

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.112>

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ПИВОВАРЕНИЯ**

Научная статья

Смирнов М.Ю.^{1,*}, Зияутдинов В.С.², Овечкин Д.Е.³, Золотарева Т.А.⁴

¹ORCID : 0000-0002-9820-9253;

²ORCID : 0000-0002-5136-837X;

³ORCID : 0000-0001-7223-5739;

⁴ORCID : 0000-0003-4274-5732;

^{1,2,3,4} Московский государственный университет технологии и управления имени К.Г. Разумовского, Москва,
Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (m_u_smirnov[at]mail.ru)

Аннотация

Рассмотрены общие подходы к проблеме автоматизации и цифровизации процессов переработки сельскохозяйственной продукции на примере производственного цикла пивоварения. Определена роль автоматизированной системы в производственном цикле, бизнес-процессах предприятия и способах экономии материальных затрат и ресурсов при выпуске готовой продукции. Предложены различные подходы к процессу автоматизации, включающие как частичную автоматизацию некоторых производственных циклов, так и полную комплексную цифровизацию всего предприятия. Показано, что на современном этапе развития информационно-коммуникационных технологий возможно полное отслеживание происхождения конечного продукта: от процессов выращивания исходного сырья до конечного потребителя с учетом всех особенностей процесса переработки и транспортирования. Рассмотренные изменения на предприятии пищевой промышленности являются результатом изменений условий функционирования перерабатывающей отрасли как со стороны нормативных актов и законов, так и со стороны конкуренции на рынке готовой продукции. Применительно к процессу пивоварения рассмотрены основные характеристики автоматизированной системы управления технологическим процессом и различными этапами.

Ключевые слова: переработка, пивоварение, автоматизация и цифровизация производства, параметры технологического цикла.

AUTOMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS REFINING PROCESSES ON THE EXAMPLE OF BREWING

Research article

Smirnov M.Y.^{1,*}, Ziyautdinov V.S.², Ovechkin D.Y.³, Zolotareva T.A.⁴

¹ORCID : 0000-0002-9820-9253;

²ORCID : 0000-0002-5136-837X;

³ORCID : 0000-0001-7223-5739;

⁴ORCID : 0000-0003-4274-5732;

^{1,2,3,4} Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (m_u_smirnov[at]mail.ru)

Abstract

General approaches to the problem of automation and digitalization of agricultural products processing on the example of the production cycle of brewing are examined. The role of the automated system in the production cycle, in business processes of the enterprise and in ways of saving material costs and resources at the output of final products is determined. Different approaches to the automation process are proposed, including both partial automation of some production cycles and complete digitalization of the entire enterprise. It is shown that at the present stage of development of information and communication technologies it is possible to completely trace the origin of the final product: from the processes of raw materials growth to the final consumer, taking into account all the specifics of the processing and transportation process. The examined changes in the food industry enterprise are the result of changes in the operating conditions of the processing industry from the point of view of normative acts and laws, as well as from the point of competition on the market of final products. With regard to the brewing process, the main characteristics of the automated control system of the technological process and its various stages are analyzed.

Keywords: processing, brewing, automation and digitalization of production, technological cycle parameters.

Введение

Автоматизация и цифровизация технологических процессов на производстве позволяет не только упростить обслуживание оборудования и удешевить продукцию, а также управлять различными технологическими процессами, исключая нарушения технологического цикла, повысить входной и выходной контроль качества. В дополнение, цифровизация производства позволит создать информационную систему, которая будет способствовать отслеживанию конечным пользователем получения готового продукта от «поля» до «стола» [1], [2]. Автоматизированная система

управления технологическим процессом пивоваренного производства кроме, всего прочего, эффективно решает задачу по повышению рентабельности и конкурентоспособности предприятия. В дополнение к этому, Федеральный закон от 22.11.1995 № 171-ФЗ, который регулирует процесс производства и учета пива и пивных напитков, требует от производителей использовать технологическое оборудование оснащенное автоматическими средствами измерения и вести учет объема готовой продукции. Все это приводит к необходимости разрабатывать и внедрять в эксплуатацию автоматизированную линию розлива готового продукта. Управляющие пивоваренными заводами, которые полностью автоматизировали производство пенного напитка, отмечают, что выполненная модернизация производственной линии дает экономическую выгоду предприятию за счет повышения параметров оптимизации технологических процессов, а именно:

- уменьшения количества аварий, поломок и простоев оборудования;
- поддержания параметров производственного процесса в требуемых диапазонах, что кроме того обеспечивает качество выпускаемой продукции;
- сокращения расходов на различные операции в процессе изготовления продукта как внутри цехов, так и общезаводских;
- повышения производительности труда;
- уменьшения себестоимости продукции;
- улучшение качества и стабильность вкусовых свойств готового напитка;
- уменьшение временных затрат на различные этапы производства и приготовление продукта.

