

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

FEATURES OF AUTOMATION OF BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE FOOD INDUSTRY

**S. Kurovsky
D. Mishin
E. Yatsenko**

Summary. This article reveals the features of automation of biotechnological processes in industrial production — on the example of the food industry (segment of cheese production). The issues reflected in the article are particularly relevant in the context of the need to form and systematically integrate automated platforms and control systems for production and technological processes to increase the quality of the final product, services provided, the efficiency of dispatching tasks for managing biotechnological processes in the manufacture of food products (including cheese products). The purpose of the scientific study is to identify the features and approaches to the automation and management of biotechnological processes in industrial production (on the example of the food industry). To achieve this goal, the article provides a classification of devices required for the automation of biotechnological processes in the food industry, outlines a conceptual model for the formation of promising automated control systems for biotechnological processes, and determines the impact of automation of cheese production processes on the cost.

Keywords: automation, process control, industrial production, food industry, cheese products, cost price, control concept, automated system devices.

Куровский Станислав Валерьевич

Руководитель научно-исследовательского подразделения, ООО «Высшая Школа Образования»
8917564@gmail.com

Мишин Денис Александрович

Руководитель редакционно-издательского отдела, ООО «Высшая Школа Образования»
9651530@gmail.com

Яценко Елена Олеговна

Аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Москва
YatsenkoEO@yandex.ru

Аннотация. В данной статье раскрываются особенности автоматизации биотехнологических процессов в промышленном производстве — на примере пищевой промышленности (сегмента изготовления сырной продукции). Отражаемые в статье вопросы приобретают особую актуальность в условиях необходимости формирования и планомерной интеграции автоматизированных платформ и систем управления производственно-технологическими процессами для увеличения степени качества конечной продукции, предоставляемых услуг, эффективности диспетчеризации задач управления биотехнологическими процессами при изготовлении пищевой продукции (в том числе сырной продукции). Цель научного исследования состоит в выявлении особенностей и подходов к автоматизации и управлению биотехнологическими процессами в промышленном производстве (на примере пищевой промышленности). Для достижения поставленной цели в статье приведены классификация устройств, необходимых при автоматизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности, обозначена концептуальная модель формирования перспективных автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами, а также определено влияние автоматизации технологических процессов производства сыра на себестоимость.

Ключевые слова: автоматизация, управление технологическими процессами, промышленное производство, пищевая промышленность, сырная продукция, себестоимость, концепция управления, устройства автоматизированной системы.

Введение

Для обеспечения в РФ продовольственной безопасности необходимо пищевым предприятиям предпринимать меры, ориентированные на увеличение результативности производственных процессов [1]. В целях достижения стремительного прогресса в поднимаемом вопросе целесообразно интегрировать современные автоматизированные, интеллектуальные системы и производственные линии [8–10]. Максимальный финансовый результат отмечается в случае ком-

плексной технологии автоматизации в управлении биотехнологическими процессами.

Помимо достаточно высоких финансовых результатов, следует отметить и технологическую эффективность автоматизированных линий и платформ на основе оптимизации издержек, сокращения производственных потерь. Ключевое достоинство интеллектуальных систем — возможность оперативного мониторинга и управления биотехнологическими процессами. Получаемые информационные данные могут стать базой

прогнозирования роста факторов влияния на пищевую промышленность [2], [6].

Планируется сформировать многообразие биотехнологических платформ для перспективной автоматизации выпуска продовольственных продуктов (более 50 % в течение 2025–2030 гг.) [5]. Для того чтобы достичь указанного результата, необходимо оптимизировать выполнение биотехнологических процессов путём увеличения их результативности. Практическое осуществление подобных мер определяет повышение нормативных требований и положений к автоматизирующим технологиям. Это также предполагает увеличение степени результативности имеющихся автоматизированных систем за счёт практического применения способов интеллектуализации решаемых производственных задач посредством формирования и интеграции автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами в пищевой промышленности.

В современных условиях существуют разные аппаратные комплексы и автоматизирующие технологии для пищевой промышленности. Достаточно перспективными из них считаются микропроцессорные средства, требования их использования включают: широкий перечень модулей выходной и входной информации, управляющих панелей, модулей информационных взаимодействий, питания, обеспечения отказоустойчивости, в том числе резервирования данных с автоматизированных производственных линий, высокая степень понятности и доступности, компактность размеров, информационная поддержка в ходе практического применения микропроцессорных средств [3], [4].

Цель работы — выявление особенностей и подходов к автоматизации и управлению биотехнологическими процессами в промышленном производстве (на примере пищевой промышленности).

