

# Модернизация системы автоматизированного управления технологической линией по производству полутвердых сыров

**Марина Викторовна Чкалова**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры  
E-mail: chkalovamv@mail.ru

**Виктория Дмитриевна Павлидис**, д-р пед. наук, профессор, профессор кафедры  
E-mail: pavlidis@mail.ru

**Юрий Иванович Федоров**, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры  
E-mail: yurf0023@mail.ru

Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург

В работе определены основные направления модернизации технологической линии по производству полутвердых сыров, функционирующей на базе сыро-масленого завода компании ООО «Регион-трейд». Достигнуто повышение эффективности действующей технологической линии, основанное на оптимизации системы управления производственными процессами. В структурную схему системы управления включен датчик расходомера жидкости для контроля подачи сыра ДРС.М-25300, для которого сформирован дополнительный канал обратной связи, и подключен программируемый логический контроллер Owen KMV1-230.P, к которому подведены каналы обратной связи всех функциональных элементов системы управления. Математическая модель системы управления производственными процессами представлена обобщенной передаточной функцией системы, верификация которой проведена в среде динамического моделирования SimInTech, в результате чего получены оценки качественных показателей системы управления до и после модернизации. Расчеты, выполненные с помощью авторского программного средства (программа оценки качественных показателей линейных динамических систем), показали снижение времени регулирования с 11,1 до 2,9 с и повышение степени устойчивости системы с 0,27 до 1,03, надежность системы после модернизации не изменилась и определялась на уровне не менее 90 %. Устойчивость и быстродействие системы управления после модернизации возросли, что способствовало повышению эффективности и функциональности технологической линии по производству полутвердых сыров. Для оценки качества готового продукта проводились серии сканирований анализатором FOODSCAN образцов проб полутвердого сыра до и после модернизации, определялся суммарный показатель качества. Зафиксировано повышение данного показателя на 10,3 %. Прогнозируемый срок окупаемости модернизации составляет 3 мес., расчетная экономическая выгода от модернизации составит 4 руб. на каждый рубль капитальных вложений.

**Ключевые слова:** технологическая линия, полутвердые сыры, система управления, модернизация, эффективность, показатели качества

**Для цитирования:** Чкалова, М. В. Модернизация системы автоматизированного управления технологической линией по производству полутвердых сыров / М. В. Чкалова, В. Д. Павлидис, Ю. И. Федоров // Сыроделие и маслоделие. 2025. № 3. С. 86–94. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-3-29>



## Введение

В рамках задачи обеспечения населения РФ высококачественными продуктами молочного производства проблема повышения качества сыров становится весьма актуальной. С нею непосредственно связана необходимость повышения эффективности технологической линии за счет автоматизации производственных процессов.

С учетом динамичного развития технологий и повышения требований к качеству продукции, существующая система управления требует обновления и оптимизации, что будет способствовать повышению эффективности производства, снижению затрат и улучшению качества готового продукта [1, 2].

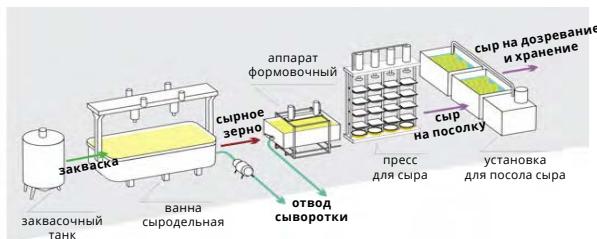
Исследование проводилось на базе сыро-масленого завода компании ООО «Регион-трейд», производящей сырьемолочную продукцию

под торговой маркой «Пестравка», которая не раз была удостоена золотых медалей на престижных региональных, федеральных и международных конкурсах. На сегодняшний день предприятие испытывает ряд проблем, связанных с автоматизацией действующей технологической линии по производству полутвердых сыров, что мешает достижению более высокого уровня качества продукции.

