

УДК 621.762

## РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ КИСЛОТНОСТИ СЫРНОГО ЗЕРНА В СЫРНОЙ ВАННЕ

Матвейчук Н.М., к.ф.-м.н., доцент,

Беняш В.А.

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

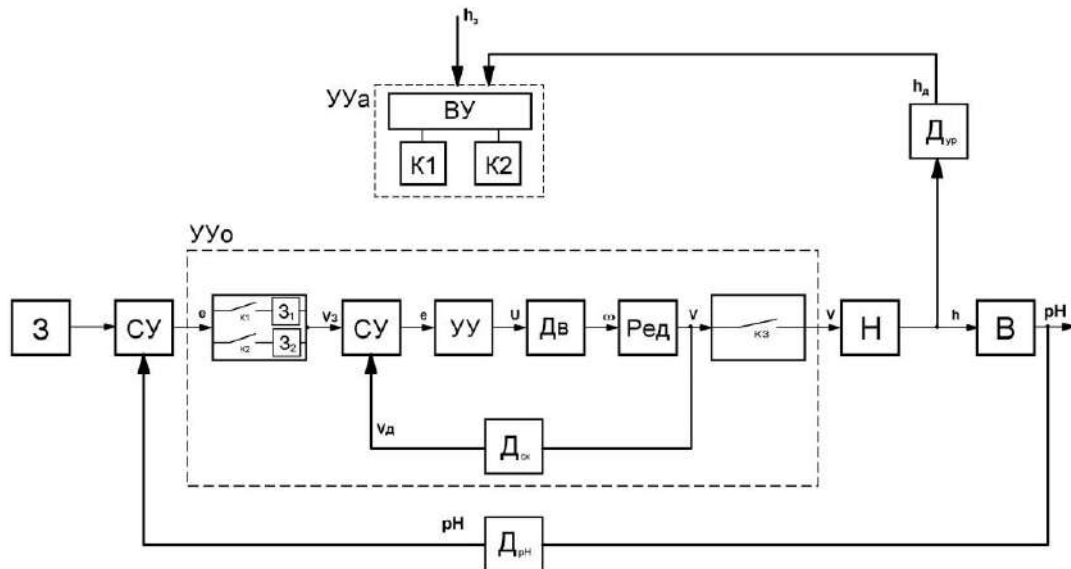
**Описание процесса.** Технологический процесс получения сырного зерна в ванне осуществляется в следующей последовательности. Ванну наполняют молоком и включают электропривод. Частоту вращения режуще-вымешивающего инструмента выбирают в соответствии с технологической инструкцией. При непрерывном перемешивании молоко подогревается до температуры коагуляции белков. В сырье вносят бактериальную закваску, раствор фермента и другие компоненты и перемешивают до получения однородной массы. По окончании перемешивания двигатели отключают, после чего происходит коагуляция белков молока. Когда сырный сгусток достигнет необходимой плотности, включают привод и разрезают сгусток путем вращения режуще-вымешивающего инструмента по часовой стрелке при минимальной частоте вращения инструмента. После разрезания сгустка и частичной постановки сырного зерна при остановленном инструменте отбирают нужное количество сыворотки через патрубок, вваренный в боковую стенку ванны, трехходовой кран и сито, навешенное на борт ванны. При этом степень готовности сгустка определяется при разрезании по его вязкости.

Переход от одной технологической операции к другой происходит без участия оператора с использованием технических элементов автоматики. В процессе осуществляется автоматический контроль кислотности сыворотки, который производится следующим образом. После разрезания сгустка программное устройство включает двигатель насоса подачи сыворотки к стеклянным электродам первичного преобразователя рН-метра.

**Основные результаты.** Для отбора сыворотки ванна оборудована автоматически управляемым отборником, подвешенным на подъемном механизме. Частотно регулируемый привод опускания начинает погружать отборник в ванну до тех пор, пока специальный двухэлектродный датчик уровня, опускающийся совместно с отборником, не начнет погружаться в сыворотку. Датчик погружается до тех пор, пока его верхний электрод не соприкоснется с сывороткой. При этом включается насос перекачки сыворотки. Вместе с работой

насоса, происходит постоянный контроль уровня сыворотки в отборнике, что позволяет регулировать скорость опускания согласно уровню и текущему значению рН-составляющей. Если кислотность не достигнет значения 6.05, и уровень сыворотки понизится и она отойдет от нижнего электрода датчика, автоматически включается механизм опускания отборника, и датчик уровня вновь погрузится в ванну. После того как будет достигнуто заданное значение рН-составляющей по датчику, подъемный механизм вернет отборник в исходное положение и автоматически включится режуще-вымешивающее устройство.

