



Разработка SCADA-проекта процесса выпаривания молока в двухкорпусной вакуум-выпарной установке

Дмитрий М. Бородулин¹borodulin@rgau-msha.ru 0000-0003-3035-0354¹ Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А.Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия

Аннотация. Одним из компонентов систем автоматизации производства остаются средства человеко-машинного интерфейса. Внешний вид и функциональные способности не могут стоять на месте так же, как и автоматизация, в связи с этим в данной работе освещена одна из важных сторон автоматизации пищевого производства – человеко-машинный интерфейс, направленный на совершенствование рабочего места оператора. На диспетчерском уровне автоматизации необходимо предусмотреть решение всего спектра поставленных задач, поставленных в ходе выполнения данного проекта. Целями создания проекта являются сокращение времени на принятия решения персоналом, поскольку, результативность предприятия частично зависит от скорости выполнения задачи, оповещение об опасности и нарушениях, а также предотвращение аварийных и нештатных ситуаций процессе выпаривания молока, хранение и архивация данных о протекании процесса, необходимые для составления отчетов, применяемых для расследований причин возникновения любой аварийной ситуации при выпаривании молока. Представлен проект человеко-машинного интерфейса процесса выпаривания молока, разработанный в среде TRACE MODE. Особенностью TRACE MODE является технология единой линии программирования, то есть возможность разработки всех модулей АСУ при помощи одного инструмента. В разработанном проекте человеко-машинного интерфейса процесса выпаривания молока предполагается использование двух основных операторских станций и одной резервной. Два из них для рабочих мест операторов и - резервный, используемый в аварийных ситуациях. Разработанный проект в среде TRACE MODE позволяет усовершенствовать рабочее место оператора вакуум-выпарной установки, сократить время необходимое на реагирование и принятие решений персоналом. Кроме того, система сигнализации автоматической сигнализации позволяет снизить количество брака продукции, и, соответственно, повысить выпуск и снизить себестоимость продукции на единицу сырья. Разработанный проект полностью удовлетворяет техническому заданию и внедрен на производство.

Ключевые слова: сгущенное молоко, автоматизация, молоко, выпаривание, машинный интерфейс

SCADA project for milk evaporation in double-effect evaporators

Dmitriy M. Borodulin¹borodulin@rgau-msha.ru 0000-0003-3035-0354¹ Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, st. Timiryazevskaya, 49, Moscow, 127434, Russia

Abstract. Human-machine interface tools remain one of the components of production automation systems. Appearance and functional abilities cannot stand still in the same way as automation, in this regard, one of the important aspects of food production automation is highlighted in this paper – a human-machine interface aimed at improving the operator's workplace. At the dispatcher level of automation, it is necessary to provide for the solution of the entire range of tasks set during the implementation of this project. The objectives of the project are to reduce the time for decision-making by personnel, since the effectiveness of the enterprise partially depends on the speed of the task, notification of hazards and violations, as well as the prevention of emergency and abnormal situations during the evaporation of milk, storage and archiving of data on the course of the process necessary for the preparation of reports used to investigate the causes of any emergency when evaporating milk. The project of the human-machine interface of the milk evaporation process, developed in the TRACE MODE environment, is presented. A feature of TRACE MODE is the technology of a single programming line, that is, the ability to develop all the ACS modules using a single tool. In the developed project of the human-machine interface of the milk evaporation process, it is assumed to use two main operator stations and one backup. Two of them are for operator workstations and a backup one used in emergency situations. The developed project in the TRACE MODE environment makes it possible to improve the workplace of the operator of the vacuum evaporation plant, reduce the time required for response and decision-making by personnel. In addition, the automatic alarm system allows you to reduce the number of defective products, and, accordingly, increase output and reduce the cost of production per unit of raw materials. The developed project fully satisfies the technical task and has been put into production.

