

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СГУЩЕНИЯ МОЛОКА

Кузин А.О., Кожевников М.М.

Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Республика Беларусь

Удаление влаги из молочных продуктов сопряжено с большими энергозатратами. Так в технологическом процессе выпаривания молока при низком давлении, который в молочной промышленности считается наиболее распространенным и сложным, количество затраченной энергии нелинейно возрастает, примерно, удваиваясь на каждые (5–10 %) выпаренной влаги.

В качестве объекта автоматического управления выбран процесс выпаривания сгущенного молока в калоризаторе, поскольку в пищевой промышленности он является одним из основных потребителей энергии. Рассмотрена схема двухкорпусной вакуум-выпарной установки циркуляционного типа непрерывного действия для сгущения цельного и обезжиренного молока, а также для выпаривания сыворотки.

В ходе анализа существующих систем управления процессами выпаривания молочных продуктов установлено, что наилучшим способом снижения затрат энергии является прямое регулирование расхода пара, при котором, к тому же, достигается стабильно высокая производительность установки и требуемое качество готового продукта. Задачей системы автоматического управления в этом случае является формирование задающих воздействий, обеспечивающих уменьшение расхода пара без потери интенсивности протекания процесса и снижения качества конечного продукта.

Анализ технических средств управления показал, что для достижения наилучшего результата при синтезе нечеткой системы управления в молочно-консервной промышленности целесообразно использовать нечеткий регулятор с автоматической модификацией системы производственных правил, моделирующей действия человека-оператора.

Проведенный обзор методов реализации нечетких регуляторов в молочно-консервной промышленности показывает, что, по сравнению с типовыми ПИД-регуляторами, они позволяют обеспечить более высокое качество управления, отличаются простым алгоритмом синтеза и могут успешно использоваться в процессах тепловой обработки молочных продуктов.

Разработана универсальная интеллектуальная система управления процессом выпаривания молока, в которой реализована SCADA-система, содержащая следующие программы: управления вакуум-выпарным аппаратом на основе нечеткого регулятора с автоматической модификацией системы производственных правил; снижения затрат энергии для выпаривания молочных продуктов; настройки в режиме реального времени вакуум-выпарного аппарата для работы с молочными продуктами.

Экспериментально на вакуум-выпарном аппарате установлено, что нечеткий регулятор с лингвистической обратной связью и динамической настройкой системы производственных правил позволяет выдерживать заданный температурный режим с погрешностью $\pm 0,5$ °С, а его быстрое действие оказывает значимое влияние на экономию энергии в процессе выпаривания молочных продуктов.