В настоящий момент пивоварение в России является одной из наиболее быстро развивающихся отраслей пищевой перерабатывающей промышленности. Вот какие варианты пивоваренного производства в виде готовой продукции предложены потребителям: пиво темных и светлых сортов, нефiltroванное и фильтрованное пиво, безалкогольное и алкогольное. Происходят изменения также и в сфере продаж алкогольных напитков, и пиво не является исключением. Так, происходит внедрение единой государственной автоматизированной информационной системы (ЕГАИС), увеличиваются ставки акциза, имеется запрет на ночную продажу. Все это приводит к увеличению издержек производителей алкогольной продукции и, как следствие, к снижению объемов производства и уменьшению доли экспорта российского пива и увеличению розничной стоимости алкоголя. Кроме того, увеличение контроля со стороны государства за производством пива, и повышение требований к качеству напитка, приводит к необходимости выполнять оптимизацию производственного цикла и определять возможные резервы, за счет которых можно повысить эффективность деятельности заводов. Одним из способов решить большую часть вызванных этими изменениями производственных задач и увеличить производственно-экономические характеристики предприятия является использование различных способов автоматизации имеющихся технологических процессов на различных этапах производства пива совместно с построением мощной аналитической системы, позволяющей производить оптимизацию общего технологического процесса производства и отдельных его частей, уменьшение себестоимости продукции и создание базы данных общего пользования, содержащей информацию о всех этапах производства товара, включая происхождение сырья.

Методы и принципы исследования

Процесс приготовления пива, в соответствии с ГОСТ 31711-2012, состоит из четко определенной последовательности связанных технологических стадий [4]. Потребительские свойства, качество и безопасность готовой продукции, его сохранность существенным образом зависят от качества исходного сырья, точности поддержания параметров технологических процессов и соблюдения норм, уровня технологии производства. Для производства пива используют следующие виды сырья – вода, ячмень, дрожжи и хмель. На рис. 1 показана модель производственных процессов пивоваренного завода [4].

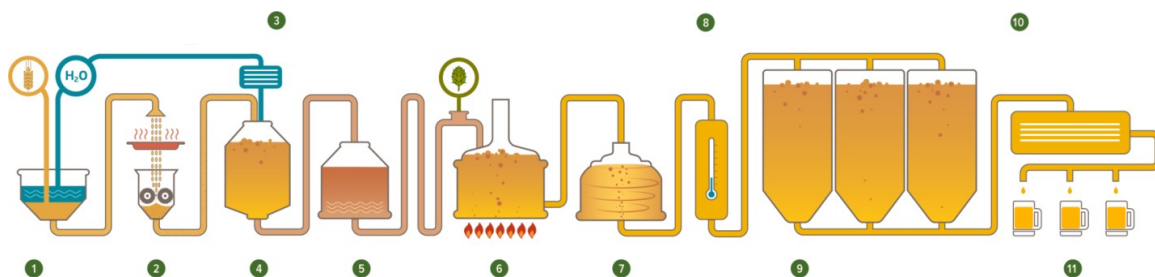


Рисунок 1 - Схема процесса пивоварения [4]:

1 – получение солода из ячменя (соложение); 2 – очистка солода и дробление; 3 – подготовка воды; 4 – затираание или перемешивание помола и воды; 5 – фильтрация затора; 6 – кипячение сусла; 7 – отделение взвесей горячего сусла; 8 – охлаждение; 9 – брожение и созревание напитка; 10 – фильтрация и обработка; 11 – розлив готового напитка
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.112.1>

Основные компоненты, используемые при производстве пива, придают напитку специфический горький вкус, биологическую стойкость, ароматические и пенные свойства. Указанный выше ГОСТ устанавливает определенные требования к каждому ингредиенту, предназначенному для изготовления пива. Типовая технология производства пива содержит этапы, представленные на рисунке.

Автоматизация процесса пивоварения позволяет создать гибкий технологический процесс пивоварения: контролировать и управлять параметрами, от которых зависит качество готового напитка, его стоимость. Кроме того, автоматизация процесса приготовления напитка позволит автоматически наполнять информационную систему данными о параметрах процесса, что позволит упростить наполнение информационной системы для конечного потребителя.

