

## СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЙ РЕГУЛИРОВАТЬ ПРОЦЕСС ЗАТИРАНИЯ СУСЛА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ HERMS ТЕХНОЛОГИИ

*Е.В. Столов, студент гр.072А,*

*Е.А. Тетерин, студент гр.8Т21*

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,*

*тел.(3822)-444-555*

E-mail: evs7194@gmail.com, badscrool@gmail.com

**Введение.** В процессе затираания сусла необходимо поддерживать определенные температурные паузы для необходимой ферментации, которые отражены на рисунке 1.<sup>[1]</sup> Одна из наиболее популярных технологий, позволяющих обеспечивать необходимые паузы в процессе приготовления сусла в пивоваренном производстве, является HERMS технология. HERMS технологии (Heat Exchange Recirculating Mash System система рециркуляционного теплообмена для сусла). Метод характеризуется рециркуляцией сусла снизу вверх по змеевику, а поддержание температуры или нагревание обеспечивается за счет горячей воды, в которой и расположен змеевик.

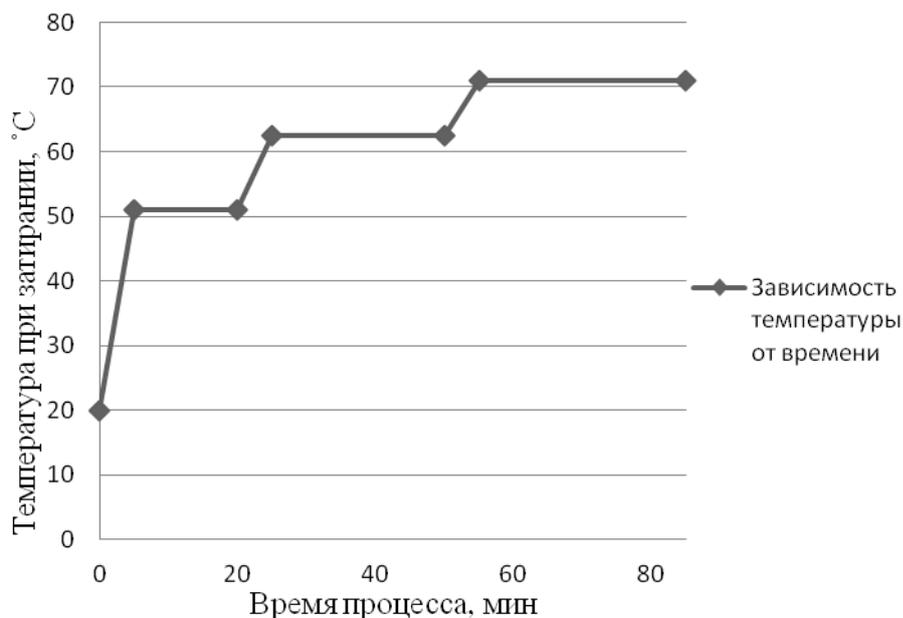


Рис.1. График температурных пауз в процессе затираания.

Приготовление сусла в HERMS системах происходит в первых 2 контейнерах, в одном из которых находится нагревательный элемент, за счет которого происходит повышение температуры во втором контейнере путем постоянной циркуляции сусла. Сусло проходит через теплообменник. Забор и подача сусла происходят с помощью насоса. Мощность насоса, связывающего 2 контейнера, регулируется в зависимости от градиента разности желаемой и действительной температуры в контейнере.<sup>[2]</sup> В этом случае вода в контейнере с нагревательным элементом обычно хранится на несколько градусов выше заданной температуры затора, чтобы минимизировать время, необходимое для нагрева сусла. Датчики температуры, как правило, помещают в проточную линию сусла сразу за теплообменником.



Такая программа реализована в среде LabVIEW, которая является популярной платформой для программирования на графическом языке «G» фирмы National Instruments, основанном на архитектуре потоков данных [3]. Также, часть программы (например: работа насоса) реализована на языке VHDL – языке описания аппаратуры интегральных схем. Применение двух языков позволяет сгладить недостатки и расширить возможности программы, а связь между ними осуществляется с помощью IP блока в FPGA (программируемая пользователем вентиляционная матрица).<sup>[4]</sup>

Рассмотрим подробнее реализацию частей на каждом, из языков программирования.

