

**Выводы.** Таким образом, в работе разработана система автоматического регулирования уровня кислотности сырного зерна, с составлением алгоритма управления и программы для контроллера. Внедрен частотно регулируемый электропривод, что позволяет улучшить качество регулирования параметров технологического процесса и качество готовой продукции. Определены передаточные функции составляющих частей электропривода: электромеханической части, выпрямителя, фильтра, преобразователя частоты, и получена общая передаточная функция электродвигателя. Кроме того, получены передаточные функции датчика уровня, насосной установки и непосредственно сыроизготовителя. С использованием полученных передаточных функций проведено определение настроечных параметров регулятора путем компьютерного моделирования. Определены оптимальные параметры регулятора, позволяющие автоматически регулировать уровень кислотности сырного зерна в соответствии с технологическими требованиями к процессу.

#### **Список использованных источников**

1. Курочкин, А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства. Москва: КолосС, 2010. 502 с.
2. Брусиловский Л.П., Вайберг А.Я. Автоматизация технологических процессов в молочной промышленности. Москва: Пищевая промышленность, 1978. 343 с.
3. Фурсенко С.Н., Якубовская Е.С., Волкова Е.С. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие. Минск: БГАТУ, 2007. 592 с.

**УДК 621.762**

### **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ К ЗАМОРОЗКЕ СМЕСИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МОРОЖЕНОГО**

Матвейчук Н.М., к.ф.-м.н., доцент,  
Шлеведа И.А.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Беларусь.*

**Алгоритм управления и оборудование для процесса созревания и фризирования смеси для приготовления мороженого**

Система автоматического управления линией в цехе производства мороженого должна обеспечивать:

– автоматизированную заморозку смеси, соответствующую технологическим требованиям качества (структура должна быть

однородная, без ошутимых комочков жира, стабилизатора и эмульгатора, частичек белка и лактозы, кристаллов льда, консистенция – плотная);

– возможность изменения объемов продукции в зависимости от сезона;

– местный и автоматический режим управления;

– технологическую (уровень в емкостях, работа оборудования, температура смеси) и аварийную (давление в трубопроводах) сигнализацию;

Рассмотрим алгоритм функционирования процесса созревания и фризирования смеси. Включают линию в работу по команде оператора. После охлаждения смесь подается в емкость для созревания. Как только смесь попадает в емкость, запускается циркуляционный насос подачи холодной воды в рубашку емкости и привод мешалки, для поддержания необходимой температуры смеси и равномерного охлаждения. При заполнении емкости до необходимого уровня, наступает стадия созревания, где смесь должна храниться несколько часов, одновременно охлаждаться и перемешиваться. После того как смесь прошла стадию созревания, запускается привод насоса подачи смеси в приемный бачок фризера. Насос также будет поддерживать уровень в баке, пока не закончится смесь в емкости для созревания. Заполнив бак до заданного уровня, запускается привод насоса во фризере и компрессор холодильной установки. Смесь, проходя через насос фризера, насыщается заданным количеством воздуха и подается в цилиндр для взбивания. Заполнив цилиндр, привод насоса останавливается и включается мешалка для взбивания смеси. Смесь в цилиндре перемешивается и замораживается до нужной температуры. При достижении необходимой вязкости и температуры мороженого, снова запускается привод насоса фризера и смесь потоком проходит стадию фризирования, а готовое мороженое поступает на фасовочный аппарат. Как только смесь в емкости для созревания заканчивается, останавливается привод насоса подачи смеси в приемный бак и мешалки. Смесь перестает поступать в приемный бак, после чего выключается привод насоса фризера, компрессора и мешалки. Оставшаяся смесь в цилиндре выгоняется водой в отдельный бак и в дальнейшем проходит повторную обработку.

Рассмотрим оборудование, необходимое для осуществления технологического процесса смешивания и пастеризации сырьевой массы вплоть до созревания смеси.

В емкости для созревания нужно контролировать уровень смеси. На стадии созревания смесь должна быть охлажденной, что требует контроля ее температуры в емкости для созревания. Привод, который подает смесь из емкости для созревания в приемный бачок фризера, запускается автоматически по выдержке времени, которую реализует

ПЛК. Уровень в бачке также нужно контролировать, соответственно необходимо предусмотреть дискретный датчик уровня. Смесь, поступающая в цилиндр фризера, насыщается кислородом, подвергается заморозке и взбивается.

