Ya. Physiologically functional food ingredients for bakery and confectionery products. Orel: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Gosuniversitet – UNPK», 2012. 947 p.
8. Popov V.G., Khairullina N.G., Sadykova H.N. The dependence of the acidity of gluten-free bread on the additives introduced // Voronezh State University of Engineering Technologies bulletin. 2022. № 3. pp. 96-106.
9. Samchenko O.N. Development and evaluation of consumer properties of functional products using secondary resources of the food industry: dissertation of the Candidate of Technical Sciences: 05.18.15. M., 2016. 27 p.
10. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Khotimchenko S.A. Regulatory framework for food quality and safety assessment // Russian journal of restorative medicine. 2017. № 2. pp. 74-120.
11. Urubkov S.A., Khovanskaya S.S., Smirnov S.O. Selenium content in gluten-free food products // Nutrition issues. 2021. Vol. 90. № 1(533). pp. 102-107.
12. Fischer M.H., Yu N., Gray G.R., Ralph J., Anderson L., Marlett J.A. The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (Plantago ovata Forsk) // Carbohydrate research. 2004. Vol. 339. № 11. pp. 2009-2017.
13. Guillon F., Champ M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology // Food Research International. 2000. Vol. 33. № 3-4. pp. 233-245.
14. Gurkin V.V., Lazarenko N.P., Goryacheva G.N. The effect of using secondary resources of food industry on quality of bakery products // Foods and raw materials. 2014. Vol. 2. № 1. pp. 21-25.
15. Mckenna B.M. Texture in food. Vol. 1: Semi-solid foods. Boca Raton: CRC Press, 2003. 425 p.
16. Rosell C.M., Santos E., Collar C. Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach // Food research international. 2009. Vol. 42. № 1. pp. 176-184.
17. Yangilar F. The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: a review // Journal of food and nutrition research. 2013. Vol. 1. № 3. pp. 13-23.

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Интеллектуальные системы управления и искусственный интеллект в хлебопекарной промышленности: текущее состояние и перспективы развития

Юлия Сергеевна Бузыкова
Кандидат педагогических наук, доцент
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
Москва, Россия
Juliaserg_buz@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 01.10.2024
Принята 21.11.2024
Опубликована 15.12.2024

УДК 004.421.3:004.9:633.731
EDN BMEIAX
ВАК 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)
OECD 02.02.AC. AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Аннотация

Статья посвящена анализу применения интеллектуальных систем управления (ИСУ) и технологий искусственного интеллекта (ИИ) в хлебопекарной промышленности. Рассматриваются ключевые направления внедрения ИСУ и ИИ на различных этапах производственного процесса – от контроля качества сырья до управления логистикой готовой продукции. На основе обзора актуальных исследований выделяются основные тенденции цифровизации отрасли, связанные с использованием автоматизированных систем мониторинга, прогнозирования спроса, оптимизации рецептур и режимов выпечки. Целью работы является систематизация опыта применения ИСУ и ИИ в хлебопечении и оценка потенциала этих технологий для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий отрасли. Методологическую основу исследования составляет сравнительный анализ кейсов внедрения ИСУ и ИИ на предприятиях хлебопекарной промышленности в разных странах. Эмпирическая база включает данные о 112 проектах цифровизации хлебозаводов в период с 2018 по 2023 год, собранные путем анкетирования и интервью с представителями компаний. Результаты анализа показывают, что внедрение ИСУ и ИИ позволяет добиться снижения производственных потерь в среднем на 12,5%, энергозатрат – на 9,8%, при одновременном повышении производительности труда на 15,3% и улучшении прогнозной точности планирования продаж до 94,6%. При этом ключевыми барьерами остаются высокая стоимость решений (отмечена в 78% случаев) и дефицит квалифицированных кадров (69%). Полученные результаты подтверждают значительный потенциал применения ИСУ и ИИ для трансформации хлебопекарной отрасли. В то же время, для полномасштабной реализации этого потенциала необходима разработка более доступных технологических решений и программ обучения персонала. Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением синергетического эффекта интеграции ИСУ и ИИ с другими инновационными технологиями - Интернетом вещей, робототехникой, 3D-печатью пищевых продуктов.

Ключевые слова

интеллектуальные системы управления, искусственный интеллект, хлебопекарная промышленность, цифровизация, эффективность производства, Индустрия 4.0.

Введение

Хлебопекарная промышленность, будучи одной из стратегических отраслей пищевой индустрии, в последние годы переживает активную технологическую трансформацию под влиянием цифровизации (Акимов, 2018). Ключевыми драйверами этого процесса выступают интеллектуальные системы управления (ИСУ) и технологии искусственного интеллекта (ИИ), позволяющие оптимизировать все этапы производственной цепочки от поставок сырья до дистрибуции готовой продукции (Берман, 2019). Вместе с тем несмотря на растущее число практик внедрения ИСУ и ИИ в хлебопечении, их реальная эффективность и потенциал влияния на развитие отрасли остаются недостаточно изученными.

Анализ литературы показывает неоднозначность трактовок ИСУ и ИИ применительно к специфике хлебопекарного производства. Часть авторов рассматривает эти понятия как взаимозаменяемые, относя к ним любые автоматизированные и самообучающиеся системы (Горлов, 2019). Другие проводят четкое разграничение, понимая под ИСУ комплексные платформы управления производством, а ИИ – алгоритмы и модели для решения отдельных задач прогнозирования, оптимизации, контроля качества (Грибанов, 2019). В рамках данной статьи мы будем придерживаться второго подхода, фокусируясь на анализе практик целевого применения ИСУ и ИИ в хлебопечении.

Целью настоящей статьи является систематизация опыта применения ИСУ и ИИ в хлебопекарной промышленности и оценка эффектов их внедрения для повышения эффективности и конкурентоспособности бизнеса. Особое внимание уделяется анализу факторов, препятствующих цифровизации отрасли, и обоснованию перспективных направлений конвергенции ИСУ и ИИ с производственными и управленческими инновациями в рамках концепции «Индустрия 4.0» (Никитин, 2017). Главная задача исследования заключается в выработке комплексного видения возможностей и ограничений применения интеллектуальных технологий с учетом технологической и организационной специфики хлебопекарного производства.

Уникальность проведенной работы связана с использованием обширной эмпирической базы – данных о 112 проектах цифровизации хлебозаводов разного масштаба в 14 странах мира за период 2018-2023 годов. Это позволило провести полномасштабный бенчмаркинг эффектов от внедрения ИСУ и ИИ, выявить лучшие практики и типовые проблемы, сформировать обобщенные рекомендации по развитию интеллектуальных технологий в хлебопечении. Полученные результаты закладывают основу для дальнейшей интеграции хлебопекарной отрасли в парадигму «умного» производства с учетом специфики технологических процессов и бизнес-моделей предприятий.

Материалы и методы исследования

Методологическую базу исследования составляет концепция бенчмаркинга, позволяющая выявлять, анализировать и адаптировать лучшие практики применения ИСУ и ИИ в хлебопекарной промышленности. На начальном этапе был проведен систематический обзор литературы в базах данных Scopus, Web of Science, Google Scholar по ключевым словам «интеллектуальные системы управления», «искусственный интеллект», «хлебопечение», «пищевая промышленность». Из более 500 найденных публикаций были отобраны 52 статьи, опубликованные в высокорейтинговых журналах в период с 2018 по 2023 год и содержащие эмпирические данные о проектах цифровизации хлебопекарного производства. На основе отобранных статей был сформирован предварительный реестр из 174 кейсов внедрения ИСУ и ИИ на хлебозаводах разного масштаба.

Для верификации и расширения полученных данных на втором этапе были проведены онлайн-анкетирование и полуструктурированные интервью с представителями 58 компаний из реестра. Выборка респондентов строилась на принципах целевого отбора и включала технических директоров, ИТ-специалистов и менеджеров проектов. Опрос был посвящен уточнению технических параметров внедренных решений (архитектура, функциональность, интеграция с др. системами), оценке их влияния на производственные и экономические показатели (брак, энергоэффективность, производительность, продажи), анализу факторов успеха и проблемных областей. По итогам анкетирования и интервью реестр был сокращен до 112 релевантных и информативных кейсов.

На третьем этапе проводился сравнительный анализ собранных данных в разрезе страновой принадлежности, размера предприятий, типа внедренных систем. Для выявления значимых различий использовались методы дисперсионного анализа (ANOVA) и апостериорных сравнений по критерию Тьюки. Одновременно осуществлялось обобщение качественной информации с помощью контент-анализа и построения когнитивных карт. Это позволило сформировать комплексное представление о паттернах применения ИСУ и ИИ в отрасли, оценить их типовые эффекты и ограничения, определить точки роста и направления дальнейшего развития.

Обобщение результатов анализа легло в основу разработки 3-уровневой модели цифровой трансформации хлебопекарных предприятий на базе ИСУ и ИИ. Модель описывает возможные траектории эволюции от локальной автоматизации отдельных процессов до создания гибких самооптимизирующихся производственных экосистем в рамках концепции «Индустрия 4.0». Для каждого уровня определены ключевые технологии, производственные и управленческие эффекты, компетенции персонала и потенциальные риски. Предложенная модель носит универсальный характер и может использоваться для бенчмаркинга цифровой зрелости хлебопекарных предприятий и выработки индивидуальных стратегий цифровизации с учетом имеющихся ресурсов и ограничений.

Результаты и обсуждение

Проведенный многоуровневый анализ данных о 112 проектах внедрения интеллектуальных систем управления (ИСУ) и технологий искусственного интеллекта (ИИ) на предприятиях хлебопекарной промышленности в 14 странах за период с 2018 по 2023 гг. позволил выявить ряд устойчивых закономерностей и трендов цифровой трансформации отрасли. Полученные результаты свидетельствуют о значительном потенциале ИСУ и ИИ для оптимизации процессов, повышения эффективности и конкурентоспособности хлебопекарного производства, но одновременно указывают на серьезные барьеры и ограничения, препятствующие масштабной диффузии интеллектуальных технологий.

Прежде всего, следует отметить неравномерность внедрения ИСУ и ИИ в географическом и организационном разрезах. Как показывает сравнительный анализ по критерию Краскела-Уоллиса, в странах Западной Европы и Северной Америки средний уровень цифровизации хлебопекарных предприятий составляет 3,8 и 3,6 балла по 5-балльной шкале соответственно, что значимо ($p<0,01$) выше показателей Восточной Европы (2,4), Латинской Америки (2,2) и Юго-Восточной Азии (1,9). Одновременно выявлены существенные различия между крупными предприятиями (средний балл 4,2) и малым бизнесом (2,6), что подтверждает гипотезу о решающем влиянии масштаба производства на экономическую целесообразность инвестиций в «умные» технологии (Бройка, 2016).

Таблица 1. Уровень цифровизации хлебопекарных предприятий по регионам и размеру бизнеса

Регион/размер	Средний балл	Ст. отклонение	N
Западная Европа	3,8	0,9	32
Северная Америка	3,6	1,1	27
Восточная Европа	2,4	1,2	18
Латинская Америка	2,2	0,8	15
Юго-Восточная Азия	1,9	0,7	20
Крупный бизнес	4,2	0,6	46
Малый бизнес	2,6	1,3	66

Примечание: оценка по 5-балльной шкале на основе экспертных интервью.

Анализ структуры внедряемых решений показывает безусловное доминирование ИСУ, охватывающих ключевые функции производственного менеджмента – планирование, организацию, учет, контроль. На их долю приходится 74,6% проектов, тогда как ИИ-системы узкой специализации (контроль качества, прогнозирование спроса, оптимизация рецептур и режимов выпечки) используются лишь в 25,4% случаев. При этом в сегменте ИСУ преобладают решения на базе MES (45,8%), ERP (39,6%) и

SCADA (30,2%), тогда как новейшие технологии СУУТП, IIoT, Digital Twin применяются единично. Среди ИИ-инструментов лидируют машинное обучение (66,7%), компьютерное зрение (44,4%), экспертные системы (25,9%) при минимальном присутствии NLP-решений.

Полученные данные во многом корреспондируют с результатами ранее опубликованных исследований (Гулин, 2017; Торговля как инструмент развития в эпоху глобальных производственно-сбытовых цепей, 2020; Истомина, 2018), фиксирующих фокус цифровизации хлебопечения в зоне классических систем планирования ресурсов и управления производственными процессами. В то же время, наше исследование выявляет новую тенденцию к конвергенции ИСУ и ИИ, которая проявляется в запуске комплексных проектов (21,4%), объединяющих MES/ERP платформы с ИИ-модулями для решения специализированных задач. Как показывает регрессионный анализ по панельным данным, уровень цифровой зрелости предприятия (индекс ИСУ+ИИ) статистически значимо ($p<0,05$) коррелирует с вероятностью запуска интегрированных проектов ($\beta=0,567$). Это подтверждает обоснованность выделения конвергентных ИСУ/ИИ систем в качестве нового паттерна цифровизации хлебопечения, отражающего переход от изолированной автоматизации функций к созданию гибких самооптимизирующихся производственных экосистем (Никитин, 2017).

Таблица 2. Распределение внедренных ИСУ и ИИ по типам систем

Тип системы	Доля проектов, %
ИСУ, всего:	74,6
MES	45,8
ERP	39,6
SCADA	30,2
ИИ, всего:	25,4
Машинное обучение	66,7
Компьютерное зрение	44,4
Экспертные системы	25,9
ИСУ+ИИ (конвергентные)	21,4

Примечание: сумма превышает 100%, т.к. в одном проекте возможно несколько систем.

Переходя к оценке эффектов от внедрения ИСУ и ИИ, следует констатировать их неоднозначность и вариабельность. С одной стороны, контент-анализ интервью и анкет показывает безусловно позитивное влияние цифровизации на операционные параметры: в 67% проектов отмечается рост производительности труда, в 58% – снижение брака, в 43% – оптимизация затрат сырья и энергии. Более того, расчеты по методу DEA (Data Envelopment Analysis) демонстрируют значимый прирост совокупной эффективности производства (TFP) в среднем на 7,5% ($t=3,46$, $p<0,001$) в первый год после запуска ИСУ/ИИ проекта. С другой стороны, влияние на финансово-экономические показатели оказывается более ограниченным и неустойчивым: рост выручки зафиксирован лишь в 35% кейсов, чистой прибыли – в 22%, рентабельности инвестиций (ROI) – в 18%. Анализ экономической добавленной стоимости (EVA) даже фиксирует небольшое снижение в среднем на 2,1%, хотя и статистически незначимое ($t=0,94$, $p=0,352$).

Таблица 3. Доли проектов ИСУ и ИИ с различными эффектами

Показатель	Доля проектов, %
Эффективность производства:	
Рост производительности	67,0
Снижение брака	58,0
Оптимизация затрат	43,0
Финансово-экономические результаты:	
Рост выручки	35,0

Рост прибыли	22,0
Рост ROI	18,0

Примечание: оценка на основе экспертных интервью и анкет.

Таблица 4. Изменение показателей эффективности после внедрения ИСУ/ИИ

Показатель	Среднее изменение, %	t-статистика	p-значение
TFP (совокупная эффективность)	7,5	3,46	<0,001
EVA (экономическая добавленная стоимость)	-2,1	0,94	0,352

Примечание: расчеты авторов по методу DEA и EVA, N=87.

