

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МОРОЖЕНОГО С РАЗРАБОТКОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДОЗИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ

**Матвейчук Н.М.**

канд. физ.-мат. наук, доцент

**Быковский А.А.**

**Шлеведа И.А.**

Белорусский государственный аграрный технический университет

Мороженое – пищевой продукт, представляющий собой замороженную в процессе непрерывного взбивания массу, содержащую в основе своей питательные, вкусовые ароматические и эмульгирующие вещества. Большая часть видов мороженого производится на основе молочных продуктов.

В работе рассматривается линия приготовления мороженого, осуществляющая все этапы производства, включая: приёмку и хранение сырья; подготовку сырья согласно рецептуре; составление смеси; фильтрацию смеси; пастеризацию и гомогенизацию смеси; охлаждение смеси; внесение красителей и ароматизаторов; фризирование смеси; расфасовку, маркировку и заcalку готового продукта; хранение продукции.

Внедрение системы автоматического управления процессом производства мороженого позволяет добиться снижения затрат трудовых ресурсов, повышения качества конечного продукта за счёт повышения точности и качества приготовления смеси и более точного соблюдения техпроцесса, при относительно небольших капиталовложениях.

САУ линией производства мороженого должна обеспечивать:

- автоматическое поддержание заданного температурного режима при смешивании, пастеризации, гомогенизации сырья, автоматическое дозирование компонентов смеси, автоматическое перемещение продукции между агрегатами в заданной последовательности;
- возможность изменения рецептуры и объемов производства продукции;
- местный и автоматический режимы управления;
- технологическую (параметры технологического процесса, работа оборудования) сигнализацию.

В исходном варианте реализации линии, регулировка подачи пара в горячий контур пастеризатора осуществляется вручную оператором. В работе произведен синтез САР температуры в горячем контуре пастеризационной установки и настройка автоматического ПИД-регулятора на базе ПЛК.

В общем виде математическую модель контура нагрева смеси можно представить, как зависимость между входными и выходными переменными. Повышение температуры смеси (выходная величина) происходит посредством подачи пара в теплоноситель, циркулирующий в рубашке пастеризатора (входная величина).

Из справочной документации к пастеризатору определены постоянная времени объекта, время запаздывания и время регулирования, и по диаграмме А.Я. Лернера [1, с. 122] выбран ПИД-закон регулирования. Составлены функциональная (рис. 1) и структурная схемы САР нагревателя (передаточные функции звеньев и их параметры получены из справочных материалов).

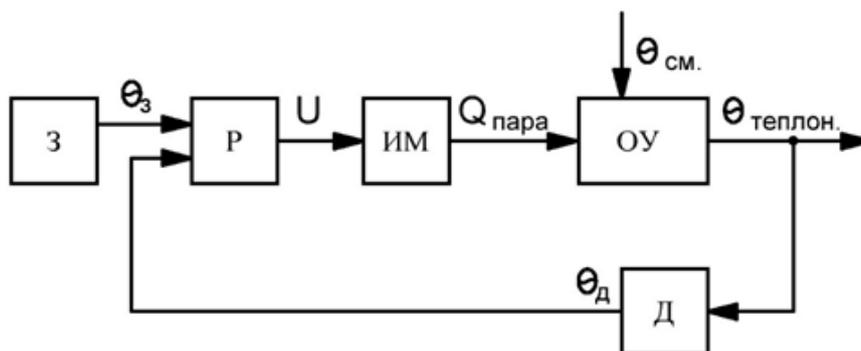


Рисунок 1 – Функциональная схема САР контура нагревателя

Проведено моделирование разрабатываемой системы с помощью надстройки Simulink системы MATLAB, и определены оптимальные параметры регулятора, обеспечивающие наименьшее время регулирования (20 с) при перерегулировании 20%. Из недостатков синтезированного регулятора можно отметить колебания регулируемой величины около заданного значения с небольшой амплитудой, что в данном случае не критично.

Разработаны адаптивный алгоритм смешивания сырьевой массы (включающий алгоритм дозирования жидких компонентов и алгоритм дозирования сыпучих компонентов) и сопутствующий программно-аппаратный комплекс.

Процесс дозирования жидких компонентов запускается с панели оператора или с помощью тумблера на щите автоматики. ПЛК считывает с панели оператора значения переменных, введённые персоналом, такие как:

- количество жидких компонентов;
- масса каждого компонента.

Далее ПЛК открывает предохранительный клапан и начинает дозирование первого компонента. По сигналу тактового генератора, каждую секунду производится опрос расходомера и его показания (заранее переведённые в литры в секунду) суммируются в отдельную переменную. Когда показания достигают заданного значения, ПЛК закрывает клапан и переходит к дозированию следующего компонента. По окончании дозирования последнего компонента, ПЛК перекрывает защитный клапан и завершает цикл.