Функциональная схема системы регулирования уровня кислотности сырного зерна представлена на рисунке 1.



З – задатчик; СУ – сравнивающее устройство; УУ - устройство управления; Дв – асинхронный двигатель; Ред – редуктор; Н – насос откачки сыворотки; В – сырная ванна; ВУ - вычислительное устройство; Дур – двухэлектродный датчик уровня; Дск – датчик скорости; ДрН – датчик контроля рН-составляющей

**Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического регулирования уровня кислотности сырного зерна**

Разработана адаптивная система автоматического управления, которая позволяет получать информацию в процессе функционирования и использования этой информации для управления. Здесь воздействие датчика уровня на управляющее устройство адаптации УУ<sub>а</sub> впоследствии влияет на управляющее устройство УУ<sub>о</sub> основной САУ, вызывая изменения не численных значений параметров, а структурной схемы УУ<sub>о</sub>. На основании показаний датчика уровня адаптивное устройство управления определяет скорость опускания отборника в сыворотку. Основным звеном данной системы является частотно регулируемый асинхронный электропривод. В работе определены передаточные функции всех

частей электропривода, получена общая передаточная функция электропривода в виде

$$W(s) = \frac{102,9}{(1 + 0,42s)(0,05^2 s^2 + 1)}.$$

Датчик уровня как элемент структурной схемы представляет собой безынерционное звено. Датчик уровня в отборнике погружается в сыворотку на уровне 1.25 м, что соответствует примерно 7 мА на выходе датчика. Отсюда передаточная функция датчика уровня:

$$W(s) = \frac{I \Delta y}{h} = \frac{7}{1,25} = 5,6.$$

Насос представляет собой аperiodическое звено, преобразующее скорость вращения вала  $\omega$  на входе в производительность насоса. Постоянную времени для насоса принимаем  $T_H = 0,2$  с. Коэффициент передачи насоса определяется в статическом режиме как отношение номинальной производительности насоса  $Q_H$  к номинальной скорости электродвигателя насоса  $\omega_H$ . Номинальная производительность  $Q_H = 12,5$  м<sup>3</sup>/ч, номинальная скорость  $\omega_H = 1488$  об/мин (145,5 рад/с). Передаточную функцию насоса примем в виде:

$$W(s) = \frac{K_H}{T_H s + 1} = \frac{0.0000238}{0,2s + 1}.$$

Передаточную функцию сыроизготовителя примем в виде:

$$W(s) = \frac{1}{746,9s^3 + 416,94s^2 + 28,5s + 1}.$$

Сформирована полная структурная схема процесса на основании всех найденных передаточных функций, которая представлена на рисунке 2.

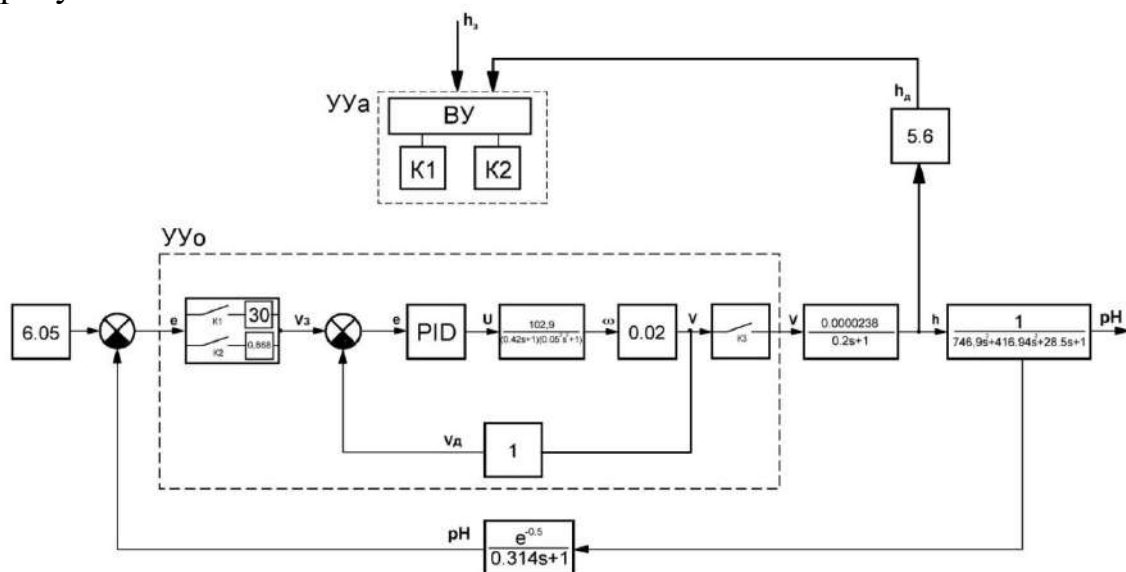
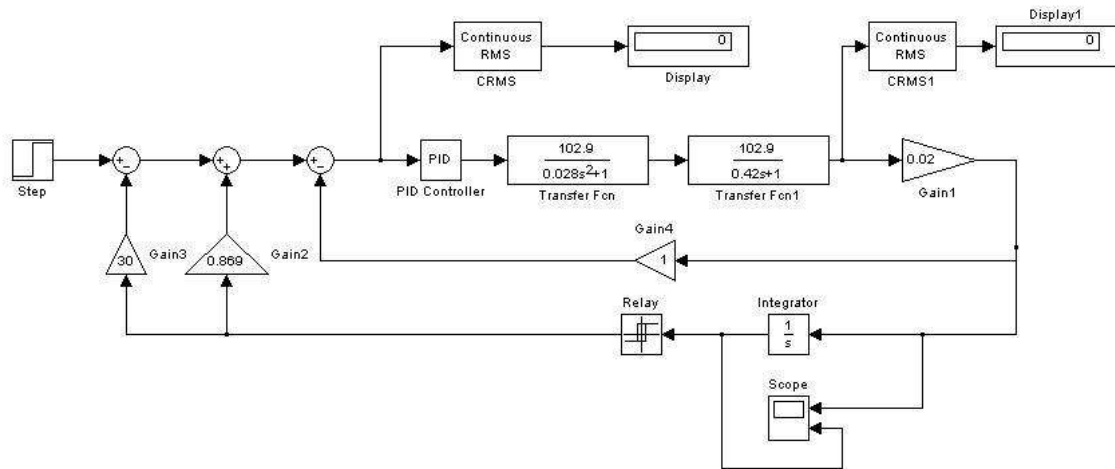