Keywords: condensed milk, automation, milk, evaporation, machine interface

Введение

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) производства сгущенного молока предназначена для решения задач контроля, защиты, сигнализации, автоматического регулирования основных и вспомогательных технологических параметров объекта [1–3]

Целью разработки SCADA-проекта указанного процесса является обеспечение человеко-

машинного интерфейса (НМИ) между оператором и автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУТП) выпаривания молока.

Материалы и методы

Требования к информационным функциям АСУТП представлены в таблицах 1, 2.

Место и способ представления переменных – на экране монитора АРМ оператора в цифровом и графическом виде.

Для цитирования

Бородулин Д.М. Разработка SCADA-проекта процесса выпаривания молока в двухкорпусной вакуум-выпарной установке // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 2. С. 32–37. doi:10.20914/2310-1202-2023-2-32-37

For citation

Borodulin D. M. SCADA project for milk evaporation in double-effect evaporators. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 2. pp. 32–37. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-2-32-37

Таблица 1.

Требования к функциям контроля [4, 5]

Table 1.

Requirements for control functions [4, 5]

Наименование контролируемой технологической переменной Process variable to be monitored	Диапазон изменения, абс. ед. Range of variation, abs. units	Точность контроля, абс. ед. Accuracy of control, abs.
Расход исходного молока Feed-to-evaporation ratio	1–25 т/ч	$\pm 0,25 \pm 0,5$ т/ч
2) Давление греющего пара перед эжектором Heating steam pressure upstream of the ejector	0,8–1 МПа	$\pm 18/\pm 36$ кПа
3) Давление охлаждающей воды перед поверхностным конденсатором Cooling water pressure upstream of the surface condenser	0,13–0,17 МПа	$\pm 18/\pm 36$ кПа
4) Разрежение на конденсаторе Condenser vacuum	0,08–0,095 МПа	$\pm 18/\pm 36$ кПа
5) Температура охлаждающей воды перед конденсатором Cooling water temperature upstream of the condenser	18–200 °C	$\pm 1/\pm 2$ °C
6) Температура пара в первом сепараторе Steam temperature in the first separator	67–690 °C	$\pm 1/\pm 2$ °C
7) Температура пара во втором сепараторе Steam temperature in the second separator	49–510 °C	$\pm 1/\pm 2$ °C
8) Температура пара в первом калоризаторе Steam temperature in the first calandria	84–860 °C	$\pm 1/\pm 2$ °C
9) Температура пара во втором калоризаторе Steam temperature in the second calandria	67–690 °C	$\pm 1/\pm 2$ °C
10) Уровень кипящего продукта в пароотделителях Boiling level in steam separators	0–35%	$\pm 1/\pm 2$ °C
11) Уровень кипящего продукта в испарителях Boiling level in evaporators	0–90%	$\pm 0,9 \pm 1,8$
12) Плотность готового продукта Density of outputs	1,2–1,3 г/см ³	$\pm 0,05/\pm 0,1$ г/см ³

Таблица 2.

Требования к системам автоматического регулирования

Table 2.

Requirements for automated control systems

Наименование регулируемой переменной Variable to be monitored	Узлн Y _{spec}	Допустимые значения прямых показателей качества Acceptable direct quality indices			
		Y_{cm}^d / Y_{st}^d	Y_{din}^d / Y_{dyn}^d	t_p / t	ψ^o / ψ^d
1) Температура молока после подогревателей 1) Milk temperature after heaters	105 °C	± 1 °C	± 4 °C	15 мин	$>0,75$
2) Расход исходного молока 2) Consumption of raw milk	25 т/ч	$\pm 0,25$ т/ч	± 1 т/ч	1 мин	$>0,75$
3) Плотность готового продукта 3) Density of outputs	1,3 г/см ³	$\pm 0,25\%$	$\pm 1\%$	20 мин	$>0,75$
4) Расход пара перед двухступенчатым эжектором 4) Steam flow upstream of two-stage ejector	16 т/ч	± 16 т/ч	± 1 т/ч	1 мин	$>0,75$
5) Расход холодной воды перед поверхностным конденсатором 5) Cold flow upstream of surface condenser	12 т/ч	$\pm 0,12$ т/ч	± 1 т/ч	1 мин	$>0,75$

Технологическая схема процесса сгущения молока показана на рисунке 1. В качестве объекта регулирования выбран участок изменения плотности готового продукта после пароотделителя (рисунок 2) [6].

