

УДК 637.03, 664, 602.1

Особенности управления многофакторными объектами пищевых производств

Балубаш Виктор Александрович

Доктор технических наук, профессор,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: balubash.g@gmail.com

Алёшичев Сергей Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: sergspbcrpf@rambler.ru

Травина Евгения Александровна

Ассистент,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: tea-922@mail.ru

Иванов Владимир Леонидович

Кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: vlivanov@corp.ifmo.ru

Аннотация

Цель. Целью работы является исследование особенностей управления многофакторными объектами пищевых производств. **Методология.** Методология работы включает в себя применение общих и специальных методов научного познания, анализа, синтеза сопоставления и экономического анализа.

Результаты. Исследование относится к способам управления многофакторными объектами пищевых производств, представляющих собой многообразные формы аппаратурно-технологических процессов, протекающих в непрерывных, непрерывно-

дискретных и дискретных режимах. Это особенно актуально для комплексов пищевых производств с последовательным включением технологических звеньев, разделенных аппаратурно-технологическими емкостями и сопротивлениями. Для таких звеньев характерен переходной вид запаздывания, значительно превышающий величину запаздывания в одноемкостных объектах.

Заключение. Предложенное решение – применение двухконтурных систем автоматического регулирования, способно обеспечить повышение качественных показателей систем управления в объектах химико-технологических процессов. Двухконтурную систему автоматического регулирования целесообразно применять в том случае, когда регулируемый объект подвергается частым возмущающим воздействиям со стороны регулирующего органа и имеется параметр с малой инерционностью. При этом внутренний контур регулирования подавляет возникающие внутренние возмущения, обусловленные спецификой самого технологического процесса, а внешний контур реагирует на возмущающие воздействия, поступающие извне, например, с изменением свойств поступающего сырья.

Для цитирования в научных исследованиях

Балюбаш В.А., Алёшичев С.Е., Травина Е.А., Иванов В.Л. Особенности управления многофакторными объектами пищевых производств // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 1В. С. 840-848.

Ключевые слова

Технологический процесс, многофакторные объекты, пищевые производства, многоконтурные системы, управление.

Введение

Производство пищевых продуктов, как сложной для управления системы, представляет собой различные виды и формы технологических процессов, протекающих в дискретных, непрерывных, а также непрерывно-дискретных режимах. Например, последовательное подключение отдельных аппаратов с отличающимися качественными параметрами сырья, обусловленными процессами биотехнологической подготовки продукта, приводит к появлению скачкообразных возмущений, представляющих собой одну из наиболее тяжелых форм возмущающих воздействий в системах управления. Следует также отметить, что при последовательном включении технологических звеньев, разделенных аппаратурно-технологическими емкостями и сопротивлениями, формируется емкостной или переходной вид запаздывания, который в совокупности с «чистым» (транспортным) запаздыванием значительно превышает величину запаздывания в одноемкостных объектах.

Основное раздел

Выбор структуры систем управления аппаратурно-технологическими комплексами (АТК) пищевых производств обусловлен необходимостью учета специфики технологической и аппаратурной организации АТК, жестко связанной с нормированным временем переработки отдельных видов пищевого сырья, его переменными свойствами и составом, высокими требованиями к качественным показателям готового продукта [Тихомиров, 2011]. При этом

современные высокопроизводительные АТК несут в себе повышенный риск значительных потерь, связанных с возможным исправлением брака готовой продукции.

Применяемые в современных АТК производства пищевых продуктов одноконтурные системы управления не всегда способны обеспечить требуемые качественные показатели готового продукта.

Выбор многоконтурной системы управления для многофакторных АТК производства пищевых продуктов является предпочтительным, учитывая аппаратное и технологическое совмещение процессов, выполняющих полный цикл операций, взаимосвязанных с качественными показателями готового продукта [Брусиловский, Вайнберг, 1993]. Повышение качественных показателей переходных процессов регулирования в этом случае обеспечивается снижением времени запаздывания по каналам систем регулирования и повышением уровня регулирующих воздействий при совмещении каналов управления, взаимосвязанных с выходными параметрами объекта [Благовещенская, Злобин, 2005].

