

Синтез структуры информационной системы анализа и управления процессом производства масла подсолнечного

Игорь А. Хаустов	¹	haustov@vsuet.ru	 0000-0002-8897-5763
Юрий П. Барметов	¹	barmetovu@mail.ru	 0000-0002-1535-6139
Оксана С. Никульчева	¹	strogonova.ox@yandex.ru	 0000-0002-1503-4823

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Традиционные подходы к оценке качества на всех этапах производства реализуются в виде лабораторных исследований в виде выборочного контроля, что не всегда обеспечивает надежность и достоверность полученных результатов. Следовательно, возникает необходимость в организации более совершенного поточного контроля с использованием современных автоматизированных технологий. В статье рассматривается возможный подход к проектированию информационной системы анализа и управления процессом производства масла подсолнечного дезодорированного рафинированного. Анализ научной литературы показал, что на современном этапе развития автоматизированные системы управления технологическими процессами производства в различных отраслях промышленности в большинстве случаев ориентированы на фиксацию параметров хода этих процессов, при этом выработка управляющих воздействий является функцией оператора. Таким образом, возникает необходимость в разработке подхода к проектированию информационной системы анализа и управления технологическим процессом производства масла подсолнечного дезодорированного рафинированного позволяющего выявить узкие места в производственных процессах и операциях для возможности оперативно принятия корректирующих мер. Для повышения качества продукции и оптимизации работы технолога-оператора и оборудования разработаны структура информационной системы помощи в принятии решений по управлению процессом дезодорации масла подсолнечного рафинированного дезодорированного в виде DFD и IDEF03 диаграмм. Определены основные факторы, влияющие на изменения показателей качества продукции.

Ключевые слова: масло подсолнечное, информационные технологии, программный комплекс, цифровое производство, качество продукции.

Synthesis of the structure of the information system for analysis and control of the sunflower oil production process

Igor A. Khaustov	¹	haustov@vsuet.ru	 0000-0002-8897-5763
Yuri P. Barmetov	¹	barmetovu@mail.ru	 0000-0002-1535-6139
Oksana S. Nikulcheva	¹	strogonova.ox@yandex.ru	 0000-0002-1503-4823

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Traditional approaches to quality assessment at all facilities are implemented in laboratory studies of production in the form of selective control, which does not always ensure the reliability and likelihood of obtaining results. Consequently, an initiative is being put forward to organize a more advanced flow control using modern automatic technologies. In the article, a possible approach to the design of a system for analyzing and controlling the production process of refined deodorized sunflower oil is possible. An analysis of the scientific literature has shown that at the present stage of development, automated control systems for technological processes in various industries in most cases are focused on fixing the parameters of the course of these processes, while the development of control actions is a function of the operator. Thus, there is a need to develop an approach to designing an information system for the analysis and management of the technological process for the production of deodorized refined sunflower oil, which makes it possible to identify bottlenecks in production processes and operations in order to be able to quickly take corrective measures. To improve the quality of products and optimize the work of the technologist-operator and equipment, the structure of an information system has been developed to help in making decisions on managing the process of deodorization of refined deodorized sunflower oil in the form of DFD and IDEF03 diagrams. The main factors influencing changes in product quality indicators are determined.

Keywords: sunflower oil, information technology, software package, digital production, product quality.

Введение

В период импортозамещения, для предприятий пищевой промышленности становится актуальной задача внедрения отечественного программного обеспечения, обеспечивающего качество выпускаемой продукции. Внедрение информационных систем анализа и управления процессом производства пищевой продукции позволяет снизить влияние человеческого

фактора на процесс выявления дефектов производства, а также обеспечить рост производительности оборудования, уменьшить регламентированное время на ремонт, обслуживание и диагностику оборудования и системы управления; оптимизировать количество обслуживающего персонала при повышении общей компетентности.

