

рисунке 3. Главным узлом является микроконтроллер (МК) имеющий в своем составе 12 разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и часы реального времени (ЧРВ). В качестве индикатора используется графический жидкокристаллический индикатор разрешением 84x48 точек. Хранение информации осуществляется на карте памяти (КП). Питание осуществляется непосредственно от внешнего источника (СН), позволяющий питать схему напряжением 5 В или 7–18 В.

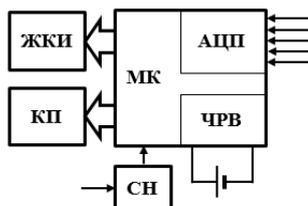


Рисунок 3 – Упрощенная функциональная схема: ЖКИ – жидкокристаллический индикатор; КП – карта памяти; МК – микроконтроллер; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЧРВ – часы реального времени; СН – стабилизатор напряжения

Область применения универсального цифрового даталоггера-самописца довольно обширна и зависит от применения тех или иных первичных измерительных преобразователей, а также цепей нормирования сигналов. Поэтому измеряемыми величинами могут быть напряжение, ток, сопротивление, температура, давление и др.

Испытания универсального цифрового даталоггера-самописца проведены в полевых условиях при измерении температуры в теплице в 5 различных точках в течение трех недель. В качестве датчиков использовались полупроводниковые терморезисторы, которые были подключены по схеме резистивного делителя напряжения. Питание осуществлялось от аккумуляторной батареи напряжением 12 В. Температура окружающей среды составляла от +10 °С до +35 °С в зависимости от времени суток. Полученные результаты были перенесены на персональный компьютер и обработаны в табличном процессоре (был проведен пересчет

значений аналого-цифрового преобразователя в значения температуры). Полученные графики изменения температуры в объеме теплицы и температуры грунта в течение суток представлены на рисунках 4 и 5 соответственно. Результаты испытаний показывают работоспособность универсального цифрового даталоггера-самописца в течение длительного времени при колебаниях температуры окружающей среды.

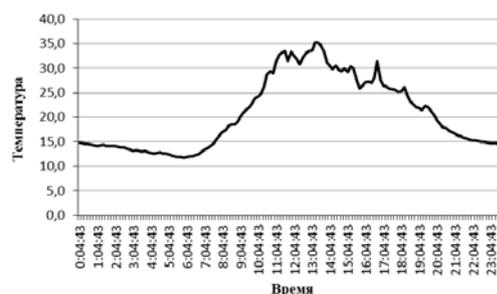


Рисунок 4 – График изменения температуры в объеме теплицы в течение суток

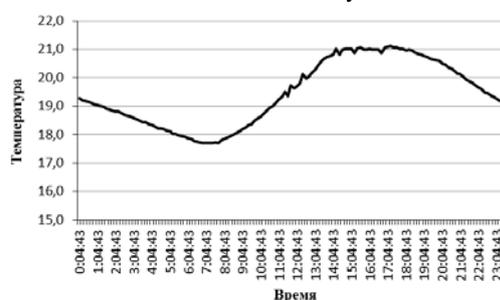


Рисунок 5 – График изменения температуры грунта в течение суток

Применение в дальнейшем универсального цифрового даталоггера-самописца облегчит исследование медленно протекающих процессов, а также ускорит обработку полученных результатов.

1. DataLoggers [Электронный ресурс] / National Instruments., 2017.
2. Микроконтроллеры STM32 «с нуля» [Электронный ресурс] / Compel.ru., 2017.
3. STM32f1-series [Электронный ресурс] / STMicroelectronics., 2017.

УДК 664

## КОМПЛЕКС АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭКСТРАКТА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Габец В.Л.<sup>1</sup>, Зубеня А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ОАО «Скидельский сахарный комбинат»

Минск, Республика Беларусь

В производственной лаборатории ОАО «Скидельский сахарный комбинат» установлена автоматизированная система для оптимизации лабораторных анализов, который работает по актуальным стандартам Международной

Комиссии по Единым Методам Анализа Сахара (ICUMSA) [1].

Система осуществляет весь спектр анализов (сырье, промежуточные и конечные продукты) для сахарного производства, а именно - анализ

сырых, промежуточных и конечных продуктов сахарной промышленности на поляризацию;  $Brix$ ; кажущуюся чистоту; опционально на pH; проводимость золь; цвет раствора, влажность сахара и отражённый цвет.

