

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ САХАРНЫХ РАСТВОРОВ КОНДИТЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кузнецова О.Н., Коренев В.Д., Зори А.А.

Донецкий государственный технический университет, г. Донецк

Abstract

Kusnezova O.N., Korenev V.D., Zori A.A. The automated monitoring system of parameters of sugar solutions of confectionery manufacture including meters of temperature and percentage of dry substances on saccharose in a solution, satisfying on accuracy to the requirements of technological process is developed

Карамель по объему производства среди различных видов кондитерских изделий занимает одно из первых мест. Она является кондитерским изделием, полученным увариванием сахарного раствора с крахмальной патокой или инвертным сиропом, который представляет собой прозрачную вязкую, почти бесцветную жидкость. Качество карамели в значительной степени зависит от режима уваривания сахарного сиропа и содержания сухих веществ по сахарозе в нем. Процесс приготовления сиропа обычно состоит из 2-х этапов: растворения сахара и дальнейшего уваривания.

Процесс растворения сахара заканчивается тогда, когда растворяется весь сахар и температура кипения раствора становится равной 110°C . При этом его влажность составляет примерно 20%. Дальнейшее уваривание продолжается до достижения температуры кипения $115\text{--}117^{\circ}\text{C}$ и влажности 14-15%, что соответствует содержанию сухих веществ по сахарозе 85-86%. Таким образом, в процессе уваривания сиропа температура может изменяться в диапазоне от 100 до 120°C , а процентное содержание сухих веществ — в пределах 80-86% [1].

В настоящее время температуру сиропа контролируют с помощью манометрического термометра, а процентное содержание сахара — рефрактометром пищевым лабораторным РПЛ-3, определяющим концентрацию сахара в сиропе по показателю оптического преломления

раствора. Рефрактометр является лабораторным прибором, измеряющим концентрацию пробы, поэтому им не может быть реализована процедура измерения *in situ*. Автоматизация контроля процесса варки сиропа с использованием в качестве первичных измерителей манометрического термометра и рефрактометра невозможна, так как оба относятся к неэлектрическим средствам измерения, не имеющим электрического выхода, и процесс лабораторного исследования по определению концентрации раствора занимает значительное время.

Авторами работы для Полтавской кондитерской фабрики была разработана система автоматического контроля температуры и содержания сухих веществ по сахарозе в растворах кондитерского производства, обеспечивающая измерение параметров в диапазонах, указанных выше, с предельными погрешностями $\pm 1^\circ\text{C}$ и $\pm 0,5\%$ соответственно в соответствии с технологическими требованиями карамельного производства. Структурная схема системы приведена на рис. 1.

Основу системы составляют два измерительных канала: измерительный канал температуры (ИКТ) и измерительный канал сахаросодержания (ИКС), аналоговое вычислительное устройство и источник питания.

Канал измерения температуры построен по схеме термометра сопротивления. Принцип работы его основывается на измерении сопротивления чувствительного элемента первичного измерительного преобразователя (ПИП Т), изменяющегося под воздействием температуры сиропа. В качестве ПИП Т применен стандартный термоприемник ТСМ-1088, рассчитанный на диапазон температур от минус 50°C до $+180^\circ\text{C}$ и имеющий номинальную статическую характеристику 50М.

Чувствительный элемент ПИП Т включен в одно из плеч четырехплечего резистивного моста (РМ), питающегося от источника опорного напряжения (ИОН). Сигнал измерительной диагонали моста, пропорциональный температуре раствора, поступает на вход измерительного усилителя (ИУ). С его

выхода сигнал поступает на трехразрядное цифровое индикаторное устройство (ЦИУ1), показания которого соответствуют температуре раствора в °С.