Основные результаты

Применение современной системы автоматизации позволяет осуществить процесс производства пенного напитка на качественно новом уровне и получить более высокие производственно-экономические показатели [5], [6]. Автоматизированная система управления технологическим производством готовой продукции на всех этапах обработки сырья позволяет исключить влияние различных субъективных факторов, снижающих надежность и безопасность производственного процесса. Автоматизация основных и вспомогательных операций производственного цикла также может гарантировать отсутствие случайных ошибок персонала, снижать производственные потери и сбои в работе оборудования по вине работников, небрежность участников производства. Таким образом, снижается трудоемкость выпуска продукции, уменьшаются расходы на заработную плату, исчезают потери рабочего времени, увеличивается объем производства пивоваренного завода.

Практически все процессы, показанные на рис. 1, могут быть объектами автоматизированной системы управления. При этом, возможно автоматизировать как часть всего процесса пивоварения (отдельные компоненты производства), так и весь производственный цикл. В последнем случае стоимость автоматизации будет самая высокая, одновременно с этим получим максимальный производственно-экономический эффект.

Современная «умная» автоматизация для пивоваренной промышленности должна учитывать как особенности технологии и процессы приготовления пенного напитка, так и специфику отрасли. Кроме того, для нужд цифровизации и дальнейшего использования данных в оптимизации процессов пивоварения [6], [7], система автоматизации должна обеспечивать автоматический сбор параметров производственного процесса и хранение их в доступном виде. Последующий анализ с применением систем искусственного интеллекта позволит оптимизировать технологический процесс с целью повышения качества продукции, расширения номенклатуры выпускаемых сортов пива и уменьшения затрат на производство.

Автоматизация любого производственного процесса, а пивоварение не является исключением, означает экономию ресурсов, необходимых для выпуска продукции без снижения его качества. Комплексная автоматизация пивоваренного завода включает все процессы: от приемки солода и других ингредиентов до розлива напитка с производственно-технологической точки зрения, а также формирование базы данных с результатами выполнения технологических процессов с различными параметрами. Это позволит формировать отчеты о производстве и также делать прогноз объема выпускаемой продукции, его качества с учетом имеющихся ресурсов (сырья, энергозатрат и т.д.), что необходимо для грамотного планирования производства и ведения бизнеса.

При таком подходе должны автоматизироваться целые производственные линии. Дополнительно в функции системы включают управление отдельными производственными участками и технологическими процессами, например: управление охладительными установками и вентиляционным оборудованием, управление водоснабжением, розливом и т.д. Кроме того, система должна обеспечивать возможность дистанционного управления процессом пивоварения, обеспечивать выгрузку производственных отчетов, анализировать всю поступающую информацию о технологических процессах. За счет внедрения автоматизированной системы управления технологическим процессом пивоваренного завода обеспечивается рост производительности и эффективности, сокращаются эксплуатационные расходы, повышается стабильность показателей качества.

Выделим основные функции автоматизированной системы управления технологическим процессом пивного завода [8]:

- поддержание основных технологических параметров в заданных пределах (температура, влажность, содержания углекислого газа и т.д.);
- контроль качества на всех этапах: от поступления сырья до линии розлива;
- предаварийная сигнализация и автоматическая остановка производства в случае несоблюдения каких-либо параметров или сбоев;
- дистанционное управление технологическим оборудованием;
- визуализация состояния технологических установок и оборудования;
- хранение и обработка информации, формирование отчетов и прогнозов, передача информации о процессе производства в информационную систему общего пользования [9], [10].

Обсуждение

Комплексную автоматизацию пивоваренного процесса можно выполнить с использованием импортных программно-логических модулей, сопрягая их с датчиками и исполнительными механизмами. При этом каждый производственный этап потребует своего программно-логического контроллера, функционирующего совместно со своей системой датчиков и исполнительных устройств. Вся информация от разных программно-логических контроллеров будет объединяться на выделенном сервере, который будет ее накапливать для дальнейшего анализа и оптимизации параметров технологического процесса и уменьшения издержек при получении конечного результата.

Современные реалии все чаще приводят к необходимости использовать отечественные разработки в области автоматизированных систем управления технологическим процессом, что приводит к необходимости разрабатывать как аналоги имеющихся импортных программно-логических контроллеров, так и совершенно уникальные программно-аппаратные комплексы, позволяющие внедрять автоматизацию в различные отрасли народного хозяйства, включая и процесс пивоварения.