Для цитирования

Хаустов И.А., Барметов Ю.П., Никульчева О.С. Синтез структуры информационной системы анализа и управления процессом производства масла подсолнечного // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 3. С. 398–404. doi:10.20914/2310-1202-2022-3-398-404

For citation

Khaustov I.A., Barmetov Yu.P., Nikulcheva O.S. Synthesis of the structure of the information system for analysis and control of the sunflower oil production process. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 3. pp. 398–404. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-3-398-404

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

В данном исследовании уделено внимание одному из наиболее прибыльных процессов в производстве масложировой продукции – дезодорация масла.

Методы

В настоящее время в разных отраслях созданы и достаточно широко эксплуатируются автоматизированные проблемно-ориентированные системы анализа и управления. Автоматизация ряда процедур в сложных организационных системах позволяет получить полную и подробную оцифрованную информацию об объекте управления [1–12]. Проблематика организации системы информационного обеспечения на крупных промышленных предприятиях РФ заключается в активном внедрении интегрированных систем: IBM, SAP, Informatica, Oracle. Следует заметить, что эффективность их внедрения зависит от множества факторов и зачастую сталкивается с трудностями. В работах [6–12] отражены основные проблемы внедрения информационных систем на крупных предприятиях. Среди них можно назвать высокую цену, организационные издержки, длительный период освоения, отсутствие квалифицированных специалистов и трудоемкость переобучения пользователей, что делает данные системы недоступными для малых предприятий. Следует отметить, что в рамках индустрии 4.0 предлагается подход к цифровизации сквозного контроля качества процессов жизненного цикла продукции [13–16].

Использование информационных систем анализа и управления, как всем жизненным циклом продукции, так и отдельными этапами производства пищевых предприятиях нашло широкое отражение в работах [1–5, 18].

Анализ изученных работ показал, что в настоящее время цифровизация контроля качества продукции на пищевом производстве является актуальной, при этом внедрение сложных информационных систем, обеспечивающих анализ и управление всего жизненного цикла продукции, достаточно проблематично для мелких предприятий. Следовательно, модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом дезодорации подсолнечного масла, которая позволит управлять параметрами процесса по оптимальным алгоритмам, следить за ходом технологического процесса и корректировать данные алгоритмы является актуальной.

Важную роль для повышения качества продукции и оптимизации работы технолога-оператора играют внедрение информационной

системы помощи технологу-оператору в принятии решений по управлению процессом дезодорации, реализация систем управления, использующих математические модели, преобразование условий труда работников путем освобождения от неквалифицированного, монотонного и вредного труда, повышение безопасности.

Современные технологические процессы зачастую являются сложными, затратными и инерционными на основании чего в настоящее время внедрение автоматизированных систем обработки данных является очень актуальным для различных производств.

При производстве дезодорированного подсолнечного масла наиболее важные параметры качества готовой продукции определяются на стадии дезодорации: ряд технологических величин связаны с физико-химическими показателями качества [17–19]. Следовательно, путем изменения этих величин можно регулировать показатели качества, как на любой стадии производственного цикла, так и в готовом виде. А при использовании специальных методов обработки информации и моделирования – прогнозировать.

На рисунке 1 отображены входные, выходные параметры процесса дезодорации подсолнечного масла (ПДПМ) и возмущения.

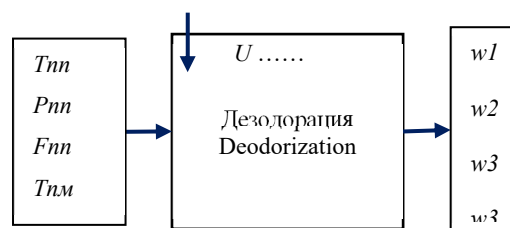


Рисунок 1. Структурная схема процесса дезодорации как объекта управления

Figure 1. Structural diagram of the deodorization process as a control object

Входные параметры: T_{nn} – температура перегретого пара после ЭПП, °C; P_{nn} – давление перегретого пара, кПа; F_{nn} – расход перегретого пара, кг/час; T_{nm} – температура подогретого масла после процесса дезодорации (ПД), °C; F_{dm} – расход деаэрированного масла, кг/час; F_{lk} – расход раствора лимонной кислоты, кг/час. Выходные параметры: $w1$ – массовая доля жирных кислот в продукте, %; $w2$ – массовая доля сконденсировавшегося пара (воды) в продукте, %; $w3$ – массовая доля одорантов в продукте, %. Возмущающие факторы (U): изменение давления пара на входе в ПД; изменение массовых долей жирных кислот в деаэрированном масле; изменение состава деаэрированного масла.