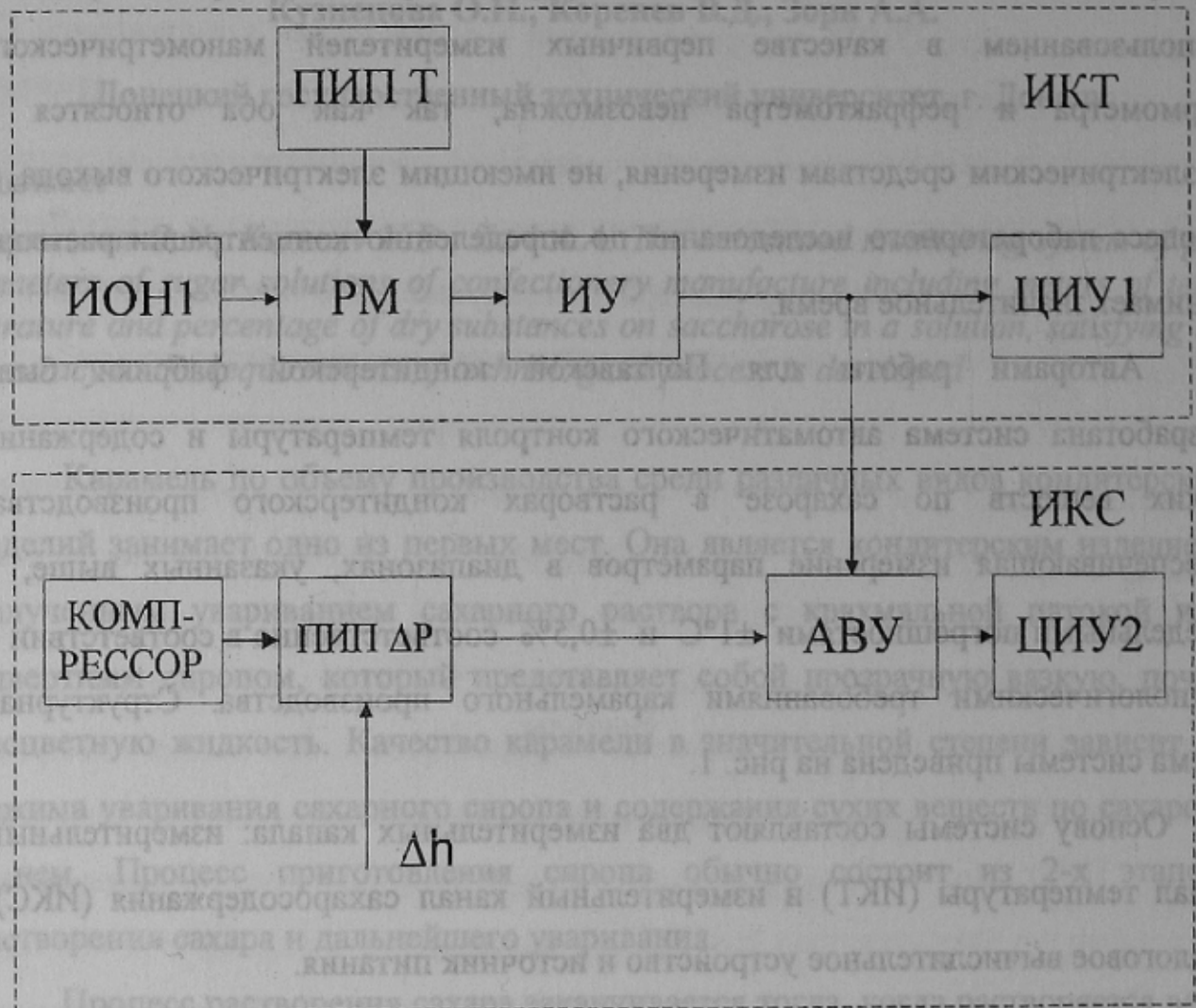


Рисунок 1 — Структурная схема системы определения температуры и концентрации сахарных растворов

Основными источниками статической погрешности приведенной структуры являются: а) погрешность термодатчика, обусловленная его классом точности, б) погрешность линейности характеристики преобразования устройства, преобразующего сопротивление чувствительного элемента в электрический сигнал (моста), в) погрешность измерительного усилителя.