Так, например, в качестве управляющего центра, обслуживающего сеть распределенных датчиков и сеть исполнительных устройств (а в этом случае можно использовать один такой центр на всю производственную линию), можно использовать обычный компьютер, к которому по доступным интерфейсам подключается контроллер шины датчиков и шины исполнительных устройств. Это могут быть и разные интерфейсы, а может быть и единый интерфейс [11], [12], [13]. Для снижения энергопотребления автоматизированной системы управления технологическим процессом вместо обычного компьютера можно использовать современный микроконтроллер, позволяющий при программировании реализовать функционирование операционной системы реального времени.

Заключение

Таким образом, автоматизация и цифровизация производственного процесса, на примере пивоварения, является достаточно простой задачей проектирования и разработки автоматизированной системы управления технологическим процессом с применением современных электронных комплектующих, обеспечивая успешное развитие предприятия и оптимальное вхождение в цифровую экономику Российской Федерации.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Третьяк, Л.Н. Унифицированный стандарт качества и безопасности пива / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов // Индустрия напитков. – 2009. – №3. – С. 32-34.
2. Третьяк Л.Н. Возможности функционального моделирования процессов жизненного цикла пивоварения / Л.Н. Третьяк, М.С. Зобков // Компьютерная интеграция производства и ИПИ технологии : сборник материалов четвертой Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – С. 402-405.
3. Третьяк Л.Н. Перспективы изменения принципов автоматизированного управления процессом производства «идеального пива» / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов // Пищевая промышленность: состояние, проблемы, перспективы: материалы междунар. науч. практ. конф. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – С. 267-271.
4. Пат. 2383587 Российская Федерация, МПК7 С12С 11/00. Способ производства пива / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов; заявитель и патентообладатель Оренбург. гос. унт. – 2008119253/13.
5. Смирнов М.Ю. Один из вариантов автоматизации климатических установок / М.Ю. Смирнов, В.С. Зияутдинов, Д.Е. Овечкин // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2019. – Вып. 3. – С. 161-163.
6. Смирнов М.Ю. Конфигурирование и управление датчиками в распределённой сети сбора информации / М.Ю. Смирнов, Д.Е. Овечкин, Д.М. Скуднел // Программа для ЭВМ RU 2017662904, 2017.
7. Смирнов М.Ю. Система сбора и принятия решений для распределенной сети датчиков и исполнительных устройств / М.Ю. Смирнов, В.С. Зияутдинов, Д.М. Скуднел и др. // Программа для ЭВМ RU 2017662906, 2017.
8. Sun D.W. Modern Techniques for food authentication / D.W. Sun. – Academic Press, 2008.
9. Yan S. A deep feature mining method of electronic nose sensor data for identifying beer olfactory information / S. Yan, G. Furong, W. Mingyang et al. // Journal of Food Engineering. – 2019. – Vol. 263. – P. 437-445. – DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2019.07.023.
10. Wilson C.I. Application Of Artificial Intelligence For Predicting Beer Flavours From Chemical Analysis / C.I. Wilson, L. Threapleton // European Brewery Convention : the Proceedings of the 29th EBC Congress – Dublin, 2003.
11. Virpi T. On-line monitoring of continuous beer fermentation process using automatic membrane inlet mass spectrometric system / T. Virpi, K. Tapio, M. Ismo et al. // Talanta. – 2005. – Vol. 65. – Iss. 5. – DOI: 10.1016/j.talanta.2004.08.051.
12. Claudia G.V. Robotics and computer vision techniques combined with non-invasive consumer biometrics to assess quality traits from beer foamability using machine learning: A potential for artificial intelligence applications / G.V. Claudia, F. Sigfredo, H. Kate et al. // Food Control. – 2018. – Vol. 92. – P. 72-79. – DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.04.037.
13. Claudia G.V. Development of a robotic pourer constructed with ubiquitous materials, open hardware and sensors to assess beer foam quality using computer vision and pattern recognition algorithms: RoboBEER / G.V. Claudia, F. Sigfredo, L. GuangJun et al. // Food Research International. – 2016. – Vol. 89. – Pt. 1. – P. 504-513. – DOI: 10.1016/j.foodres.2016.08.045.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Tret'jak, L.N. Unificirovannyj standart kachestva i bezopasnosti piva [Unified Beer quality and Safety Standard] / L.N. Tret'jak, E.M. Gerasimov // Industrija napitkov [Beverage Industry]. – 2009. – №3. – P. 32-34. [in Russian]
2. Tret'jak L.N. Vozmozhnosti funkcional'nogo modelirovaniya processov zhiznennogo cikla pivovarenija [Possibilities of functional modeling of brewing life cycle processes] / L.N. Tret'jak, M.S. Zobkov // Komp'juternaja integracija proizvodstva i IPI tehnologii [Computer integration of production and IPI technologies] : collection of materials of the Fourth All-Russian Scientific and Practical Conference. – Orenburg : IPK GO OSU, 2009. – P. 402-405. [in Russian]
3. Tret'jak L.N. Perspektivy izmenenija principov avtomatizirovannogo upravlenija processom proizvodstva "ideal'nogo piva" [Prospects for changing the principles of automated control of the production process of "ideal beer"] / L.N. Tret'jak,