Для конструирования и разработки информационных систем (ИС) для контроля и управления производственными процессами предлагается обобщенный вариант декомпозиции объектов проектирования, учитывающий особенности обработки информации, выполняемые ими функции (объектно-ориентированные и обслуживающие) и выделяющий уровни автоматизации, объединяющих подсистемы моделирования, постановки и реализации эксперимента [20].

Приведенная на рисунке 2 структурная модель типовой ИС включает – АСМ – автоматизированную систему моделирования; АСУЭ – автоматизированную систему управления экспериментом; АСПЭ – автоматизированную систему проведения эксперимента;

БД – базу данных. Для уточнения функций подсистем, представленных в обобщенной структуре типовой ИС и описания их связей конкретной информационной системы для каждого уровня декомпозиции и подсистем, осуществляется синтез информационной модели, описывающие структуру ИС с применением CASE технологий в виде диаграммы потоков данных (рисунок 3). Для описания логики взаимодействия информационных потоков в каждой конкретной рассматриваемой ИС применяется методология, использующая графическое описание информационных потоков, взаимоотношений между процессами обработки информации и объектов в виде IDEF03 модели (рис. 4).

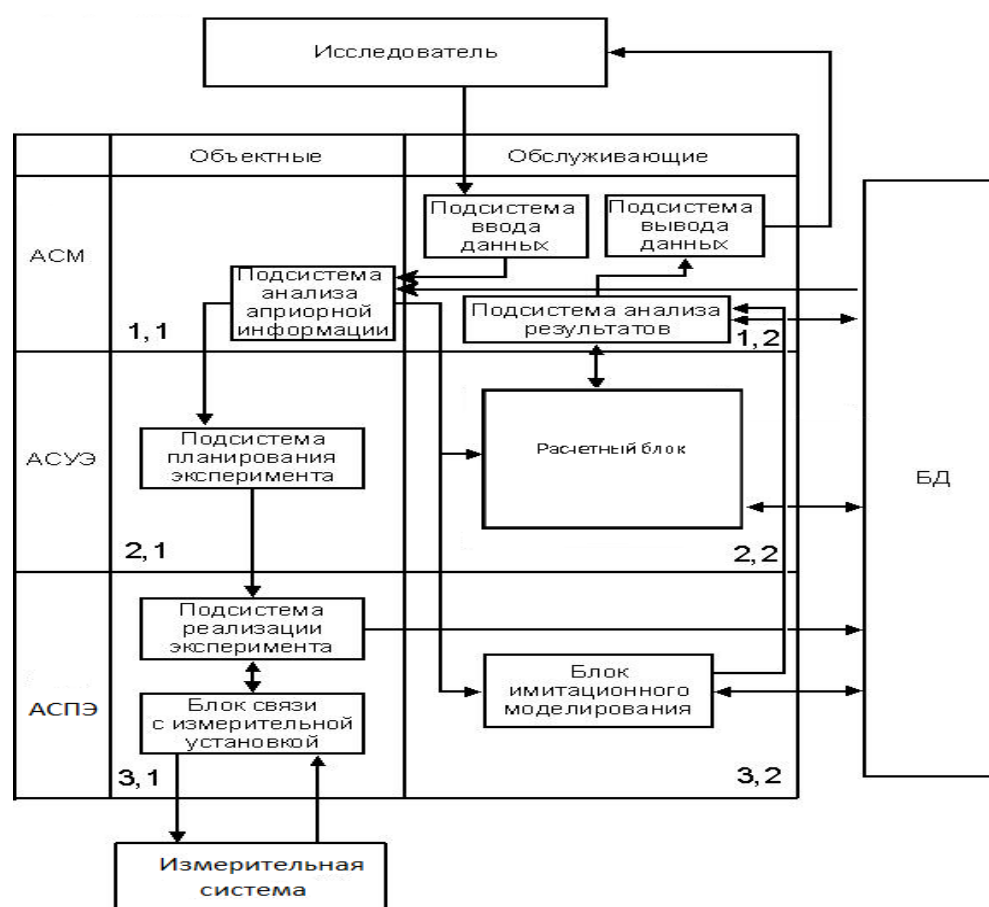


Рисунок 2. Обобщенная структурная модель проблемно-ориентированной ИС

Figure 2. Generalized structural model of a problem-oriented IS

Рассмотрим описание функционального аспекта проектируемой ИС. С точки зрения области применения ИС предназначена для выполнения следующих функций:

1. Имитационного моделирования процесса дезодорации и расчета показателей качества готового продукта;

2. Получение и хранение статистических данных о промышленном процессе и качестве получаемых продуктов в БД;

3. Перерасчета математических констант моделей, используемых при моделировании;

4. Расчета и получения рекомендаций по управлению промышленными процессами для получения продуктов заданного качества.

