

Основные производственные отходы могут использоваться как готовая продукция для прямого применения, так и в качестве сырья для повторной переработки в различных отраслях.

Список использованных источников

1. Abbasov İ. Ərzaq təhlükəsizliyi və kənd təsərrüfatının prioritet istiqamətləri, Bakı: Elm və təhsil 2011-ci il.
2. Abdullayev Q.Q. Heyvandarlığın əsasları Bakı, Elm və təhsil 2012-ci il.
3. M.H. Nəsiyev, F.M.Mirzəyev, S.N.Məmmədov, A.C.İskəndərova, Q.H.Nəsiyev Qarışıq istiqamətli toyuqların bəslənmə texnologiyası. Gəncə-2019-cu il
4. Особенности применения граната при диарее. – URL: https://detdomvidnoe.ru/for_parents/11421.php (дата обращения 15.12. 2020 г.)
5. Qardaşov Z.Ə. Qurbanov X.H. Meyvə tullantıları nar qabığı və onun səcəsinin quşlar üçün qarışıq yem hazırlanmasında mexanikləşdirilmiş texnologiyaların işlənməsi və əsaslandırılması AKTA-nın elmi əsərləri, I buraxılış, 2007-ci il.
6. Перспективный рынок гранатов и продуктов переработки. – URL: <https://agronews.uz/tag/granaty/>(дата обращения 17.04.2022 г).
7. Гваладзе Г.Д. Безотходная комплексная технология переработки плодов граната/Г.Д. Гваладзе// Пищевая промышленность. – 2010. – №7. – С. 12–13.
8. Понос у кур – несусек. – URL: <https://svoya-ptica.com/ponos-u-kur-nesushek> (дата обращения 11.12. 2020 г.).
9. <http://agro.gov.az>
10. <https://www.stat.gov.az/>

УДК 631.171

Е.С. Якубовская, *ст. преподаватель*,

Н.Ю. Щепко, *студент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, ylena.asup@bsatu.by*

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА В ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ВИТАМИНИЗИРОВАННОГО МОЛОКА

Ключевые слова: витаминизированное молоко, система автоматического регулирования, температура, пастеризация, качество регулирования.

Keywords: fortified milk, automatic control system, temperature, pasteurization, control quality.

Аннотация: Одним из значимых параметров в производстве витаминизированного молока является его температура, при которой происходит пастеризация. В статье показаны результаты моделирования системы автоматического регулирования температуры пастеризации молока в линии производства витаминизированного молока.

Summary: One of the significant parameters in the production of fortified milk is its temperature, at which pasteurization occurs. The article shows the results of modeling the automatic temperature control system for milk pasteurization in the fortified milk production line.

Качество производства молочной продукции определяется точностью поддержания технологических параметров. Обеспечить это условие можно при использовании эффективной системы автоматического управления технологической линией или производством в целом. На этапе разработки системы требуется определить, объем автоматизации, требования к системе, оценить какое качество регулирования будет обеспечено. Это в свою очередь требует моделирования работы системы и выявления оптимальных параметров настройки программного регулятора.

Объем автоматизации линии можно определить, если точно установить алгоритм функционирования линии. Так линия производства витаминизированного молока работает следующим образом (рисунок 1).

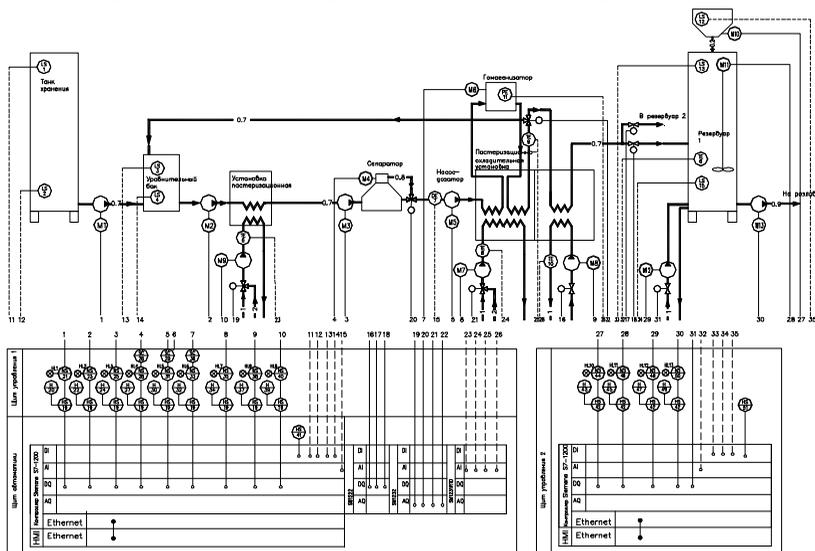


Рисунок 1 – Схема автоматизации линии по производству витаминизированного молока

Молоко из танка охладителя через уравнильный бак (для стабилизации его расхода) подается в первую установку пастеризации, где должен обеспечиваться его подогрев до температуры 40-50 °С. Далее происходит нормализация молока до нужной жирности в сепараторе. После этого молоко с помощью насоса-дозатора подается во вторую

