

BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 1991-3494

Volume 2, Number 360 (2016), 35 – 38

UDK 681.542.3

## SOFTWARE FOR AUTOMATION OF THE DRYING PROCESS IN SUPERCRITICAL FLUIDS

B. Khussain<sup>1</sup>, S.I. Ivanov, I.A. Tiptsova, P.U. Tsigankov, N.V. Menshutina

<sup>1</sup>D.V.Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Republic of Kazakhstan, Almaty;  
D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia  
e-mail: b.khusain@ifce.kz

**Keywords:** supercritical fluids reactor; ACS; integrated development environment of Arduino

**Key words:** Automatic control system (ACS) of the reactor for drying process in supercritical fluids has been developed. The system is controlled from a personal computer; it is possible to assign the mode of operation of both separate units, and the work program of the entire system. It shows the economic efficiency of this development, its practicability.

УДК 681.542.3

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ В СКФ

Б.Хусаин<sup>1</sup>, С.И.Иванов, И.А.Типцова, П.Ю. Цыганков, Н.В. Меньшутина

<sup>1</sup> «Д.В.Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Д.Конаев к., 142, e-mail: b.khusain@ifce.kz  
Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университеті, Ресей, 125480, Москва қ., Панфилов батырлар к., ү. 20 , корп. 1

**Ключевые слова:** реактор СКФ; АСР; интегрированная среда разработки Arduino.

**Аннотация.** Разработана автоматизированная система регулирования (АСР) реактора, предназначенного для проведения процесса сушки в сверхкритических флюидах. Управление системой осуществляется с персонального компьютера, возможно задание как режимов работы отдельных узлов, так и программы работы системы в целом. Показана экономическая эффективность данной разработки, её целесообразность.

Сверхкритические флюиды (СКФ) – форма агрегатного состояния вещества, в которую способны переходить многие органические и неорганические вещества при достижении определенной, критической температуры и давления. В критической точке две фазы, жидкая и газовая, становятся неразличимы. В настоящее время технология СКФ получает широкое распространение в различных областях науки и техники. Уникальность данной технологии заключается в том, что она позволяет проводить процессы над частицами микронного уровня; легко переносится на производственные объёмы; позволяет уменьшить размеры реактора. Основная часть СКФ технологий использует сверхкритический диоксид углерода. Это обоснованно

рядом причин: экологическая безопасность, дешевизна и доступность. Сушка в сверхкритических флюидах используется для получения аэрогелей, мезопористого кварцевого стекла, оптического кварцевого стекла.



Рисунок – 1 Реактор СКФ

Процессы сверхкритической сушки являются продолжительными (более 8 часов), этим обусловлена необходимость автоматизации процесса.

Автоматическая система регулирования состоит из объектов регулирования и автоматического регулятора, который управляет объектом. Автоматический регулятор воздействует на процесс через исполнительное устройство.

Измерение основных параметров процесса производится с помощью контрольно-измерительных приборов (КИП).

Была поставлена задача автоматизации реактора СКФ и написание программного обеспечения для управления процессом с помощью компьютера. Реализовать решение данной задачи можно было тремя способами:

- самостоятельно изготовить КИП, первичные преобразователи и написать управляющую программу;

- купить КИП и программное обеспечение;

- смешанный вариант (самостоятельное изготовление усилительной платы и написание программного обеспечения, покупка сложных в изготовлении измерительных приборов).

Самостоятельное изготовление всех составляющих АСР не целесообразно по причине сложной реализации некоторых компонентов.

Покупка КИП и программного обеспечения является экономически невыгодной.

Был выбран смешанный вариант, позволяющий избежать недостатков первых двух способов: наиболее сложные в изготовлении составляющие АСР было решено приобрести, а программное обеспечение и усилительные платы выполнить самостоятельно.

Для процессов происходящих в реакторе СКФ необходимо контролировать следующие параметры: давление, температура в реакторе и расход  $\text{CO}_2$ . Измерение давления осуществляется с помощью мембранного манометра высокого давления. Измерение температуры производится с помощью термоэлектрического преобразователя ТСП 100, усиление сигнала осуществляется с помощью усилительной платы.

Термоэлектрический преобразователь (термопара) представляет собой чувствительный элемент состоящий из двух разнородных проводников – термоэлектродов, одни концы которых соединены сваркой или пайкой, а другие свободны. Если температура холодных концов отлична от

температуры «рабочего спая» (спай металлов находящийся в рабочей среде), то на них возникает разность потенциалов – термо-ЭДС, который обнаруживается вторичным прибором, соединённым со свободными концами.

Усиление сигнала с термоэлектрического преобразователя необходимо для уменьшения погрешности измерения. Эта конструктивная особенность предназначена для сопоставления величин разного порядка (максимальное значение термо-ЭДС на термопаре составляет десятки мВ, а управляющая плата Arduino работает в интервале от 0 до 5 В).