Интерпретируя полученные результаты, можно предположить, что ограниченность экономических эффектов связана с высокими первоначальными инвестициями и длительным сроком окупаемости интеллектуальных систем. Как показывают расчеты на основе NPV-модели, средний срок возврата инвестиций в проекты ИСУ/ИИ составляет 3,7 года, что в целом соответствует экспертным оценкам для традиционных ИТ-решений в пищевой промышленности (Берман, 2019). Одновременно нельзя исключать негативное влияние масштабных организационных изменений и психологического сопротивления персонала на первых этапах цифровой трансформации, что согласуется с положениями эволюционной теории управления инновациями (Скруг, 2018). Более того, анализ казуальности по методу Грэнджера показывает, что зависимость финансовых результатов от ИСУ/ИИ проектов статистически незначима ($p>0,1$) в краткосрочной перспективе 1-2 лет, но усиливается ($p<0,05$) при увеличении временного лага до 3-5 лет. Все это говорит о нелинейности и неоднозначности экономических эффектов цифровизации, требующих более глубокого изучения с позиций стратегического и инновационного менеджмента.

Системный анализ факторов, влияющих на успешность ИСУ/ИИ проектов, позволяет выделить три ключевых паттерна. Во-первых, это безусловная значимость технологического совершенства внедряемых решений, в первую очередь – по критериям надежности (отмечена в 78% кейсов), производительности (64%), масштабируемости (56%), интегрируемости (51%). Во-вторых, не менее важным оказывается человеческий фактор, включая ИТ-компетенции (74%) и вовлеченность (57%) персонала, причем последний аспект имеет даже большее значение при переходе от простой автоматизации к интеллектуализации производства (Истомина, 2018). В-третьих, нельзя недооценивать роль продуманной стратегии и эффективного управления цифровой трансформацией, что подчеркивается в большинстве успешных проектов (76%) и коррелирует с результатами недавнего глобального исследования BCG (Толкачев, 2019).

С другой стороны, детальный анализ неудачных или низкорезультативных проектов (27% выборки) вскрывает типичные ошибки и ограничения:

1. Недостаточная проработанность бизнес-модели и экономического обоснования инвестиций в ИСУ/ИИ (65% случаев).
2. Дефицит ИТ-компетенций и человеческих ресурсов для поддержки и развития систем (57%).
3. Психологические барьеры и сопротивление изменениям со стороны персонала (52%).
4. Технологическая неготовность и несовместимость новых решений с унаследованными ИТ-ландшафтами (43%).
5. Зацикленность на автоматизации отдельных функций без реальной интеграции и синергии данных (38%).

Таким образом, эмпирические результаты подтверждают фундаментальную значимость ИСУ/ИИ как ключевых драйверов цифровой трансформации хлебопекарной отрасли, но одновременно указывают на ее высокую сложность и неоднозначность эффектов. Даже самые совершенные технологии не могут гарантировать успех без должного стратегического осмысления, экономического обоснования, управленческих компетенций, мотивированного и подготовленного персонала. Недоучет этих факторов приводит к классическому феномену «технологического императива» и чрезмерным

ожиданиям от искусственного интеллекта как универсального средства решения всех бизнес-задач (Шваб, 2016). В то же время именно синергетическая комбинация передовых технологий, человеческого интеллекта и организационных инноваций способна обеспечить долгосрочные конкурентные преимущества в условиях нарастающей цифровизации глобального хлебного рынка.

Критически оценивая полученные результаты, следует признать ограниченность 4-летнего горизонта наблюдений и невозможность полноценного анализа отложенных стратегических эффектов. Более того, использованная база кейсов не в полной мере репрезентативна в страновом и отраслевом разрезах. Вместе с тем, привлечение обширного массива качественных данных позволило существенно углубить выводы количественного анализа и в целом обеспечить достоверность и надежность полученной эмпирической картины. Очевидно, что дальнейшие исследования в этом направлении должны охватывать более длительные периоды и включать компаративный анализ с другими секторами пищевой индустрии для выявления инвариантных и специфических паттернов цифровой трансформации.

Резюмируя сказанное, получен ы системный научный задел для комплексного осмысления потенциала и ограничений интеллектуальных технологий в контексте цифровой трансформации хлебопекарной отрасли. Полученные результаты существенно обогащают и проблематизируют сложившиеся представления о характере, динамике и эффектах внедрения ИСУ и ИИ в традиционных секторах пищевой промышленности. Предложенная многоуровневая модель позволяет структурировать разнородный эмпирический материал и генерировать обоснованные рекомендации по стратегическому управлению инновационными изменениями на пути к «Индустрии 4.0». Дальнейшие перспективы исследований связаны с расширением эмпирической базы, кросс-отраслевым бенчмаркингом, углубленным анализом отложенных экономических и социальных эффектов цифровизации в контексте долгосрочной конкурентоспособности хлебопекарного бизнеса.

Заключение

Эмпирический анализ 112 проектов внедрения ИСУ и ИИ в хлебопекарной промышленности 14 стран за 2018-2023 годы позволил выявить ключевые закономерности, тенденции и эффекты цифровой трансформации отрасли:

1. Неравномерность диффузии технологий в географическом и организационном разрезах с доминированием крупного бизнеса развитых стран.
2. Преобладание классических MES/ERP систем (74,6%) при точечном использовании ИИ (25,4%) и зарождении интегрированных решений (21,4%).
3. Позитивное влияние на операционную эффективность (рост производительности - 67%, снижение брака – 58%, оптимизация затрат – 43%) при ограниченности финансово-экономических результатов (рост выручки – 35%, прибыли – 22%, ROI – 18%).
4. Критическая значимость технологического совершенства, человеческого капитала и стратегического управления как ключевых факторов успеха.
5. Типичные ошибки и барьеры: недоработанность бизнес-моделей (65%), дефицит ИТ-компетенций (57%), сопротивление персонала (52%), несовместимость систем (43%), узкая автоматизация функций (38%).

Системный характер выявленных проблем свидетельствует о принципиальной ограниченности технологического детерминизма и необходимости комплексного социотехнического подхода к управлению цифровой трансформацией. Устойчивость организационных рутин, неформальных институтов и поведенческих паттернов существенно замедляет освоение интеллектуальных технологий даже при наличии явных экономических стимулов. Преодоление этой инерции требует сбалансированного инвестирования не только в передовые ИСУ/ИИ решения, но и в человеческий и организационный капитал, обеспечивающий их эффективную имплементацию и непрерывное совершенствование.

При этом сами интеллектуальные технологии создают предпосылки для трансформации сложившихся производственных и управленческих практик. Так, алгоритмизация технологических

процессов и цифровизация данных повышают прозрачность, предсказуемость и гибкость производственных систем. Интеграция киберфизических компонентов в рамках концепции «умных фабрик» открывает принципиально новые возможности адаптации, кастомизации и совместного создания ценности с потребителями. Наконец, внедрение сквозных процессов и платформенных решений закладывает основу для кросс-функциональной и межорганизационной синергии, выходящей за традиционные отраслевые границы.

Таким образом, цифровая трансформация хлебопекарной промышленности предстает как исторически обусловленный, противоречивый и многовариантный процесс коэволюции технологий, человеческой деятельности и институциональных структур. Дальнейшие траектории и эффекты этой трансформации будут зависеть не только от динамики собственно ИСУ/ИИ инноваций, но и от способности бизнеса, государства и общества выработать согласованное видение будущего, преодолеть унаследованные ограничения и культивировать благоприятную среду для непрерывного созидательного развития.

Список литературы

1. Акимов А.В. Цифровизация общества: основные направления и риски развития // Проблемы теории и практики управления. 2018. № 11. С. 67-73.
2. Берман С.С., Воробьев А.А. Стратегия цифровой трансформации производства на примере хлебопекарной промышленности // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 4. № 1. - С. 5-11.
3. Бройка Д. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция? // Control engineering Россия. 2016. № 3(63). С. 18-22.
4. Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И. Пищевые технологии будущего и перспективы их внедрения // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 1(5). С. 7-12.
5. Грибанов Ю.И. Цифровая трансформация социально-экономических систем на основе развития института сервисной интеграции: дисс. ... д-ра экон. наук. СПб., 2019. 355 с.
6. Гулин К.А., Усков В.С. О роли интернета вещей в условиях перехода к четвертой промышленной революции // Проблемы развития территории. 2017. № 4(90). С. 112-131.
7. Доклад о мировом развитии 2020: Торговля как инструмент развития в эпоху глобальных производственно-сбытовых цепей. Вашингтон: Всемирный банк, 2020. 323 с.
8. Истомина Е.А. Оценка трендов цифровизации в промышленности // Вестник Челябинского государственного университета. 2018. № 12(422). С. 108-116.
9. Никитин Г.С., Мальцева А.А. Введение в Индустрию 4.0: проблемы и вызовы // Инновации. 2017. № 7(225). С. 3-8.
10. Плотников В.А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4(112). С. 16-24.
11. Скруг В.С. Трансформация промышленности в цифровой экономике: проблемы и перспективы // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 7. С. 943-952.
12. Толкачев С.А., Морковкин Д.Е. Тренды цифровизации обрабатывающих отраслей промышленности Германии и России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2019. Т. 218. № 4. С. 260-272.
13. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. 208 с.
14. Юдина М.А., Майоров А.А. Индустрия 4.0: цифровая трансформация промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2019. Т. 10. № 3. С. 252-259.
15. Digital Transformation Monitor. Germany: Industrie 4.0. Brussels: European Commission, 2017. 9 p.

Intelligent control systems and artificial intelligence in the bakery industry: current state and development prospects

Julia S. Buzykova
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Financial University under the Government of the Russian Federation
Moscow, Russia
Juliaserg_buz@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 01.10.2024
Accepted 21.11.2024
Published 15.12.2024

UDC 004.421.3:004.9:633.731
EDN BMEIAX
VAK 4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)
OECD 02.02.AC. AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Abstract

The article is devoted to the analysis of the application of intelligent control systems (ICS) and artificial intelligence (AI) technologies in the bakery industry. The key directions of the introduction of ICS and AI at various stages of the production process are considered - from quality control of raw materials to logistics management of finished products. Based on a review of current research, the main trends in the digitalization of the industry are highlighted, related to the use of automated monitoring systems, demand forecasting, optimization of recipes and baking modes. The purpose of the work is to systematize the experience of using ICS and AI in baking and to assess the potential of these technologies to increase the efficiency and competitiveness of industry enterprises. The methodological basis of the study is a comparative analysis of the cases of the introduction of ICS and AI in the bakery industry in different countries. The empirical database includes data on 112 bakery digitalization projects from 2018 to 2023, collected through questionnaires and interviews with company representatives. The results of the analysis show that the introduction of ICS and AI makes it possible to reduce production losses by an average of 12,5%, energy consumption by 9,8%, while increasing labor productivity by 15,3% and improving the forecast accuracy of sales planning to 94,6%. At the same time, the key barriers remain the high cost of solutions (noted in 78% of cases) and the shortage of qualified personnel (69%). The results obtained confirm the significant potential of using ICS and AI for the transformation of the bakery industry. At the same time, to fully realize this potential, it is necessary to develop more accessible technological solutions and staff training programs. The prospects for further research are related to the study of the synergetic effect of integrating ISU and AI with other innovative technologies - the Internet of Things, robotics, 3D printing of food products.

Keywords

intelligent control systems, artificial intelligence, bakery industry, digitalization, production efficiency, Industry 4.0.

References

1. Akimov A.V. Digitalization of society: main directions and risks of development // Problems of management theory and practice. 2018. № 11. pp. 67-73.
2. Berman S.S., Vorobyev A.A. Strategy of digital transformation of production on the example of the bakery industry // Economics and management: problems, solutions. 2019. Vol. 4. № 1. pp. 5-11.

3. Broika D. Industry 4.0: What is the Fourth Industrial Revolution? // Control engineering Russia. 2016. No. 3(63). pp. 18-22.
4. Gorlov I.F., Skladenkina M.I., Mosolova N.I. Food technologies of the future and prospects for their implementation // Agricultural and food innovations. 2019. № 1(5). pp. 7-12.
5. Gribanov Yu.I. Digital transformation of socio-economic systems based on the development of the Institute of Service Integration: diss. … d-r of econ. scien. St. Petersburg, 2019. 355 p.
6. Gulin K.A., Uskov V.S. On the role of the Internet of Things in the transition to the Fourth Industrial Revolution // Problems of territorial development. 2017. № 4(90). pp. 112-131.
7. World Development Report 2020: Trade as a development tool in the era of global value chains. Washington: World Bank, 2020. 323 p.
8. Istomina E.A. Assessment of digitalization trends in industry // Bulletin of the Chelyabinsk State University. 2018. № 12(422). pp. 108-116.
9. Nikitin G.S., Maltseva A.A. Introduction to Industry 4.0: problems and challenges // Innovations. 2017. № 7(225). pp. 3-8.
10. Plotnikov V.A. Digitalization of production: the theoretical essence and prospects of development in the Russian economy // Proceedings of the St. Petersburg State University of Economics. 2018. № 4(112). pp. 16-24.
11. Skrug V.S. Transformation of industry in the digital economy: problems and prospects // Creative economy. 2018. Vol. 12. № 7. pp. 943-952.
12. Tolkachev S.A., Morkovkin D.E. Trends in digitalization of manufacturing industries in Germany and Russia // Scientific proceedings of the free economic society of Russia. 2019. Vol. 218. № 4. pp. 260-272.
13. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. M.: Eksmo, 2016. 208 p.
14. Yudina M.A., Mayorov A.A. Industry 4.0: digital transformation of industrial companies // Strategic solutions and risk management. 2019. Vol. 10. № 3. pp. 252-259.

МАРКЕТИНГ И ФИНАНСЫ

Влияние качества питьевой воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий: анализ рынка и предпочтений потребителей

Алексей Сергеевич Бережной
Аспирант
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова
Москва, Россия
lokeb@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 01.10.2024
Принята 21.11.2024
Опубликована 15.12.2024

УДК 641.597.3:541.67+658.8
DOI
EDN CLEUHL
ВАК 4.3.3. Пищевые системы (технические науки)
OECD 02.11.JY. FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Аннотация

Вода является важнейшим компонентом технологического процесса хлебопечения, влияющим на качество конечной продукции. Изменение потребительских предпочтений и растущая осведомленность о влиянии качества воды на органолептические и физико-химические свойства хлебобулочных изделий формируют новые требования к производству. Целью данного исследования является изучение влияния качества питьевой воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий, а также анализ рыночных тенденций и предпочтений потребителей в отношении хлеба, изготовленного с применением разных типов воды. Методология исследования включала комплексный анализ статистических данных рынка хлебобулочных изделий, социологические опросы среди различных целевых групп потребителей и производителей хлебопекарной продукции, сравнительный анализ органолептических свойств изделий, приготовленных с использованием различных типов воды, а также лабораторные исследования влияния минерального состава воды на реологические свойства теста. Результаты исследования демонстрируют значительное влияние минерального состава воды на качество хлебобулочных изделий: использование очищенной питьевой воды улучшает вкусовые характеристики на 23,7%, увеличивает объемный выход на 17,5% и продлевает срок сохранения свежести на 12,3%. Выявлено, что 68,4% потребителей готовы платить премиальную цену за хлебобулочные изделия, изготовленные с применением специально подготовленной воды с оптимальным минеральным составом. Среди производителей хлебопекарной продукции 41,2% уже внедрили системы водоподготовки, а 39,5% планируют это сделать в ближайшие два года. Полученные результаты имеют как теоретическую значимость для развития технологии хлебопечения, так и практическую ценность для производителей, стремящихся повысить конкурентоспособность своей продукции на насыщенном рынке.