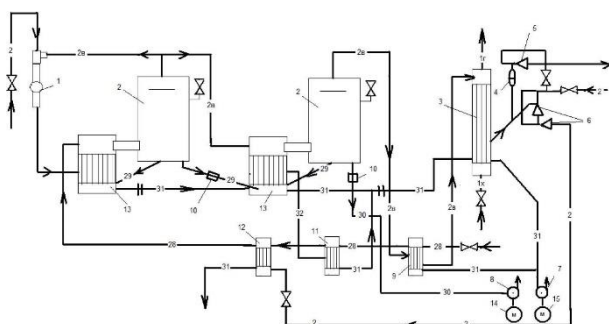


Рисунок 1. Технологическая схема процесса сгущения молока

Figure 1. Flow chart for milk condensation

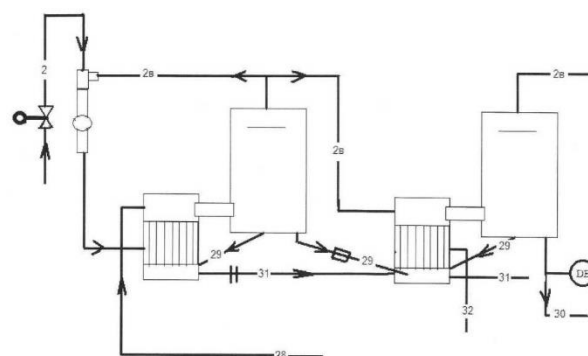


Рисунок 2. Участок процесса, выбранный как объект автоматизации

Figure 2. Section selected for automation

Таблица 3.

Условные обозначения оборудования и материальных потоков

Table 3.

Equipment and material flow symbols

№	Оборудование Equipment	Материальный поток Material flow
1	Инжектор Injector	1х холодная вода 1x cold water
2	Пароотделитель Vapor separator	1г горячая вода 1g hot water
3	Поверхностный конденсатор Surface condenser	2 пар (первичный) 2 steam (primary)
4	Шиббер Schieber	2в вторичный пар 2c secondary steam
5	Пусковой эжектор Starting ejector	28 молоко 28 milk
6	Двухступенчатый эжектор Two-stage ejector	29 частично подсгущенное молоко 29 partially thickened milk
7	Вакуум-насос для откачивания конденсата Vacuum pump for condensate evacuation	30 сгущенное молоко 30 condensed milk
8	Вакуум-насос для откачивания сгущенного молока Vacuum pump for condensed milk evacuation	31 конденсат 31 condensate
9	Подогреватель первой ступени First stage heater	
10	Дроссельный клапан для откачивания сгущенного молока Throttle valve for evacuation of condensed milk	
11	Подогреватель второй ступени Second stage heater	
12	Подогреватель третьей ступени Third stage heater	
13	Испарители Evaporators	
14, 15	Двигатели Engines	

Произведя подсчёт всех типов сигналов, используемых на контроллерном уровне АСУ ТП, было определено количество выходов каждого типа:

- аналоговый ввод (AI) для термосопротивлений – 6 шт.;
- аналоговый вывод (AI) для сигнала 4–20 мА – 18 шт.;
- дискретный ввод (DI) – 2 шт.;
- дискретный вывод (DO) – 12 шт.