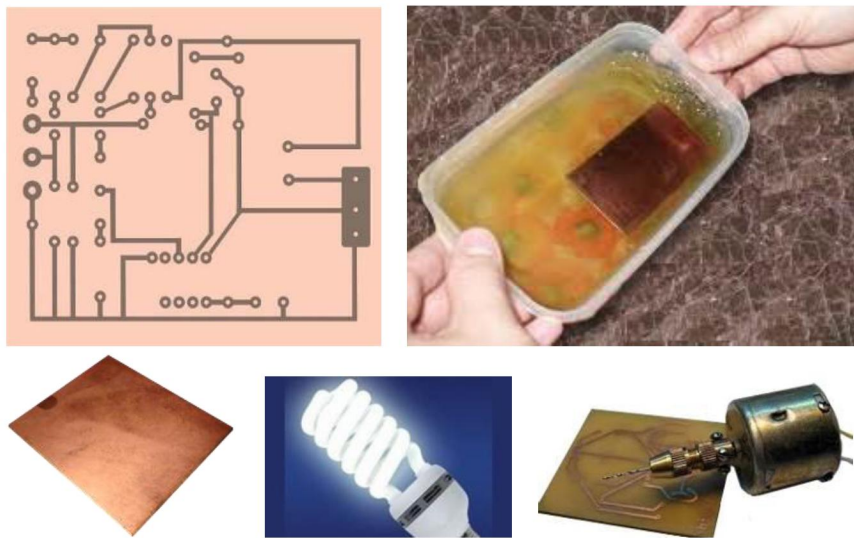


Рис. 2. Нанесение защитного рисунка и травление платы

Усилительная плата была сделана на основе ранее известных схем и методик. Для начала был получен рисунок платы в электронном виде. На прозрачной плёнке был распечатан опытный образец. Подготовка платы включала в себя обработку поверхности текстолита ацетоном с последующей шлифовкой наждачной бумагой. Далее на плату был наклеен фоторезист, позволяющий нанести на плату защитный рисунок, который предохранит дорожки от вытравливания в агрессивном к металлам

растворе хлорного железа. Следующий этап – проявление в УФ излучении с последующим удалением фоторезиста. После этого плата была помещена в раствор хлорного железа. С платы удаляется защитный рисунок с помощью ацетона. Далее в плате были высверлены отверстия, и производилась её пайка.

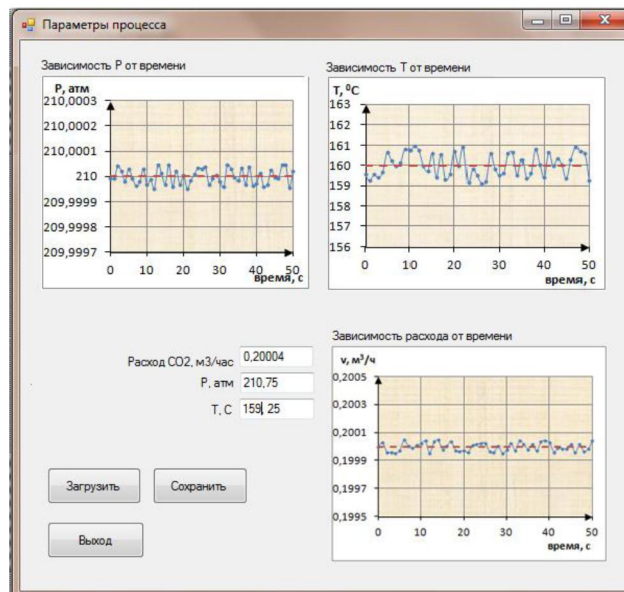


Рисунок – 3. Окно программы. Изменение давления, температуры и расхода диоксида углерода

Программное обеспечение было написано на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2013. Управляющая программа позволяет контролировать основные параметры процесса, наблюдать в реальном времени изменение температуры, давления в реакторе и расхода диоксида углерода.

Программа по умолчанию сохраняет параметры процесса на всём его протяжении. В программе предусмотрен просмотр предыдущих результатов и их анализ. Графическая интерпретация позволяет фиксировать скачки и колебания параметров в широком интервале времени.

Был проведен ряд экспериментов, подтверждающих эффективность и целесообразность данной работы.

Разработанная АСР открывает широкие перспективы дальнейшего развития. Она позволит не только контролировать, но и регулировать основные параметры процесса.

В качестве регуляторов возможно использование пропорционального, пропорционально - интегрирующего и пропорционально - интегрирующе-дифференцирующего звеньев.

Разработанная АСР может успешно справляться с поставленной задачей регулирования температуры и давления в реакторе и расхода диоксида углерода. Управляющая программа на основе таких критериев, как статическая ошибка, динамическая ошибка, степень затухания, время регулирования и интегральный квадратичный критерий позволит улучшить качество регулирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГУ «Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан» в рамках договора № 294 от 12.02.2015.

УДК 681.542.3

#### **АСФ-ТА КЕПТІРУ ПРОЦЕСІН АВТОМАТТАНДЫРУҒА АРНАЛҒАН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМА**

**Б.Хусаин<sup>1</sup>, С.И.Иванов, И.А.Типцова, П.Ю. Цыганков, Н.В. Меньшутина**

«Д.В.Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Д.Конаев к., 142, e-mail: b.khusain@ifce.kz

Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университеті, Ресей, 125480, Москва қ., Панфилов батырлар к., ү. 20, корп. 1

**Негізгі сөздер:** АСФ реакторы; РАЖ; Arduino зерттемесінің кірістірілген ортасы.

**Түйін.** Аса шекті сұйықтықта кептіру процесін жүргізу үшін арналған реакторды реттеудің автоматты жүйесі (РАЖ) жасалынған.

Жүйені басқару дербес компьютерден жүзеге асырылады, жекелеген тораптардың да, жалпы жүйенің жұмыс бағдарламаларының жұмыс істеу режимдерін орнатуға болады. Осы зерттеменің экономикалық тиімділігі, оның мақсатқа сайлығы көрсетілген.

*Поступила 13.04.2016 г.*