На рис. 1 приведена структурно-параметрическая схема АТК производства сливочного масла, включающая внешние и внутренние факторы [Стегаличев, Балюбаш, Замарашкина, 2006]. К внешним факторам относятся сливки, являющиеся сырьем для производства сливочного масла, которые проходят операции предварительной технологической подготовки, потенциально обеспечивающей влияние на процесс сбивания сливочного масла и его влагосодержание. К внутренним факторам относятся операции аппаратного формирования перевода поступающих сливок в сливочное масло с обеспечением заданного уровня влагосодержания [Грищенко, 1983]. Одним из основных источников возмущающих воздействий являются сливки, поступающие в маслоизготовитель. Это связано с тем, что на стадии созревания сливок технологические факторы – температура созревания сливок и содержание жира в сливках, оказывающие значительное влияние на формирование влажности сливочного масла, как правило, неуправляемы и при подключении очередного сливокосозревательного резервуара их значения могут отличаться, поскольку возникающие при этом возмущения носят ступенчатый характер [Вышемирский, Иванова, 2005].



Рисунок 1 - Структурно-параметрическая схема производства сливочного масла в маслоизготовителе непрерывного действия

Факторами, наиболее значимыми по уровню влияния на формирование влажности готового продукта на стадии маслоизготовления, приняты температура сливок, поступающих на сбивание, частота вращения мешалки сбивателя и подача нормализующего компонента. В структуре маслоизготовителя управляемость этих факторов обеспечена аппаратурно. При этом использование различных сочетаний управляющих факторов может быть применимо для обеспечения синхронизации режимов технологического процесса в маслоизготовителе [Алёшичев, Балюбаш, Стегаличев, 2016].

Для определения уровня влияния технологических и аппаратурных факторов процесса на 1,0% изменения влажности сливочного масла предложен коэффициент формирования влажности (коэффициент передачи), рассчитываемый по формуле

$$K_B = \frac{\Delta W}{\Delta S}, \quad (1)$$

где K_B – коэффициент формирования влажности, % влажности / ед. измерения фактора;
 ΔW – изменение содержания влаги в масле, %;
 ΔS – изменение фактора, ед. измерения фактора.

Результаты анализа уровней влияния аппаратурно-технологических факторов на 1,0% изменения содержания влаги в сливочном масле в технологически разрешенных пределах приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Уровни влияния факторов на 1% изменения содержание влаги в масле в технологически разрешенных пределах

Факторы формирования параметра влажности		Технологически разрешенный диапазон изменения фактора	Возможное отклонение влажности масла, %	Коэффициент формирования влажности (коэффициент передачи), K_B
внешние	Содержание жира сливок, поступающих на сбивание, %	38 - 45	5,6	0,8
	Температура созревания сливок, °С	4 – 7	2,6	0,9
	Температура сливок, поступающих на сбивание, °С	8 - 14	15,0	2,5
внутренние	Частота вращения мешалки сбивателя, с ⁻¹	17,4 - 30,0	13,6	1,0
	Подача нормализующего компонента, %	0 - 2	2,0	1,0

Материалы анализа аппаратурно-технологических факторов в процессе производства сливочного масла позволяют определить вариант суммарного влияния неуправляемых факторов, как возмущающее воздействие. При этом отклонение двух факторов – содержания жира в сливках и температуры созревания сливок в пределах всего технологически разрешенного диапазона может привести к суммарному отклонению влажности масла на выходе до $\pm 4,0\%$. Такой вариант характерен для переходного режима работы маслоизготовителя, связанного с подключением очередного сливокосозревательного резервуара и обусловленного возникновением возмущающих воздействий ступенчатого характера, что

значительно усложняет стабилизацию влагосодержания готового продукта [Балюбаш, Алёшичев, 2007].

Как показывают результаты анализа, в таком случае суммарное управляющее воздействие трех факторов – температуры сливок, поступающих на сбивание, частоты вращения мешалки сбивателя и подачи нормализующего компонента, потенциально может быть использовано для стабилизации влажности масла, так как уровень их суммарного воздействия превышает уровень воздействия неуправляемых факторов.

Предложенное решение позволяет оперативно компенсировать отклонение влажности готового продукта, вызванное возмущающим воздействием, как в эксплуатационном, так и в переходном режимах работы маслоизготовителя.