Известно, что схема преобразователя сопротивления чувствительного элемента ПИП Т в напряжение, выполненная на основе неравновесного моста, имеет нелинейную характеристику преобразования [2]. В данном ИКТ выбором

параметров элементов моста, рабочего тока термоприемника и наклона номинальной характеристики преобразования канала обеспечена погрешность линейности ИКТ, не превышающая $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ в диапазоне температур $0-120^{\circ}\text{C}$. Нами использован медный термоприемник III класса точности, предельная погрешность которого не превышает $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ в диапазоне температур до $+150^{\circ}\text{C}$ [3]. Для уменьшения погрешности измерения температуры ИУ выполнен по схеме УПТ с преобразованием; его вклад в суммарную погрешность ИКТ не превышает $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, предельная погрешность ИКТ в рабочих условиях эксплуатации не превышает $\pm 1^{\circ}\text{C}$ для положительных значений температуры в диапазоне до 120°C .

Измерение процентного содержания сухих веществ по сахарозе (влажности) в растворах кондитерского производства в разработанном ИКС выполняется косвенным методом — по результатам измерения плотности раствора и его температуры. Измерение плотности в ИКС основано на измерении разности давлений в растворе и преобразовании ее в пропорциональный электрический сигнал. Схема измерения плотности сахарных растворов с помощью преобразователя разности давлений представлена на рисунке 2. Процедура измерения следующая:

— с помощью двух трубок различной длины, вводимых в раствор, и преобразователя разности давлений "Сапфир-22ДД" осуществляется измерение перепада давления ΔP , обусловленного разностью уровней $\Delta h = h_1 - h_2$. Для обеспечения возможности измерения разности давлений осуществляется прокачка (барботирование) воздуха в раствор через эти трубки под небольшим избыточным давлением от микрокомпрессора АЭН-4;

— перепад давления ΔP и плотность раствора ρ связаны между собой зависимостью:

$$\Delta P = \Delta h \cdot g \cdot \rho = k \cdot \rho,$$

где $\Delta h = \text{const}$ — база измерения; g — ускорение свободного падения;

$$k = \Delta h \cdot g = \text{const}.$$

Таким образом, выходной сигнал преобразователя разности давлений пропорционален значению плотности раствора;

– выходные сигналы преобразователя разности давлений и ИКТ поступают в аналоговое вычислительное устройство (АВУ), где рассчитывается в реальном масштабе времени процентное содержание в растворе сухих веществ по сахарозе. В АВУ осуществляется линейная аппроксимация табличной зависимости плотности сахарных растворов от процентного содержания сухих по сахарозе и температуры [4,5].