Для моделирования параметров технологического процесса пользователь вводит исходные данные (Тпп, Рпп и т. д.). Далее осуществляется расчет модели процесса дезодорации, выходные данные представлены показателями w_1, w_2, w_3 – массовая доля жирных кислот, массовая доля сконденсировавшегося пара (воды), массовая доля одорантов в кубовом продукте на конечном этапе моделирования. Эти данные совместно с исходными передаются в подсистему расчета показателей качества, где рассчитываются дополнительные показатели качества продукции. При моделировании используют эмпирические данные в виде набора констант статических моделей, поступающих с базы данных по запросу.

При инициализации режима накопления статистических данных производится запись информации в базу данных. При этом информация разделяется на 2 вида – данные задаваемые вручную (Тпп, Рпп и т. д.), результаты измерений параметров технологического процесса (измеряемые автоматически, результаты лабораторного контроля).

В режиме пересчета констант статических данных происходит вызов накопленных

статистических данных (при этом пользователь должен иметь возможность производить выборку данных по своему усмотрению из всей совокупности имеющейся информации).

После оценки констант информация поступает в блок анализа выходной информации, где принимается решение о достоверности результатов пересчета констант. Если результаты идентификации удовлетворительные, то новые данные поступают в базу данных.

В режиме расчета управляющих воздействий пользователь имеет возможность получить рекомендации по управлению процессом дезодорации для получения продукта заданной степени качества.

По результатам вычислений в блоке расчета управляющих воздействий на выходе формируются данные, характеризующие параметры управляющих воздействий.

Каждый структурный элемент схемы 3 показывает функцию и состав данных структурных элементов рисунок 2, но рисунок 3 не раскрывает логику и очередность обработки данных в ИС. На рисунке 4 представлена логическая структура обработки данных в нотации IDEF03 рисунок 4, дополняющая схему 3.