В соответствии с требованиями к качеству мороженого необходимо контролировать подачу воздуха в смесь, температуру и твердость мороженого на выходе из фризера. Для этого необходимо предусмотреть датчик мановакууметрического давления, клапан подачи воздуха, датчик температуры и датчик вязкости. Важно не допустить переохлаждения смеси в цилиндре фризера, поэтому для холодильной установки необходимо предусмотреть клапан плавного регулирования. Для регулирования вязкости требуется клапан подачи горячего газа. Для оптимальной работы фризера необходимо контролировать давление в цилиндре, поэтому требуется датчик давления и клапан контроля давления в цилиндре.

Так как мороженое является сезонным продуктом, следует предусмотреть регулирование производительности линии, соответственно необходимо установить частотный преобразователь на двигатель насоса подачи смеси в цилиндр фризера. Задавать частоту вращения можно с помощью ПЛК, связанного с управляющими входами преобразователя частоты. В качестве устройства управления можно предложить контроллер, к которому подключается панель оператора.

### **Выбор технических средств автоматизации для управления процессом созревания и фризирования смеси**

Реализовать структуру САУ позволит контроллер, используемый в качестве устройства управления и регулирования, датчики давления, уровня, температуры и датчик вязкости, а также исполнительные механизмы. В данном случае для контроллера используется 4 цифровых входа, 9 цифровых выходов, 8 аналоговых входов и 4 аналоговых выхода. Выберем контроллер Siemens серии S7-1200CPU 1214 DC/DC/DC [5]. Контроллер имеет 14 цифровых входов, 2 аналоговых входа и 10 цифровых выходов. Так как в нашем проекте необходимо больше аналоговых входов, а также 4 аналоговых выхода, то необходимо выбрать дополнительные сигнальные модули расширения аналоговых входов и выходов. Модуль SM 1234 расширит количество аналоговых входов на 4, а выходов на 2 [5]. Также выберем модуль SM 1232 2AQ на 2 аналоговых выхода. Для подключения датчиков температуры необходим специальный модуль расширения, который позволит подключить датчики к контроллеру. Для этого выберем модуль SM 1231AI 4xRTD на 4 аналоговых входа.

В качестве датчика уровня смеси в ванне и приемной бачке можно использовать поплавковый датчик уровня ОВЕН ПДУ [1]. Для отслеживания уровня в уравнительном баке и емкости для созревания

выберем датчик с унифицированным сигналом LMP 331 [1]. Для контроля температуры смеси выберем датчик ТСП-Н [1]. Для контроля давления в трубопроводе подачи воздуха и в цилиндре фризера выберем датчик ОВЕН ПД100-ДИ и ПД100-ДВ [1]. В холодильную установку фризера выбираем преобразователь давления R-1 [1]. В качестве датчика вязкости выберем поточный вискозиметр серии XL7. Очень высокая чувствительность XL7 позволяет обнаруживать мельчайшие изменения вязкости жидкости даже в стрессовых условиях [3].

Выберем клапан для подачи воздуха с электроприводом JES серии KDP. Клапан оборудован электрическим приводом с высокой степенью защиты (IP67), ручкой-указателем для ручного управления и сигналом обратной связи для пропорционального управления. Для регулирования давления в цилиндре фризера выберем клапан Burkert 8208–УС–L [1]. В качестве регулирующего вентиля подачи хладагента в холодильной установке можно использовать вентиль ICM с электроприводом ICAD 600. Также в холодильной установке необходим клапан подачи горячего газа в рубашку цилиндра фризера. Выберем клапан EVR 20 [1]. Частотный преобразователь выберем фирмы Hitachi марки L100-015-HFE [1].

#### **Визуализация процесса подготовки смеси к заморозке при приготовлении мороженого**

Визуализация технологических процессов решает проблему повышения эффективности производства, т.к. позволяет оперативно управлять технологическими процессами, а также получать информацию в удобной для пользователя форме. Внедрение визуализации позволяет повысить эффективность производства на 15%.

Для визуализации процесса подготовки смеси к заморозке будем использовать панель оператора, подключаемую к контроллеру Siemens S7-1200. Выберем панель SIMATIC KTP700 Basic (имеет 7,0” цветной сенсорный TFT-дисплей, шесть функциональных клавиш, интерфейс RS 422 / RS 485) [5, с. 140]. Программирование панели осуществляется с помощью программы TIA Portal [5].