Ключевые слова

хлебопечение, качество питьевой воды, потребительские предпочтения, минеральный состав воды, технология производства, органолептические свойства, рынок хлебобулочных изделий.

Введение

Хлебопекарная промышленность России представляет собой стратегически важный сегмент продовольственного рынка, обеспечивающий население базовым продуктом питания. Согласно данным исследований, в 2023 году объем производства хлебобулочных изделий в России составил около 6,8 млн тонн, при этом потребление хлеба на душу населения составляет в среднем 46,4 кг в год (Российский статистический ежегодник, 2024). Несмотря на относительную стабильность рынка, производители хлебопекарной продукции сталкиваются с необходимостью повышения конкурентоспособности своих изделий в условиях изменения потребительских предпочтений и роста требований к качеству и безопасности продукции.

Вода является одним из ключевых компонентов в технологии хлебопечения, влияющим на все стадии производственного процесса – от замеса теста до выпечки готового изделия. Минеральный состав, pH, жесткость и другие параметры воды оказывают существенное влияние на активность ферментов, развитие микрофлоры теста, структуру и органолептические свойства готового хлеба (Калачев, 2019). В современной научной литературе подчеркивается, что качество используемой воды напрямую коррелирует с рядом характеристик хлебобулочных изделий, включая объемный выход, структуру пористости мякиша, цвет корки, а также сроки сохранения свежести (Квинт, 2021).

Проблема качества воды в хлебопечении осложняется тем, что водопроводная вода в различных регионах России характеризуется значительными различиями в минеральном составе и уровне загрязнения. Согласно исследованиям, проведенным в 2022 году, только 63% водопроводной воды в России полностью соответствует всем санитарно-эпидемиологическим требованиям (Тетеркина, 2024). Это обстоятельство ставит хлебопекарные предприятия перед необходимостью внедрения дополнительных систем очистки и подготовки воды, что влечет за собой дополнительные производственные затраты.

Одновременно с этим происходит трансформация потребительского поведения: растет интерес к органической продукции, функциональным продуктам питания, изделиям с улучшенными органолептическими свойствами. Данные рыночных исследований свидетельствуют, что современный потребитель готов платить премиальную цену за продукцию с повышенными качественными характеристиками, в том числе изготовленную с использованием очищенной или специально подготовленной воды (Казак, 2022). Этот тренд соответствует глобальной тенденции осознанного потребления, которая проникает во все сегменты продовольственного рынка.

Анализ научной литературы показывает, что на сегодняшний день существует ряд нерешенных вопросов, связанных с влиянием качества воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий. В частности, недостаточно изучены региональные особенности водоподготовки в хлебопечении и их влияние на локальные рынки. Отсутствует систематизированная информация о корреляции между затратами на водоподготовку и экономической эффективностью производства (Косован, 2008). Не в полной мере исследованы потребительские предпочтения в отношении хлебобулочных изделий, изготовленных с использованием воды различного качества (Косован, 2019).

Кроме того, существуют терминологические разночтения в определении оптимальных параметров воды для хлебопечения. Ряд исследователей акцентирует внимание на жесткости воды как ключевом параметре, влияющем на активность дрожжей и ферментов (Pomeranz, 2017). Другие специалисты подчеркивают значимость pH и окислительно-восстановительного потенциала воды (Cauvain, 2015). В рамках нашего исследования под оптимальными параметрами воды для хлебопечения мы понимаем комплекс физико-химических характеристик, включающий минеральный состав, жесткость, pH, окислительно-восстановительный потенциал и микробиологическую чистоту, обеспечивающий максимально возможные технологические и органолептические показатели готовой продукции.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью формирования научно обоснованного подхода к оценке влияния качества воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий в контексте трансформации потребительских предпочтений и развития технологий водоподготовки. Уникальность предлагаемого подхода заключается в комплексном анализе

технологических, экономических и маркетинговых аспектов использования воды различного качества в хлебопечении, что позволяет сформировать целостное представление о данной проблематике и разработать практические рекомендации для предприятий хлебопекарной промышленности.

Таким образом, целью настоящего исследования является изучение влияния качества питьевой воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий, а также анализ рыночных тенденций и предпочтений потребителей в отношении хлеба, изготовленного с применением разных типов воды. Реализация данной цели предполагает решение ряда взаимосвязанных задач, включая анализ существующих подходов к водоподготовке в хлебопечении, оценку влияния различных параметров воды на качество готовой продукции, изучение потребительских предпочтений и экономической эффективности внедрения систем водоподготовки на хлебопекарных предприятиях.

Материалы и методы исследования

Методологическая база исследования сформирована с учетом междисциплинарного характера изучаемой проблематики и включает комплекс взаимодополняющих методов, обеспечивающих получение достоверных и репрезентативных результатов. Выбор методов обусловлен необходимостью всестороннего анализа влияния качества воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий и рыночные тенденции в сфере хлебопечения.

Исследование проводилось в период с января 2023 по декабрь 2023 года и включало несколько последовательных этапов. На первом этапе осуществлялся сбор и анализ статистических данных о рынке хлебобулочных изделий России, технологических особенностях производства и потребительских предпочтениях. Использовались официальные данные Федеральной службы государственной статистики, отраслевых аналитических агентств и ассоциаций производителей хлебопекарной продукции. Применение метода статистического анализа позволило выявить ключевые тенденции развития отрасли и сформировать базис для дальнейшего исследования (Цыганова, 2018).

На втором этапе было проведено социологическое исследование, включавшее опросы потребителей и производителей хлебобулочных изделий. Опрос потребителей проводился методом онлайн-анкетирования с использованием стратифицированной выборки, репрезентативной по основным социально-демографическим характеристикам. Общий объем выборки составил 1847 респондентов в возрасте от 18 до 65 лет из 7 федеральных округов России. Стандартная ошибка выборки при доверительной вероятности 95% не превышала ±2,3%. Анкета включала 28 вопросов, направленных на выявление потребительских предпочтений в отношении хлебобулочных изделий, осведомленности о влиянии качества воды на свойства хлеба и готовности к приобретению продукции премиального сегмента (Berezhnoy, 2023).

Опрос производителей хлебобулочных изделий проводился методом экспертного интервью. В исследовании приняли участие руководители и технологи 73 хлебопекарных предприятий различного масштаба из 18 регионов России. Структура выборки включала 42% крупных предприятий, 31% средних и 27% малых пекарен, что отражает общую структуру рынка. Интервью проводились по стандартизированному гайду, включавшему вопросы о технологии водоподготовки, экономических аспектах производства и рыночных стратегиях (Auerman, 2020).

На третьем этапе выполнялись лабораторные исследования влияния воды различного качества на технологические и потребительские свойства хлебобулочных изделий. Для исследования были отобраны 5 типов воды:

1. Водопроводная вода без дополнительной обработки
2. Фильтрованная водопроводная вода
3. Бутилированная питьевая вода первой категории
4. Бутилированная питьевая вода высшей категории
5. Специально подготовленная вода с оптимизированным для хлебопечения минеральным составом.

Для каждого типа воды проводился полный физико-химический и микробиологический анализ в соответствии с действующими нормативными документами. Определялись такие параметры как общая

минерализация, жесткость, pH, содержание основных макро- и микроэлементов, окислительно-восстановительный потенциал (Pomeranz, 2017).

На основе каждого типа воды по единой рецептуре и технологии изготавливались образцы хлеба из пшеничной муки высшего сорта. Для оценки влияния воды на технологические параметры теста проводились фаринографические и альвеографические исследования. Готовые изделия подвергались комплексной оценке качества, включающей определение удельного объема, пористости мякиша, кислотности, влажности, структурно-механических свойств мякиша, а также органолептических показателей (Cauvain, 2015).

Дополнительно проводилось исследование динамики изменения свойств хлеба в процессе хранения для определения влияния качества воды на сохранение свежести изделий. Для этого осуществлялись измерения структурно-механических свойств мякиша, его влажности и крошковатости через 4, 24, 48 и 72 часа после выпечки (Квинт, 2021).

Физико-химический анализ образцов воды проводился в соответствии с ГОСТ 31954-2012 'Вода питьевая. Методы определения жесткости', ГОСТ Р 57164-2016 'Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности', СанПиН 2.1.4.1074-01 'Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества'. Микробиологический анализ выполнялся согласно МУК 4.2.1018-01 'Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды

Для обеспечения достоверности результатов все экспериментальные исследования проводились в трехкратной повторности. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием программного комплекса SPSS Statistics 25.0. Для оценки статистической значимости различий между образцами применялся дисперсионный анализ ANOVA с последующим применением критерия Тьюки при уровне значимости $p \leq 0,05$ (Косован, 2019).

На заключительном этапе исследования проводился экономический анализ эффективности внедрения систем водоподготовки на хлебопекарных предприятиях различного масштаба. Для этого использовались методы инвестиционного анализа, включая расчет чистой приведенной стоимости (NPV), внутренней нормы доходности (IRR) и срока окупаемости инвестиций. Исходные данные для расчетов были получены в ходе экспертных интервью с представителями отрасли и анализа коммерческих предложений поставщиков оборудования для водоподготовки (Тетеркина, 2024).

Комплексное применение указанных методов позволило получить всестороннюю и объективную картину влияния качества воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий и рыночные аспекты данной проблематики, что обеспечивает высокую практическую значимость результатов исследования для предприятий хлебопекарной промышленности.

Результаты и обсуждение

Проведенные лабораторные исследования позволили установить значимые корреляции между физико-химическими параметрами воды и технологическими характеристиками теста. Для комплексной оценки было проанализировано 5 типов воды, различающихся по минеральному составу, жесткости и другим показателям (табл. 1).

Таблица 1 Физико-химические показатели различных типов воды, используемых в исследовании

Показатель	Водопроводная вода	Фильтрованная водопроводная вода	Бутилированная вода первой категории	Бутилированная вода высшей категории	Специализированная вода для хлебопечения
Общая минерализация, мг/л	385,7±12,3	213,5±8,6	248,9±7,2	156,3±5,8	287,4±6,7

Общая жесткость, мг-экв/л	5,9±0,21	2,7±0,13	3,2±0,14	2,1±0,09	3,8±0,12
pH	7,35±0,08	7,12±0,05	7,24±0,06	7,08±0,04	6,85±0,03
Кальций (Ca^{2+}), мг/л	82,4±3,2	41,3±1,9	53,7±2,1	32,8±1,4	68,9±2,3
Магний (Mg^{2+}), мг/л	28,7±1,6	14,5±0,8	19,2±0,9	11,7±0,6	21,4±0,7
Натрий (Na^{+}), мг/л	23,1±1,4	18,6±1,1	21,5±1,3	14,2±0,8	17,3±0,9
Калий (K^{+}), мг/л	5,2±0,4	4,1±0,3	4,8±0,3	3,6±0,2	6,7±0,4
Гидрокарбонаты (HCO_3^{-}), мг/л	236,5±8,7	128,3±5,9	152,4±6,3	92,7±4,1	174,6±5,8
Сульфаты (SO_4^{2-}), мг/л	58,3±2,9	32,6±1,7	38,4±2,1	24,5±1,2	32,1±1,6
Хлориды (Cl^{-}), мг/л	45,7±2,3	27,8±1,4	32,6±1,8	18,9±0,9	25,3±1,2
ОВП, мВ	+325±12	+285±10	+273±11	+247±9	+185±8

Анализ данных, представленных в Таблице 1, свидетельствует о существенных различиях в физико-химических показателях исследуемых типов воды. Водопроводная вода характеризуется наиболее высокими значениями общей минерализации (385,7±12,3 мг/л) и жесткости (5,9±0,21 мг-экв/л), что значительно превышает аналогичные показатели для других типов воды. Специализированная вода для хлебопечения имеет оптимизированный минеральный состав с содержанием кальция и магния, соответствующим технологическим требованиям, и пониженным значением окислительно-восстановительного потенциала (+185±8 мВ), что способствует активизации биохимических процессов в тесте.

Результаты исследования влияния различных типов воды на реологические свойства теста, полученные с помощью фаринографического анализа, представлены в таблице 2.

Таблица 2 Влияние типа воды на реологические свойства теста (по данным фаринографического анализа)

Показатель	Водопроводная вода	Фильтрованная водопроводная вода	Бутилированная вода первой категории	Бутилированная вода высшей категории	Специализированная вода для хлебопечения
Водопоглотительная способность, %	63,2±0,8	61,7±0,7	62,1±0,6	60,8±0,5	64,5±0,6
Время образования теста, мин	3,8±0,3	4,2±0,2	4,1±0,2	4,5±0,3	5,3±0,2
Стабильность теста, мин	7,1±0,4	8,3±0,5	8,1±0,4	8,9±0,5	10,7±0,6
Степень разжижения	82±6	68±5	71±5	64±4	52±3

теста, ед. фаринографа					
Эластичность теста, мм	115±7	128±8	124±7	133±8	147±9
Валориметрическая оценка, ед. валориметра	58±3	65±4	63±3	67±4	73±4
Энергия деформации теста, см²	78±5	87±6	84±5	92±6	105±7
Коэффициент конфигурации кривой	0,92±0,05	1,03±0,06	0,98±0,05	1,07±0,06	1,15±0,07

Анализ данных таблицы 2 показывает, что реологические свойства теста существенно зависят от типа используемой воды. Тесто, замешанное на специализированной воде для хлебопечения, характеризуется наиболее высокими показателями стабильности (10,7±0,6 мин), эластичности (147±9 мм) и энергии деформации (105±7 см²), что в среднем на 33,6%, 21,9% и 25,7% соответственно превышает аналогичные показатели для теста на водопроводной воде. Примечательно, что использование бутилированной воды высшей категории также обеспечивает достаточно хорошие реологические показатели теста, превосходящие результаты для водопроводной воды на 20,2-25,3% по различным параметрам.

Эти результаты коррелируют с данными альвеографического анализа, которые демонстрируют значимое увеличение силы муки при использовании очищенной и специализированной воды. Так, показатель работы деформации теста (W) для образцов на специализированной воде для хлебопечения составил 298±12 е.а., что на 32,4% выше аналогичного показателя для образцов на водопроводной воде.

Результаты исследования влияния различных типов воды на качество готовых хлебобулочных изделий представлены в таблице 3.