**Целью данной работы** является разработка и обоснование технического решения повышения эффективности функционирующей технологической линии по производству полутвердых сыров.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- определен способ модернизации технологической линии по производству полутвердых сыров;
- разработано инженерно-техническое решение по модернизации системы управления;
- проведена оценка качества готовой продукции в процессе моделирования эффективности системы управления технологической линии по производству полутвердых сыров;
- проведена оценка экономической эффективности модернизации.



**Рисунок 1. Принципиальная схема технологической линии по производству полутвердых сыров**

**Таблица 1. Основные показатели качества полутвердого сыра**

Показатель	Критерии	Описание	Функциональный элемент технологической линии
Внешний вид	Цвет	Зависит от вида сыра	Ванна сыроделия
	Форма	Без дефектов	
	Консистенция	Однородная	
Аромат	Насыщенность	Характерный аромат	Ванна сыроделия
	Свежесть	Чистый и приятный аромат	
	Соленость	Сбалансированная	
Вкус	Кислотность	Сбалансированная	Заквасочный танк
	Твердость	Зависит от вида сыра	
	Жирность	Равномерная	
Текстура	Резистентность	Удержание формы	Формировочный аппарат

## Объекты и методы исследования

Технологическая линия по производству полутвердых сыров, предназначенная для изготавления блочного сыра, представлена своей принципиальной схемой на рисунке 1 [3–6].

Под эффективностью функционирования технологической линии по производству полутвердых сыров будем понимать наилучшую результативность ее работы при минимуме всех возможных затрат [7]. Структурная схема эффективности технической системы показана на рисунке 2.

Готовый сыр оценивается по ряду качественных характеристик, которые влияют на его внешний вид, вкусовые свойства, текстуру, аромат и сохраняемость [8]. Основные показатели качества для оценки готового полутвердого сыра представлены в таблице 1.

Существенную роль в технологическом процессе играет анализатор сыра, который является важным инструментом для контроля и оценки качества сыра, обеспечивая стабильность производства и соответствие стандартам [8]. В ходе исследования использовался анализатор сыров и твердых и вязких молочных продуктов FoodScan, который требует



**Рисунок 2. Структурная схема эффективности функционирования технологической линии по производству полутвердых сыров**



Источник изображения: freepik.com

минимальной подготовки проб и выдает результаты за 50 с. Авторами предложен контрольный параметр качества готового продукта – суммарный показатель качества (СПК), который включает в себя основные физико-химические показатели качества сыра: массовая доля влаги (МДв), массовая доля белка (МДб), массовая доля жира (МДж), массовая доля поваренной соли (МДпс), массовая доля кисломолочных микроорганизмов (МДкм):

$$СПК = МДв + МДб + МДж + МДпс + МДкм \quad (1)$$

Проанализируем влияние системы управления технологическим процессом производства полутвердого сыра (с точки зрения наличия каналов обратной связи и устройств обратной связи) на показатели качества готового продукта (рис. 3) [8].

Влияние системы управления производственным процессом на качество готового продукта выражается в следующем: минимизация влияния оператора и снижение риска ошибок; регулирование параметров производства и предотвращение появления дефектов в готовом продукте; отслеживание соответствия продукции стандартам качества на различных этапах производства с помощью устройств обратной связи; снижение затрат на производство и повышение эффективности технологических процессов (табл. 2).