установку пастеризации, где происходит пастеризация при температуре 78 °С в течение 20 с. Гомогенизированное молоко подается в резервуар для охлаждения до температуры 6 ± 2 °С. После охлаждения с помощью дозатора в молоко дозируется витамин С в порошке при перемешивании в течение 20 мин. Промежуточное хранение в резервуаре может быть обеспечено в течение не более 6 часов, после чего молоко поступает на розлив и далее может храниться при температуре 4 ± 2 °С не более 5 суток.

Технологические требования состоят в необходимости поддержания заданной температуры молока в пастеризационных установках, резервуаре, требуемой жирности, точном дозировании витамина С на заданный объем молока в резервуаре. Кроме того, должна быть обеспечена согласованная работа оборудования линии при стабилизированном расходе молока в потоке.

Для контроля уровня заполнения в танке, уравнильном баке, резервуарах должны быть установлены датчики уровня. Для контроля и точное регулирования температуры молока должна контролироваться его температура после секции нагрева пастеризационной установки, а также в резервуаре. Кроме того, контролируется температура горячей воды в секциях нагрева пастеризационных установок и холодной воды в секции охлаждения. Для обеспечения заданной жирности молока ее также необходимо контролировать датчиком в потоке. Информация о данных параметрах поступает на входы контроллера, который реализует алгоритм управления линией. Отображение информации о параметрах осуществляется на панели оператора. Кроме того, одновременно информация о состояниях параметров может передаваться удаленно на интернет-сайт для оперативного анализа и принятия решений или на верхний уровень управления для анализа работы предприятия в целом.

Автоматизированная система управления на базе контроллера выполняет следующие функции: управление работой оборудования линии (по правилам работы поточной линии), регулирование температуры пастеризации молока, поддержание температуры охлаждения молока, точное дозирование витамина С, контроль уровня по технологическим емкостям (функция визуализации).

Качество витаминизированного молока зависит от точности поддержания температуры его пастеризации, а также дозирования витамина С.

Пастеризационная установка как объект автоматизации, как показывают исследования [1, с. 149], описывается математически передаточной функцией апериодического звена первого порядка с запаздыванием:

$$W(S) = \frac{k_i}{T_i S + 1} j^{-\tau_i S}, \quad (1)$$

где k_0 – коэффициент передачи (2300);

T_0 – постоянная времени (369 с);

S – оператор Лапласа;
 τ_0 – время запаздывания (12 с).

Кроме объекта автоматизации ОА в контур регулирования входит (рисунок 2): датчик температуры Д, регулятор Р, функцию которого выполняет контроллер, клапан подачи пара Кл для обеспечения температуры горячей воды в секции нагрева. Управляемая величина – температура пастеризации молока Θ_m ; управляющая – температура горячей воды Θ_n , возмущающее – наружная температура Θ_n . Кроме того, в процессе работы установки на пластинах пастеризатора может осаждаться белок и это также искажает свойства объекта автоматизации. Регулятор определяет сигнал ошибки и формирует управляющее воздействие в виде напряжения U на клапан, который изменяет подачу пара.

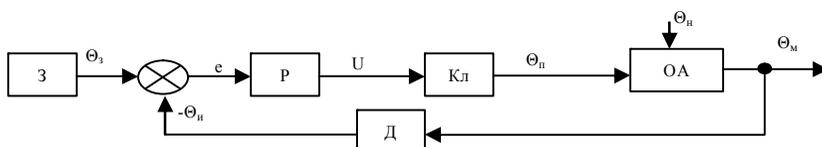


Рисунок 2 – Функциональная схема контура регулирования температуры пастеризации молока: З – задатчик, Р – регулятор (контроллер), Кл – клапан, ОА – объект автоматизации, Д – датчик

Определив математическое описание всех звеньев контура регулирования получаем структурную схему (рисунок 3), адаптированную для моделирования в пакете MATLAB [2].

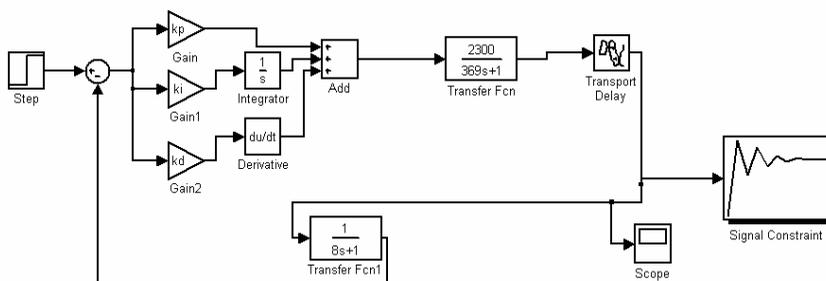


Рисунок 3 – Структурная алгоритмическая схема контура регулирования температуры пастеризации молока

Оптимизацию проведем с помощью блока Signal Constraint по переходной функции объекта, подав на вход единичное ступенчатое воздействие и задав следующие ограничения: перерегулирование не более 20%, статическая ошибка должна отсутствовать, время регулирования не более

200 с. Варьируемые переменные – k_p (коэффициент пропорциональности), k_i (коэффициент интегрирования), k_d (коэффициент дифференцирования).

