

Список использованных источников

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 г. [Электронный ресурс]. <http://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html>. Дата доступа: 20.05.2019.
2. Навигационная система gps контроля транспорта для предприятий. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://beltranssat.by/news/sistema-navigacii-dlya-avtomobiley.html>. Дата доступа: 21.05.2019.
3. Оптимизация работы автотранспортных предприятий: методические указания для выполнения дипломных работ по специальности 1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии» / БГАТУ, кафедра моделирования и прогнозирования экономики АПК; сост. Б.М. Астрахан. – Минск. 2005. – 30 с.
4. Геронимус, Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте / Б.Л. Геронимус, Л.В. Царфин. – Москва: Транспорт, 1988. – 192 с.
5. Задача коммивояжера и ее применение в сельском хозяйстве. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zadacha-kommivoyazhera-i-eyo-primenenie-v-selskom-hozyaystve>. Дата доступа: 21.05.2019.

**Abstract.** The technique of optimization of supply routes through the use of information technology software package mathematical modeling MATLAB.

УДК 631.171

**Якубовская Е.С.**, старший преподаватель;

**Тарновский В.Ю.**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОГО  
ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАСТЕРИЗАЦИИ  
МОЛОКА ЛИНИИ ТВОРОГОИЗГОТОВЛЕНИЯ**

*Аннотация.* Повысить качество производства молочной продукции можно только при условии точного поддержания техноло-

*гических параметров. Основным таким параметром в процессе изготовления творога является температура пастеризации молока. Оптимизация процесса поддержания температуры требует проведения моделирования действия микропроцессорной системы автоматического управления.*

Качество производства молочной продукции определяется в первую очередь точностью поддержания технологических параметров. За поддержание технологических параметров отвечает система автоматического регулирования (САР), эффективность работы которой зависит от ее настройки. Это требует тщательного анализа работы контура автоматического регулирования и проведения моделирования работы САР с целью определения параметров настройки регулятора, реализуемого, например, с помощью контроллера.

Так в состав линии приготовления творога входит танк хранения молока, молочные насосы, пастеризатор, танк для сквашивания молока, сам творогоизготовитель (рисунок 1). При включении линии в работу обеспечивается запуск насоса ЦБ2, затем ЦБ1 и молоко из танка хранения поступает в секцию I пастеризатора, где нагревается до температуры 37–40 °С, откуда поступает в сепаратор-молокоочиститель и далее во вторую секцию пастеризатора, где нагревается до 75–76 °С. Если температура молока выше 75 °С, то оно поступает в танк для сквашивания через перепускной клапан, иначе поступает в уравнильный бак. В танке каждые 20 минут с продолжительностью в одну минуту срабатывает мешалка и подается закваска. При выдержке в танке молока до 35 °С частично сквашенное молоко мембранным насосом подается творогоизготовитель, в котором поддерживается требуемый уровень продукта вентилем, оборудованным исполнительным механизмом.

Наиболее сильно влияет на процесс сквашивания молока качество пастеризации молока, которое определяется точностью поддержания температуры пастеризации. Последняя обеспечивается двумя контурами регулирования [1, с. 223]. Контур управления рециркуляцией недопастеризованного молока обеспечивает перепуск недопастеризованного молока обратно в уравнильный бак. Контур управления температурой пастеризации обеспечивает поддержание температуры горячей воды для пастеризации с помощью клапана подачи пара. Таким образом, во втором контуре следует организо-

вать непрерывное регулирование клапаном подачи пара по определенному закону плавного регулирования с помощью микропроцессорной системы управления на базе контроллера.

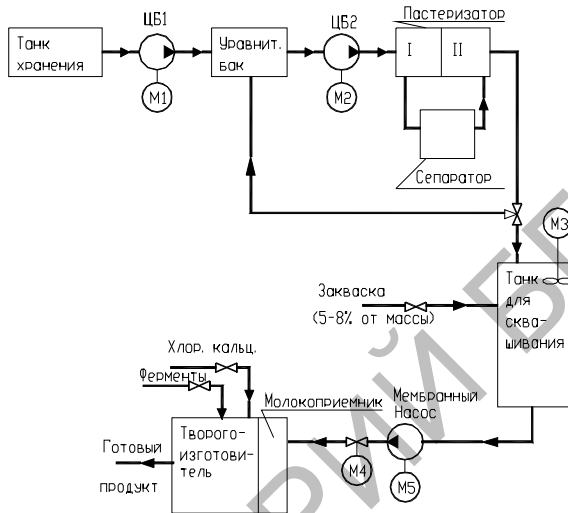


Рисунок 1 – Технологическая линия приготовления творога

При организации автоматического поддержания температуры в программе контроллера должны быть установлены настроечные коэффициенты, которые обеспечивая закон регулирования позволяют добиться оптимизации этого процесса и, следовательно, качества регулирования. Для создания модели процесса поддержания температуры пастеризации необходимо проанализировать структуру контура автоматического регулирования и получить математическое описание каждого звена.

