

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ
ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА В ЛИНИИ СКВАШИВАНИЯ
МОЛОКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТВОРОЖНОГО СЫРА**

Якубовская Е.С., ст. преп.,

Глобаж Д.И., студ.

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

Качество производства продукции определяется точностью поддержания технологических параметров. Обеспечить требуемую точность можно при использовании современных микропроцессорных средств управления. Однако и в этом случае для обеспечения эффективной работы таких устройств требуется обеспечить их настройку, что требует проведения моделирования работы системы в целом.

Процесс приготовления творожного сыра является процессом весьма сложным [1], требующим контроля и поддержания основных технологических параметров: строгая дозировка молока и закваски; поддержание соответствующей температуры в пастеризаторе и в танке для сквашивания; обеспечение выдержки на перемешивание молочного сырья с закваской и т.д. Для обеспечения управления процессом требуется некоторый объем технических средств, представленных на схеме автоматизации (рис. 1.)

К значимым технологическим параметрам в процессе сквашивания молока при приготовлении творожного сыра относится температура молока при пастеризации, а также в танке-созревателе. В танке-созревателе происходит остывание, поэтому достаточно просто обеспечить контроль температуры. А в пастеризаторе необходимо поддерживать температуру пастеризации с помощью контура регулирования. Так как температура молока поддерживается за счет горячей воды, циркулирующей в пастеризационной установке, то можно изменять температуру воды для поддержания температуры молока. Температура воды обеспечивается за счет впрыскивания пара. Если изменять расход пара, то будем изменять и температуру воды. Расход пара будем изменять клапаном непрерывного действия, который воспринимает изменяющийся сигнал напряжения. Сложность поддержания температуры в данном случае состоит в том, что это поточный процесс. Поэтому при реализации автоматического регулирования на базе контроллера требуется предварительно

моделировать процесс, а для этого необходимо знать математическое описание всех звеньев системы, в первую очередь объекта управления.