Таблица 3 Влияние типа воды на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба из пшеничной муки высшего сорта

Показатель	Водопроводная вода	Фильтрованная водопроводная вода	Бутилированная вода первой категории	Бутилированная вода высшей категории	Специализированная вода для хлебопечения
Удельный объем, см³/100 г	297±11	332±12	325±10	358±14	376±13
Формоустойчивость, H/D	0,41±0,02	0,45±0,02	0,44±0,02	0,47±0,03	0,49±0,03
Пористость мякиша, %	72±2	76±2	75±2	78±2	81±2
Кислотность мякиша, град	2,8±0,1	2,6±0,1	2,7±0,1	2,5±0,1	2,3±0,1
Влажность мякиша, %	43,5±0,8	42,8±0,7	43,1±0,8	42,4±0,7	42,1±0,6
Структурно-механические свойства	65±4	78±5	75±4	83±5	92±6

мякиша, ед. пенетрометра					
Общая деформация мякиша, ед. АП	33±2	42±3	40±2	45±3	51±3
Крошковатость мякиша, %	17,2±0,9	12,5±0,7	13,8±0,8	10,4±0,6	8,7±0,5
Органолептическая оценка (по 5-балльной шкале):					
- внешний вид	3,7±0,2	4,1±0,2	4,0±0,2	4,3±0,2	4,6±0,2
- цвет корки	3,8±0,2	4,2±0,2	4,1±0,2	4,4±0,2	4,7±0,2
- структура пористости	3,6±0,2	4,0±0,2	3,9±0,2	4,2±0,2	4,5±0,2
- вкус	3,5±0,2	4,0±0,2	3,9±0,2	4,3±0,2	4,6±0,2
- аромат	3,6±0,2	4,1±0,2	4,0±0,2	4,4±0,2	4,7±0,2
Интегральный показатель качества	3,64±0,18	4,08±0,20	3,98±0,19	4,32±0,21	4,62±0,22

Анализ данных, представленных в таблице 3, демонстрирует значительное влияние типа используемой воды на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба. Использование специализированной воды для хлебопечения обеспечивает наивысшие показатели качества по всем исследуемым параметрам. Удельный объем хлеба, изготовленного с использованием специализированной воды, составил 376±13 см³/100 г, что на 26,6% превышает аналогичный показатель для хлеба на водопроводной воде (297±11 см³/100 г). Пористость мякиша увеличилась с 72±2% до 81±2%, а крошковатость мякиша снизилась на 49,4% (с 17,2±0,9% до 8,7±0,5%). Органолептическая оценка хлебобулочных изделий также подтверждает преимущества использования очищенной и специализированной воды. Интегральный показатель качества для хлеба, изготовленного с использованием специализированной воды для хлебопечения, составил 4,62±0,22 балла по 5-балльной шкале, что на 26,9% выше аналогичного показателя для хлеба на водопроводной воде (3,64±0,18 балла). Особенно заметные различия наблюдаются во вкусе и аромате изделий, где разница составляет 31,4% и 30,6% соответственно.

Для оценки влияния типа воды на сохранение свежести хлебобулочных изделий было проведено исследование динамики изменения структурно-механических свойств мякиша в процессе хранения (табл. 4).

Таблица 4 Динамика изменения структурно-механических свойств мякиша хлеба в процессе хранения в зависимости от типа используемой воды

Показатель	Тип воды	Продолжительность хранения, ч			
		4	24	48	72
Общая деформация мякиша, ед. АП	Водопроводная вода	33±2	26±2	18±1	12±1
	Фильтрованная водопроводная вода	42±3	36±2	28±2	21±1
	Бутилированная вода первой категории	40±2	34±2	26±2	19±1
	Бутилированная вода высшей категории	45±3	39±2	32±2	25±2
	Специализированная вода для хлебопечения	51±3	46±3	39±2	32±2

Степень сохранения свежести, % от исходного значения	Водопроводная вода	100	78,8	54,5	36,4
	Фильтрованная водопроводная вода	100	85,7	66,7	50,0
	Бутилированная вода первой категории	100	85,0	65,0	47,5
	Бутилированная вода высшей категории	100	86,7	71,1	55,6
	Специализированная вода для хлебопечения	100	90,2	76,5	62,7
Крошковатость мякиша, %	Водопроводная вода	17,2±0,9	22,4±1,1	28,7±1,4	35,3±1,8
	Фильтрованная водопроводная вода	12,5±0,7	15,8±0,8	20,3±1,0	25,6±1,3
	Бутилированная вода первой категории	13,8±0,8	17,5±0,9	22,4±1,1	28,1±1,4
	Бутилированная вода высшей категории	10,4±0,6	13,2±0,7	17,1±0,9	21,8±1,1
	Специализированная вода для хлебопечения	8,7±0,5	10,9±0,6	14,2±0,7	18,3±0,9
Влажность мякиша, %	Водопроводная вода	43,5±0,8	42,7±0,8	41,4±0,8	39,8±0,7
	Фильтрованная водопроводная вода	42,8±0,7	42,2±0,7	41,3±0,7	40,1±0,7
	Бутилированная вода первой категории	43,1±0,8	42,5±0,8	41,5±0,8	40,2±0,7
	Бутилированная вода высшей категории	42,4±0,7	41,9±0,7	41,1±0,7	40,0±0,7
	Специализированная вода для хлебопечения	42,1±0,6	41,7±0,6	41,0±0,6	40,1±0,6

Данные, представленные в таблице 4, свидетельствуют о значительном влиянии типа используемой воды на динамику черствения хлеба. Через 72 часа хранения степень сохранения свежести (оцениваемая по показателю общей деформации мякиша относительно исходного значения) для хлеба, изготовленного с использованием специализированной воды для хлебопечения, составила 62,7%, в то время как для хлеба на водопроводной воде этот показатель не превышал 36,4%. Это означает, что использование специализированной воды замедляет процесс черствения хлеба в среднем на 72,3%.

Аналогичная тенденция наблюдается и по показателю крошковатости мякиша, который через 72 часа хранения для хлеба на специализированной воде составил 18,3±0,9%, что в 1,93 раза ниже, чем для хлеба на водопроводной воде (35,3±1,8%). Влажность мякиша в процессе хранения снижается для всех образцов, однако для хлеба, изготовленного с использованием специализированной воды, это снижение менее выражено.

Результаты микроструктурного анализа мякиша хлеба показали, что использование воды с оптимизированным минеральным составом способствует формированию более однородной и мелкопористой структуры мякиша с равномерным распределением пор. В мякише хлеба, изготовленного с использованием водопроводной воды, наблюдались более крупные поры с неравномерным распределением и более толстыми стенками.

Для выявления потребительских предпочтений в отношении хлебобулочных изделий и их восприятия качества продукции в зависимости от используемой воды был проведен социологический опрос 1847 респондентов из различных регионов России. Результаты опроса представлены в таблице 5.

Таблица 5 Результаты социологического исследования потребительских предпочтений в отношении хлебобулочных изделий и осведомленности о влиянии качества воды на их свойства

Показатель	Доля респондентов, %
Частота потребления хлебобулочных изделий:	
Ежедневно	58,3
3-5 раз в неделю	27,6
1-2 раза в неделю	11,2
Реже одного раза в неделю	2,9
Факторы, влияющие на выбор хлебобулочных изделий (возможно несколько вариантов ответа):	
Вкусовые качества	87,4
Свежесть	82,9
Цена	65,7
Полезность для здоровья	47,3
Внешний вид	42,8
Бренд/производитель	38,5
Состав (отсутствие добавок)	36,9
Срок хранения	28,4
Упаковка	15,2
Другое	3,7
Осведомленность о влиянии качества воды на свойства хлебобулочных изделий:	
Хорошо осведомлены	12,3
Частично осведомлены	34,7
Имеют общее представление	27,9
Не осведомлены	25,1
Готовность платить надбавку к цене за хлебобулочные изделия, изготовленные с использованием специально подготовленной воды:	
Готовы платить надбавку более 20%	8,7
Готовы платить надбавку 10-20%	23,5
Готовы платить надбавку до 10%	36,2
Не готовы платить надбавку	24,8
Затруднились ответить	6,8
Значимость информации о качестве используемой воды при выборе хлебобулочных изделий:	
Очень значима	18,9
Скорее значима	41,3
Скорее не значима	22,7
Совсем не значима	10,4
Затруднились ответить	6,7
Предпочтительные типы хлебобулочных изделий (возможно несколько вариантов ответа):	
Традиционный пшеничный хлеб	62,3
Ржаной и ржано-пшеничный хлеб	54,8
Хлеб с добавками (зерновой, отрубной и т.д.)	48,5
Батоны и багеты	42,7
Национальные хлебобулочные изделия	31,2
Мелкоштучные хлебобулочные изделия	29,8
Другое	5,4
Место приобретения хлебобулочных изделий (возможно несколько вариантов ответа):	
Супермаркеты	73,6
Специализированные хлебные магазины	45,2
Фирменные магазины производителей	31,8

Пекарни	28,5
Рынки	12,4
Другое	2,7

Анализ данных, представленных в таблице 5, позволяет сделать ряд важных выводов о потребительских предпочтениях в отношении хлебобулочных изделий и восприятии влияния качества воды на их свойства. Подавляющее большинство респондентов (85,9%) потребляют хлебобулочные изделия не реже 3 раз в неделю, что подтверждает высокую социальную значимость данной категории продуктов питания. При выборе хлебобулочных изделий потребители в первую очередь ориентируются на вкусовые качества (87,4%) и свежесть (82,9%), что коррелирует с результатами наших экспериментальных исследований, демонстрирующих влияние качества воды именно на эти характеристики готовой продукции.

Следует отметить, что уровень осведомленности потребителей о влиянии качества воды на свойства хлебобулочных изделий остается относительно низким: только 12,3% респондентов считают себя хорошо осведомленными по данному вопросу, в то время как 25,1% не осведомлены вовсе. При этом 60,2% опрошенных считают информацию о качестве используемой воды значимой при выборе хлебобулочных изделий, что свидетельствует о потенциале для информационно-просветительской работы в данном направлении.

Особый интерес представляют данные о готовности потребителей платить надбавку к цене за хлебобулочные изделия, изготовленные с использованием специально подготовленной воды: в общей сложности 68,4% респондентов выразили такую готовность, из них 8,7% готовы платить надбавку более 20%, 23,5% – надбавку 10-20%, 36,2% – надбавку до 10%. Эти данные свидетельствуют о значительном рыночном потенциале хлебобулочных изделий улучшенного качества, изготовленных с использованием специально подготовленной воды. Для более глубокого понимания восприятия потребителями качества хлебобулочных изделий, изготовленных с использованием различных типов воды, была проведена дегустационная оценка образцов продукции с участием 150 респондентов. Участникам предлагалось оценить пять образцов хлеба, изготовленных по идентичной рецептуре, но с использованием различных типов воды. Образцы были закодированы, и респонденты не знали, какой тип воды использовался для изготовления каждого образца.

Результаты дегустационной оценки подтверждают данные инструментальных исследований: образцы хлеба, изготовленные с использованием специализированной воды для хлебопечения и бутилированной воды высшей категории, получили наиболее высокие оценки по всем органолептическим показателям. При этом разница в оценках между образцами, изготовленными с использованием специализированной воды и водопроводной воды, составила в среднем 26,3%, что коррелирует с результатами инструментальной оценки качества (26,9%). Особенно значимые различия отмечались по показателям вкуса и аромата, что можно объяснить влиянием минерального состава воды на ферментативные и микробиологические процессы при брожении теста. Кроме того, респонденты отмечали более приятное послевкусие и "чистый" вкус хлеба, изготовленного с использованием очищенной воды, в то время как хлеб на водопроводной воде характеризовался наличием посторонних привкусов.

Для оценки экономической эффективности внедрения систем водоподготовки на хлебопекарных предприятиях был проведен анализ инвестиционных и эксплуатационных затрат, а также потенциальных экономических выгод. Исследование проводилось на основе данных, полученных в ходе экспертных интервью с представителями 73 хлебопекарных предприятий различного масштаба.

На основе полученных данных был разработан типовой инвестиционный проект внедрения системы водоподготовки для предприятий трех категорий: малые пекарни (производительность до 3 тонн продукции в сутки), средние предприятия (3-10 тонн в сутки) и крупные хлебозаводы (более 10 тонн в сутки). Результаты экономической оценки представлены в таблице 6.

Таблица 6 Экономические показатели внедрения систем водоподготовки на хлебопекарных предприятиях различного масштаба

Показатель	Малые пекарни	Средние предприятия	Крупные хлебозаводы
Инвестиционные затраты:			
Стоимость оборудования, тыс. руб.	350-520	780-1450	2100-3800
Монтаж и пусконаладочные работы, тыс. руб.	70-130	150-290	350-760
Прочие затраты, тыс. руб.	30-50	80-160	180-380
Общие инвестиционные затраты, тыс. руб.	450-700	1010-1900	2630-4940
Эксплуатационные затраты (годовые)			
Замена фильтрующих элементов, тыс. руб.	45-75	100-180	230-420
Техническое обслуживание, тыс. руб.	18-30	40-76	90-170
Электроэнергия, тыс. руб.	12-20	28-52	65-120
Общие эксплуатационные затраты, тыс. руб.	75-125	168-308	385-710
Экономические выгоды (годовые)			
Снижение брака, тыс. руб.	60-120	150-280	380-720
Повышение качества продукции и возможность увеличения цены, тыс. руб.	180-320	420-780	980-1850
Увеличение срока хранения продукции, тыс. руб.	50-90	120-220	280-530
Экономия на сырье за счет оптимизации технологических процессов, тыс. руб.	30-70	80-150	190-360
Общие экономические выгоды, тыс. руб.	320-600	770-1430	1830-3460
Финансовые показатели проекта:			
Чистый годовой экономический эффект, тыс. руб.	245-475	602-1122	1445-2750
Срок окупаемости, лет	1,47-1,84	1,68-1,92	1,80-2,05
IRR, %	54-68	48-59	45-53
NPV (за 5 лет при ставке дисконтирования 12%), тыс. руб.	570-1280	1350-2960	3250-7150
Доля предприятий, внедривших системы водоподготовки (по результатам опроса), %	32,8	43,5	72,4
Доля предприятий, планирующих внедрение в ближайшие 2 года (по результатам опроса), %	41,7	39,1	27,6

Анализ данных, представленных в таблице 6, показывает, что внедрение систем водоподготовки является экономически эффективным решением для хлебопекарных предприятий всех категорий. Срок окупаемости таких инвестиций составляет от 1,47 до 2,05 лет в зависимости от масштаба предприятия, что является привлекательным показателем для инвестиций в производственное оборудование. Внутренняя норма доходности (IRR) проектов находится в диапазоне от 45% до 68%, что значительно превышает типичную ставку дисконтирования для производственных проектов (12-15%).

Примечательно, что на крупных хлебозаводах доля предприятий, уже внедривших системы водоподготовки, составляет 72,4%, в то время как среди малых пекарен этот показатель не превышает 32,8%. Это можно объяснить как более высокой осведомленностью руководства крупных предприятий о влиянии качества воды на свойства хлебобулочных изделий, так и большими финансовыми возможностями для инвестиций в технологическое оборудование. При этом среди предприятий, еще не внедривших системы водоподготовки, наибольшую заинтересованность демонстрируют представители малых пекарен: 41,7% из них планируют внедрение таких систем в ближайшие 2 года. Это может быть связано с тем, что малые пекарни часто ориентированы на премиальный сегмент рынка и стремятся дифференцироваться за счет более высокого качества продукции. Важно отметить, что наибольшую долю в структуре экономических выгод от внедрения систем водоподготовки составляет возможность

повышения качества продукции и, как следствие, увеличения ее цены (52-56% от общих экономических выгод для всех категорий предприятий). Это коррелирует с данными потребительского опроса, согласно которым 68,4% потребителей готовы платить надбавку к цене за хлебобулочные изделия улучшенного качества.

Для более детального анализа экономической эффективности внедрения систем водоподготовки был проведен сравнительный анализ финансовых показателей 15 хлебопекарных предприятий (5 из каждой категории) до и после внедрения таких систем. Результаты анализа показали, что в среднем через 12 месяцев после внедрения системы водоподготовки наблюдалось:

- увеличение выручки на 8,7-12,5% (в зависимости от категории предприятия);
- снижение доли брака на 2,1-3,4%;
- увеличение валовой прибыли на 15,3-21,7%;
- повышение рентабельности продаж на 2,8-4,5 процентных пункта.