Примечание: УОС – устройство обратной связи

**Рисунок 3. Схема влияния функциональных элементов системы управления на информативность о состоянии технологического процесса**

**Таблица 2. Физико-химические показатели качества полутвердого сыра и связанные с ними функциональные элементы системы управления**

Показатель	Значение, % на 1 г массы	Функциональные элементы	Устройство обратной связи контроля показателей
Массовая доля влаги (МДв)	$64,0 \pm 1,0$	Ванна сырodelьная	Датчик влажности
Массовая доля белка (МДб)	$22,0 \pm 1,0$	Заквасочный танк, ванна сырodelьная	Датчик pH
Массовая доля жира (МДж)	$50,5 \pm 1,0$	Ванна сырodelьная	
Массовая доля поваренной соли (МДпс)	$2,5 \pm 0,5$	Установка для посола сыра	Датчик концентрации соли
Массовая доля кисломолочных микроорганизмов (МДкм)	$133 \times 10^3$	Заквасочный танк, ванна сырodelьная	Датчик pH

## Результаты и их обсуждение

Предложенная авторами модернизация системы управления технологической линией по производству полутвердого сыра включает в себя следующие этапы:

- установка датчика расходомера жидкости для контроля подачи сырья;
- формирование дополнительного канала обратной связи для датчика расходомера;
- подключение программируемого логического контроллера и подведение к нему всех каналов обратной связи.

В качестве управляющего элемента системы был выбран программный комплекс для управления пастеризаторами и сырными ваннами Owen КМУ1 (модификация КМУ1-230.Р), состоящий из контроллера и сенсорной панели оператора. Контроллер оснащен специализированным программным обеспечением, а панель оператора имеет визуализацию, подготовленную для работы с технологическим процессом пищевого производства.

Датчик расходомера сырной массы должен обладать следующими характеристиками: точность, гигиеничность, устойчивость к агрессивным средам, надежность. С учетом специфики сырной массы (вязкая, неоднородная структура, наличие твердых частиц) были выбраны датчики российского производства ДРС.М-25300, ТЕМПЕР-2, подходящие для данной технологической линии, проведен их сравнительный анализ (табл. 3) [9–11].

Таким образом, наиболее подходящим вариантом для данной линии по производству полутвердого сыра является датчик расходомера ДРС.М-25300.



Источник изображения: freepik.com

Таблица 3. Сравнение характеристик выбранных датчиков

Характеристика	ДРС.М-25300	ТЕМПЕР-2
Тип датчика	Кориолисовый расходомер	Ультразвуковой расходомер
Принцип действия	Измерение ЭДС, возникающей при движении проводящей жидкости в магнитном поле	Измерение разницы времени прохождения ультразвукового сигнала по потоку и против потока
Диапазон измерения	0,03–10 м/с	0,01–10 м/с
Точность	± 1 %	± 2,5 %
Диаметр трубопровода	DN 10	DN 15
Материалы корпуса	Нержавеющая сталь, полипропилен	Нержавеющая сталь, титан, алюминий
Рабочая температура	–40 ... +150 °C	–30 ... +150 °C
Рабочее давление	До 1,6 МПа	До 1,6 МПа
Интерфейсы	RS-485, HART, токовый выход	RS-485, Modbus, M-Bus, импульсный выход



Источник изображения: freepik.com

На основе принципиальной схемы технической системы, нормативных документов и мемосхем, выданных на предприятии, была построена функциональная схема системы управления до и после модернизации (рис. 4) [11].

На основание нормативного документа «Технологические параметры и технические характеристики оборудования», выданного на предприятии, получена таблица динамических звеньев с определением коэффициентов каждого звена (табл. 4)<sup>1</sup> [11].

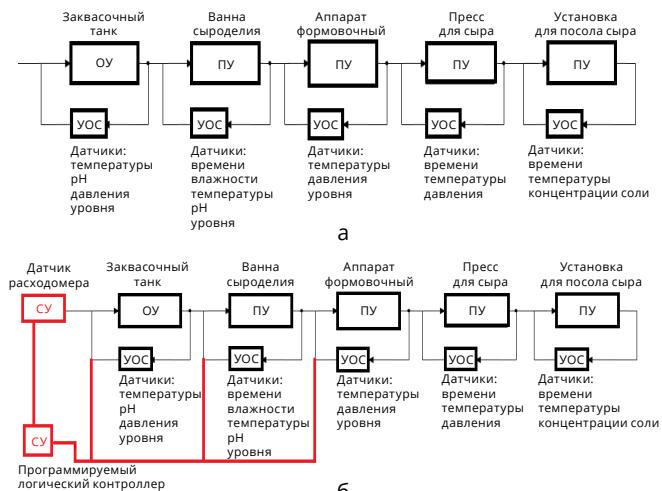


Рисунок 4. Функциональная схема системы управления технологической линией:  
а) до модернизации; б) после модернизации