Контур автоматического поддержания температуры пастеризации (рисунок 2) составляют сам объект регулирования – пастеризатор – представляет собой апериодическое звено 1-го порядка с запаздыванием и в модели представлен двумя звеньями, датчик температуры – также апериодическое звено 1-го порядка, регулятор, представленный тремя звеньями – пропорциональным, интегральным и дифференциальным, регулирующего органа – клапана подачи пара, на который подается плавно изменяемый сигнал напряжения.

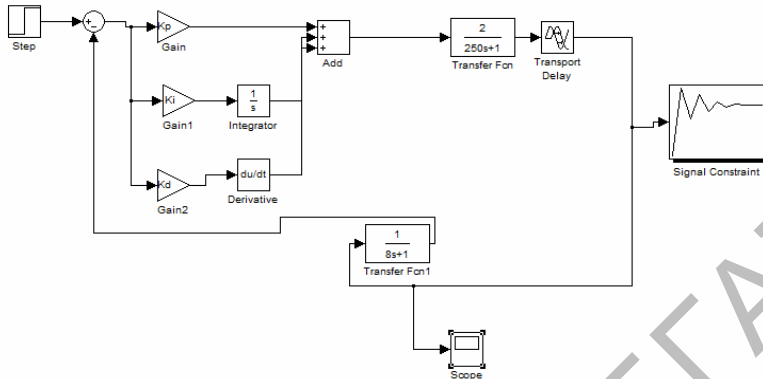


Рисунок 2 – Структурная алгоритмическая схема САР

Промоделировать процесс поддержания температуры в системе MATLAB позволяет блок Signal Constraint. В качестве критерия оптимальности выбираем аperiodический переходной процесс с параметрами: перерегулирование – не более 20%, отсутствие статической ошибки и минимальное время регулирования.

Пропорциональный регулятор дает неприемлемое качество регулирования (неустойчивая система). Поэтому проведем подбор приемлемых значений коэффициентов регулятора. Варьируемые переменные –  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ . В качестве метода оптимизации по умолчанию установлен метод градиентного спуска. Однако при использовании данного метода не удалось получить требуемые показатели переходного процесса. Кроме того, наблюдаются возрастающие колебания (неустойчивый процесс работы). Заикливание обеспечивается при параметрах:  $K_d=0.832$ ;  $K_i=-0.652$ ;  $K_p=9.47$ .

Поэтому изменим метод оптимизации на Симплекс метод, где результат гораздо лучше (отсутствуют автоколебания, нет статической ошибки). Заикливание обеспечивается при параметрах:  $K_d=154.86$ ;  $K_i=0.0438$ ;  $K_p=16.45$ . Время регулирования 38 с, перерегулирование – 10 % (что меньше 20 %).

Таким образом, добиться точности поддержания параметров в процессе пастеризации молока при изготовлении творога позволит микропроцессорная система управления, которая по сигналу датчиков обеспечит точное поддержание температуры пастеризации молока. Найденные в процессе моделирования

параметры настройки регулятора ( $K_d=154.86$ ;  $K_i=0.0438$ ;  $K_p=16.45$ ) должны быть установлены в программе контроллера и обеспечат приемлимое качество регулирования, выражаемое параметрами: перерегулирование около 10 % (что меньше 20 %), статическая ошибка отсутствует, время регулирования около 38 с.

Список использованных источников

1. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 376 с.

**Abstract.** To raise quality of manufacture of dairy production it is possible only under condition of exact maintenance of technological parameters. The basic such parameter in the course of cottage cheese manufacturing is the temperature of pasteurization of milk. Optimization of process of maintenance of temperature demands carrying out of modeling of action of microprocessor system of automatic control. Found in process of modelling parametres of adjustment of a regulator ( $K_d=154.86$ ;  $K_i=0.0438$ ;  $K_p=16.45$ ) should be established in the program of the controller and will provide приемлимое the quality of regulation expressed in parametres: reregulation about 10 % (that there are less than 20 %), a static error is absent, regulation time nearby 38 s with.

УДК 631.37:658.264(075.8)

**Клинова В.Ф.**, старший преподаватель;

**Сырокваш Н.А.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены ключевые моменты внедрения тепловых насосов в систему отопления, а также сравнительный анализ системы отопления с газовым и электродкотлом, а также тепловым насосом.