Анализа материалов аппаратурно-технологических решений позволяет обосновать выбор управляемых и неуправляемых факторов процесса, установить уровень их влияния на формирование влажности готового продукта, а также вид и характер возмущающих воздействий на стадиях созревания сливок и маслоизготовления. Учитывая многофакторность процесса формирования влажности сливочного масла, наличие внешних возмущающих воздействий скачкообразного характера и системного запаздывания аппаратурно-технологической системы «сливкосозревательный резервуар – маслоизготовитель», предложена структура многоканального управления, предусматривающая внесение управляющих воздействий по величине текущего значения влагосодержания сливочного масла на выходе маслоизготовителя с предвычислением потенциально ожидаемого отклонения влажности готового продукта [Патент МПК, А01J 15/00]. Структура многоканального управления процессом производства сливочного масла представлена на рис. 2.

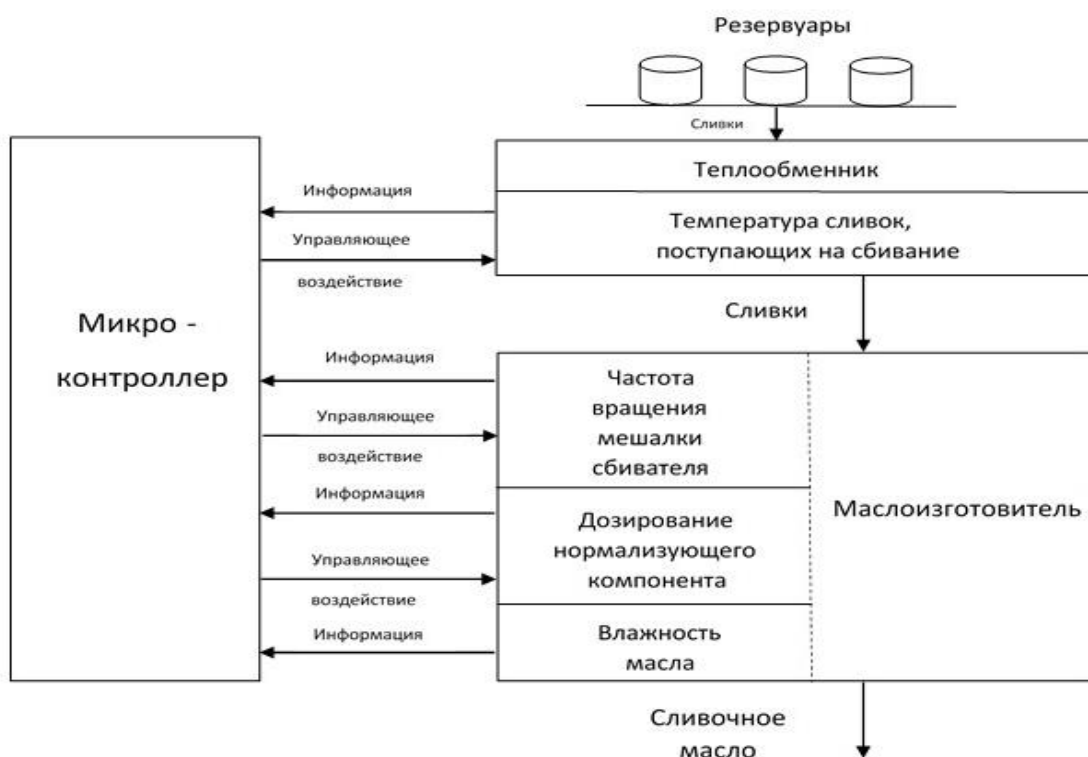


Рисунок 2 - Структура многоконтурного управления процессом производства сливочного масла

В эксплуатационном режиме управления при подключении очередного резервуара к маслоизготовителю, поступление сливок предусмотрено через теплообменный аппарат, в котором стабилизируется их заданный уровень температуры при поступлении в маслоизготовитель. При этом дополнительно обеспечивается допустимый перепад температур 3-4 °С внутри сбивателя маслоизготовителя [Патент 2302108]. На отмеченных двух этапах управление температурными режимами сливок обеспечивают отдельные самостоятельные контуры регулирования.