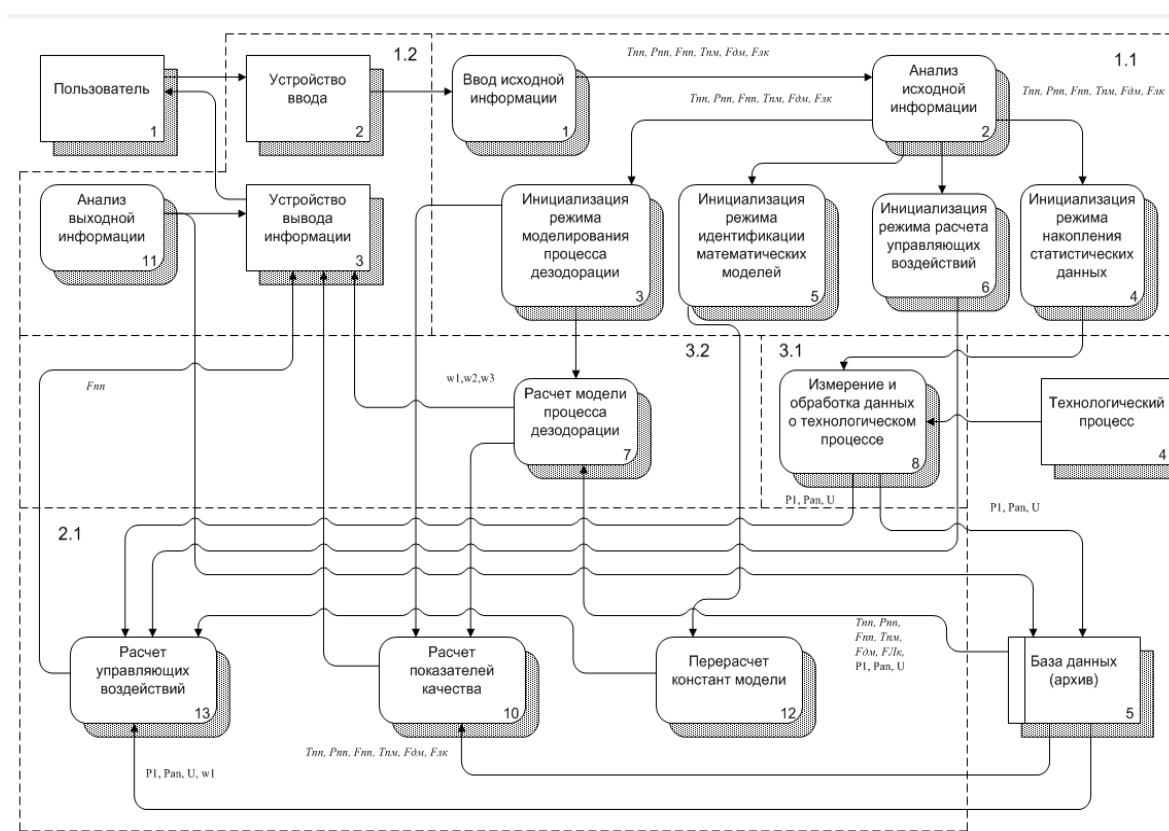


Рисунок 3. DFD модель системы анализа и управления процессом дезодорации подсолнечного масла

Figure3. DFD model of the system for analysis and control of the deodorization process of sunflower oil