Таблица 4. Динамические звенья и коэффициенты передаточных функций

Элемент функциональной схемы	Элемент технической системы	Динамические звенья и передаточные функции	Значения коэффициентов
Сравнивающее устройство (СУ)	Датчик расходомера	$W(s) = \frac{K}{Ts + 1}$ инерционное 1-го порядка	$K = 12$ $T = 0,05$
Объект управления (ОУ)	Заквасочный танк	$W(s) = \frac{Ks}{Ts + 1}$ инерционно-дифференцирующее	$K = 30$ $T = 1,3$
Преобразующие устройства (ПУ)	Ванна сырородельная	$W(s) = \frac{K}{Ts + 1}$ инерционное 1-го порядка	$K = 18$ $T = 0,16$
	Аппарат формировочный		
	Пресс для сыра	$W(s) = \frac{K}{T^2s^2 + 2BTs + 1}$ колебательное	$K = 7$ $T = 0,7$ $B = 0,06$
	Установка для посола сыра		
Регулирующий орган (РО)	Программируемый логический контроллер	$W(s) = \frac{T_1s + 1}{T_2s + 1}$ инерционно-форсирующее	$T_1 = 23$ $T_2 = 14$
	Датчик температуры рН уровень		
Устройство обратной связи (УОС)	Датчик времени	$W(s) = K$ усилительное	$K = 0,7$
	Датчик влажности		
	Датчик концентрации соли		

<sup>1</sup>Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664211 РФ. Программа расчета качественных показателей линейных динамических систем: № 2022663564: заявл. 12.07.2022: опубл. 26.07.2022 / В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова, Д. Р. Хафизов, А. А. Степанов.

На основание функциональной схемы и динамических звеньев из таблицы 4 была построена структурная схема системы управления до и после модернизации (рис. 5).

Визуализация и расчеты базовых качественных показателей системы управления (устойчивости, надежности и быстродействия) проводились в среде динамического моделирования технических систем SimInTech<sup>2</sup> [11].

Визуализируем время регулирования на графике переходного процесса до и после проведенной модернизации (рис. 6), где красная линия – уровень стабилизации параметров процесса управления, зеленая линия – график переходного процесса.

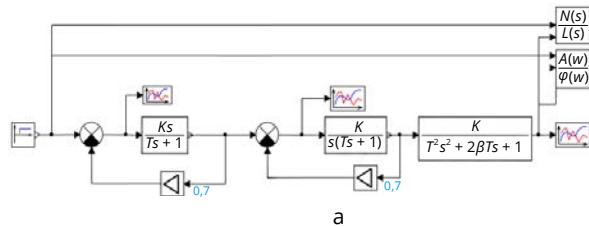


Рисунок 5. Структурная схема системы управления: а) до модернизации; б) после модернизации

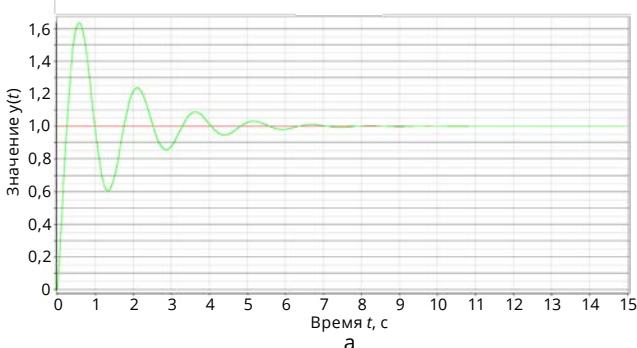


Рисунок 6. График переходного процесса АСУ ТП производства полутвердого сыра:  
а) до модернизации; б) после модернизации