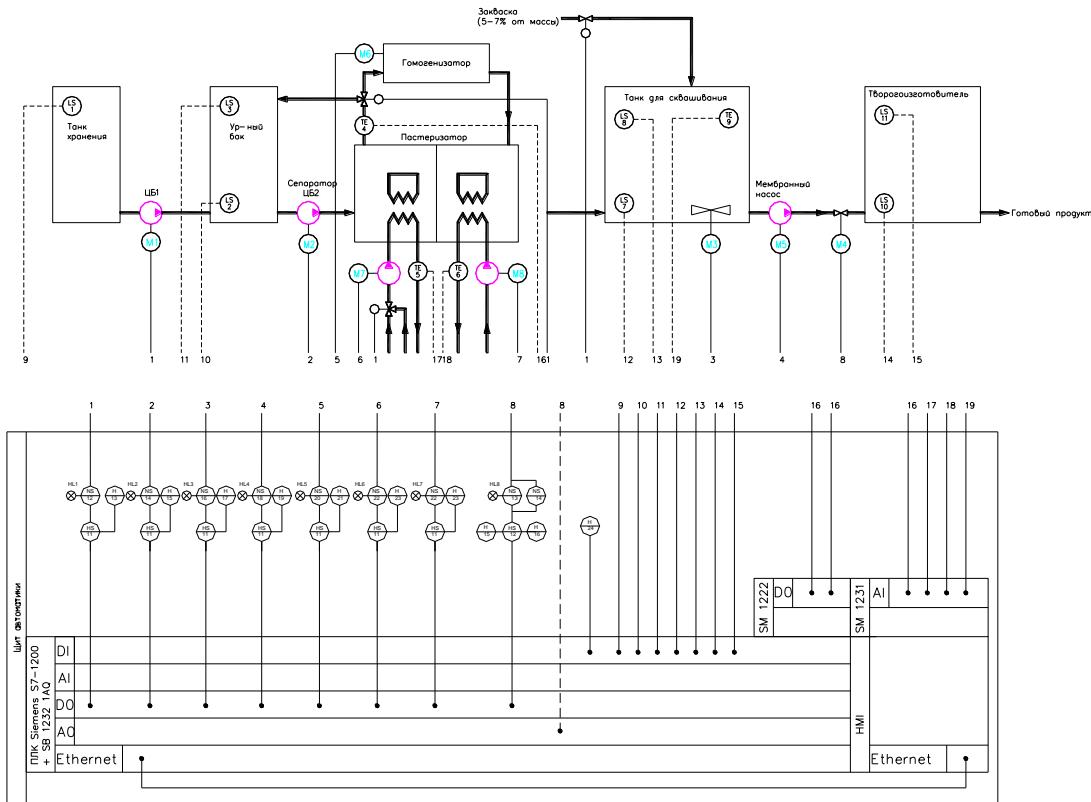


Рис. 1. Схема автоматизации линии сквашивания молока для приготовления творожного сыра

Итак, объектом управления является пастеризационная установка, в которой необходимо обеспечивать температуру пастеризации молока (рис. 2). Управляемым сигналом является температура молока на выходе пастеризатора, которую обозначим через Y . Температура молока на выходе пастеризатора измеряется датчиком D и подается в сравнивающее устройство (СУ) – контроллер, формирующий управляющий сигнал U_1 , который прикладывается к исполнительному механизму – клапану. Клапан устанавливает расход пара и, тем самым изменяет температуру горячей воды Θ_B .

Для математического анализа переведем функциональную схему рисунка 2 в структурную (рис. 3). Для этого необходимо знать математическое описание всех звеньев. Передаточная функция объекта управления получена на основании физических законов в соответствии с методикой идентификации объектов [2, с. 109]. Передаточные функции других звеньев взяты согласно справочным данным [3]. Регулятор на схеме представлен 3 составляющими звеньями: пропорциональным (коэффициент настройки k_p), интегральным (коэффициент настройки k_i), дифференциальным (коэффициент настройки k_d).

Оптимизацию системы проведем по переходной функции объекта согласно структурной схеме рисунка 3 в пакете MATLAB, подав на

вход единичное ступенчатое воздействие и задав следующие ограничения согласно рекомендациям [4, с.540]: перерегулирование $\leq 20\%$, стае=0, t_{pe} не более 200 с.

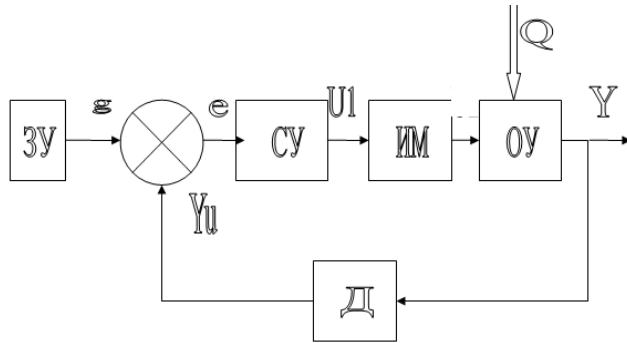


Рис. 2. Функциональная схема системы автоматического регулирования температуры:

ЗУ - задающее устройство, с помощью которого формируется задающий сигнал g ; СУ - сравнивающее устройство (контроллер), на выходе которого формируется управляющий сигнал U_1 ; ИМ - исполнительный механизм, выходной сигнал которого Θ_b воздействует на объект управления; ОУ - объект управления, выходным сигналом которого является регулируемая переменная Y ; Д - измерительное устройство (датчик регулируемой переменной), преобразующий величину Y в величину Y_u ; Q - возмущающее воздействие