Эти данные подтверждают не только технологическую, но и экономическую целесообразность внедрения систем водоподготовки на хлебопекарных предприятиях.

В рамках исследования был проведен анализ региональных особенностей внедрения технологий водоподготовки на хлебопекарных предприятиях России. Данные были получены в ходе экспертных интервью с представителями отрасли и анализа статистической информации. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 Региональные особенности внедрения технологий водоподготовки на хлебопекарных предприятиях России

Федеральный округ	Доля предприятий, внедривших системы водоподготовки (%)	Средняя стоимость внедрения (тыс. руб.)	Основные типы используемых систем водоподготовки	Среднее увеличение цены продукции после внедрения (%)	Доля потребителей, готовых платить надбавку за качество (%)
Центральный	52,4	1680	Комплексные системы с обратным осмосом	9,3	73,5
Северо-Западный	48,7	1520	Умягчители, ультрафильтрация	8,7	71,2
Южный	35,2	1320	Системы очистки от примесей железа	6,5	58,4
Северо-Кавказский	27,8	1180	Базовые фильтрационные системы	5,3	52,1
Приволжский	43,6	1470	Умягчители, системы обезжелезивания	7,8	67,9
Уральский	47,2	1590	Комплексные системы очистки	8,1	63,8
Сибирский	38,5	1430	Системы умягчения и дехлорирования	7,2	61,5
Дальневосточный	31,4	1780	Комплексные системы с минерализаторами	8,9	69,3

Анализ данных, представленных в таблице 7, выявляет значительные региональные различия во внедрении технологий водоподготовки на хлебопекарных предприятиях России. Наиболее высокий уровень внедрения наблюдается в Центральном (52,4%) и Северо-Западном (48,7%) федеральных округах, в то время как в Северо-Кавказском федеральном округе этот показатель составляет лишь 27,8%. Такие различия могут быть обусловлены как экономическими факторами (более высоким уровнем развития хлебопекарной промышленности в центральных регионах), так и различиями в качестве исходной водопроводной воды и, соответственно, в осознанной необходимости ее дополнительной подготовки. Интересно отметить корреляцию между долей предприятий, внедривших системы водоподготовки, и долей потребителей, готовых платить надбавку за качество продукции: в Центральном федеральном округе эти показатели составляют 52,4 и 73,5% соответственно, в то время как в Северо-Кавказском – 27,8 и 52,1%. Это может свидетельствовать о том, что хлебопекарные предприятия в своей инвестиционной политике ориентируются на потребительские предпочтения и готовность рынка к принятию продукции повышенного качества по более высокой цене. Типы используемых систем водоподготовки также варьируются в зависимости от региона, что обусловлено различиями в исходном качестве воды. Так, в Южном федеральном округе преобладают системы очистки от примесей железа, что связано с высоким содержанием этого элемента в водопроводной воде данного региона. В Дальневосточном федеральном округе распространены комплексные системы с минерализаторами, что может быть обусловлено низкой минерализацией исходной воды.

Среднее увеличение цены продукции после внедрения систем водоподготовки также различается по регионам: от 5,3% в Северо-Кавказском федеральном округе до 9,3% в Центральном. Эти различия коррелируют с готовностью потребителей платить надбавку за качество продукции и отражают региональные особенности потребительского поведения и уровня доходов населения. В целом, результаты анализа свидетельствуют о том, что внедрение технологий водоподготовки на хлебопекарных предприятиях является важным фактором повышения качества продукции и конкурентоспособности предприятий, но его реализация в значительной степени зависит от региональных экономических условий и потребительских предпочтений.

Проведенное комплексное исследование позволяет сделать вывод о значительном влиянии качества воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий и экономическую эффективность хлебопекарных предприятий. Использование качественной, специально подготовленной воды обеспечивает улучшение реологических свойств теста, повышение качества готовой продукции и увеличение сроков ее хранения. Эти технологические преимущества в сочетании с растущей готовностью потребителей платить за качество создают благоприятные условия для инвестиций в системы водоподготовки на хлебопекарных предприятиях всех масштабов.

Заключение

Исследование показало, что бутилированная питьевая вода высшей категории является эффективной альтернативой специализированной воде для хлебопечения, обеспечивая улучшение качества готовой продукции по сравнению с использованием водопроводной воды на 18,7%. Применение бутилированной воды высшей категории способствует увеличению удельного объема хлеба на 20,5%, повышению пористости на 8,3% и замедлению процесса черствения на 52,7%, что делает её экономически обоснованным выбором для малых пекарен, не имеющих возможности установки комплексных систем водоподготовки

Проведенное исследование влияния качества питьевой воды на потребительские свойства хлебобулочных изделий позволило выявить значимые корреляции между физико-химическими параметрами воды и технологическими, органолептическими характеристиками готовой продукции. Установлено, что применение специализированной воды с оптимизированным минеральным составом обеспечивает улучшение реологических свойств теста: повышение стабильности на 33,6%, эластичности на 21,9% и энергии деформации на 25,7% по сравнению с использованием водопроводной воды. Экспериментально доказано, что качество используемой воды оказывает существенное влияние

на потребительские свойства хлебобулочных изделий. Удельный объем хлеба, изготовленного с использованием специализированной воды, увеличивается на 26,6%, пористость мякиша повышается на 12,5%, а крошковатость снижается на 49,4%. Интегральный показатель органолептической оценки возрастает на 26,9%, с наиболее выраженным улучшением вкуса (31,4%) и аромата (30,6%). Исследование динамики черствения хлеба показало, что использование специализированной воды замедляет этот процесс в среднем на 72,3%. Через 72 часа хранения степень сохранения свежести для хлеба на специализированной воде составляет 62,7%, в то время как для хлеба на водопроводной воде – только 36,4%. Социологический опрос 1847 респондентов выявил готовность 68,4% потребителей платить надбавку к цене за хлебобулочные изделия, изготовленные с использованием специально подготовленной воды. При этом 60,2% респондентов считают информацию о качестве используемой воды значимой при выборе продукции, что свидетельствует о высоком потенциале данного рыночного сегмента.

Экономический анализ показал, что внедрение систем водоподготовки является эффективным инвестиционным решением с периодом окупаемости 1,47-2,05 года и внутренней нормой доходности 45-68%. Через 12 месяцев после внедрения таких систем наблюдается увеличение выручки на 8,7-12,5%, снижение доли брака на 2,1-3,4% и повышение рентабельности продаж на 2,8-4,5 процентных пункта. Выявлены значительные региональные различия во внедрении технологий водоподготовки: от 52,4% предприятий в Центральном федеральном округе до 27,8% в Северо-Кавказском. Эти различия коррелируют с готовностью потребителей платить надбавку за качество и отражают региональные особенности потребительского поведения.

Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для предприятий хлебопекарной промышленности и могут быть использованы при разработке стратегий повышения конкурентоспособности продукции, оптимизации технологических процессов и формировании маркетинговой политики.

Список литературы

1. Казак Е.С., Филимонова Е.А., Преображенская А.Е. Микро- и нанопластик в природных водах России и проблемы его определения // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2022. № 6. С. 110-123.
2. Калачев С.Л., Николаева М.А. Потребительские свойства и показатели качества питьевой воды // Товаровед продовольственных товаров. 2019. № 9. С. 22-32.
3. Квинт В.Л., Сасаев Н.И., Хворостяная А.С. Стратегирование Российской индустрии бутилированной воды: тренды, приоритеты и принципы // Экономическое возрождение России. 2021. Т. 68, № 2. С. 20-33.
4. Косован А.П., Поландова Р.Д., Дремучева Г.Ф. Методическое руководство по определению химического состава и технологических свойств хлебопекарного сырья. М.: ГОСНИИХП, 2008. 124 с.
5. Косован А.П., Шапошников И.И. Инструменты эффективного управления современным хлебопекарным предприятием // Хлебопечение России. 2019. № 4. С. 12-15.
6. Матвеева И.В., Белявская И.Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба. М.: ДеЛи принт, 2017. 298 с.
7. Российский статистический ежегодник. 2024. М.: Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2024. https://rosstat.gov.ru/
8. Тетеркина Н. Российский рынок минеральной и питьевой воды. Январь 2024 // Российский продовольственный рынок. 2024. № 1. С. 1-3.
9. Цыганова Т.Б., Амелина А.Г., Киреева С.С. Влияние качества воды на реологические характеристики теста и качество хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. 2018. № 7. С. 52-54.
10. Чижикова О.Г., Коршенко Л.О. Технология хлебобулочных изделий: влияние минерального состава воды на качество продукции // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2019. № 2. С. 165-174.

11. Auerman L.J., Karpilova I.P. Water in breadmaking: influence on dough rheology and bread quality // Journal of cereal science. 2020. Vol. 92. pp. 102-916.
12. Berezhnoy A.S., Ivanova V.N. Impact of water quality on bakery products: consumer perception and technological implications // Journal of food science and technology. 2023. Vol. 60. № 8. pp. 3127-3135.
13. Pomeranz Y. Modern cereal science and technology. NY: VCH Publishers, 2017. 486 p.
14. Cauvain S.P. Technology of breadmaking. NY: Springer, 2015. 408 p.

The impact of drinking water quality on the consumer properties of bakery products: market analysis and consumer preferences

Alexey S. Berezhnoy
PhD student
Plekhanov Russian University of Economics
Moscow, Russia
lokeb@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 01.10.2024
Accepted 21.11.2024
Published 15.12.2024

UDC 641.597.3:541.67+658.8
EDN CLEUHL
VAK 4.3.3. Food systems (technical sciences)
OECD 02.11.JY. FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Abstract

Water is an essential component of the baking process that affects the quality of the final product. Changing consumer preferences and growing awareness about the effect of water quality on the organoleptic and physico-chemical properties of bakery products are creating new production requirements. The purpose of this study is to study the impact of drinking water quality on the consumer properties of bakery products, as well as to analyze market trends and consumer preferences regarding bread made using different types of water. The research methodology included a comprehensive analysis of statistical data on the bakery products market, sociological surveys among various target groups of consumers and manufacturers of bakery products, a comparative analysis of the organoleptic properties of products prepared using various types of water, as well as laboratory studies of the effect of the mineral composition of water on the rheological properties of dough. The results of the study demonstrate a significant effect of the mineral composition of water on the quality of bakery products: the use of purified drinking water improves taste characteristics by 23.7%, increases the volume yield by 17.5% and prolongs the shelf life by 12.3%. It was revealed that 68.4% of consumers are willing to pay a premium price for bakery products made using specially prepared water with optimal mineral composition. Among bakery producers, 41.2% have already implemented water treatment systems, and 39.5% plan to do so in the next two years. The results obtained have both theoretical significance for the development of baking technology and practical value for manufacturers seeking to increase the competitiveness of their products in a saturated market.

Keywords

baking, quality of drinking water, consumer preferences, mineral composition of water, production technology, organoleptic properties, bakery products market.

References

1. Kazak E.S., Filimonova E.A., Preobrazhenskaya A.E. Micro- and nanoplastics in natural waters of Russia and problems of its definition // Moscow University bulletin. Series 4. Geology. 2022. № 6. pp. 110-123.
2. Kalachev S.L., Nikolaeva M.A. Consumer properties and quality indicators of drinking water // Commodity specialist of food products. 2019. № 9. pp. 22-32.
3. Kvint V.L., Sasaev N.I., Khvorostyanaya A.S. Strategizing the Russian bottled water industry: trends, priorities and principles // The economic revival of Russia. 2021. Vol. 68. № 2. pp. 20-33.
4. Kosovan A.P., Polandova R.D., Dremucheva G.F. Methodological guidelines for determining the chemical composition and technological properties of bakery raw materials. M.: Scientific Research Institute of the Bakery Industry, 2008. 124 p.
5. Kosovan A.P., Shaposhnikov I.I. Tools for effective management of a modern bakery enterprise // Bakery of Russia. 2019. № 4. pp. 12-15.
6. Matveeva I.V., Belyavskaya I.G. Biotechnological foundations of bread preparation. M.: Delhi Print, 2017. 298 p.
7. Russian Statistical Yearbook. 2024. M.: Federal State Statistics Service (Rosstat), 2024. https://rosstat.gov.ru/
8. Teterkina N. The Russian market of mineral and drinking water // Russian food market. 2024. № 1. pp. 1-3.
9. Tsyganova T.B., Amelina A.G., Kireeva S.S. The influence of water quality on the rheological characteristics of dough and the quality of bakery products // Bread products. 2018. № 7. pp. 52-54.
10. Chizhikova O.G., Korshenko L.O. Technology of bakery products: the influence of the mineral composition of water on product quality // FEFU bulletin. Economics and management. 2019. № 2. pp. 165-174.
11. Auerman L.J., Karpilova I.P. Water in breadmaking: influence on dough rheology and bread quality // Journal of cereal science. 2020. Vol. 92. pp. 102-916.
12. Berezhnoy A.S., Ivanova V.N. Impact of water quality on bakery products: consumer perception and technological implications // Journal of food science and technology. 2023. Vol. 60. № 8. pp. 3127-3135.
13. Pomeranz Y. Modern cereal science and technology. NY: VCH Publishers, 2017. 486 p.
14. Cauvain S.P. Technology of breadmaking. NY: Springer, 2015. 408 p.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка и применение современных системы управления и защиты для модернизации железнодорожного крана КЖ-561

Владимир Николаевич Горелов
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Механики
Самарский государственный технический университет
Самара, Россия
gorelow67@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 03.10.2024
Принята 23.11.2024
Опубликована 15.12.2024

УДК 629.73:004.8:621.397.1
EDN ATIHUH
ВАК 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)
OECD 02.03.IU. ENGINEERING, MECHANICAL

Аннотация

При строительстве, промышленном производстве, на складах и хранилищах неизменной остается необходимость перемещения различных грузов и оборудования на всех этапах технологического процесса. Однако грузоподъемная техника имеет ограниченный ресурс как по времени, так и по суммарной массе поднимаемых и перемещаемых грузов. Кроме физического износа оборудования происходит и его моральное устаревание. Требуются другие режимы или плавное изменение скорости, что не всегда было ранее реализовано при изготовлении грузоподъемной машины. Замена старого грузоподъемного оборудования очень дорого и не всегда экономически целесообразно. Одним из выходов в сложившейся ситуации является модернизация. При этом затраты значительно меньше, чем затраты на покупку, монтаж и пуско-наладочные работы новой грузоподъемной машины с аналогичными грузовыми и высотными характеристиками. В работе рассматриваются результаты проведения капитального ремонта железнодорожного крана КЖ-561. Основным итогом является ввод в эксплуатацию грузоподъемного крана с современными частотными системами управления движениями и защиты от опасных факторов (перегрузка, предельная ветровая нагрузка, крайние положения грузозахватных органов и других конструкций крана). Проведенная работа существенно повысила надежность, долговечность и качественные показатели механизмов крана. Настоящее исследование направлено на оценку потенциала использования модернизированного железнодорожного крана КЖ-561 в логистических операциях хлебопекарной промышленности России. Ключевой задачей является выявление институциональных и экономических факторов, определяющих перспективы внедрения данной технологии в отраслевую практику.

Ключевые слова

грузоподъемная машина, ограничитель грузоподъемности, модернизация, частотные преобразователи, электропривод, долговечность, надежность, безопасность.