Проведя анализ модулей контроллера MIF-PPC и количества сигналов ввода и вывода, выбираем следующие модули:

1 модуль MIRage-FPT и 1 submodule PB-RS485T для подключения до 8 термометров сопротивления;

3 БПИ TFCUR и 3 submodule PB-V35T для подключения до 8 датчиков с унифицированным токовым сигналом 4–20 мА;

1 БПИ TFDIN3 и 1 submodule PB-DIN3T для подключения до 20 дискретных сигналов;

1 БПИ TFDOUT2 и 1 submodule PB-D016T для подключения до 16-ти дискретных управляющих сигналов с выходным напряжением 24В.

На диспетчерском уровне автоматизации необходимо предусмотреть решение всего спектра задач оператора и их удобное выполнение с автоматизированного рабочего места (АРМ). Для каждого из участков помимо общей формы необходимы формы, конкретизирующие работу отдельных аппаратов и систем регулирования, поэтому с этой формы должен быть обеспечен доступ к ряду дополнительных форм [9–20]. Предполагается создать следующие формы:

- пароотделитель, испаритель, инжектор;
- пароотделитель, испаритель;
- пусковой эжектор, двухступенчатый эжектор, поверхностный конденсатор;
- подогреватели первой, второй и третьей ступеней.

Результаты

Для разработки SCADA-проекта рассматриваемого процесса разработана схема взаимодействия экранных форм (рисунок 3). Для удобства управления участками помимо связей, указанных на рисунке 3, в пределах каждого из них предусматривается возможность перехода между всеми локальными формами.

Для дальнейшего программирования параллельно введем краткие обозначение для требуемых параметров.

Аппараты:

Форма 1 (пароотделитель, испаритель, инжектор): пароотделитель П1, испаритель И1, инжектор Ин, регулирующий клапан SV5.

Форма 2 (пароотделитель, испаритель): пароотделитель П2, испаритель И2.

Форма 3 (пусковой эжектор, двухступенчатый эжектор, поверхностный конденсатор): пусковой эжектор ПЭ, двухступенчатый эжектор ДЭ, поверхностный конденсатор ПК, регулирующий клапан SV3, регулирующий клапан SV4.

Форма 4 (подогреватели первой, второй и третьей ступеней): подогреватели первой ступени ПД1, подогреватель второй ступени ПД2, подогреватель третьей ступеней ПД3, насос М1, насос М2, регулирующий клапан SV1, регулирующий клапан SV2.

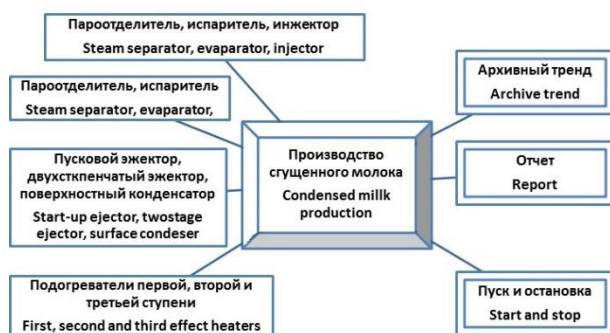


Рисунок 3. Схема взаимодействия экранных форм разрабатываемого узла

Figure 3. Schematic for screen interactions of the developed node

В разрабатываемом проекте АСУТП предполагается использование двух основных операторских станций и одной резервной [7.8],

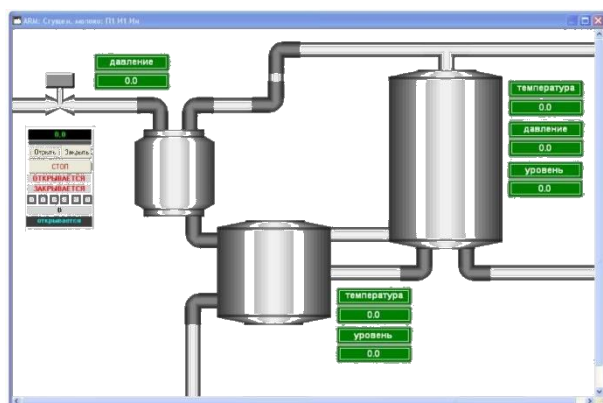


Рисунок 4. Экранная форма «пароотделитель, испаритель, инжектор»