Автоматизированная система включает комплекс автоматического контроля с вычислительным устройством для анализа сахарной свеклы на сахарозу (Z), калий (K), натрий (Na) и альфа-аминокислотный азот.

Комплекс автоматического контроля (рис.1) состоит из узла управления, автоматического сахариметра, цифрового пламенного фотометра, тестамина-фотометра, насоса перистальтического дозирования пятиканального, магнитного вентиля и персонального компьютера.

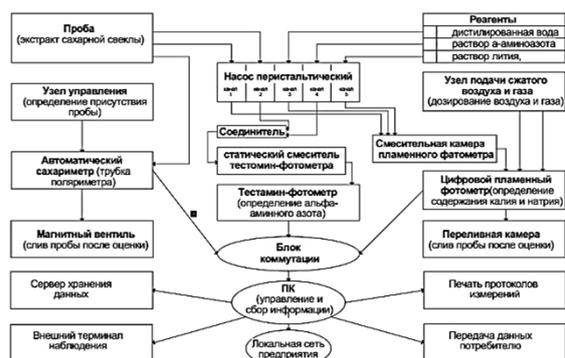


Рисунок 1 – Структурная схема и основные функции комплекса автоматического контроля качества экстракта сахарной свеклы

Автоматический сахариметр определяет содержание сахарозы (поляризация Z). Пробы для измерения наливаются в воронку проточной трубки поляриметра из нержавеющей стали, длиной 200 мм, сток которой контролируется через магнитный вентиль.

Цифровой пламенный фотометр определяет содержание калия (K) и натрия (Na) в экстракте сахарной свеклы.

Тестамина-фотометр вместе с дозировочным насосом и узлом управления помещен в один корпус и служит для определения состава альфа-аминокислотного азота по методу синих чисел с использованием медного реагента.

Программа компьютера содержит эмпирическую формулу, которая определяет из соотношения измеренного значения к значению воды - состав Амино-N. Для калибровки Амино-N, кроме этого, применяется испытательный раствор.

Калибровка в установленном порядке проводится программой компьютера путем соответствующих указаний на дисплее к работнику. Вследствие того, что реагент меди имеет гораздо большую плотность, чем проба, необходим статический смеситель, для однородного перемешивания пробы и реагента, которые в одинаковых объемах поступают от

дозировочного насоса. Для каждого анализа требуется около 13 мл реагента.

Для дозирования проб и реагентов служит перистальтический пятиканальный насос. На передней панели дозировочного узла находятся рукоятки управления, которые задают режим работы насоса и магнитного вентиля, связанного со стоком трубки поляриметра.

При промывании или при контроле функций можно вручную включить и выключить насос или магнитный вентиль. В процессе работы управление производится компьютерной программой.

Узел управления определяет с помощью зонда, который опускается в воронку трубки поляриметра, электрическую проводимость, т.е. присутствие пробы. Как только компьютер примет сигнал «проба имеется», программа управляет дальнейшим ходом анализа в соответствии с установленным алгоритмом.

Команды управления передаются от компьютера на узел управления. Там находятся бесконтактные полупроводниковые переключатели, которые включают и выключают дозировочный насос или магнитный вентиль.

Магнитный вентиль связан со стоком трубки поляриметра. Он находится на опоре под рабочим столом. Его трубчатое соединение выводится вверх, через поверхность стола, к трубке поляриметра.

Магнитный вентиль управляется узлом управления, через компьютерную программу, или вручную, поворотной рукояткой. В выключенном положении вентиль перекрыт, и налитая жидкость находится в воронке трубки поляриметра. Во включенном состоянии магнитный вентиль открывается, и жидкость течет из воронки в трубку поляриметра, избыточный объем поступает в сток.

Для управления системой, задания кода проб, охватываемых анализирующими приборами показываемых данных замеров, переработки этих данных и регистрации результатов применяется персональный компьютер.

Для протоколирования кода проб, значений анализа Z, сахарной свеклы K, Na, и Амино-N, а также рассчитанных значений качества, например, щелочности, обогащенного (кристаллизованного) состава сахара, паточного сахара, добычи сахара применяется принтер.