Рис. 2. Структурная схема регулирования уровня кислотности сырного зерна

Для определения настроечных параметров регулятора путем моделирования построена компьютерная модель, представленная на рисунке 3.

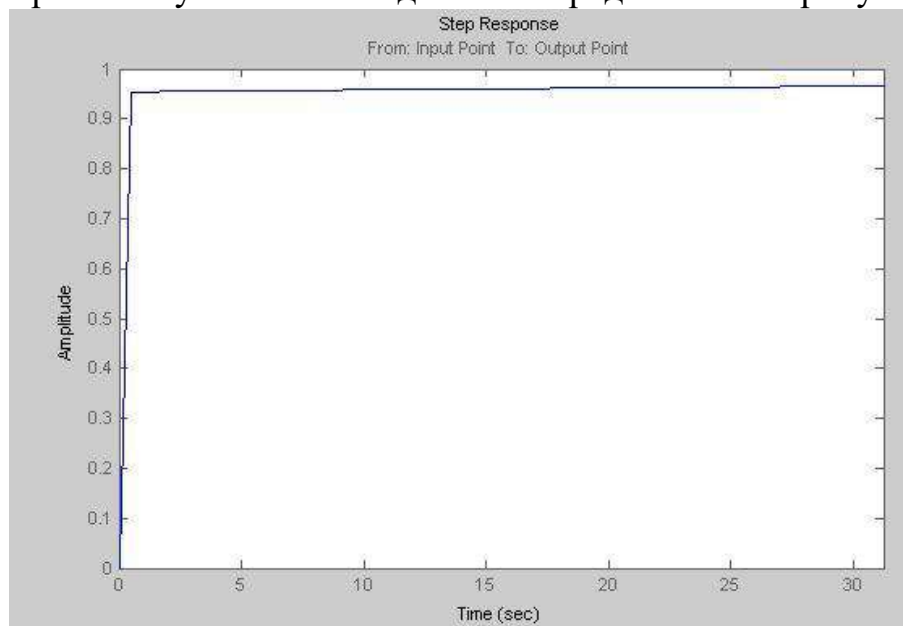


**Рис. 3. Компьютерная модель регулирования уровня кислотности сырного зерна**

Блока CRMS 1 показывает энергопотребление процесса, а CRMS – ошибку, т.е. отклонение переходной характеристики от заданной.

В качестве закона регулирования выбран ПИД-закон. Путем проведения моделирования подобрали коэффициенты, обеспечивающие минимальное энергопотребление процесса при минимально возможном отклонении переходной характеристики от заданной. Использовали последовательный симплекс метод, и получили следующие значения коэффициентов:  $K_p=10$ ,  $K_i=0.01$ ,  $K_d=30$ .

График реакции системы регулирования уровня кислотности сырного зерна на ступенчатое воздействие представлен на рисунке 4.



**Рис. 4. График реакции системы регулирования уровня кислотности сырного зерна**

**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