Figure 4. Screen form “steam separator, evaporator, injector”

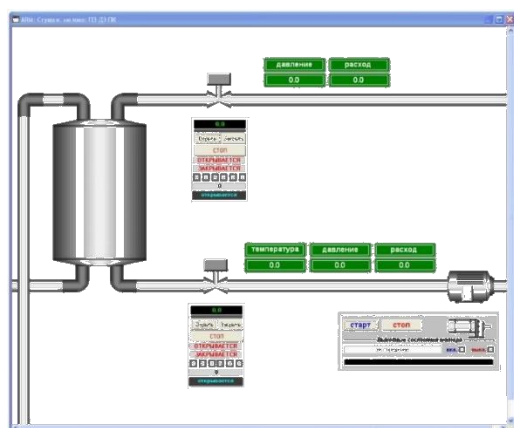


Рисунок 6. Экранная форма «пусковой эжектор, двухступенчатый эжектор, поверхностный конденсатор»

Figure 6. Screen form “start-up ejector, two-stage ejector, surface condenser”

то необходимо в редакторе базы каналов SCADA – системе ТРЕЙС МОУД 5.0 создать три АРМ большой мощности. Два из них для рабочих мест операторов и один резервный, используемый в аварийных ситуациях. Для архивирования данных поступающих от контроллеров и с рабочих мест оператора создадим узел глобального регистратора. Для контроллеров нижнего уровня создадим три узла малой мощности.

Все экраны в графических базах ТРЕЙС МОУД собраны в группы. Поэтому в редакторе представления данных реализована группировка экранов. Эту группировку удобно использовать исходя из функционального назначения экранов.

В данной работе, в процессе разработки графической части были сформированы экранные формы для указанных групп. Виды экранных форм представлены на рисунках 4–8.

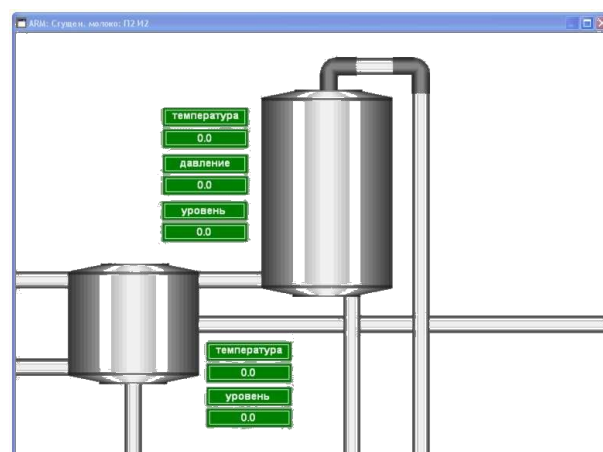


Рисунок 5. Экранная форма «пароотделитель, испаритель»

Figure 5. Screen form “steam separator, evaporator”

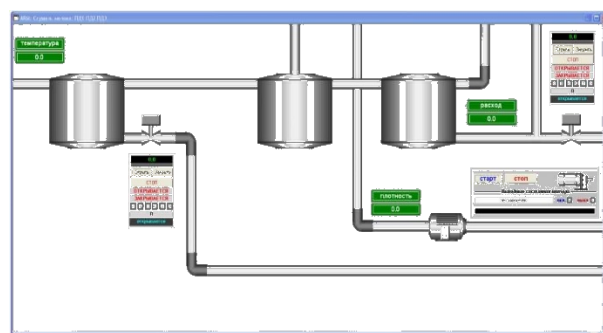


Рисунок 7. Экранная форма «подогреватели первой, второй и третьей ступеней»

Figure 7. Screen form “first, second and third effect heaters”