Для достижения поставленной цели в статье необходимо решить следующие задачи:

1. Представить классификацию устройств, необходимых при автоматизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности.
2. Обозначить концептуальную модель формирования перспективных автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами.
3. Определить влияние автоматизации технологических процессов производства сыра на себестоимость.

Новизна данного научного исследования состоит в двух положениях:

- 1) построении концептуальной модели формирования перспективных автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами

на основе принципов системного подхода в целях устранения актуальных проблем, существующих в управлении биотехнологическими процессами;

- 2) определении влияния автоматизации технологических процессов производства сыра на себестоимость при внедрении инновационного оборудования (автоматизированной производственной линии).

Материалы и методы

Авторами статьи для определения классификации аппаратных и прикладных устройств, необходимых при автоматизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности использовались методы анализа теоретических и эмпирических источников академической литературы, индукции, дедукции, сопоставления, систематизации, системный подход, метод концептуализации данных, обобщения.

Для создания концептуальной модели формирования перспективных автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами, а также выявления влияния автоматизации технологических процессов производства сыра на себестоимость был осуществлен ретроспективный, факторный, статистический, сопоставительный анализ, анализ документов, отражающих влияние текущих факторов развития национальной экономики на производственные процессы пищевой промышленности.

Классификация устройств, необходимых при автоматизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности

На основе результатов анализа теоретических и эмпирических источников научно-методической литературы [2–10] авторами была составлена классификация устройств, необходимых при автоматизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности (рисунк 1).

Тем не менее, на фоне изменений, произошедших в социально-экономическом состоянии РФ, способствовавших возникновению дополнительных макроэкономических и геополитических рисков национальной безопасности [7], значимым аспектом выступает комплексное обеспечение биотехнологических процессов в пищевой промышленности посредством инновационного оборудования, которое должно быть оснащено автоматизирующими технологиями, изготовленными при помощи российских запасных частей и комплектующих.

В процессе выбора автоматизирующих устройств для оптимизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности необходимо уделить особое внима-



Рис. 1. Классификация устройств, необходимых при автоматизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности (источник: разработано авторами)

ние функциональному назначению потенциально автоматизированного комплекса. Ключевое различие между программируемыми реле и контроллерами — скорость практического осуществления запрограммированных операций и объём памяти. По сравнению с комплексной автоматизирующей системой действие реле и контроллеров ограничивается достаточно низким объёмом памяти и несущественным числом портов для выхода и входа информации.

Концептуальная модель формирования перспективных автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами

Актуальные проблемы в сфере управления биотехнологическими процессами способствовали созданию концептуальной модели формирования перспективных автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами на основе принципов системного подхода:

- построение иерархической управленческой структуры биотехнологических процессов с учётом интеграции интеллектуальной системы;

- формирование интегрированной интеллектуальной системы управления биотехнологическими процессами;
- осуществление функциональной интеграции этапов ферментации и стерилизации изготавливаемой продукции на базе координации режимов охлаждения, нагревания, выдержки пищевой продукции в определенных питательных средах;
- практическое использование аналитического инструментария смешанных автоматизированных систем (объединение интервальных и робастных систем), а также способов интеллектуального управления биотехнологическими процессами при помощи нейросетевых технологий, имитационного моделирования;
- минимизация трудностей при интеграции и практическом использовании интеллектуального комплекса в пищевой промышленности, в частности, выбор упрощенной автоматизированной системы, содержащей минимальный алгоритм управления биотехнологическими процессами на основе нейросетевых технологий с минимальным количеством нейронов, или практическое осуществле-

ние автоматизированной схемы управления биотехнологическими процессами на базе изменений параметров регулирующего эффекта, лежащего в основе замкнутой автоматизированной схемы управления биотехнологическими процессами;

— формирование открытой автоматизированной схемы управления биотехнологическими процессами в пищевой промышленности, исходя из интеллектуализации рабочих задач обработки огромных информационных массивов.

Представленные принципы системного подхода могут осуществляться в ходе формирования алгоритмов управления биотехнологическими процессами в пищевой промышленности, встраиваемых в интеллектуальный комплекс, а также принятия управленческих значимых решений по входным данным биотехнологических процессов.

Влияние автоматизации технологических процессов производства сыра на себестоимость

В настоящее время одна из ключевых проблем производства сырной продукции — ручная распрессовка сырной продукции в разрезе её видов. Её нужно делать достаточно быстро: в течение минуты в среднем сыр должен быть извлечен из 3 пресс-форм. Если операции распрессовки сырной продукции выполнялись с отставанием от указанного выше норматива, то увеличивается кислотность в составе сырной продукции, снижается степень её качества, затрудняется выполнение операций ручной распрессовки. Соответственно, существует достаточно высокая степень вероятности производственного брака при выпуске сырной продукции.