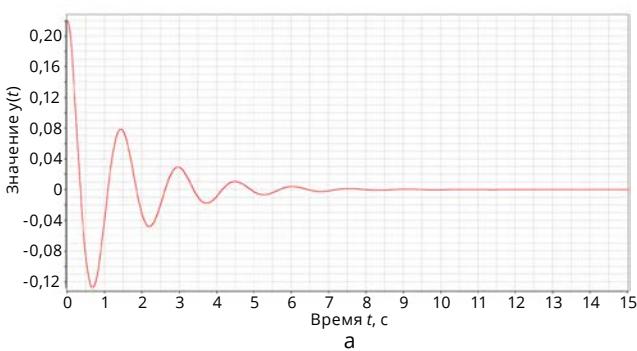


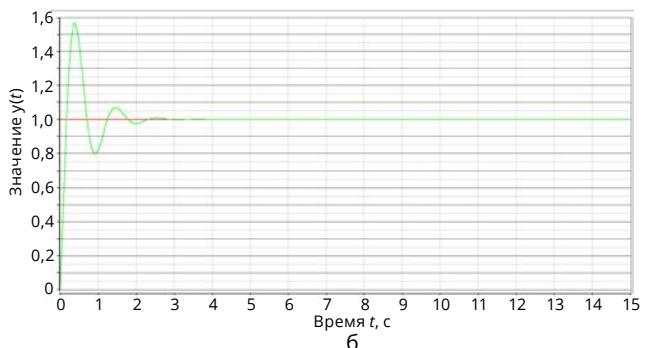
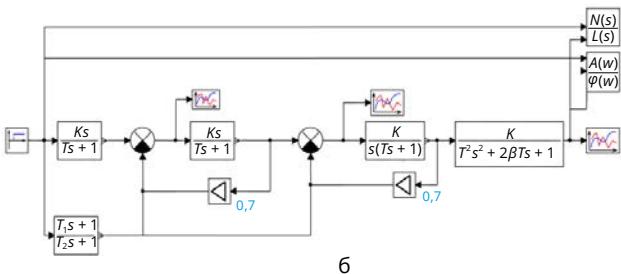
Рисунок 7. График ошибки рассогласования АСУ ТП производства полутвердого сыра:  
а) до модернизации; б) после модернизации

Визуализируем динамическую ошибку регулирования на графике ошибки рассогласования до и после проведенной модернизации (рис. 7).

В качестве инженерно-математической модели системы управления технологической линией по производству полутвердых сыров были приняты передаточные функции системы управления до модернизации (2) и после модернизации (3):

$$W(s) = \frac{37,92s^3 + 62,45s^2 + 32,61s + 7,95}{s^5 + 11,44s^4 + 14,04s^3 + 8,27s^2 + 2,82s + 7,95} \quad (2)$$

$$W(s) = \frac{4,80s^5 + 6,49s^4 + 10,14s^3 + 5,35s^2 + 9,03s + 10,51}{s^6 + 11,41s^5 + 15,45s^4 + 10,19s^3 + 4,58s^2 + 8,27s + 10,51} \quad (3)$$



<sup>2</sup>Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664211 РФ...

Оценки качественных показателей были получены корневым методом<sup>3</sup>: устойчивость системы управления оценивалась степенью устойчивости  $\eta_0$ ; быстродействие системы оценивалось временем регулирования  $t_p \geq 3/\eta_0$ ; надежность системы оценивалась динамической ошибкой регулирования:

$$\sigma < e^{-\frac{\pi}{\mu}} \times 100 \%, \text{ где } \mu = \left| \frac{\beta}{\alpha} \right|_{\max} \quad (4)$$

где  $\alpha$  – действительная,  $\beta$  – мнимая часть характеристических корней передаточной функции (табл. 5).