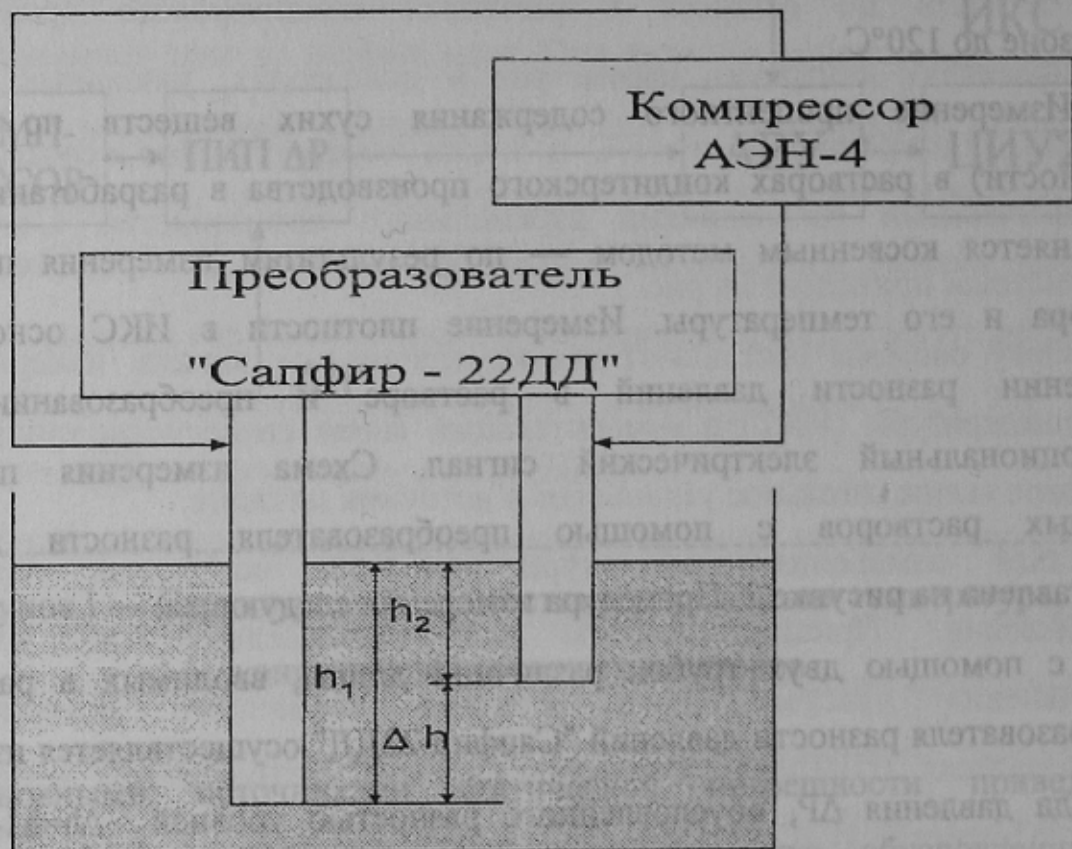


Рисунок 2 — Схема измерения плотности сахарных растворов с помощью преобразователя разности давлений

Индикация процентного содержания сухих по сахарозе (десятков и единиц процентов) осуществляется цифровым индикаторным устройством (ЦИУ2), в качестве которого используется двухразрядный цифровой интегрирующий вольтметр, аналогичный используемому в ИКТ.

Конструктивно ИКТ и ИКС выполнены в виде измерительного модуля, содержащего измерительные преобразователи температуры и плотности, и стационарного блока. Измерительный модуль рассчитан на использование в технологических емкостях высотой 1... 1.5 м при минимальном уровне раствора не менее 0.5 м. В состав стационарного блока входят: источник электропитания измерительных каналов, АБУ и ЦИУ ИКТ и ИКС.

Выводы

В статье представлено решение задачи по созданию информационно-измерительной системы для расчетов в реальном масштабе времени температуры и концентрации сахарных растворов, приведено описание первичных средств измерений параметров, проанализированы погрешности измерений.

Литература

1. Лурье И. С. Технология кондитерского производства./ Учеб. и учеб. пособ. для учащихся техн. — М.: Агропромиздат.—1992.—399 с.
2. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин (Измерительные преобразователи). —Л.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Геращенко О.А., Гордов А.Н., Лах В.И., Стадник Б.И. и др. Температурные измерения. Справочник. — К.: Наукова думка, 1984.
4. Антопольская М.Я., Бронштейн И.Н. Справочник по сырью, полуфабрикатам и готовым изделиям кондитерского производства. — М.: "Пищевая промышленность", 1964.
5. А.А. Зори, В.Д. Коренев, О.Н. Кузнецова. Контрольно-измерительная система параметров кондитерского производства //Труды 1-ой научно-практической конференции «Современная контрольно-испытательная техника промышленных изделий и их сертификация». СКИТ-97. — Мукачево, 1997. — С. 82-85.