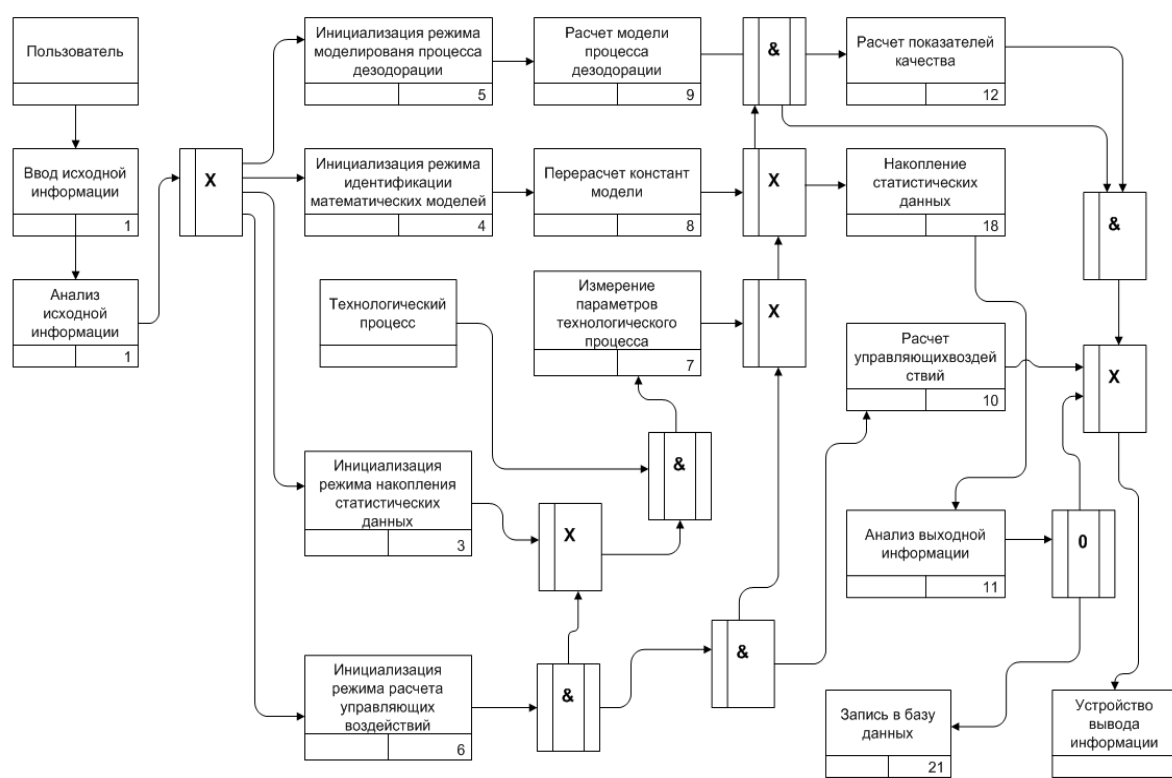


Рисунок 4. IDEF03 модель системы анализа и управления процессом дезодорации подсолнечного масла

Figure4. IDEF03 model of system for analysis and control of sunflower oil deodorization process

Заключение

В статье проведен анализ литературы, который показал, что возникает необходимость в решении такой задачи, как проектирование проблемно-ориентированной системы оценки и управления процессом производства масла подсолнечного дезодорированного рафинированного. Для повышения качества продукции и

оптимизации работы технолога-оператора и оборудования разработаны структура информационной системы помощи в принятии решений по управлению процессом дезодорации масла подсолнечного рафинированного дезодорированного в виде DFD и IDEF03 диаграмм. Определены основные факторы, влияющие на изменения показателей качества продукции.

Литература

- 1 Благодатский Г.А., Горохов М.М., Саетова Л.Г. Модель информационной системы управления логистическими процессами в пищевой промышленности // 2021. Интеллектуальные системы в производстве. Т. 19. № 3. С. 65–73. doi: 10.22213/2410-9304-2021-3-65-73
- 2 Бранко Ф., Гонсалвеш Р., Морейра Ф., Ау-Йонг-Оливейра М. и др. Интегрированная архитектура информационных систем для агропродовольственной промышленности // В экспертных системах. 2021. Т. 38. doi: 10.1111/exsy.12599
- 3 Zhao G., Liu S., Lopez C., Lu H. et al. Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions // Computers in Industry. 2019. V. 109. P. 83–99. doi: 10.1016/j.compind.2019.04.002
- 4 Отмахова Ю.С., Усенко Н.И. Цифровизация и новые подходы к управлению агропродовольственным комплексом // Пищевая промышленность. 2019. №. 12. С. 35–38.
- 5 Белахов В.В., Гарабджиу А.В., Чистякова Т.Б., Смирнов И.А. Гидрофосфорильные производные тетрамина в: получение, медико-биологические свойства и разработка интеллектуальной автоматизированной информационной системы // Успехи медицинской микологии. 2019. Т. 20. С. 391–396.
- 6 Бочкарев А.М., Фрейман В.И. Оценка соответствия критериев эффективности и ключевых параметров подсистем управления информационным обеспечением промышленного предприятия // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2022. № 41. С. 71–89. doi: 10.15593/2224-9397/2022.1.04
- 7 Бочкарев А.М. Особенности структурного подхода к системе информационного обеспечения производственной деятельности предприятия // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 11 (58). С. 570–574.