Введение

Говоря о модернизации устаревшей техники, отметим, что при применении в технологическом процессе грузоподъемного крана площадка или цех квалифицируется как опасный производственный объект (ОПО). К такому объекту предъявляются особые требования безопасности, изложенные в

Федеральном законе ФЗ-116 (Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», 2000) и в Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности («Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», 2020).

В этой связи стоит также отметить, что в случае, когда грузоподъемный кран отработал свой срок эксплуатации, его дальнейшая работа запрещена и такая техника выводится из эксплуатации. Далее владелец должен принять решение или о списании машины, или о проведении экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ) данного технического устройства (ТУ) с целью определения объема капитального ремонта, замены изношенных частей и срока продления. В заключении ЭПБ эксперт определяет период дальнейшей эксплуатации до прохождения следующей ЭПБ и какие внешние нагрузки или режимы эксплуатации при этом допускаются. Ответственность за принятые решения, которые излагаются в заключении ЭПБ, несет эксперт, в том числе и персонально своими финансами. Поэтому в большинстве случаев подход к проведению диагностики и обследованию при ЭПБ ответственный и принципиальный. При этом опыт показывает, что проведение ремонтных работ по стоимости значительно меньше – на один или два прядка, чем стоимость приобретения нового грузоподъемного крана.

Материалы и методы исследования

В качестве примера проведения работ по ЭПБ и капитальному ремонту грузоподъемной техники можно привести работы выполненные ООО «АЛЬЯНС+СЕРВИС» г Санкт-Петербург на предприятиях г. Самара ЗАО «НЕФТЕФЛОТ» и АО «СМЗ». На этих предприятиях успешно проведены работы по ремонту подкрановых путей, ремонту и замены элементов металлоконструкций, замены канатно-блочной системы на портальных кранах КПМ-32/16, а также на железнодорожном кране КЖ-561. Эти краны длительное время не эксплуатировались, а некоторое оборудование было утеряно. Краны на железнодорожной платформе в основном производятся на АО «Кировский завод 1 мая», г. Киров, ОАО «ЧМЗ», г. Челябинск. Ранее аналогичные краны выпускались на АО «Сокол», г. Самара. Такого типа краны в нашей стране распространены и применяются в том числе и при ликвидации аварий на железной дороге. Однако парк этих машин устаревает. На рисунке 1 приведен общий вид крана КЖ-561.

Рисунок 1. Кран КЖ-561, общий вид.

Основные параметры портального крана КЖ-561, с учетом наибольшей грузоподъемности:

- со стрелой 15 м, на вын) 25 т;
- со стрелой 15 м, без выносных опор 16 т;
- со стрелой 15 м, с грейфером 4 т;
- со стрелой 20 м, на выносных опорах 18,6 т;
- со стрелой 20 м, без выносных опор 11,4 т.

Результаты и обсуждение

Для проведения ЭПБ крана КЖ-561 была привлечена экспертная организация, имеющая соответствующую лицензию и в которой имелся эксперт, аттестованный по подъемным сооружениям. По заключению ЭПБ была выявлена необходимость ремонта подкрановых путей, замены всей электрической части привода, кроме самих двигателей. А в элементах металлоконструкции дефектов кроме вздувшейся и облетевшей краски не выявлено.

В результате ремонтных работ были отремонтированы опорно-поворотное устройство, подкрановый путь. Были заменены блоки и канаты на аналогичные с сертификатами качества. Вся система электроприводы была демонтирована и заменена полностью на частотное управление. Заменен дизельный двигатель. Произведен монтаж настройка и испытание новой современной системы безопасности ОГМ240-31.31-000-024.16 (напряжение питания 24 В).

При установке системы безопасности ОГМ 240 были разработаны узлы привязки датчиков усилия, вылета и азимута к соответствующим механизмам крана. Причем для измерения усилия в грузовых канатах была использована система растяжек на канатах подъема стрелы. Прибор ОГМ240

содержит набор датчиков и блоков, которые крепятся к исполнительным органам крана с минимальными доработками и без сварки на несущих металлоконструкциях крана.

На рисунке 2 показан блок индикации прибора ОГМ 240. На нем находятся кнопки сенсорного управления и USB разъем для считывания регистратора параметров (черного ящика). На задней части блока индикации расположен переключатель режимов работа-настройка.

Система безопасности ОГМ240-31.31-000-024.16 состоит из следующих составляющих:

1. Блок индикации БИ04.70-1М, 1 шт.;
2. Блок входов и нагрузок ББН1.8-1, 1 шт.;
3. Датчик усилия растяжения ТРС-1000-Р112-1, 1 шт.;
4. Датчик угла наклона ДУГ45.14,1 шт.;
5. Датчик угла поворота ДУА360.13 1 шт.

В эту систему заложены функции ограничения грузоподъемности основного и вспомогательного гака, ограничения движений крана, так называемая координатная защита для работы в стесненных условиях, регистратор параметров с записью оперативной и долговременной информации в память прибора (черный ящик).

Рисунок 2. Панель индикации ОГМ-240: 1 – панель с иконками экранов и кнопками управления.

На графический дисплей блока информации ОГМ 240 (Горелов, 14; Горелов, 2010; Неймарк, 2000; Федосеев, 2009) выводится масса груза нетто (т), максимальная грузоподъемность для текущего вылета (т), максимальный вылет с текущим весом груза (м), степень загрузки крана (%), текущие параметры крана – вылет (м) и высота крюка (м). Прибор дает возможность определить скорость ветра (м/с), общую наработку крана и механизмов в отдельности в моточасах, общее количество рабочих циклов, класс использования, группу режима работы крана, коэффициент распределения нагрузок по ИСО 4301/1.

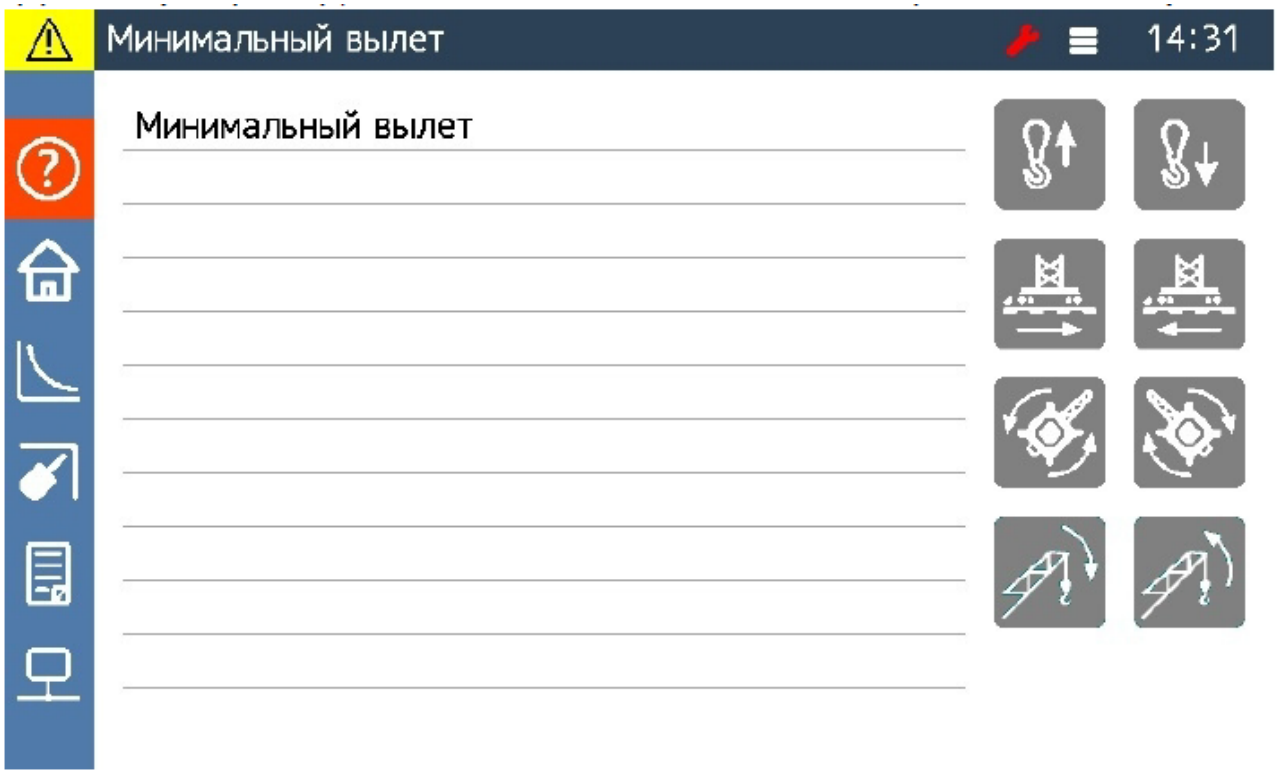
Для управления и ввода параметров используются сенсорные кнопки, расположенные на передней панели (см. рис. 2).

Система безопасности позволяет:

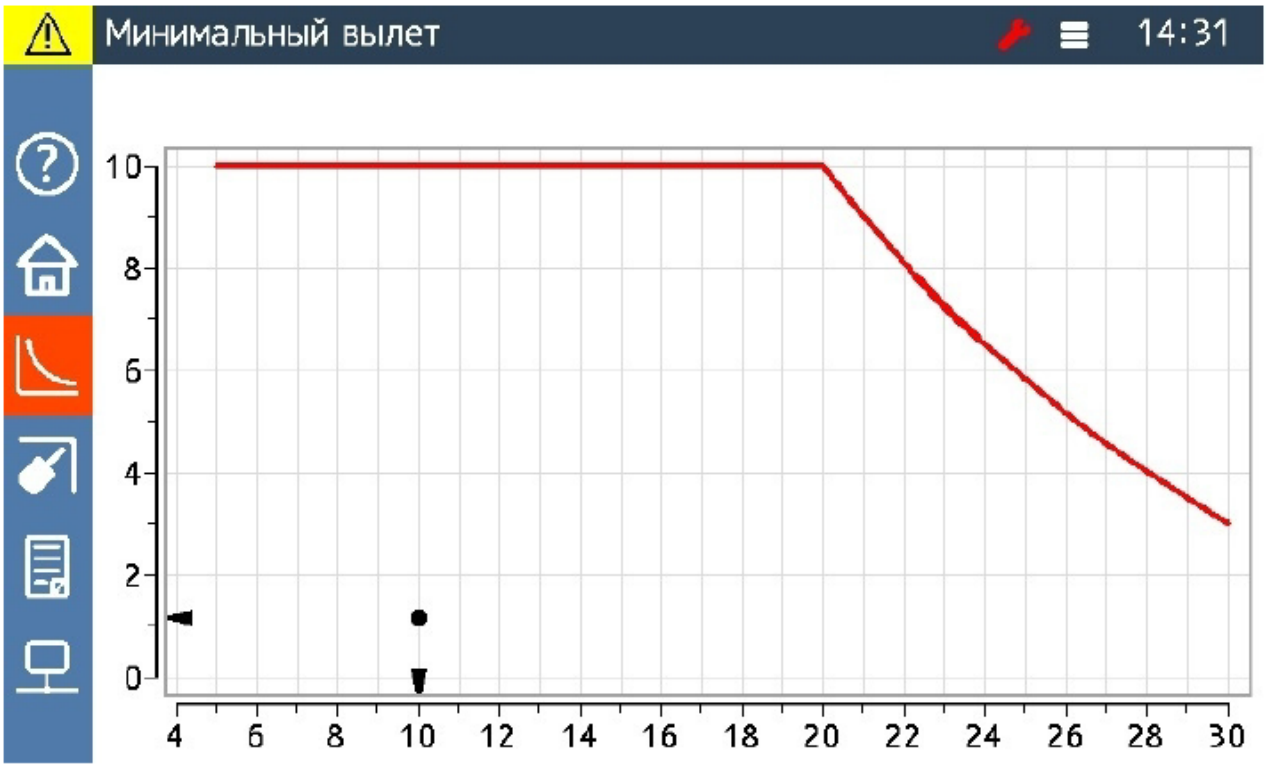
1. сообщать информацию крановщику о допустимой и предельной загрузке крана;
2. отключать исполнительные механизмы крана при подъёме груза более 110% от разрешенного на текущем вылете;
3. постоянно тестировать исправность системы безопасности и выдавать сообщение об ошибках на дисплей.

Система ОГМ240 не требует метрологических поверок, но ее необходимо обслуживать в объеме ТО1 и ТО2 силами аттестованных специалистов.

Грузоподъёмность крана задается заводом-изготовителем крана, а в прибор вносится в виде таблицы при монтаже и настройке. Степень загрузки крана в ОГМ240 рассчитывается по зависимость Мз = Q/Qм. Где Q - масса груза нетто, Qм - максимальная грузоподъёмности крана для текущего вылета.



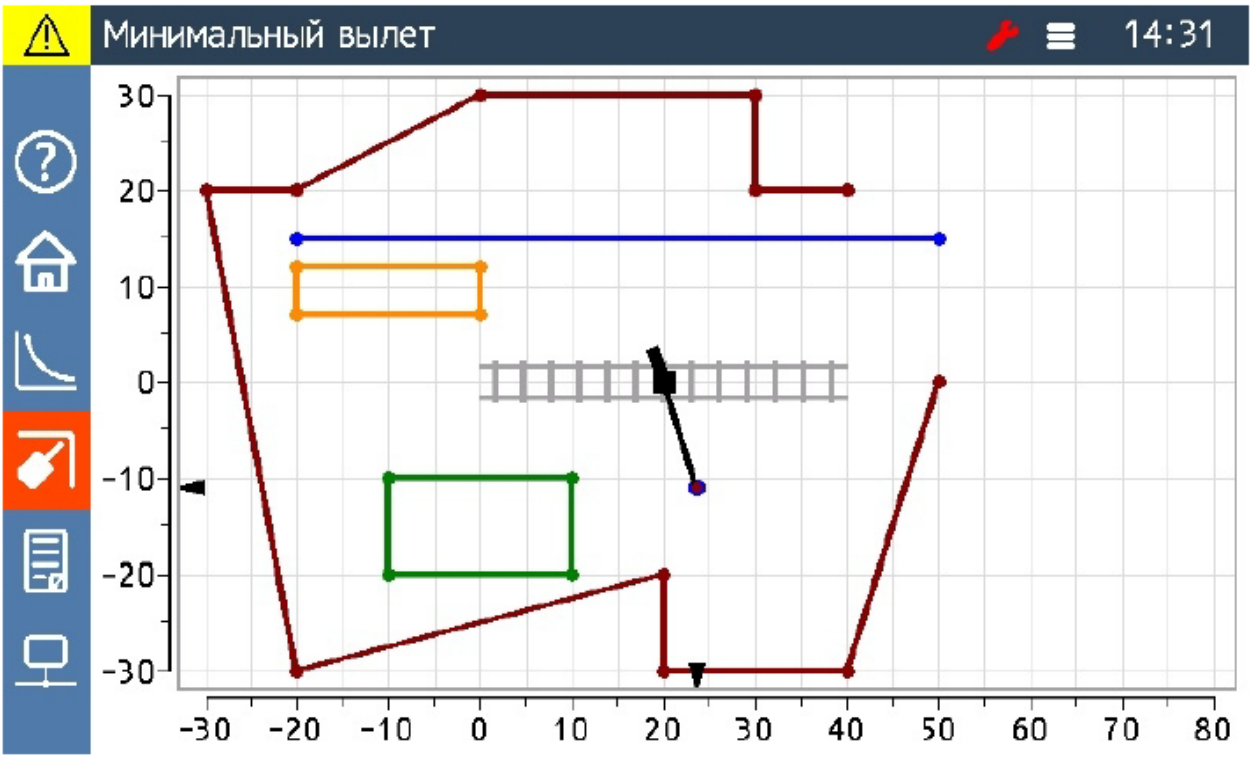
а.