Процесс дозирования сыпучих компонентов запускается после достижения некоторого уровня жидкой фазы в ёмкости для смешивания. ПЛК также считывает с панели оператора значения переменных, введённые персоналом, такие как:

- количество сыпучих компонентов;
- масса каждого компонента;
- предел измерения тензовесов.

ПЛК определяет максимальную массу одной порции, равную 90% от предела измерения тензовесов, во избежание их перегрузки и начинает взвешивать первый компонент. Контроллер подаёт сигнал на привод дозатора до тех пор, пока масса на весах не сравняется с предельной массой одной порции или с не внесённой массой, хранящейся в отдельной переменной (в начале цикла не внесённая масса приравнивается к указанной оператором массе компонента). Далее ПЛК отключает шнек и включает привод опрокидывания весов. После этого переменная, содержащая невнесённую массу, перезаписывается (из неё вычитается масса внесённой порции) и весы возвращаются в рабочее положение. Цикл повторяется до тех пор, пока не внесённая масса не станет равна нулю, после этого контроллер переходит к взвешиванию следующего компонента.

Проведена реализации разработанного варианта управления на ПЛК Siemens семейства Simatic S7-1200, с использованием среды разработки TIA Portal.

В проекте задана конфигурация системы со всеми необходимыми сигнальными модулями (рис. 2), определен состав входных/выходных переменных, а также

промежуточных переменных, и они внесены в память контроллера. Для хранения данных о рецептуре создан блок данных, содержащий в себе массивы данных.

С использованием языка структурированного текста (Structured Control Language) написаны следующие программные блоки:

- блок обработки сигналов с датчиков;
- блок обработки режимов работы линии;
- блок дозирования жидкостей;
- блок дозирования сыпучих компонентов;
- программа, реализующая алгоритм дозирования сыпучих компонентов;
- программа, реализующая алгоритм дозирования сыпучих компонентов.

Для работы программе необходимы данные из массивов с рецептурой, заполняемые через панель оператора. Разработаны следующие экраны для работы оператора:

- стартовый экран панели оператора;
- экран наладки панели оператора;
- экран автоматического режима панели оператора (рис. 3);
- экран ввода доз сыпучих компонентов панели оператора;
- экран ввода доз жидких компонентов панели оператора.