E.M. Gerasimov // Pishhevaja promyshlennost': sostojanie, problemy, perspektivy [Food industry: state, problems, prospects: materials of the international scientific and practical conference. – Orenburg : IPK GO OSU, 2009. – P. 267-271. [in Russian]

4. Pat. 2383587 Rossijskaja Federacija, MPK7 C12C 11/00. Sposob proizvodstva piva [Pat. 2383587 Russian Federation, IPC7 C12C 11/00. Method of beer production] / L.N. Tret'jak, E.M. Gerasimov; the applicant and the patent holder Orenburg, state. un T. – 2008119253/13. [in Russian]

5. Smirnov M.Ju. Odin iz variantov avtomatizacii klimaticeskikh ustanovok [One of the options for automation of climate control systems] / M.Ju. Smirnov, V.S. Zijautdinov, D.E. Ovechkin // Mehatronika, avtomatika i robototehnika [Mechatronics, automation and robotics]. – 2019. – Iss. 3. – P. 161-163. [in Russian]

6. Smirnov M.Ju. Konfigurirovanie i upravlenie datchikami v raspredel'noj seti sbora informacii [Configuration and management of sensors in a distributed information collection network] / M.Ju. Smirnov, D.E. Ovechkin, D.M. Skudnev // Programma dlja JeVM RU 2017662904, 2017 [Computer program RU 2017662904, 2017].

7. Smirnov M.Ju., Sistema sbora i prinjatija reshenij dlja raspredel'noj seti datchikov i ispolnitel'nyh ustrojstv [A system for collecting and making decisions for a distributed network of sensors and actuators] / M.Ju. Smirnov, V.S. Zijautdinov, D.M. Skudnev et al. // Programma dlja JeVM RU 2017662906, 2017 [Computer program RU 2017662906, 2017].

8. Sun D.W. Modern Techniques for food authentication / D.W. Sun. – Academic Press, 2008.

9. Yan S. A deep feature mining method of electronic nose sensor data for identifying beer olfactory information / S. Yan, G. Furong, W. Mingyang et al. // Journal of Food Engineering. – 2019. – Vol. 263. – P. 437-445. – DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2019.07.023.

10. Wilson C.I. Application Of Artificial Intelligence For Predicting Beer Flavours From Chemical Analysis / C.I. Wilson, L. Threapleton // European Brewery Convention : the Proceedings of the 29th EBC Congress – Dublin, 2003.

11. Virpi T. On-line monitoring of continuous beer fermentation process using automatic membrane inlet mass spectrometric system / T. Virpi, K. Tapio, M. Ismo et al. // Talanta. – 2005. – Vol. 65. – Iss. 5. – DOI: 10.1016/j.talanta.2004.08.051.

12. Claudia G.V. Robotics and computer vision techniques combined with non-invasive consumer biometrics to assess quality traits from beer foamability using machine learning: A potential for artificial intelligence applications / G.V. Claudia, F. Sigfredo, H. Kate et al. // Food Control. – 2018. – Vol. 92. – P. 72-79. – DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.04.037.

13. Claudia G.V. Development of a robotic pourer constructed with ubiquitous materials, open hardware and sensors to assess beer foam quality using computer vision and pattern recognition algorithms: RoboBEER / G.V. Claudia, F. Sigfredo, L. GuangJun et al. // Food Research International. – 2016. – Vol. 89. – Pt. 1. – P. 504-513. – DOI: 10.1016/j.foodres.2016.08.045.