В контексте данного научного исследования предлагается интеграция инновационного оборудования (производственной автоматизированной линии), способствующего автоматическому выполнению операций распрессовки сырной продукции (таблица 1).

Таблица 1.

Базовые технические характеристики производственной автоматизированной линии, предлагаемой к интеграции в пищевой промышленности

Техническая характеристика	Содержание
Уровень производительности, количество форм за 1 час	600
Длительность операционного цикла, секунд	6
Количество форм в течение 1 минуты, ед.	6
Энергетическая мощность, кВт	1,1
Электрическое напряжение, Ватт	220
Расход сжатого воздуха, куб. метров за 1 час	180
Рыночная стоимость производственной автоматизированной линии, не учитывая НДС, млн. руб.	5,5

Источник: разработано авторами.

Этапы производственно-технологического процесса при использовании производственной автоматизированной линии:

- установка оператором производственной автоматизированной линии пресс-форм на конвейерную ленту, она движется в сторону извлечения крышки с пресс-формы;
- механическое удаление с пресс-формы крышки;
- передача пресс-формы в блок её переворачивания под углом 180 градусов;
- перемещение сырной продукции к блоку распрессовки (необходим сжатый воздух);
- перемещение сырной продукции к блоку приёма, лоток с сырной продукцией автоматически подаётся в соляный блок;
- пресс-форма, которая была удалена, при помощи конвейерной ленты попадает в блок мойки.

Таблица 2.

Сопоставительный анализ процесса распрессовки сырной продукции до и после интеграции производственной автоматизированной линии.

Статья издержек	До интеграции производственной автоматизированной линии	После интеграции производственной автоматизированной линии	Абсолютное изменение
Ежемесячный объем издержек, тыс. руб., в том числе:	26290,4	26340,5	50,1
Расходы на эксплуатацию и содержание производственного оборудования, тыс. руб.	415,9	417,8	1,9
Расходы на энергетические и топливные ресурсы, тыс. руб.	1248,5	1249,8	1,3
Расходы на моющие средства, тыс. руб.	327,2	328,8	1,6
Общезаводские расходы по цеху, включая амортизационные отчисления, тыс. руб.	2350,0	2395,4	45,4

Источник: разработано авторами.

Сразу после интеграции производственной автоматизированной линии в общий рабочий процесс АО «Тульский молочный комбинат» общий объём затрат увеличится на 0,1 %, что подтверждается данными в таблице 2.

Интеграция инновационного оборудования окажет воздействие на величину себестоимости выпуска сырной продукции, что обозначено на рисунке 2.

Полученные результаты также показывают, что сразу после интеграции инновационного оборудования в управление биотехнологическими процессами общий объём затрат увеличится на 0,1 %. Данная величина не является существенной для рассматриваемого предприятия пищевой промышленности.

Несущественное повышение издержек в начале интеграции инновационного оборудования в перспективе будет компенсировано за счёт увеличения масштабов выпуска сырной продукции, интеллектуализации труда, сокращения трудозатрат.

Выводы

В рамках данного исследования была представлена классификация устройств, необходимых при автоматизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности.

Обозначена концептуальная модель формирования перспективных автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами, основанная на принципах системного подхода в целях устранения актуальных проблем, существующих в управлении биотехнологическими процессами.

Представленные принципы системного подхода могут осуществляться в ходе формирования алгоритмов управления биотехнологическими процессами в пищевой промышленности, встраиваемых в интеллектуальный комплекс, а также принятия управленческих значимых решений по входным данным биотехнологических процессов.

Определено влияние автоматизации технологических процессов производства сыра на себестоимость при внедрении инновационного оборудования (автоматизированной производственной линии): несущественное повышение издержек в начале интеграции инновационного оборудования, которое в перспективе будет компенсировано за счёт увеличения масштабов выпуска сырной продукции, интеллектуализации труда, сокращения трудозатрат.