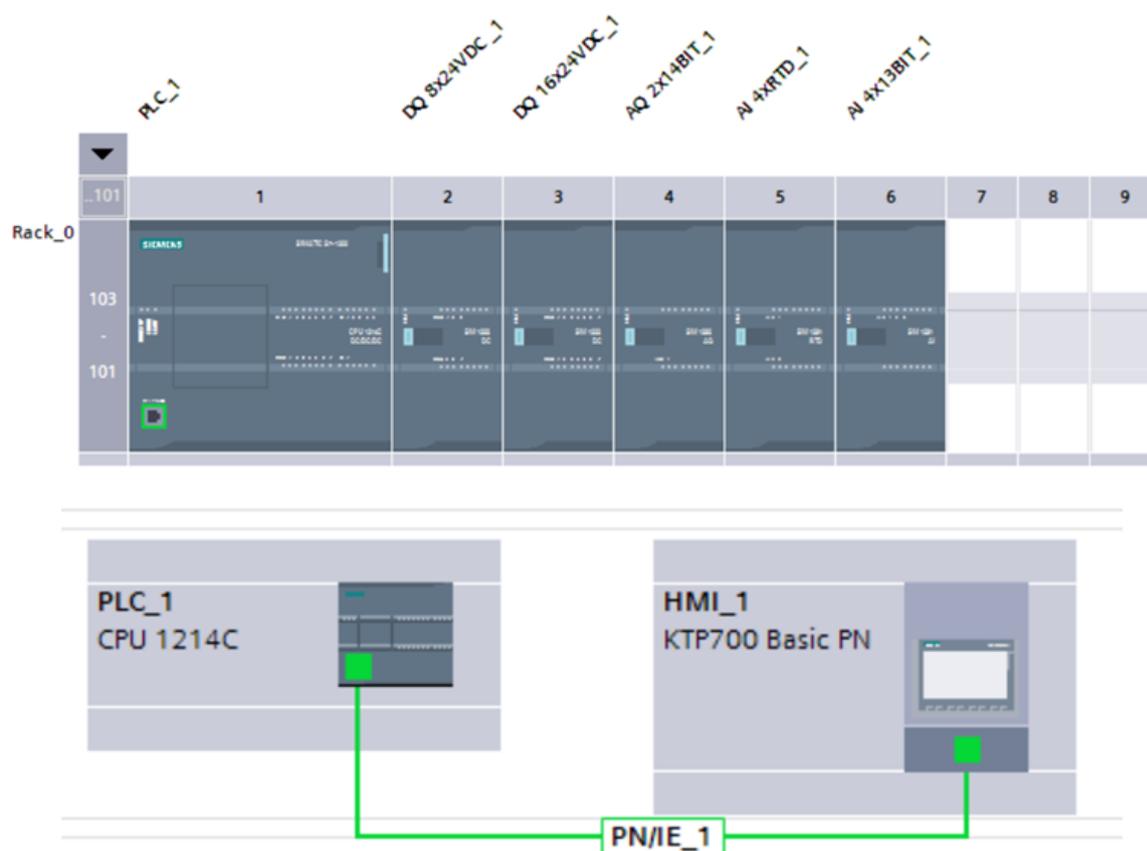


Рисунок 2 – Результат конфигурации системы управления

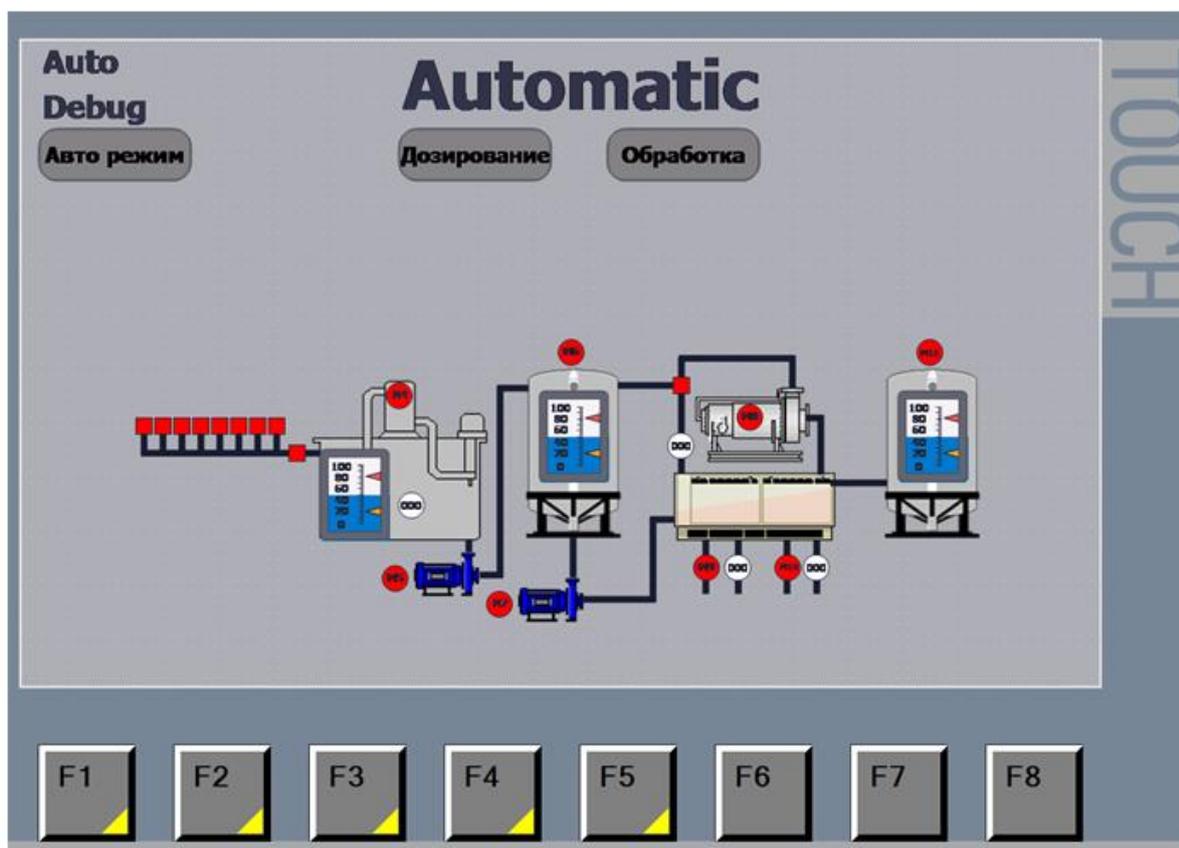


Рисунок 3 – Экран автоматического режима панели оператора

Разработанный программно-аппаратный комплекс обеспечит автоматическое внесение до 10 сыпучих компонентов с массой одной дозы от 10 г до 1000 кг и до восьми жидких компонентов с точностью до 200 г. Реорганизация САУ происходит автоматически при вводе новой рецептуры с панели оператора.

#### Список литературы:

1. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : БГАТУ, 2007. – 592 с.