Предусмотрены несколько рабочих экранов панели оператора. На первом экране будем отслеживать работу механизмов линии и отслеживать параметры контроля: температуры, уровня, давления и вязкости (рисунок 1), поэтому на изображение всей линии накладываем сигнальные лампы и шкалы с привязкой к соответствующим параметрам программы, реализуемой в контроллере.



Рис. 1. Главный экран панели оператора

На второй экран панели оператора вынесем блоки ввода значимых параметров контроля (рисунок 2).

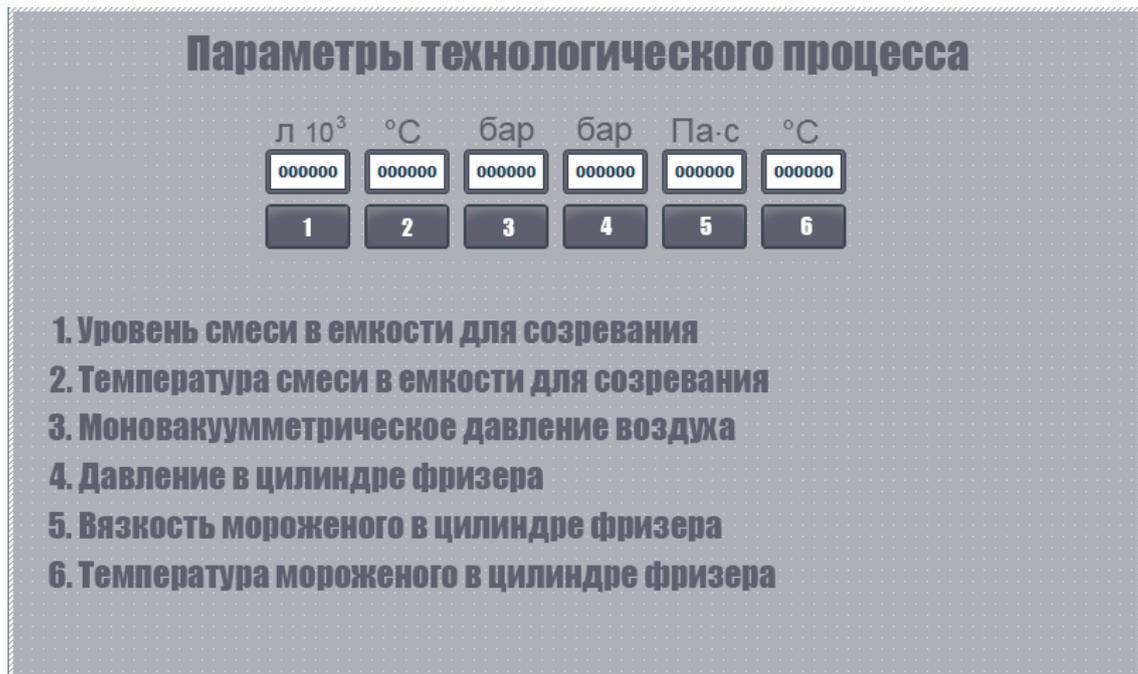


Рис. 2. Второй экран панели оператора

На третьем экране представим режим наладки с соответствующими кнопками запуска двигателей по отдельности (рисунок 3). Переход на другой экран организуется через начальный экран, а переключение между ними осуществляется посредством функциональных клавиш.



Рис. 3. Третий экран панели оператора

#### *Список использованных источников*

1. Автоматика – сервис. Поставщик современных систем и средств автоматизации для всех отраслей промышленности. URL: <http://www.avtomatika.info>. (Дата доступа: 19.09.2021.)

2. Арсеньева, Т.П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т.4. Мороженое. СПб: ГИОРД, 2002. 184 с.

3. Датчик вискозиметр XL7 URL: <https://www.milktronics.com/wp-content/uploads/2017/07/M04-01-002-Rev2-XL7-100-Tri-Clamp-VP550.pdf>. (Дата доступа: 08.09.2021.)

4. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. процессы и аппараты пищевой технологии: Учеб. пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: КолосС, 2008. 591 с.

5. Программируемые контроллеры S7-1200: каталог. Часть 4. ООО «Сименс», 2012. 92 с.