Таким образом, оценки качественных показателей системы управления технологической линией по производству полутвердых сыров, полученные корневым и графическим методами, свидетельствуют о том, что основные принципы управления после модернизации не нарушены, быстродействие и устойчивость системы улучшены, надежность системы остается на прежнем уровне, не менее 90 %.

Проведем моделирование эффективности технической системы, выделяя структурный показатель – качество готовой продукции. Для этого рассчитаем суммарный показатель качества после серий сканирований 10 проб полутвердого сыра до и после модернизации с помощью анализатора FOODSCAN [12].

Аналоговый сигнал после сканирования образца с помощью интеллектуального модуля сканера переводиться в цифровой сигнал, который интерпретируется в виде значений массовых долей (табл. 6).

Таким образом, увеличение суммарного показателя качества на 10,3 % свидетельствует об улучшении качества готового продукта после модернизации системы управления технологической линией по производству полутвердых сыров.

**Таблица 5. Качественные показатели системы управления до и после модернизации**

Оценки качественных показателей	До модернизации	После модернизации
Корни характеристического многочлена	$S_1 = -100,4 + 0i$ $S_2 = -0,27 + 0,34i$ $S_3 = -0,27 - 0,34i$ $S_4 = -6,13 + 1,87i$ $S_5 = -6,13 - 1,87i$ в области устойчивости	$S_1 = -100,08 + 0i$ $S_2 = -1,98 + 1,91i$ $S_3 = -1,98 - 1,91i$ $S_4 = -1,03 + 0i$ $S_5 = -6,5 + 0i$ $S_6 = -3,35 + 0i$ в области устойчивости
Степень устойчивости ( $\eta$ )	0,27	1,03
Время регулирования ( $t_p$ ), с, не менее	11,1	2,9
Динамическая ошибка регулирования ( $\sigma$ ), %, не более	3,9	3,7

**Таблица 6. Результаты сканирования образцов по сериям испытаний анализатором FOODSCAN**

До модернизации						После модернизации					
№	МДв	МДб	МДж	МДпс	МДкм	№	МДв	МДб	МДж	МДпс	МДкм
1	63,2	20,5	50,2	2,7	132,1	1	63,2	21,8	50,2	2,7	133,4
2	63,0	21,0	50,1	2,9	131,9	2	63,8	21,0	50,6	2,9	133,0
3	63,9	20,1	50,6	2,4	132,0	3	63,7	21,3	50,0	2,1	132,9
4	63,5	20,8	50,5	2,1	131,8	4	63,2	21,7	50,4	2,3	133,1
5	64,1	20,9	50,0	2,3	131,2	5	63,6	22,1	50,3	2,8	132,8
6	63,7	20,4	50,4	2,5	132,2	6	63,5	21,9	50,1	3,0	133,0
7	63,2	20,6	50,3	2,8	131,7	7	63,0	21,6	50,2	2,2	133,3
8	63,6	20,8	50,3	3,0	131,5	8	63,8	21,4	50,5	2,4	133,0
9	63,8	20,3	50,1	2,2	132,0	9	63,9	22,0	50,2	2,2	133,2
10	63,7	20,9	50,4	2,3	132,3	10	64,1	21,5	50,6	2,5	132,9
Ср. зн.	63,2	20,9	50,2	2,7	132,1	Ср. зн.	64,2	22,8	50,2	2,7	133,4
СПК	261,1					СПК	287,9				

Примечание: МДв – массовая доля влаги; МДб – массовая доля белка; МДж – массовая доля жира, МДпс – массовая доля поваренной соли, МДкм – массовая доля кисломолочных микроорганизмов, СПК – суммарный показатель качества.

<sup>3</sup>Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664211 РФ...