В модели насос управляются посредством LabVIEW на основе информации, получаемой с терморезистора PT100. Поэтому сначала берется из источников и задается в программе таблица зависимости сопротивления от температуры в градусах Цельсия. Для наглядности, выражение для данной зависимости берется не в виде удобной формулы, но для наглядности выражено графически. Дальнейшее действие программы описывается по пунктам:

1. «Read Array»: программа получает необходимую информацию о требуемом температурном профиле суслу, а также информацию о температурных паузах из отдельного текстового документа;

2. «Comparison»: сравнивается уставка и фактическая температура, на этом же этапе начинается вывод графика зависимости температуры от времени;

3. если в результате сравнения температура суслу оказалась выше температуры воды первого сосуда, то идет стадия «Start heating and pumping»;

4. когда на стадии «Comparison» температура суслу ниже температуры нагревающей воды 1 сосуда модель переходит на стадию «Stop heating»;

5. «Start timer»: данный этап – самый главный этап программы. Внутри схемы данного этапа есть структура поддержания температуры, а также таймер, который позволяет остановить действие части программы в момент, когда время температурной паузы закончится. На данном этапе возникают проблемы прерывания цикла, но они решаются вводом «локальной переменной»;

6. «Increase the index»: на этом этапе берутся новые значения необходимой температуры суслу, а индексы 1 и 2 повышаются на 1;

7. «Finished»: здесь происходит либо естественная остановка программы при отсутствии следующих значений в исходном файле, либо аварийная остановка, которая предусмотрена на нескольких тапах программы.

8. на последнем этапе происходит запись полученных данных в файл конечных результатов.

Применение языка VHDL следующее. В реальной системе скорость мотора управляется разностью температур между водой и суслон, но в программной реализации система упрощена использованием широтно-импульсной модуляцией (PWM). Таким образом в системе имеется 3 входные величины: mclk, reset and motor. Mclk – сигнал таймера, reset – сброс, а motor – вектор от 7 до 0, задающийся вручную. Максимальная постоянная счётчика принята 255. В случае активации сигнала reset, выходная координата насоса pump обнуляется. В противном случае получаем 2 стадии: update и pwm. На первой (update) получаем входное значение от двигателя и команду перехода на вторую стадию (pwm). На второй стадии счетчик каждый раз повышается на 1 с каждым повышением уровня времени. По достижении значения величины motor выходной величине присваивается pump=1

(кроме случая начального состояния  $\text{pump}=0$ ). Когда счетчик достигает значения 255 вновь происходит переход на стадию update.

**Заключение.** Таким образом, с помощью современных технологий многократно облегчаются процессы, которые раньше требовали высокого напряжения человеческих сил, ведь процесс затираания требует: перемешивания приготавливаемого сула, контроля температуры. Для всего этого нужно постоянное присутствие человека, а HERMS пивоварня осуществляет все процессы приготовления сула в автоматическом режиме. Еще одним плюсом является то, что работу установки можно задать с помощью сравнительно несложной программы. Модель реализуется в современных средах программирования, что и было описано в данной статье.

### Список литературы:

1. Я. Дворский, К. Лензе Катехизис пивоваренной практики – ВАИ, Москва, 1928 – 278с.
2. Teterin E.A., Stolov E.A., Automated water heating process with LabVIEW // Applied Mechanics and Materials (in press).
3. Магда Ю.С. Практический курс для инженеров и разработчиков – ДМК Пресс, 2012 – 208 с.
4. Сергиенко А.М. VHDL для проектирования вычислительных устройств – ТИД «ДС»-208.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ СТЕПЕННОЙ ЖИДКОСТИ В КАВЕРНЕ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*М.А. Пономарева, к.ф-м.н., доц.,*

*М.П. Филина, магистрант гр. 10408*

*В.А. Якутенок, д.ф-м.н., проф.,*

*Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36,*

*тел. (952)-155-21-82*

*E-mail: filina.mari@mail.ru*

Численно решается задача о течении вязкой несжимаемой жидкости при малых числах Рейнольдса в квадратной каверне с подвижной верхней стенкой. Основными уравнениями для описания двумерного течения несжимаемой жидкости являются уравнения Стокса. В приближении ползущего течения ( $Re \ll 1$ ), и при отсутствии массовых сил, уравнения движения имеют вид

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} = 0, \quad i, j = 1, 2, \quad (1)$$

где  $\sigma_{ij} = -p\delta_{ij} + \tau_{ij}$  – компоненты тензора напряжений,  $p$  – давление,  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера. На рис. 1 представлена область решения.