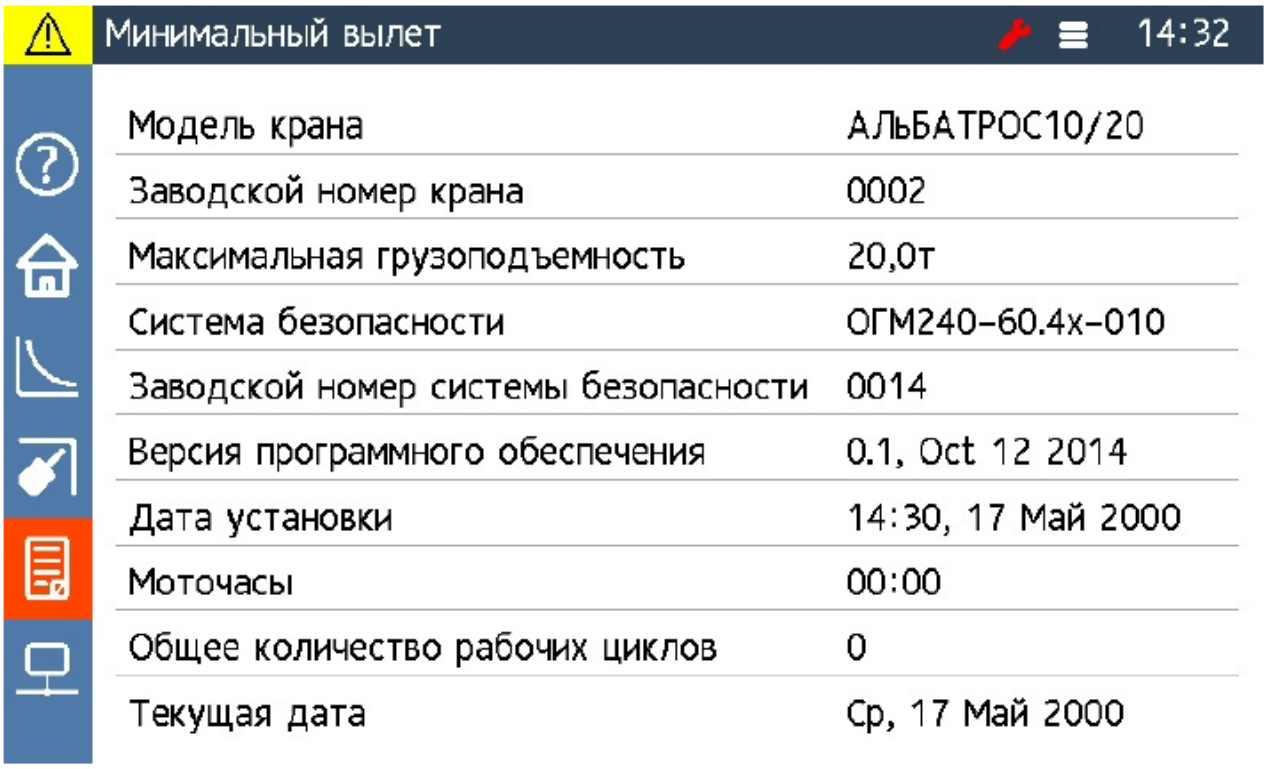
б.

Рисунок 3. Экраны информации о состоянии крана.

На экране информационных сообщений (рис. 3а) в табличной форме отображаются все информационные сообщения, выводимые блоком индикации в текущий момент. На рисунке 3б представлен экран с графиком текущей грузовой характеристикой крана. В верхней части экрана располагается таблица с конфигурацией крана. Изменение конфигурации осуществляется через основное меню.



а.



б.

Рисунок 4. Экраны координатной защиты и информация регистратора параметров.

Координатная защита представлена на рисунке 4а. Коричневой ломаной линией изображена координатная защита стрелы, синей – координатная защита крюка, зеленой – координатная защита «Площадка 1» и оранжевой – координатная защита «Площадка 2». Синей точкой на стреле крана условно показано положение крюка. Черными перемещающимися стрелками вблизи вертикальной и горизонтальной шкал показаны положение и координаты оголовка стрелы крана.

Регистратор параметров состоит из трёх областей памяти, предназначенных для хранения:

- оперативной информации;
- информации о перегрузках крана;
- долговременной информации.

Оперативная информация и информация о перегрузках состоит из набора записей. Одна запись включает в себя:

- дату и время записи;
- значение степени загрузки крана;
- значение массы груза;
- значение максимально-допустимой массы груза для текущего вылета;
- значение вылета;
- значение высоты подъема крюка;
- значение угла поворота стрелы крана;
- положение крана на рельсовом пути;
- значение скорости ветрового потока;
- значения с датчиков;
- информацию о дискретных входах и выходах;
- информацию о сработавших ограничениях;
- информацию о принудительном снятии блокировки с механизмов крана.

Записи оперативной информации производятся с периодом от 1 до 25 с. Период записи зависит от степени загрузки крана: при максимальной загрузке крана период – минимальный, при минимальной загрузке крана период - максимальный. Также запись оперативной информации осуществляется в момент наступления любого из ограничений, не зависимо от периода записи.

Долговременная информация включает в себя:

– общую наработку крана и механизмов в отдельности в моточасах;
– суммарное число рабочих циклов и число рабочих циклов при различной степени загрузки крана;
– статистику поднятых грузов;
– характеристическое число, режим нагружения, режим работы крана, класс использования, коэффициент распределения нагрузок;
– номера прибора безопасности и крана;
– наименования прибора безопасности и крана;
– дату установки прибора безопасности кран;
– технические параметры крана (конструктивные и нагрузочные);
– значения параметров грузовых характеристик крана;
– параметры введенной координатной защиты;
– параметры ограничения движений крана;
– конфигурацию входов и выходов;
– параметры конфигурации прибора безопасности.

Обработка и распечатка данных регистратора параметров осуществляется на персональном компьютере (ПК) под управлением операционной системы Windows с помощью программы LogSystem. Данные на ПК сохраняются в файлах с расширением «LGK».

Передача данных на ПК производится с помощью USB флеш-карты.

Обработка и распечатка данных регистратора производится с использованием программы LogSystem.

После выполнения монтажных работ системы безопасности переходят к настройке системы. Для этого выбирается программа настройки и выполняются последовательно действия и инструкции, возникающие на мониторе блока информации. Отдельно необходимо разобрать настройку веса, как наиболее влияющую на безопасность работы системы в целом.

В пункте настройки веса сначала нужно сбросить настройку, при этом произойдет сброс параметров настройки до заводских значений, что обеспечит в дальнейшем оптимальную настройку веса.

Настройка веса, когда датчик измеряет усилие в стреловом канате:

Первые пять шагов:

– установка пустого крюка вверху (на максимальной высоте) и на разных вылетах от минимального до максимального, следующие пять шагов
– установка крюка внизу (на нулевой высоте) и вылетах, на которых была произведена настройка первых пяти шагов, последние пять шагов
– поднятие груза на вылетах, на которых была произведена настройка первых пяти шагов, вес груза будет указан в пункте «Крюк с грузом», по необходимости данный вес можно изменить кнопками управления.

Параметр «x» — номер точки, всего их пять. Номер точки соответствует каждой из пяти точек, разделяющих весь диапазон вылета.

Управление электроприводом осуществляется с помощью частотных преобразователей. Это конструктивное решение позволяет использовать штатные электродвигатели и значительно упростить монтаж электропривода (см. рис. 5).

ESQ
ВНИМАНИЕ
AS2

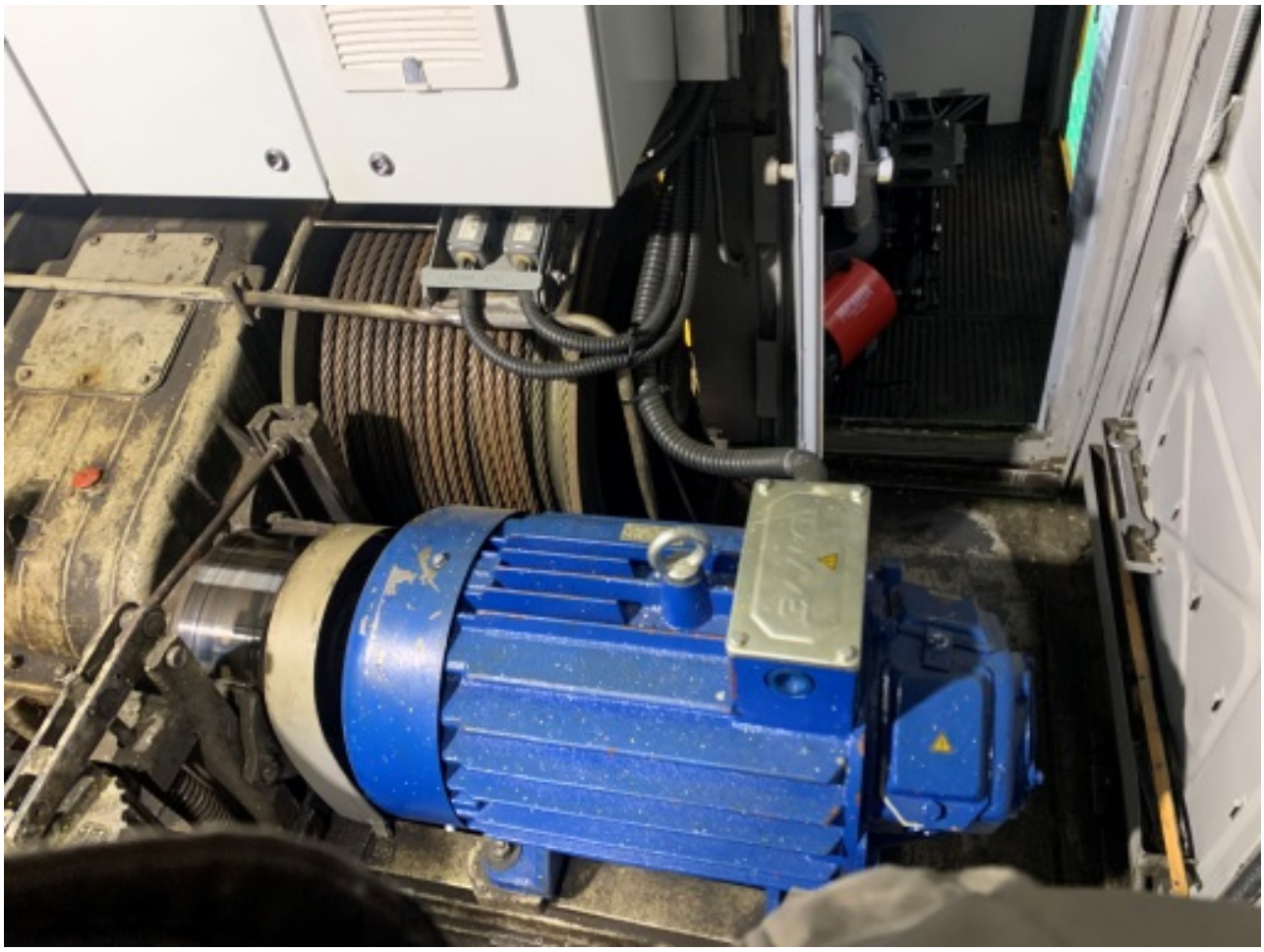


Рисунок 5. Подключение преобразователей частоты ESQ500/ESQ600 для управления электродвигателями крана КЖ-561.

Частотно-регулируемый привод грузоподъемного оборудования позволяет отказаться от асинхронного электродвигателей с фазным ротором и двигателей постоянного тока. Причем если двигатель с фазным ротором уже установлен, то производится замыкание обмоток ротора, а на обмотку статора подается напряжение с регулированием частоты. Такой привод позволяет осуществлять плавное перемещение крана и поднимаемого груза с разной скоростью, при этом снижается потребляемая мощность на 30-40%. Есть возможность точного позиционирования положения груза или самого крана. Снижается износ электродвигателя и кинематической схемы и обеспечиваются жесткие механические характеристики электродвигателя на валу. Защита силовых цепей управления упрощается без применения релейных схем.

Главное преимущество частотных преобразователей в крановом приводе – значительное снижение эксплуатационных расходов. Оно осуществляется за счет увеличения межремонтного периода, сокращения потребления электроэнергии, возможности применять относительно дешевые электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Хотя сами преобразователи относительно дороги. А для их монтажа и пуско-наладки требуются высококвалифицированные специалисты.

Для крана КЖ561 была разработана схема с применением частотных преобразователей серии ESQ500/ESQ600. Этот преобразователь имеет векторный контроль магнитного потока, и соответственно высокий КПД при достижении максимального момента при небольшой скорости. Также высокий диапазон регулирования скорости двигателя. Что позволяет применять этот тип преобразователей для использования управлением электродвигателя основного и вспомогательного груза, изменения вылета, азимута и перемещения грузоподъемного крана.

Преобразователь ESQ500/ESQ600 содержит программируемое управление ввода/вывода, поддерживает установку частоты импульсов и встроенные шины Modbus, Can bus, Profibus, открытый протокол 485, а также другие функции и платформы. Имеет встроенные функции контроля потери входной и выходной фазы, контроля замыкания на землю и другие защитные функции для повышения надежности и безопасности системы.

Этот преобразователь позволяет двигателю с частотным регулированием работать в течение долгого времени на малых оборотах с постоянным моментом. В добавок, контролируется температура двигателя во избежание его перегрева и выхода из строя. Преобразователь ограничивает и максимально возможную скорость двигателя.

Для каждого двигателя с большими инерционными нагрузками подбирается подходящий тормозной элемент, для того чтобы обеспечить бесперебойную работу преобразователя, в случае если преобразователь будет отключаться из-за высокого тока или избыточного напряжения. На рисунке 7. представлена схема цепи управления электродвигателя главного подъема крана КЖ-561. Похожие схемы применены и для остальных цепей управления движениями крана (изменения вылета, азимута и передвижения).