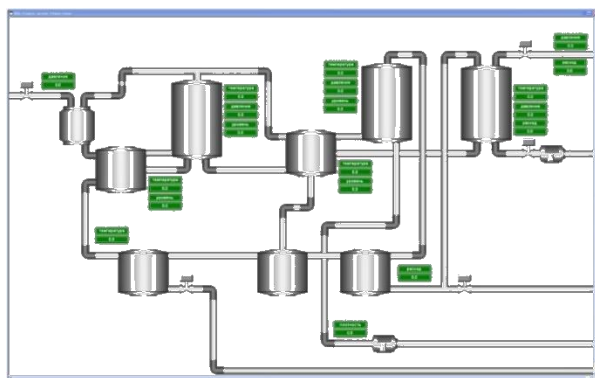


Рисунок 8. Общая экранная форма участка производства сгущенного молока

Figure 8. General screen form of condensed milk production section

Обсуждение

В результате разработки проекта был определен перечень задач, решаемых на диспетчерском уровне, разработан SCADA-проект в среде TRACE MODE, решены задачи разработки программного обеспечения АСУ ТП и представлена программная реализация системы автоматического регулирования.

Заключение

Разработанный проект позволяет усовершенствовать рабочее место оператора вакуум-

выпарной установки, сократить время необходимое на реагирование и принятие решений персоналом. Кроме того, система сигнализации автоматической сигнализации позволяет снизить количество брака продукции, и, соответственно, повысить выпуск и снизить себестоимость продукции на единицу сырья.

Разработанный проект полностью удовлетворяет техническому заданию и внедрен на производство.

Литература

- 1 Русанов В.В., Перов В.И., Самойлов М.А. Автоматизация предприятий общественного питания с использованием современных цифровых технологий: программ Arduino IDE, OPC Modbus и Master Scada // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 38–44. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-38-44
- 2 Колесников А.В., Карепанова Д.О. Автоматизация предприятий общественного питания // Современные проблемы экономического развития предприятий, отраслей, комплексов, территорий. 2021. С. 279–283.
- 3 Бородулин Д.М. Разработка математического обеспечения процесса регулирования температуры молока на выходе из секции охлаждения // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 24–28. doi: 10.20914/2310-1202-2022-1-24-28
- 4 Гербер Ю.Б., Гаврилов А.В. Обоснование параметров механической обработки молока при производстве кисломолочных продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 375–382. doi: 10.21603/2074-9414-2019-3-375-382
- 5 Ивкова И.А., Скрябина О.В., Рябкова Д.С., Динер Ю.А. и др. Разработка технологии и исследования качества молочных консервов для регионов с ограниченными ресурсами натурального молочного сырья // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 254–258. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-254-258
- 6 Шемятин А.М., Юркин Д.С. Модернизация технологического оборудования для тепловой обработки при производстве кисломолочных продуктов // Заметки ученого. 2021. № 9–1. С. 311–316.
- 7 Брусиловский Л.П., Вайнберг А.Я., Черняков Ф.С. Системы автоматизированного управления технологическими процессами предприятий молочной промышленности. М.: Агропромиздат, 1986. 232 с.
- 8 Колесников А.В., Карепанова Д.О. Автоматизация предприятий общественного питания // Современные проблемы экономического развития предприятий, отраслей, комплексов, территорий. 2021. С. 279–283.
- 9 Burke N., Zacharski K.A., Southern M., Hogan P. et al. The dairy industry: process, monitoring, standards, and quality // Descriptive food science. 2018. V. 162. doi: 10.5772/intechopen.80398
- 10 Munir M.T., Yu W., Young B.R., Wilson D.I. et al. The current status of process analytical technologies in the dairy industry // Trends in Food Science & Technology. 2015. V. 43. № 2. P. 205-218. doi: 10.1016/j.tifs.2015.02.010
- 11 Gargiulo J.I., Eastwood C.R., Garcia S.C., Lyons N.A. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies // Journal of dairy science. 2018. V. 101. № 6. P. 5466-5473. doi: 10.3168/jds.2017-13324
- 12 Kondakci T., Zhou W. Recent applications of advanced control techniques in food industry // Food and Bioprocess Technology. 2017. V. 10. P. 522-542. doi: 10.1007/s11947-016-1831-x
- 13 Edwards J.P., Rue B.T.D., Jago J.G. Evaluating rates of technology adoption and milking practices on New Zealand dairy farms // Animal Production Science. 2014. V. 55. № 6. P. 702-709. doi: 10.1071/AN14065
- 14 Dhage B., Dhage A. Automation of CIP Process in dairy industries using programmable controllers and SCADA // 2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT). IEEE, 2016. P. 318-323. doi: 10.1109/ICACDOT.2016.7877601
- 15 Jago J., Eastwood C., Kerrisk K., Yule I. Precision dairy farming in Australasia: adoption, risks and opportunities // Animal Production Science. 2013. V. 53. № 9. P. 907-916. doi: 10.1071/AN12330
- 16 Casino F., Kanakaris V., Dasaklis T.K., Moschuris S. et al. Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector // International journal of production research. 2021. V. 59. № 19. P. 5758-5770. doi: 10.1080/00207543.2020.1789238
- 17 Tse C., Barkema H.W., DeVries T.J., Rushen J. et al. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality // Animal. 2018. V. 12. P. 2649-2656. doi: 10.1017/S1751731118000654
- 18 Mittal G.S. Process controls in the food industry: Problems and solutions // Computerized Control Systems in the Food Industry. CRC Press, 2018. P. 1-11.


