

6. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. Введён в действие 01.01.1974.

7. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. М.: Металлургия, 1976. – 270 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ HERMS ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОЦЕССА ЗАТИРАНИЯ СУСЛА

*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.** 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.

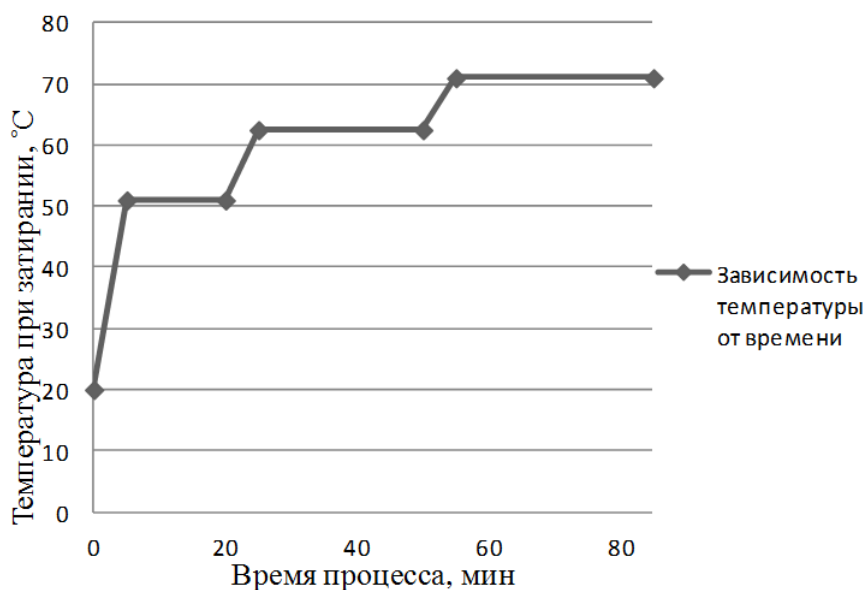


Рис. 1. График температурных пауз в процессе затираания [1].

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 [2]. 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.

**Основная часть.** На рисунке 1 схематично изображена установка, представляющая из себя HERMS пивоварню. Наиболее интересным представляется 1 процесс: ферментация исходного солода в условиях строгих температурных пауз. Под действием насоса из нижней части второго сосуда сусло поступает в змеевик первого сосуда, и, нагреваясь, на выходе снова возвращается в первый сосуд. Помимо нагрева, дополнительно обеспечивается процесс перемешивания, что облегчает работу пивовара.

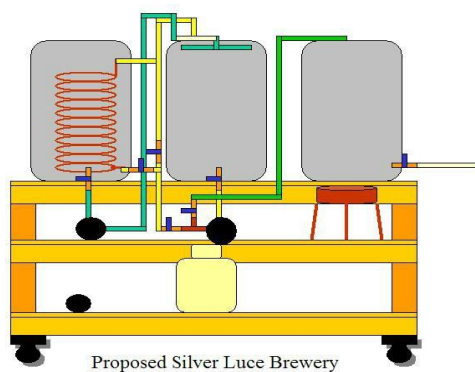


Рис.1 Схема HERMS пивоварни, предоставленная Silver Luce Brewery.

Принцип работы системы рециркуляционного обмена может быть представлен в виде блок-схемы для последующей ее реализации в виде математической модели.

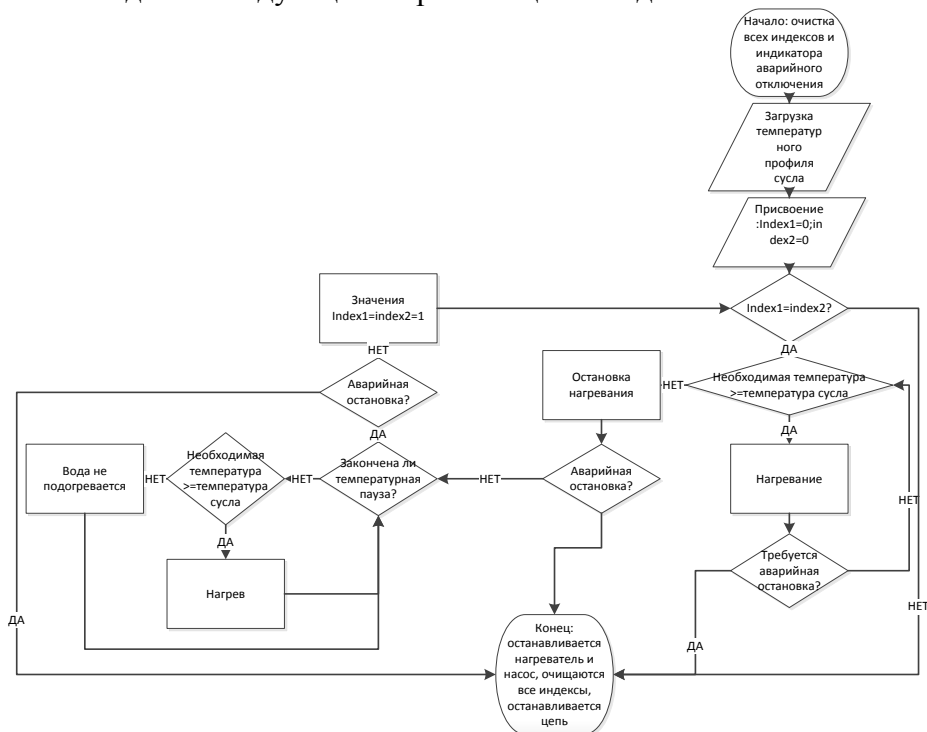


Рис. 2. Блок-схема программы.

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) [4].

Рассмотрим подробнее реализацию частей на каждом, из языков программирования.

В модели насос и терморезистор PT100 управляются посредством LabVIEW. 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 суслем, 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 затирания 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. – 278 с.
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 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

*А.Н. Гаврилин, к.т.н., доц.,*

*Б.Б. Мойзес, к.т.н., доц.*

*Р.М. Фасхутдинов, студент гр. 8НМ31*

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

*тел.(3822)-419-674*

*E-mail: tom-gawral@list.ru*

Основная тенденция развития технологий механической обработки – повышение производительности при увеличении (сохранении) уровня качества обработки. В связи с этим активно развиваются технологии высокоскоростного резания, в условиях которого явление резонанса, которое может возникнуть в технологической системе (ТС) [1], приведет к увеличению бракованных изделий, снижению качества обработки, интенсификации износа инструмента, сокращению долговечности элементов ТС. В связи с этим требуется применение специальных методик и оборудования по определению частотных зон, в которых вероятно проявление резонанса [1-5].

Подход, рассматриваемый в данной работе, основан на моделировании процессов в ТС при обработке заготовки. Моделирование процессов позволит