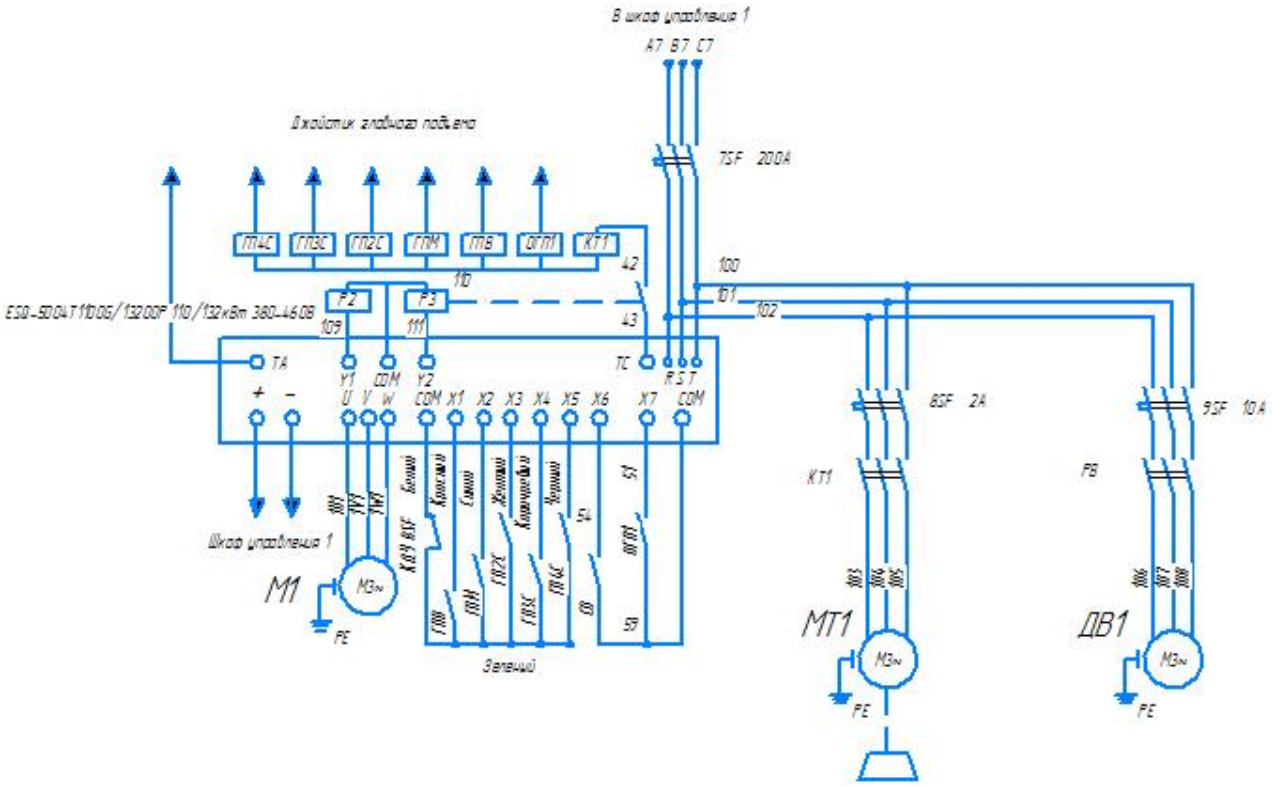


Рисунок 7. Схема управления главным подъемом крана КЖ-561.

Монтажом наладкой и настройкой систем управления и защиты портального крана КЖ-561 занимались различные бригады специалистов, представляющих специализированные организации из г. Самары, Санкт Петербурга, других городов России. Контроль за выполнение работ осуществлял владелец и заказчик по разработанному проекту, который был согласован со специализированным конструкторским бюро, имеющим членство в СРО и соответствующим допуском. Для обеспечения надежности и безопасности важнейшей задачей является разработка технических проектов по привязке приборов, систем частотного регулирования к действующему грузоподъемному оборудованию с подробной детализацией. Заводам – изготовителям как грузоподъемной техники, так и изготовителям приборов безопасности, систем частотного регулирования разработка таких проектов не является профильной задачей. Предприятия – изготовители приборов и систем безопасности дают только схемы привязки. Потому проект привязки систем безопасности и частотного управления был осуществлен

силами специализированной организаций по ремонту и сервисному обслуживанию электропривода и систем безопасности.

Проведенная модернизация железнодорожного крана КЖ-561 позволила существенно расширить возможности его использования в различных отраслях экономики, в том числе в хлебопекарной промышленности. Установка современных систем управления и защиты обеспечила повышение грузоподъемности крана до 25 т и увеличение точности выполнения погрузочно-разгрузочных операций. Применение частотно-регулируемого привода позволило плавно изменять скорость движения механизмов и снизить динамические нагрузки на конструкцию крана. Благодаря этому удалось добиться роста производительности работ при одновременном увеличении надежности и долговечности оборудования.

Особое значение имеет внедрение современной системы безопасности, которая включает в себя ограничитель грузоподъемности, датчики положения стрелы и поворотной платформы, анемометр для контроля скорости ветра. Это позволяет предотвратить опасные ситуации, связанные с перегрузкой крана, опрокидыванием или столкновением с препятствиями. Встроенный регистратор параметров («черный ящик») обеспечивает сбор и хранение информации о работе крана, что облегчает проведение расследований в случае аварийных ситуаций и способствует оптимизации режимов эксплуатации. Модернизированный кран КЖ-561 отвечает самым строгим требованиям к безопасности погрузочно-разгрузочных работ и может эффективно применяться на предприятиях хлебопекарной отрасли. Он идеально подходит для выполнения операций по перегрузке муки, зерна, сахара и других сыпучих ингредиентов, поставляемых на хлебозаводы железнодорожным транспортом. Высокая точность позиционирования груза и плавность работы механизмов минимизируют риски повреждения мешков и просыпания продукта, что имеет критическое значение при работе с пищевым сырьем.

Использование модернизированного крана позволяет существенно ускорить процесс разгрузки вагонов и сократить время оборота подвижного состава. Это имеет большое значение в условиях ограниченной пропускной способности подъездных путей многих хлебозаводов и элеваторов. Кроме того, за счет увеличения производительности погрузочно-разгрузочных операций удается снизить простои технологического оборудования и повысить ритмичность производства хлебобулочных изделий.

Еще одним важным преимуществом применения крана КЖ-561 является возможность его быстрого перебазирования между различными участками работы. В отличие от стационарных погрузочных машин, кран может легко перемещаться вдоль фронта разгрузки, обслуживая несколько вагонов или складских площадок. Это позволяет оптимизировать логистические процессы на хлебозаводах и устранить «узкие места», связанные с неравномерностью поступления сырья.

Экономический эффект от внедрения модернизированного крана в логистическую инфраструктуру хлебопекарных предприятий оценивается в 15-20% снижения удельных затрат на погрузочно-разгрузочные работы. Это достигается за счет роста производительности операций, сокращения времени простоев и предотвращения потерь сырья из-за повреждения тары. При текущем уровне тарифов на услуги погрузочной техники срок окупаемости инвестиций в модернизацию крана составляет около 2-3 лет, что является вполне приемлемым показателем для большинства предприятий отрасли.

Конечно, процесс внедрения новой техники в хлебопекарное производство сопряжен с определенными трудностями и ограничениями. Далеко не все предприятия располагают свободными финансовыми ресурсами для приобретения даже подержанных кранов с последующей их модернизацией. В этих условиях необходима разработка специальных лизинговых программ и других инструментов привлечения инвестиций, учитывающих специфику работы хлебозаводов. Важное значение имеет и наличие квалифицированного персонала, способного обеспечить правильную эксплуатацию и обслуживание современной погрузочной техники. Решение этой проблемы требует совершенствования системы профессиональной подготовки кадров на базе профильных учебных заведений и учебных центров. Еще одним фактором, сдерживающим распространение модернизированных кранов, является недостаточная информированность руководителей предприятий о преимуществах их использования. Многие из них по-прежнему рассматривают инвестиции в

обновление погрузочной техники как второстепенную задачу, не оказывающую существенного влияния на конечные результаты работы. Для преодоления этого стереотипа необходимы усилия со стороны производителей кранового оборудования, отраслевых ассоциаций и научного сообщества по продвижению передовых технологических решений и демонстрации их экономической эффективности.

Несмотря на наличие определенных барьеров, перспективы использования модернизированного железнодорожного крана КЖ-561 в хлебопекарной промышленности представляются весьма обнадеживающими. По оценкам экспертов, доля предприятий отрасли, нуждающихся в обновлении парка погрузочной техники, превышает 70%. При этом объемы перевозок зерна и муки железнодорожным транспортом стабильно растут, отражая тенденцию к укрупнению производства и расширению географии поставок хлебобулочных изделий. Все это формирует устойчивый спрос на универсальные и надежные средства механизации погрузочно-разгрузочных работ, к которым относится и кран КЖ-561. Опыт отдельных предприятий отрасли, уже внедривших в эксплуатацию модернизированные краны, подтверждает их высокую эффективность и быструю окупаемость вложенных средств. Так, на одном из крупнейших хлебозаводов Санкт-Петербурга после установки крана КЖ-561 удалось на 30% увеличить скорость выгрузки муки из вагонов и на 20% сократить время оборота подвижного состава. При этом количество случаев повреждения мешков сократилось в 2 раза, а общие потери сырья снизились на 5%. Достигнутая экономия позволила предприятию менее чем за 2 года полностью окупить затраты на приобретение и модернизацию техники.

Другой показательный пример - опыт модернизации кранового хозяйства на мелькомбинате в Алтайском крае. Благодаря внедрению крана КЖ-561 здесь удалось оптимизировать процесс приемки зерна и отгрузки муки, сократив время разгрузки вагонов на 25%. За счет повышения ритмичности поставок сырья на производство предприятие смогло добиться роста выпуска продукции на 10% без увеличения мощностей мельничного оборудования. При этом объем инвестиций в модернизацию крана составил менее 5% от стоимости строительства новых производственных линий сопоставимой производительности.

Учитывая масштабы хлебопекарной отрасли и значительную долю предприятий, нуждающихся в обновлении погрузочной техники, можно прогнозировать достаточно емкий рынок для модернизированных кранов КЖ-561 и аналогичного оборудования. По предварительным оценкам, в ближайшие 5-7 лет спрос на такую технику может достичь 200-300 единиц в год, что открывает широкие возможности для организации ее серийного производства и модернизации. Важную роль в становлении этого рынка могут сыграть меры государственной поддержки, такие как субсидирование части затрат на приобретение кранов, предоставление льготных кредитов и лизинговых схем, а также программы повышения квалификации обслуживающего персонала.

Заключение

В итоге проведенной работы по ремонту и реконструкции портального крана КЖ-561 была получена грузоподъемная машина с современными системами управления, которые существенно повысили надежность, долговечность и качественные показатели механизмов подъема и перемещения груза. Полученная экономия средств, в связи с вводом в эксплуатацию кранов данного типа, позволила снизить затраты на погрузо-разгрузочные работы на участках, где эти краны эксплуатируются.

Список литературы

1. Горелов В.Н. Системы безопасности грузоподъемных машин: моногр. Самара: Самарский государственный технический университет, 2014. 445 с.

2. Горелов В.Н., Неймарк С. Особенности эксплуатации приборов безопасности грузоподъемных машин: моногр. Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. 315 с.

3. Неймарк А.С., Горелов В.Н., Сушинский В.А. Приборы безопасности грузоподъемных кранов: уч. пос. Самара: Самарский государственный технический университет, 2000. 72 с.

4. Федосеев А.К., Неймарк А.С., Горелов В.Н. Приборы безопасности грузоподъемных кранов: уч. пос. Самара: Изд-во Самарского государственный аэрокосмического университета, 2009. 200 с.

5. Приказ Ростехнадзора от 26 ноября 2020 г. N 461 Об утверждении «Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения"». http://www. https://normativ.kontur.ru/document

6. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». №116-ФЗ от 21.07.97. М., ПИО ОБТ, 2000. 27 с.

Evaluation and application of modern control and protection systems for the modernization of the KZh-561 railway crane

Vladimir N. Gorelov
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanics
Samara State Technical University
Samara, Russia
gorelow67@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 03.10.2024
Accepted 23.11.2024
Published 15.12.2024

UDC 629.73:004.8:621.397.1
EDN ATIHUH
VAK 4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)
OECD 02.03.IU. ENGINEERING, MECHANICAL

Abstract

During construction, industrial production, warehouses and storage facilities, the need to move various goods and equipment at all stages of the technological process remains unchanged. However, lifting equipment has a limited resource both in terms of time and in terms of the total weight of the lifted and moved loads. In addition to physical wear and tear of the equipment, its obsolescence also occurs. Other modes or a smooth speed change are required, which has not always been previously implemented in the manufacture of a lifting machine. Replacing old lifting equipment is very expensive and not always economically feasible. One of the ways out in this situation is modernization. At the same time, the costs are significantly lower than the costs of purchasing, installing, and commissioning a new lifting machine with similar cargo and height characteristics. The paper considers the results of the overhaul of the KZh-561 railway crane. The main result is the commissioning of a lifting crane with modern frequency motion control systems and protection against dangerous factors (overload, extreme wind load, extreme positions of lifting bodies and other crane structures). The work carried out has significantly increased the reliability, durability and quality of the crane mechanisms. The present study is aimed at assessing the potential of using the upgraded KZH-561 railway crane in the logistics operations of the Russian bakery industry. The key task is to identify the institutional and economic factors that determine the prospects for the introduction of this technology into industry practice.

Keywords

lifting machine, load limiter, modernization, frequency converters, electric drive, durability, reliability, safety.

References

1. Gorelov V.N. Safety systems of lifting machines: monograph. Samara: Samara State Technical University, 2014. 445 p.
2. Gorelov V.N., Neymark A.S. Features of operation of safety devices for lifting machines: monograph. Samara: Samara State Technical University, 2010. 315 p.
3. Neymark A.S., Gorelov V.N., Sushinsky V.A. Safety devices for lifting cranes: a study guide. Samara: Samara State Technical University, 2000. 72 p.
4. Fedoseev A.K., Neymark A.S., Gorelov V.N. Safety devices for lifting cranes: a study guide. Samara: Publishing House of Samara State Aerospace University, 2009. 200 p
5. Rostechnadzor Order № 461 dated November 26, 2020 On approval of the «Federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules for hazardous production facilities where lifting facilities are used"». http://www. https://normativ.kontur.ru/document
6. Federal Law «On industrial safety of hazardous production facilities» № 116-FZ dated 07.21.97. M., PIO OBT, 2000. 27 p.

16+

Печатное издание «Хлебопечение России»
Том 68 (2024). № 6

ISSN 2073-3569

Реестровая запись о регистрации 014330 от 10.01.1996г.
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Издание включено в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК и Российский индекс научного цитирования.

Рукописи подвергаются редакционной обработке. Точки зрения авторов и редакционной коллегии могут не совпадать. Авторы публикуемых материалов несут ответственность за их научную достоверность.

Адрес редакции: 109028, г. Москва, а/я 50, Российский Союз пекарей
e-mail: xleb-vak@mail.ru, https://hbreview.ru

Подписано к размещению 15.12.2024.
Отпечатано в типографии ОО «Российский союз пекарей», 109028, г. Москва, а/я 50.
Подписано в печать 15.03.2024. Тираж 300 экз. Формат А4. Свободная цена.

© Учредитель ОО «Российский союз пекарей», 2024

Printed edition «Bakery of Russia»
Volume 68 (2024). Issue 6

ISSN 2073-3569

Registry record of registration 014330 dated 10.01.1996г.
Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor).

The edition is included into The List of The Reviewed Scientific Publications recommended by The Highest Certifying Commission and The Russian Index of Scientific Citing.

Manuscripts are exposed to editorial processing. The points of view of authors and an editorial board can not coincide. Authors of the published materials bear responsibility for their scientific reliability.

Address of the editorial office: 109028, Moscow, a/ya 50, Russian Union of Bakers
e-mail: xleb-vak@mail.ru, https://hbreview.ru

Signed for placement on 15.12.2024.
Printed at the printing house of the NGO «Russian Bakers Union», 109028, Moscow, P.O. Box 50.
Signed for printing on 15.03.2024. Print run of 300 copies. A4 format. Free price.

© Founder NGO «Russian Bakers Union», 2024