В сформированной структуре многоконтурной системы управления предусмотрено внесение управляющих воздействий по аппаратурно-технологическим каналам процесса производства сливочного масла. В эксплуатационном режиме работы маслоизготовителя снижение времени запаздывания путем предвычисления ожидаемого возмущения исключает тем самым отклонение температуры сливок в теплообменнике при подаче в маслоизготовитель. Для повышения коэффициента передачи управляющего воздействия используется суммированное воздействие аппаратурно-технологических каналов систем, взаимосвязанных с влагосодержанием сливочного масла на выходе маслоизготовителя.

Заключение

При возникновении неуправляемых ступенчатых возмущающих воздействий при подключении очередного резервуара с отклонениями по содержанию жира в сливках или температуры режима созревания, используется суммарное воздействие с параллельно-последовательным внесением управляющих воздействий. При этом возрастающее влияние управляющего воздействия со стороны канала частоты вращения мешалки сбивателя на процесс стабилизации влагосодержания продукта заменяют управляющее воздействие канала внесения нормализующего компонента. Такой способ внесения управляющих воздействий, учитывая сложные по форме возмущения, обеспечивает оперативную стабилизацию влагосодержания масла на конечном этапе производства.

Основу структурной схемы многоконтурного управления составляет микропроцессор, обеспечивающий формирование операций стабилизации влагосодержания сливочного масла, производимого в многофакторном аппаратурно-технологическом комплексе. Принятая структурная схема в процессе выполнения операций по стабилизации влагосодержания сливочного масла обеспечивает режим работы каналов управления в технологически и аппаратурно-рекомендованных пределах.

Библиография

1. Тихомирова Н.А. «Технология молока и молочных продуктов. Технология масла (технологические тетради)». СПб.: ГИОРД. – 2011. – 144 с.
2. Брусиловский Л.П., Вайнберг А.Я. АСУТП цельномолочных и молочно-консервных производств: Справочник. М.: Колос. – 1993. – 367 с.
3. Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. М.: «Высшая школа». – 2005. – 767 с.
4. Стегаличев Ю.Г., Балюбаш В.А., Замарашкина В.Н. Технологические процессы пищевых производств. Учебное пособие для ВУЗов. Ростов/Д-СПб.: Феникс. – 2006. – 254 с.
5. Грищенко А.Д. Сливочное масло. М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1983. – 293 с.
6. Вышемирский Ф.А., Иванова Н.В. Масло из коровьего молока: стандартизация и терминология // Сыроделие и маслоделие. – 2005, №1. – С. 2-24.
7. Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А., Стегаличев Ю.Г. Технологический анализ и моделирование многоканальных технологических комплексов. Учебное пособие. СПб.: Университет ИТМО. – 2016. – 121 с.

8. Балюбаш В.А., Алёшичев С.Е. Формирование многоканальной системы стабилизации влажности сливочного масла // Сыроделие и маслоделие. – 2007. – № 2. – С. 45–46.
9. Пат. 2497355 Российская Федерация, МПК, А01J 15/00. Способ стабилизации влажности сливочного масла при его производстве в маслоизготовителях непрерывного действия / Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А., Ересько Г.А., Майборода Ю.В.; опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31. – 6 с.: ил.
10. Пат. 2302108 Российская Федерация, МПК, А 01 J 15/00, G 05 D 27/02. Способ стабилизации сливочного масла по влажности / Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А., Стегаличев Ю.Г.; опубл. 10.07.2007, Бюл. № 19. – 7 с.: ил.
11. Пат. 2497355 Российская Федерация, МПК, А01J 15/00. Способ стабилизации влажности сливочного масла при его производстве в маслоизготовителях непрерывного действия / Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А., Ересько Г.А., Майборода Ю. В.; опубл. 27.07.2013, Бюл. № 21 – 4 с.: ил.
12. Иванов В. Л., Поляков Р. И., Травина Е. А. Проблемы и экономическая эффективность автоматизации контроля качества продукции на предприятиях пищевой отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 1А. С. 121-134.