В результате подбора параметров (рисунок 4) заикливание происходит в точке со следующими значениями коэффициентов настройки: коэффициент пропорциональности – 0,003, интегрирования – $6 \cdot 10^{-6}$, дифференцирования – 0,05. Данные значения должны быть установлены в программном регуляторе, реализуемом в контроллере, чтобы обеспечить требуемую точность поддержания температуры пастеризации.

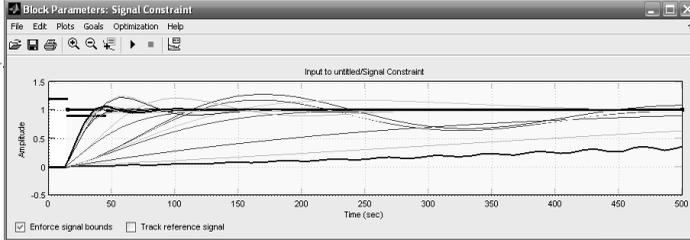


Рисунок 4 – Подбор параметров настройки регулятора в контуре регулирования температуры пастеризации молока

Результаты моделирования работы системы автоматического регулирования показали приемлемое качество регулирования (рисунок 5), выражаемое следующими параметрами: статическая ошибка отсутствует, перерегулирование – 10%, время регулирования 130 с.

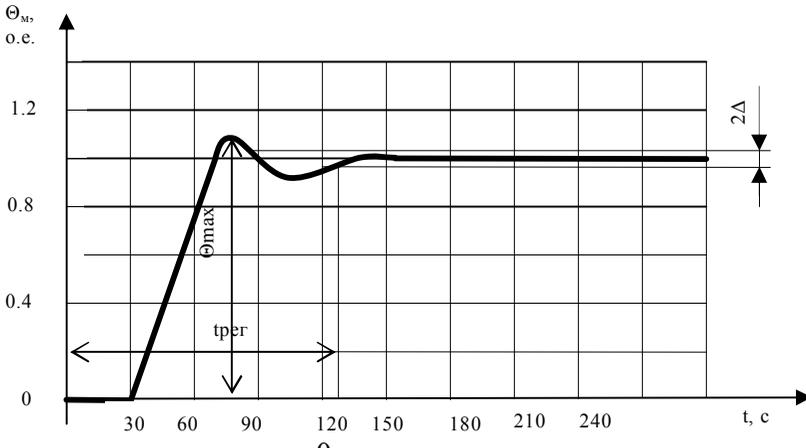


Рисунок 5 – Переходной процесс оптимизированной системы автоматического регулирования

Использование современных технических средств автоматизации позволяет обеспечить визуализацию управления и контроль за технологическим процессом, оперативное удаленное управление и в целом комплексную автоматизацию, что является основой для цифровой трансформации производства.

Список использованной литературы

1. Якубовская, Е.С. Автоматизация технологических процессов и оборудования в АПК. Лабораторный практикум : учебное пособие / Е.С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2024. – 308 с.
2. Дьяконов, В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6® в математике и моделировании. Сер. «Библиотека профессионала» / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с.

УДК 631.17

М.В. Чкалова, канд. техн. наук, доцент

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург
e-mail: chkalovamv@mail.ru*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИКОРМОВ

Ключевые слова: смесители, технологические параметры, комбинированные корма, оптимизация.

Keywords: mixers, technological parameters, combined feeds, optimization.

Аннотация: в статье представлен анализ технико-технологических характеристик оборудования для смешивания комбинированных кормов, определены базовые параметры оптимизации процесса смешивания. Выделение инвариантных показателей эксплуатации смесителей в промышленном производстве комбикормов определил методику построения оптимизационной модели выбора оборудования для смешивания.

Summary: the article presents an analysis of the technical and technological characteristics of equipment for mixing compound feeds, and defines the basic parameters for optimizing the mixing process. The selection of invariant indicators of mixer operation in industrial production of compound feeds determined the methodology for constructing an optimization model for selecting equipment for mixing.

Введение. Автором статьи рассматриваются некоторые аспекты проблемы повышения эффективности оборудования для смешивания в процессе приготовления комбинированных кормов. Целью проведенного исследования является анализ инженерно-технологических параметров