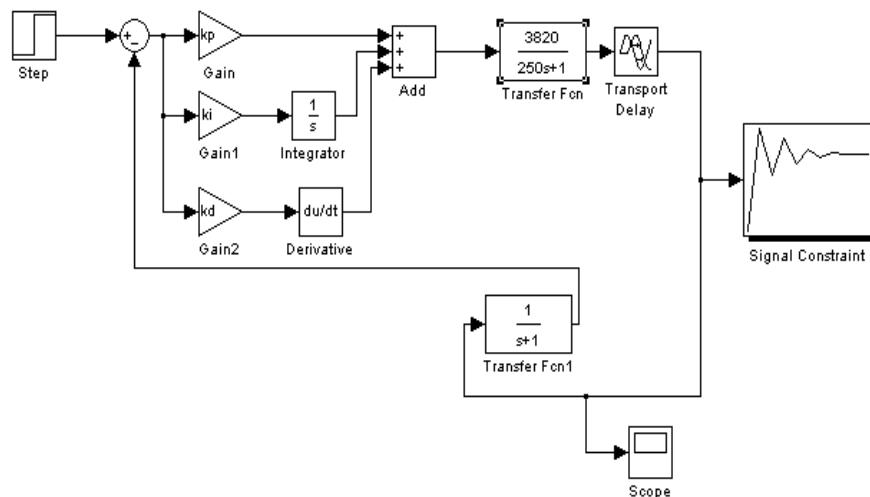


Рис. 3. Структурная алгоритмическая схема системы автоматического регулирования температуры молока в пастеризаторе, адаптированная для анализа в MATLAB

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).

Поэтому изменим метод оптимизации на Симплекс метод, где результат гораздо лучше (отсутствуют автоколебания, нет статической ошибки). Зацикливание обеспечивается при параметрах: $kd=154.86$; $ki=0.0438$; $kp=16.45$. Качество регулирования характеризуется следующими параметрами (рис. 4): время регулирования 80 с, перерегулирование – нет, статической ошибки нет.

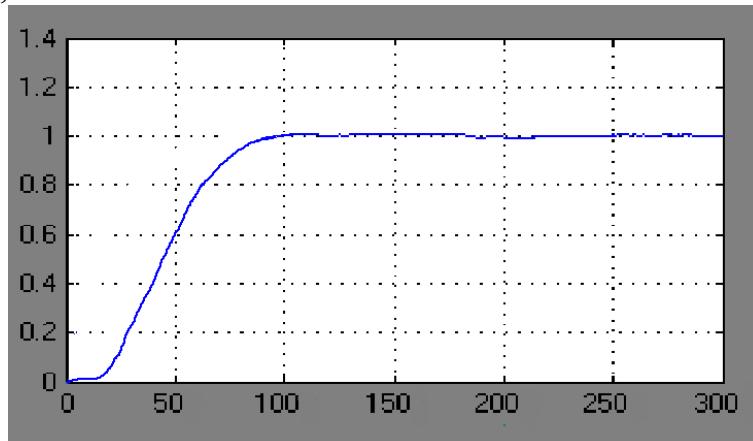


Рис. 4 – Переходная функция системы автоматического регулирования температуры молока в пастеризаторе с оптимальными параметрами

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 ($kd=154.86$; $ki=0.0438$; $kp=16.45$) должны быть установлены в программе контроллера и обеспечат приемлемое качество регулирования, выражаемое параметрами: время регулирования 80 с, перерегулирование – нет, статической ошибки нет.

Список литературы

1. Карпеня М. М., Шляхтунов В. И., Подрез В. Н. Технология производства молока и молочных продуктов: учеб. пособие. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. 410 с.
2. Фурсенко С.Н., Якубовская Е.С., Волкова Е.С. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие. Минск: Новое знание, М.: ИНФРА-м, 2015. 376 с.
3. Сидоренко, Ю.А. Теория автоматического управления: учебное пособие. Минск: БГАТУ, 2007. 124 с.
4. Дьяконов, В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6® в математике и моделировании. Сер. «Библиотека профессионала». М. : СОЛОН-Пресс, 2005. 576 с