19 Butler D., Holloway L. Technology and restructuring the social field of dairy farming: Hybrid capitals, 'stockmanship' and automatic milking systems // *Sociologia Ruralis*. 2016. V. 56. № 4. P. 513-530. doi: 10.1111/soru.12103

20 Douphrate D.I., Hagevoort G.R., Nonnenmann M.W., Lunner Kolstrup C. et al. The dairy industry: a brief description of production practices, trends, and farm characteristics around the world // *Journal of agromedicine*. 2013. V. 18. № 3. P. 187-197. doi: 10.1080/1059924X.2013.796901

References

- 1 Rusanov V.V., Perov V.I., Samoilov M.A. Automation of public catering establishments using modern digital technologies: Arduino IDE, OPC Modbus and Master Scada programs. *Proceedings of VSUET*. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 38-44. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-38-44 (in Russian).
- 2 Kolesnikov A.V., Karepanova D.O. Automation of public catering enterprises. Modern problems of economic development of enterprises, industries, complexes, territories. 2021. pp. 279-283. (in Russian).
- 3 Borodulin D.M. Development of mathematical support for the process of regulating the temperature of milk at the outlet of the cooling section. *Proceedings of VSUET*. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 24-28. doi: 10.20914/2310-1202-2022-1-24-28 (in Russian).
- 4 Gerber Yu.B., Gavrilov A.V. Justification of the parameters of mechanical processing of milk in the production of fermented milk products. *Equipment and technology of food production*. 2019. vol. 49. no. 3. pp. 375-382. doi: 10.21603/2074-9414-2019-3-375-382 (in Russian).
- 5 Ivkova I.A., Skryabina O.V., Ryabkova D.S., Diner Yu.A. et al. Development of technology and research of the quality of canned milk for regions with limited resources of natural dairy raw materials. *Proceedings of VSUET*. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 254-258. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-254-258 (in Russian).
- 6 Shemyatin A.M., Yurkin D.S. Modernization of technological equipment for heat treatment in the production of fermented milk products. *Notes of a scientist*. 2021. no. 9-1. pp. 311-316. (in Russian).
- 7 Brusilovsky L.P., Weinberg A.Ya., Chernyakov F.S. Automated control systems for technological processes of dairy industry enterprises. M., Agropromizdat, 1986. 232 p. (in Russian).
- 8 Kolesnikov A.V., Karepanova D.O. Automation of public catering enterprises. Modern problems of economic development of enterprises, industries, complexes, territories. 2021. pp. 279-283. (in Russian).
- 9 Burke N., Zacharski K.A., Southern M., Hogan P. et al. The dairy industry: process, monitoring, standards, and quality. *Descriptive food science*. 2018. vol. 162. doi: 10.5772/intechopen.80398
- 10 Munir M.T., Yu W., Young B.R., Wilson D.I. et al. The current status of process analytical technologies in the dairy industry. *Trends in Food Science & Technology*. 2015. vol. 43. no. 2. pp. 205-218. doi: 10.1016/j.tifs.2015.02.010