Процедура анализа экстракта сахарной свеклы следующая. В начале каждого цикла анализа, пробу заливают в подающую воронку трубки поляриметра, выход которой закрыт магнитным вентилем. Как только объем пробы достаточен, жидкость достигает контакта детектора - включается дозировочный насос. Насос отбирает нужный объем пробы и литиевого раствора, разбавляет дистиллированной водой и подает смесь к пламенному фотометру. Во вторую часть

пробы добавляется медный реагент, и смесь подается к тестамин-фотометру. Идентификатор пробы вводится либо с клавиатуры, либо считывающим устройством по штрих-коду. Далее проба подается в трубку сахариметра-поляриметра. Все значения с приборов считываются компьютером, и далее автоматически производится расчет качественных показателей.

УДК 614.842

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ПОДОБИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Мисюкевич Н.С.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Установившийся подход к решению задач тепломассопереноса заключается в последовательном решении ряда задач. В частности, задачи теплопроводности и теплоотдачи для изолированного проводника, состоящего из твердых материалов, окруженного газовой средой. Система уравнений, описывающая процесс, получается громоздкая и содержит много параметров, которые изменяются в реальных условиях, что увеличивает неопределенность конечного результата. Для описания различных технологических процессов часто используются эмпирические формулы, которые имеют ограниченную область применения со строго заданными условиями.

Для решения задач подобного рода применен метод разделения общей задачи на составные части для описания процесса, его анализа и последующего синтеза результата. Выделена часть задачи, которая может решаться с использованием фундаментальных законов. В данном контексте использован подход, аналогичный подходу для газовых сред: идеальные и реальные газы.

На первом этапе введено понятие идеальной (нереальной) среды, для которой действуют фундаментальные законы. Окружающая среда принята бесконечной с коэффициентом теплопроводности, соответствующим свойствам материалов стенки, через которую идет теплопередача. Это позволяет решить задачу теплопроводности и определить значение температуры на удалении от источника тепла, соответствующем границе раздела твердой и газовой среды. На втором этапе рассмотрен вопрос изменения условий среды на границе раздела для перехода к реальному процессу. Определен критерий состояния окружающей среды:

$$Mi = \frac{\beta}{\lambda \cdot l}, \quad (1)$$

где  $\beta$  – коэффициент теплопередачи через стенку, Вт·м<sup>2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $l$  – характеристический размер, м.

УДК 621.397 (075.)

1. Автоматизированная система оценки качества сахарной свеклы / В.Л. Габец, А.А. Зубеня // Приборостроение: материалы 9-й Международной научно-технической конференции. – Минск, 2016. – С. 163–165.

На третьем этапе проведен синтез полученных результатов двух этапов и установлены закономерности изменения температуры с учетом геометрических размеров теплопроводящего материала и состояния окружающей среды. Это позволило моделировать процесс при изменяющихся параметрах теплопроводящего материала и температуры на обогреваемой поверхности.

Определены соотношения с критериями подобия для сравнения результатов экспериментов и моделирования по различным методикам.

При рассмотрении условий естественной или вынужденной конвекции в тонком пограничном слое жидкости или газа у поверхности стенки используется критерий Нуссельта

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от поверхности тела к жидкости или газу (или наоборот), Вт·м<sup>2</sup>·К<sup>-1</sup>.

Состояние окружающей среды при известном числе Нуссельта выражается соотношением, связывая теплофизические характеристики стенки и среды

$$Mi = \frac{\alpha \cdot \beta}{Nu \cdot \lambda^2}. \quad (3)$$

Для случая однослойной цилиндрической стенки

$$Mi = \frac{\alpha \cdot R_H}{\alpha \cdot R_B \cdot R_H \cdot \ln(R_H / R_B) + \lambda \cdot R_H}, \quad (4)$$

где  $R_H$  – наружный радиус стенки, м;  $R_B$  – внутренний радиус стенки, м.

Применительно к одножильным электрически проводам

$$Mi = \frac{\alpha \cdot R_n}{\alpha \cdot R_{жс} \cdot R_n \cdot \ln(R_n / R_{жс}) + \lambda \cdot R_n}, \quad (5)$$

где  $R_n$  – радиус провода, м;  $R_{жс}$  – радиус жилы, м.