- 8 Бажанова М.И., Кувшинов М.С. Факторы формирования эффективной инновационной среды промышленного предприятия для industry 4.0 // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. Экономика и менеджмент. 2019. Т. 13. № 1. С. 110–119.
- 9 Бочкарев А.М. Актуализация совершенствования систем информационного обеспечения промышленного предприятия // Креативная экономика. 2019. Т. 13. № 6. С. 1205–1214.
- 10 Леонов В.М., Гольцев Ю.М. Разработка подходов обеспечения информационной безопасности на режимных предприятиях // Известия ТулГУ. Технические науки. 2010. № 2–2. С. 210–217.
- 11 Соловьева И.А., Мостовщикова И.А. Командное управление как фактор повышения конкурентоспособности предприятия // Региональная конкурентоспособность и образование в контексте глобальных вызовов: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. IV Уральского вернисажа науки и бизнеса. Челябинск, 2017. С. 360–365.
- 12 Кацура Д.А. К информационной поддержке обеспечения экономической безопасности на предприятии // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 138.
- 13 Коршунов Г.И., Петрушевская А.А. Обеспечение качества продукции в интеллектуальных производствах электроники. Часть 1 // Контроль качества продукции. 2021. № 8. С. 43–46.
- 14 Коршунов Г.И., Соколов В.В. Цифровизация сквозного контроля качества процессов проектирования и аддитивного производства металлических изделий // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 6(108). С. 84–88.
- 15 Korshunov G.I., Petrushevskaya A.A. Modeling of digital manufacturing of electronics production and product quality assurance // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2018. P. 150-159.
- 16 Варжапетян А.Г., Анохин В.В., Варжапетян А.А. и др. Системы управления. Инжиниринг качества. Москва: Закрытое акционерное общество "Издательское предприятие "Вузовская книга", 2001. 320 с.
- 17 Сапунова Т.А. Разработка механизма управления качеством продукции на предприятии по производству подсолнечного масла // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2021. № 1(51). С. 199–205. doi: 10.47581/2021/FA-07/IE/51/01.031
- 18 Виноградов Д.В. Безопасность и качество подсолнечного масла // Теоретические и практические проблемы развития уголовно-исполнительной системы в Российской Федерации и за рубежом: сборник тезисов выступлений и докладов участников Международной научно-практической конференции, Рязань, 28–29 ноября 2018 года. Том 2. Рязань: Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 2018. С. 1234–1238.
- 19 Лупова Е.И., Миракова И.С. Показатели фальсификации и идентификации растительных масел // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур, Рязань, 15–16 февраля 2013 года. Рязань, 2013. С. 206–208.
- 20 Антонов А.В. Системный анализ. М.: Высшая школа, 2004. 451 с.

References

- 1 Blagodatsky G.A., Gorokhov M.M., Saetova L.G. Model of an open system for managing logistics processes in the pulp industry. Intelligent systems in production. 2021. vol. 19. no. 3. pp. 65–73. doi: 10.22213/2410-9304-2021-3-65-73 (in Russian).
- 2 Branco F., Gonçalves R., Moreira F., Au-Yong-Oliveira M. et al. Integrated architecture of information systems for the agro-food industry. In expert studies. 2021. vol. 38. doi: 10.1111/exsy.12599 (in Russian).
- 3 Zhao G., Liu S., Lopez C., Lu H. et al. Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions. Computers in Industry. 2019. vol. 109. pp. 83–99. doi: 10.1016/j.compind.2019.04.002
- 4 Otmakhova Yu.S., Usenko N.I. Digitalization and new approaches to the management of the agro-food complex. Food Industry. 2019. no. 12. pp. 35-38. (in Russian).
- 5 Belakhov V.V., Garabadzhiu A.V., Chistyakova T.B., Smirnov I.A. Hydrophosphoryl derivatives of tetramycin c: preparation, biomedical properties and development of an intelligent automated information system. Advances in Medical Mycology. 2019. vol. 20. pp. 391–396. (in Russian).
- 6 Bochkarev A.M., Freiman V.I. Assessing the compliance of efficiency criteria and key parameters of subsystems for managing information support of an industrial enterprise. Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Electrical engineering, information technologies, control systems. 2022. no. 41. pp. 71–89. doi: 10.15593/2224-9397/2022.1.04 (in Russian).
- 7 Bochkarev A.M. Features of the structural approach to the system of information support for the production activities of the enterprise. Competitiveness in the global world: economics, science, technology. 2017. no. 11 (58). pp. 570–574. (in Russian).
- 8 Bazhanova M.I., Kuvshinov M.S. Factors in the formation of an effective innovative environment for an industrial enterprise for industry 4.0. Vestnik Yuzhno-Ural. state university Ser. Economics and Management. 2019. vol. 13. no. 1. pp. 110–119. (in Russian).
- 9 Bochkarev A.M. Actualization of the improvement of information support systems for an industrial enterprise. Creative Economy. 2019. vol. 13. no. 6. pp. 1205–1214. (in Russian).
- 10 Leonov V.M., Goltsev Yu.M. Development of approaches to ensuring information security at regime enterprises. Izvestiya TulGU. Technical science. 2010. no. 2–2. pp. 210–217. (in Russian).
- 11 Solovieva I.A., Mostovshchikova I.A. Command management as a factor in increasing the competitiveness of an enterprise. Regional competitiveness and education in the context of global challenges: Sat. Art. intl. scientific-practical. conf. IV Ural Opening Day of Science and Business. Chelyabinsk, 2017. pp. 360–365. (in Russian).

