

УДК 644.012

## МЕТОДИКА ВЫБОРА КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМ- ВЫПАРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Г.М. АЙРАПЕТЬЯНЦ, М.М. КОЖЕВНИКОВ

Учреждение образования  
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»  
Могилев, Беларусь

В работе предложена методика выбора каналов управления вакуум-выпарными установками основанная на линеаризации динамических моделей. Однокорпусная вакуум-выпарная установка проанализирована как объект автоматического управления. В ходе проведенного анализа выделены каналы внесения возмущающих воздействий и получены передаточные функции, позволяющие выбрать каналы управления и определить законы регулирования температуры и вакуума, а также найти оптимальные параметры настройки автоматических регуляторов для различных режимов работы вакуум-выпарных установок.

В молочной промышленности молоко консервируют, вырабатывая сгущенные молочные консервы и сухие молочные продукты. Основной технологической операцией при этом является сгущение молока методом выпаривания до определенного содержания сухих веществ. Выпаривание производится в выпарных аппаратах при разрежении, что позволяет вести процесс на пониженных температурах (40–60 °С). Процесс сгущения при этом протекает более интенсивно, а съем пара с единицы поверхности нагрева намного выше по сравнению с атмосферным выпариванием.

Для автоматического регулирования температуры и глубины вакуума в вакуум-выпарных установках, используемых на предприятиях молочной промышленности, широкое распространение получили системы управления, разработанные производителями этих установок, такими как Wiegand, Alfa-Laval, Ebbot Laboratories и др., а также всероссийским научно-исследовательским институтом молочной промышленности. Эти системы включают в себя локальные контуры регулирования температуры, вакуума и концентрации сухих веществ в сгущенном молоке. В качестве устройств управления применяются цифровые ПИД - регуляторы, параметры настройки которых определяются по упрощенным динамическим моделям выпарного аппарата и конденсатора.

Необходимо отметить, что основным недостатком таких упрощенных динамических моделей является то, что они не учитывают возможность изменения расхода и температуры продукта на входе в вакуум-выпарной аппарат, а также изменение вакуумметрического давления. Это приводит к тому, что при колебаниях нагрузки выпарного аппарата для поддержания необходимой температуры кипения молока на заданном уровне необходимо



корректировать параметры настройки автоматических регуляторов температуры и вакуума. Корректировка параметров осуществляется технологическим персоналом методом проб и ошибок. Такой подход приводит к повышенным тепловым нагрузкам при форсировании тепловых процессов и, как следствие, к не эффективному использованию теплоносителей.

Целью данной работы является выбор каналов управления однокорпусной вакуум-выпарной установкой на основе линеаризации ее динамической модели. Для этого вакуум-выпарная установка проанализирована, как многомерный объект автоматического управления, выполнена линеаризация ее динамической модели и получены передаточные функции, которые позволяют выделить искомые каналы управления. В отличие от известных, предложенный подход позволяет учесть колебания расхода и температуры продукта на входе в вакуум-выпарной аппарат, а также изменение вакуумметрического давления. Предложенная линеаризованная модель может быть использована для синтеза комбинированных систем регулирования температуры и вакуума, а также для определения оптимальных настроек автоматических регуляторов. Применение таких систем в практике регулирования позволит повысить эффективность использования теплоносителей в вакуум-выпарной установке.

Предложенная методика позволила выбрать ряд новых каналов управления процессом выпаривания, которые позволяют вводить корректирующие контуры регулирования. К этим каналам относятся:

- канал регулирования концентрации с коррекцией по расходу молока;
- канал регулирования концентрации с коррекцией расхода сокового пара;
- канал регулирования температуры молока с коррекцией по расходу молока;
- канал регулирования температуры молока с коррекцией по расходу сгущенного молока;
- канал регулирования глубины вакуума с коррекцией по температуре сокового пара в конденсаторе;
- канал регулирования вакуума с коррекцией по расходу кислорода.

Реализация таких каналов управления в системе АСУТП вакуум-выпарной установки позволит повысить качество регулирования процесса и эффективность использования теплоносителей путем учета колебаний расхода и температуры молока на входе в выпарной аппарат, а также учета изменений глубины вакуума.