- 11 Gargiulo J.I., Eastwood C.R., Garcia S.C., Lyons N.A. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. *Journal of dairy science*. 2018. vol. 101. no. 6. pp. 5466-5473. doi: 10.3168/jds.2017-13324
- 12 Kondakci T., Zhou W. Recent applications of advanced control techniques in food industry. *Food and Bioprocess Technology*. 2017. vol. 10. pp. 522-542. doi: 10.1007/s11947-016-1831-x
- 13 Edwards J.P., Rue B.T.D., Jago J.G. Evaluating rates of technology adoption and milking practices on New Zealand dairy farms. *Animal Production Science*. 2014. vol. 55. no. 6. pp. 702-709. doi: 10.1071/AN14065
- 14 Dhage B., Dhage A. Automation of CIP Process in dairy industries using programmable controllers and SCADA. 2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT). IEEE, 2016. pp. 318-323. doi: 10.1109/ICACDOT.2016.7877601
- 15 Jago J., Eastwood C., Kerrisk K., Yule I. Precision dairy farming in Australasia: adoption, risks and opportunities. *Animal Production Science*. 2013. vol. 53. no. 9. pp. 907-916. doi: 10.1071/AN12330
- 16 Casino F., Kanakaris V., Dasaklis T.K., Moschuris S. et al. Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector. *International journal of production research*. 2021. vol. 59. no. 19. pp. 5758-5770. doi: 10.1080/00207543.2020.1789238
- 17 Tse C., Barkema H.W., DeVries T.J., Rushen J. et al. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. *Animal*. 2018. vol. 12. no. 12. pp. 2649-2656. doi: 10.1017/S175173118000654
- 18 Mittal G.S. Process controls in the food industry: Problems and solutions. *Computerized Control Systems in the Food Industry*. CRC Press, 2018. pp. 1-11.
- 19 Butler D., Holloway L. Technology and restructuring the social field of dairy farming: Hybrid capitals, 'stockmanship' and automatic milking systems. *Sociologia Ruralis*. 2016. vol. 56. no. 4. pp. 513-530. doi: 10.1111/soru.12103
- 20 Douphrate D.I., Hagevoort G.R., Nonnenmann M.W., Lunner Kolstrup C. et al. The dairy industry: a brief description of production practices, trends, and farm characteristics around the world. *Journal of agromedicine*. 2013. vol. 18. no. 3. pp. 187-197. doi: 10.1080/1059924X.2013.796901

Сведения об авторах

Дмитрий М. Бородулин д.т.н., профессор, директор технологического института, профессор кафедры технологии хранения и переработки плодовоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, borodulin@rgau-msha.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>


Вклад авторов

Дмитрий М. Бородулин обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчёты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Dmitriy M. Borodulin Dr. Sci. (Engin.), professor, director of the technological institute, professor of the department of technology of storage and processing of fruits, vegetables and plant growing products, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, st. Timiryazevskaya, 49, Moscow, 127434, Russia, borodulin@rgau-msha.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>

Contribution

Dmitriy M. Borodulin review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 19/04/2023	После редакции 12/05/2023	Принята в печать 02/06/2023
Received 19/04/2023	Accepted in revised 12/05/2023	Accepted 02/06/2023