Features of regulation of multifactorial objects of food production

Viktor A. Balyubash

Doctor of Technical Sciences,
Professor,

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
197101, 49, Kronverksky av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: balubash.g@gmail.com

Sergei E. Aleshichev

PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
197101, 49, Kronverksky av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: sergspbcprf@rambler.ru

Evgeniya A. Travina

Assistant,

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
197101, 49, Kronverksky av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: tea-922@mail.ru

Vladimir L. Ivanov

PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Senior Researcher,

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
197101, 49, Kronverksky av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: vlivanov@corp.ifmo.ru

Abstract

Goal. The aim of the work is to study the features of the management of multifactorial objects of food production. **Methodology.** The methodology of the work includes the application of general and special methods of scientific knowledge, analysis, synthesis of comparison and economic analysis.

Results. The study refers to the methods of regulation of multifactorial objects of food production, representing a variety of forms of hardware and technological processes occurring in continuous, continuous-discrete and discrete modes. This is especially true for systems with sequential inclusion of technological links, separated by hardware and technological capacities and resistances which are characterized by a transition type of delay, significantly exceeding the value of delay in single-capacity objects.

Summary. The proposed solution is the use of double-circuit automatic control system, capable of improving the qualitative indicators of the systems of control objects of chemical technological processes. The use of such a structure of the automatic control system is advisable if the controlled object is exposed to frequent disturbance by the regulatory body and there is a parameter with low inertia. At the same time, the internal control circuit suppresses the arising internal disturbances due to the specifics of the process itself, and the external circuit reacts to the disturbing effects coming from the outside, for example, with a change in the properties of the incoming raw material.

For citation

Balyubash V.A., Aleshichev S.E., Travina E.A., Ivanov V.L. (2019) Osobennosti upravleniya mnogofaktornymi ob'yektami pishchevykh proizvodstv [Features of the management of multifactorial objects of food production]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9 (1B), pp. 840-848.

Keywords

Technological process, multifactorial objects, food production, multi-circuit systems, regulation.

References

1. Tikhomirova N.A. (2011) "Technology of milk and dairy products. Oil technology (technological notebooks)". SPb. GIORD. 144 p.
2. Brusilovsky, L.P., Weinberg, A.Y. (1993) Process control systems of whole-milk and dairy-canning industries a Handbook. M. Kolos. 367 p.
3. Blagoveshchenskaya MM, Zlobin L.A. (2005) Information technology process control systems. M. "High School". 767 p.
4. Stegalichev Yu.G., Baliubash V.A., Zamarashkina V.N. (2006) Technological processes of food production. Textbook for universities. Rostov / D-SPb. Phoenix. 254 p.
5. Grishchenko A.D. (1983) butter. Moscow. Light and food industry. 293 p.
6. Vyshemirsky F.A., Ivanova N.V. (2005) Cow Milk Butter Standardization and Terminology. Cheese-making and butter-making. №1. - p. 2-24.
7. Aleshichev S.E., Baliubash V.A., Stegalichev Y.G. (2016) Technological analysis and modeling of multichannel technological complexes. Tutorial. SPb. ITMO University. 121 p.
8. Balyubash V.A., Aleshichev S.E. (2007) Formation of a multi-channel system of stabilization of moisture content of butter. Cheese and butter. № 2. - p. 45-46.
9. Pat. 2497355 Russian Federation, IPC, A01J 15/00. The method of stabilization of moisture content of butter during its production in continuous-action buttermakers / Aleshichev SE, Balyubash VA, Eresko GA, Mayboroda Yu.V.; publ. 10.11.2013, Bull. No. 31. - 6 p. Ill.

10. Pat. 2302108 Russian Federation, IPC, A 01 J 15/00, G 05 D 27/02. The method of stabilization of butter by moisture / Aleshichev SE, Balyubash VA, Stegalichev Yu.G .; publ. 10.07.2007, Byul. No. 19. - 7 p. Ill.
11. Pat. 2497355 Russian Federation, IPC, A01J 15/00. The method of stabilization of moisture content of butter during its production in continuous-action buttermakers / Aleshichev SE, Balyubash VA, Eresko GA, Mayboroda Yu. V.; publ. 07/27/2013, Bull. No. 21 - 4 p. Ill.
12. Ivanov V. L., Polyakov R. I., Travina E. A. (2019) Problems and economic efficiency of automation of product quality control at food industry enterprises. Economy yesterday, today, tomorrow. Volume 9. Number 1A. P. 121-134.