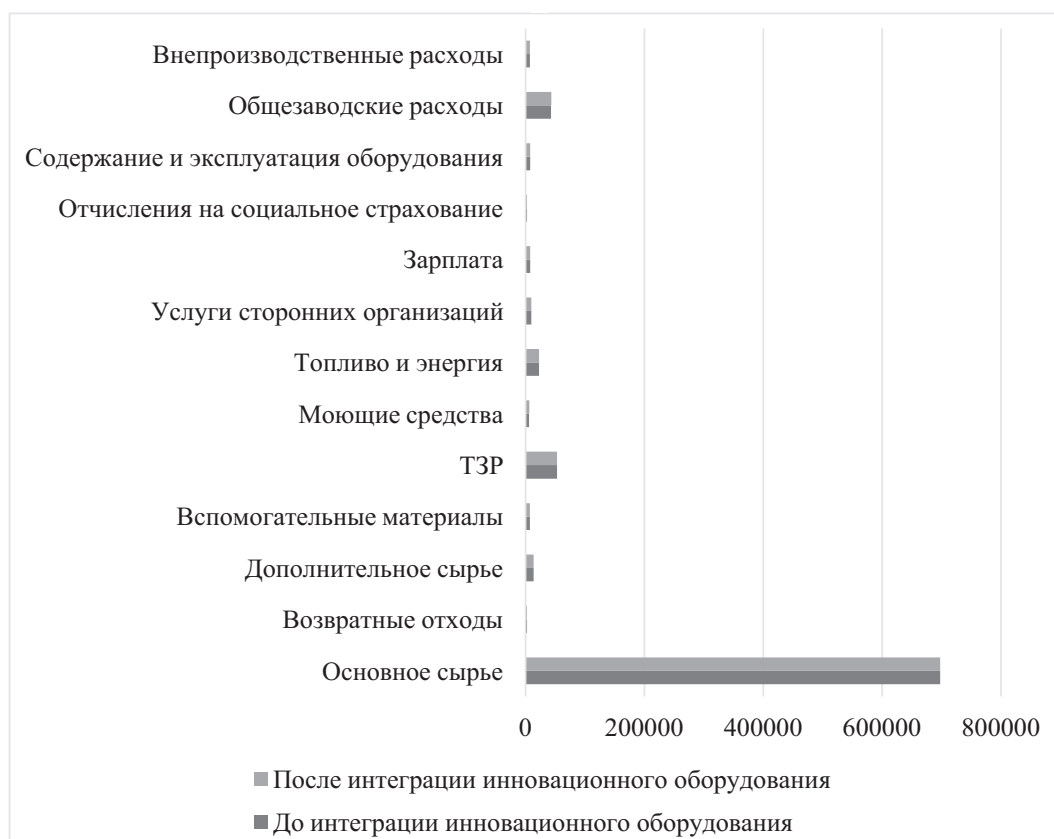


Рис. 2. Сопоставительный анализ калькуляции себестоимости сырной продукции до и после интеграции производственной автоматизированной линии (источник: разработано авторами)

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 21.01.2020 N 20 (ред. от 10.03.2025) «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386/ (дата обращения: 29.03.2025).
2. Борисевский А.М., Каргин В.А., Мокрушин С.А., Сохинов Д.Ю. Перспективы использования роботизированной системы для сортировки фруктов // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. — Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2023 — С. 133–138.
3. Каргин В.А., Кишко В.В., Усанов К.М., Сохинов Д.Ю. Результаты создания интеллектуальной системы с использованием нейросетевых технологий для оценки качества яблок при сортировке // Вавиловские чтения — 2022: Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. — Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2022 — С. 710–715.
4. Каргин В.А., Кишко В.В., Борисевский А.М. Перспективы использования алгоритмов искусственного интеллекта для раннего обнаружения заболеваний сырья растительного происхождения // В сборнике: Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности. Сборник научных докладов III Международной специализированной конференции — выставки. — Курск, 2022. — С. 142–148.
5. Кошкина Л.Ю., Понкратов А.С., Понкратова С.А. Инжиниринг биотехнологических процессов и систем. — Казань: КНИТУ, 2019. — 104 с.
6. Музыка М.Ю., Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Головин В.В., Благовещенская М.М., Качура И.А. Технические решения для реализации программно-аппаратного комплекса управления качеством пищевой продукции // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. — 2021. — Т. 83. — №. 4 (90). — С. 49–56.
7. Самигулина З.И., Курмашева А.К., Казбек М.К. Разработка системы автоматизации процессом отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для пищевой промышленности на оборудовании фирмы HONEYWELL // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. — 2024. — Т. 21. — №. 1. — С. 28–41.
8. Харисов Р.А. Совершенствование технологии изоляции трубопроводов полимерными ленточными покрытиями с двусторонним липким слоем: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19. — УГНТУ, Уфа, 2011. — 246 с.
9. Харисов Р.А. Совершенствование технологии изоляции трубопроводов полимерными ленточными покрытиями с двусторонним липким слоем: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19: защищена 29.06.2011: утв. 27.11.2011 / Харисов Рустам Ахматнурович. — Уфа: УГНТУ, 2011. — 23 с.
10. Харисов Р.А. Усовершенствование метода оценки трещиностойкости металла труб // НИС «Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. — М.: ОБРАКАДЕМНАУКА, 2013. — Вып. 2. — С. 8–10.

© Куровский Станислав Валерьевич (8917564@gmail.com); Мишин Денис Александрович (9651530@gmail.com);

Яценко Елена Олеговна (YatsenkoEO@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»