- 12 Katsuro D.A. To information support for ensuring economic security at the enterprise. Modern science-intensive technologies. 2014. no. 4. pp. 138. (in Russian).
- 13 Korshunov G.I., Petrushevskaya A.A. Ensuring product quality in smart electronics manufacturing. Part 1. Product quality control. 2021. no. 8. pp. 43–46. (in Russian).
- 14 Korshunov G.I., Sokolov V.V. Digitalization of end-to-end quality control of design processes and additive manufacturing of metal products. Science and business: ways of development. 2020. no. 6(108). pp. 84–88. (in Russian).
- 15 Korshunov G.I., Petrushevskaya A.A. Modeling of digital manufacturing of electronics production and product quality assurance. Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2018. pp. 150-159.
- 16 Varzhapetyan A.G., Anokhin V.V., Varzhapetyan A.A. etc. Control systems. Quality engineering. Moscow, Closed joint-stock company "Publishing enterprise "Vuzovskaya kniga", 2001. 320 p. (in Russian).
- 17 Sapunova T.A. Development of a mechanism for managing product quality at an enterprise for the production of sunflower oil. Innovative economy: prospects for development and improvement. 2021. no. 1(51). pp. 199–205. doi: 10.47581/2021/FA07/IE/51/01.031 (in Russian).
- 18 Vinogradov D.V. Safety and quality of sunflower oil. Theoretical and practical problems of the development of the penitentiary system in the Russian Federation and abroad: a collection of abstracts of speeches and reports of participants in the International Scientific and Practical Conference, Ryazan, November 28–29, 2018. Volume 2. Ryazan, Academy of Law and Administration of the Federal Penitentiary Service, 2018. pp. 1234–1238. (in Russian).
- 19 Lupova E.I., Mirakova I.S. Indicators of falsification and identification of vegetable oils. Scientific and practical aspects of technologies for the cultivation and processing of oilseeds, Ryazan, February 15–16, 2013. Ryazan, 2013. pp. 206–208. (in Russian).
- 20 Antonov A.V. System analysis. Moscow, Higher school, 2004. 451 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Игорь А. Хаустов д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, haustov@vsuet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8897-5763>

Юрий П. Барметов к.т.н., доцент, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, barmetovu@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1535-6139>

Оксана С. Никульчева к.т.н., старший преподаватель, кафедра управление качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, strogonova.ox@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1503-4823>

Вклад авторов

Игорь А. Хаустов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Юрий П. Барметов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Оксана С. Никульчева консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Igor A. Khaustov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery of information and control systems, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, haustov@vsuet.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8897-5763>

Yuri P. Barmetov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery of information and control systems, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, barmetovu@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1535-6139>

Oksana S. Nikulcheva Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, quality management and technology of aquatic biological resources department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, strogonova.ox@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1503-4823>

Contribution

Igor A. Khaustov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Yuri P. Barmetov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Oksana S. Nikulcheva consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 07/07/2022	После редакции 29/07/2022	Принята в печать 25/08/2022
Received 07/07/2022	Accepted in revised 29/07/2022	Accepted 25/08/2022