Годовой экономический эффект от модернизации системы управления технологической линией по производству полутвердых сыров ( $\mathcal{E}_{год}$ , руб.) может быть определен следующим образом<sup>4,5</sup>:

$$\mathcal{E}_{год} = \Delta\Pi - E_n \times K_{ед} \quad (6)$$

где  $\Delta\Pi$  – прирост прибыли, вызванный внедрением средств автоматизации (в данном случае равен условно-годовой экономии), руб.;  $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности средств автоматизации;  $K_{ед}$  – доля средств капитальных вложений, относящихся к представленной технологической линии, руб.

$$\mathcal{E}_{год} = 120\,000 - 0,17 \times 30\,000 = 114\,900 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости затрат на модернизацию ( $T_{ок}$ , мес.), показывающий время, в течение которого капитальные вложения окупят себя за счет дополнительной прибыли или экономии, определялся по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{ед}}{\Delta\Pi} \quad (7)$$

$$T_{ок} = \frac{30\,000}{120\,000} = 0,25 \text{ г.} = 3 \text{ мес.}$$

Коэффициент экономической эффективности ( $K_{эф}$ ), показывающий, какая экономия будет получена после модернизации системы управления на каждый рубль капитальных вложений, рассчитывался по формуле:

$$K_{эф} = \frac{\Delta\Pi}{K_{ед}} \quad (8)$$

$$K_{эф} = \frac{120\,000}{30\,000} = 4$$

Проведенные расчеты показывают, что проект модернизации технологической линии можно признать эффективным и экономически целесообразным.

## Выводы

В результате выполнения технического задания заказчика авторами было предложено инженерно-техническое решение проблемы повышения эффективности технологической линии по производству полутвердых сыров.



Источник изображения: freepik.com

<sup>4</sup>Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023661064 РФ. Программа расчета инженерной эффективности модернизации автоматизированной системы управления технологическим процессом: № 2023660254: заявл. 22.05.2023: опубл. 29.05.2023 / В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова, К. В. Скопинцев, А. А. Степанов.

<sup>5</sup>Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615845 Российской Федерации. Программа расчета экономической эффективности модернизации автоматизированной системы управления технологическим процессом: № 2023613153: заявл. 21.02.2023: опубл. 20.03.2023 / В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова, В. Ю. Скопинцева, А. А. Степанов.

Проведенная модернизация системы управления привела к улучшению быстродействия за счет снижения времени регулирования с 11,1 до 2,9 с и повышению устойчивости системы за счет увеличения степени устойчивости с 0,27 до 1,03.

Оценка качества готовой продукции в процессе моделирования эффективности системы управления технологической линией показала увеличение суммарного показателя качества на 10,3 % и соответственно – улучшение качества готового продукта.

Экономическая выгода от модернизации системы управления технологической линией по производству полутвердого сыра составила 4 руб. на каждый вложенный рубль.

Небольшой объем относительно недорого оборудования для модернизации системы управления и типовое управляемое программное обеспечение позволят с минимальными изменениями тиражировать предложенное авторами решение. ■

Поступила в редакцию: 11.04.2025  
Принята в печать: 12.08.2025

## Advanced Automated Control for Semi-Hard Cheese Production Line

Marina V. Chkalova, Victoria D. Pavlidis, Yuri I. Fedorov  
Orenburg State Agrarian University, Orenburg

The paper introduces the case of modernizing a semi-hard cheese production line at the OOO Region-treid cheese and butter plant, Samara, Russia. An optimized control system allowed the plant to increase its performance. The modernization involved a flux meter sensor DRS.M-25300 to monitor the supply of raw materials, an additional feedback channel, and a programmable logic controller Owen KMU1-230.R, connected to all functional feedback channels. The mathematical model of the production control system was represented as a generalized transfer function verified in the SimInTech dynamic modeling environment: it compared the quality indicators before and after modernization. The authors developed a software for assessing the quality indicators of the linear dynamic systems. As a result, the control time dropped from 11.1 s to 2.9 s while the system stability increased from 0.27 to 1.03. After the modernization, the system retained its original reliability of 90%. The control system demonstrated a higher stability and speed, which improved the performance of the technological line. The quality of the finished product before and after modernization was assessed using a FOODSCAN analyzer. The total quality indicator increased by 10.3%. For the payback period of 3 months, the estimated economic benefit was 4 rubles per 1 ruble of capital investment.

**Keywords:** technological line, semi-hard cheese, control system, modernization, efficiency, quality indicators

### Список литературы

1. Шапошникова, Е. С. Технология и этапы производства сыра / Е. С. Шапошникова, Д. Н. Катусов // Приднепровский научный вестник. 2024. Т. 1, № 2. С. 186–191. <https://elibrary.ru/vboljs>
2. Popova, A. Yu. Risk analysis as a strategic sphere in providing food products safety / A. Yu. Popova // Health Risk Analysis. 2018. Vol. 4. P. 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.4.01.eng>; <https://elibrary.ru/vhbaif>
3. Васючкова, Д. Н. Технология производства полутвердых сычужных сыров / Д. Н. Васючкова, И. В. Гаврюшина // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 184–186. <https://elibrary.ru/wvntdj>
4. Богданов, А. С. Технология производства полутвердых сыров / А. С. Богданов, Я. С. Павлова // Молодежь и наука. 2022. № 5. <https://elibrary.ru/pjgrps>
5. Золотарев, Е. Н. Сыры с мытой коркой. Особенности технологии производства / Е. Н. Золотарев, Г. Н. Рогов // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 1. С. 26–33. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2024-1-6>; <https://elibrary.ru/npnjej>
6. Бабкина, Н. Г. Основные тренды и технологические аспекты производства полутвердых сыров. Функции заквасочной и защитной микрофлоры / Н. Г. Бабкина // Сыроделие и маслоделие. 2021. № 1. С. 22–24. <https://elibrary.ru/udrwaq>
7. Борцова, Е. Л. Системный подход к управлению качеством молочной продукции / Е. Л. Борцова, Л. Ю. Лаврова, С. А. Ермаков // Молочная промышленность. 2022. № 12. С. 36–38. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2022-12-36-38>; <https://elibrary.ru/uwugcs>
8. Драгич, О. А. Оценка качества твердых сыров, реализуемых в торговой сети / О. А. Драгич, К. А. Сидорова, Н. Н. Рябова // АгроЭкоИнфо. 2018. № 4(34). С. 27. <https://elibrary.ru/vsgkbi>
9. Плотников, А. П. Система автоматизированного управления производством продукции на основе принципов теории автоматического управления / А. П. Плотников, П. А. Плотников // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2017. Т. 17, № 1. С. 44–49. <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2017-17-1-44-49>; <https://elibrary.ru/yjvwan>
10. Ишмухаметова, А. А. Модернизация автоматизированной системы управления процессом приготовления сыра / А. А. Ишмухаметова, А. Е. Остапенко, Е. В. Одинокова // Научное пространство: актуальные вопросы, достижения и перспективы развития: Сборник научных трудов по материалам XV Международной научно-практической конференции. – Анапа: Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов, 2023. – С. 15–19. <https://elibrary.ru/jqvprj>
11. Кажанов, С. М. Разработка системы автоматического управления технологической линией по производству полутвердых сыров / С. М. Кажанов, В. Д. Павлидис // В фокусе достижений молодежной науки: материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции. – Оренбург: ООО «Типография «Агентство Прессы», 2023. – С. 596–598. <https://elibrary.ru/agcvjs>
12. Маяускайте, В. Ю. Снижение вариативности показателей в производстве сыров: Почему это важно для управления процессом / В. Ю. Маяускайте // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 1. С. 54–60. <https://elibrary.ru/gzcfjs>