

УДК 681.542.3

С. И. Иванов, И. А. Типцова*, П. Ю. Цыганков

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20, корп. 1

* e-mail: yirish@yandex.ru

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Разработан программно-аппаратный комплекс для автоматического регулирования сверхкритического реактора, включающая в себя аппаратную часть на основе программируемого контроллера Arduino и программное обеспечение с пользовательским интерфейсом, предназначенного для управления проведения процессом сушки в сверхкритических условиях. Управление системой осуществляется с персонального компьютера, пользователь имеет возможность задать режимы работы отдельных узлов и программу процесса в целом. В работе показана экономическая эффективность данной разработки и её целесообразность.

Ключевые слова: реактор СКФ; ПАК; интегрированная среда разработки Arduino

Сверхкритические флюиды (СКФ) – вещества, находящиеся в сверхкритическом состоянии (агрегатное состояние при критической температуре и критическом давлении). В настоящее время широкое распространение технология использования СКФ получила в области фармацевтики. Уникальность данной технологии заключается в том, что она в том числе позволяет проводить процессы над частицами микронного размера, легко масштабируется до производственных уровней и позволяет использовать относительно реактора относительно небольших объемов по сравнению с другими способами сушки. В большинстве случаев при проведении СКФ процессов используется сверхкритический диоксид углерода. Это обосновано рядом причин: экологическая безопасность процесса, дешевизна и доступность диоксида углерода. Сушка в сверхкритических флюидах используется для получения высокопористых тел, например аэрогелей, которые могут быть использованы в различных областях науки, техники и промышленности [1].

Обычно процессы сверхкритической сушки являются продолжительными (более 8 часов), что обуславливает необходимость автоматизации процесса, так как незапланированное изменение параметров ведения процесса серьезно влияет на качество готового продукта.

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).

В ходе выполнения работы решалась задача автоматизации реактора СКФ.

Существует несколько способов решения поставленной задачи:

- самостоятельное изготовление всех аппаратных компонентов ПАК, первичных преобразователей и программного обеспечения;
- приобретение КИП и управляющего программного обеспечения и дальнейшая настройка;
- самостоятельное изготовление усилительной платы и создание программного обеспечения, покупка сложных в изготовлении измерительных приборов.

Самостоятельное изготовление всех составляющих ПАК представляется нецелесообразным по причине сложности реализации большинства измерительных компонентов, а приобретение готового решения в составе КИП и программного обеспечения является экономически невыгодной для лабораторных реакторов, так как стоимость ПАК для автоматизации сравним со стоимостью самого реактора.

Исходя из этого был выбран подход, позволяющий избежать недостатков вышеописанных решений: наиболее сложные в изготовлении составляющие ПАК было решено приобрести, а программное обеспечение и усилительные платы изготовить самостоятельно.

Для процессов происходящих в реакторе СКФ необходимо контролировать следующие параметры: давление, температура в реакторе и расход сверхкритического флюида (в данной работе сверхкритический CO₂).

В имеющейся установке СКФ измерение давления осуществляется с помощью мембранного манометра высокого давления, а измерение температуры – с помощью термоэлектрического преобразователя ТСП100 с номинальной характеристикой Pt100[2].

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.

Для обработки и преобразования аналогового сигнала от КИП и передачи сигнала для отображения на персональный компьютер был выбран программируемый контроллер Arduino. Данный выбор обусловлен относительной дешевизной контроллера и простотой его взаимодействия как с КИП, так и с персональным компьютером. Величина измеряемой термо-ЭДС на термопаре составляет до 10 мВ, а минимальная величина входного сигнала для данного программируемого контроллера должна негатив печатной платы. Подготовка платы включала в себя обработку поверхности текстолита ацетоном с последующей шлифовкой наждачной бумагой. Далее на плату был наклеена фоторезистивная пленка, позволяющая нанести на

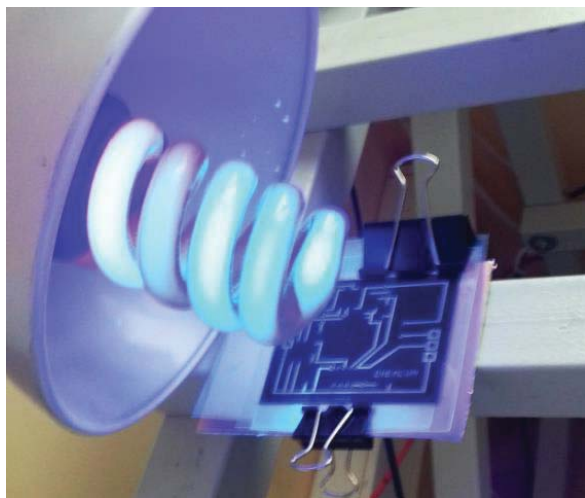


Рис. 1. Нанесение защитного рисунка

составлять не менее 15 мВ. В связи с этим было принято решение разработать и изготовить усилитель сигнала от термопары. Усилительная плата была изготовлена по разработанной методике создания печатных плат непромышленным способом. С помощью программного обеспечения ExpressPCB был создан рисунок проводящих дорожек платы в электронном виде. На прозрачной плёнке «Copier film» Lomond был распечатан

плату защитный рисунок, который предохранит дорожки от вытравливания в агрессивном к металлам растворе хлорного железа. Следующий этап – проявление фоторезистивной пленки в ультрафиолетовом излучении (см. рис. 1) с последующим ее удалением. После этого плата была помещена в раствор хлорного железа, где происходил процесс растворения медного покрытия текстолита, незащищенного проявленной фоторезистивной пленкой (см. рис. 2). На завершающем этапе в плате были высверлены отверстия, и произвелась её распайка.

Программное обеспечение было написано на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2010. Управляющая программа позволяет контролировать основные параметры процесса, отображать в реальном времени изменение температуры, давления в реакторе и расхода диоксида углерода.

Программное обеспечение по умолчанию сохраняет параметры ведения процесса на всём его протяжении. В программном обеспечении предусмотрен просмотр предыдущих экспериментальных исследований, что позволяет исследователю проводить анализ зависимости полученных результатов от параметров ведения

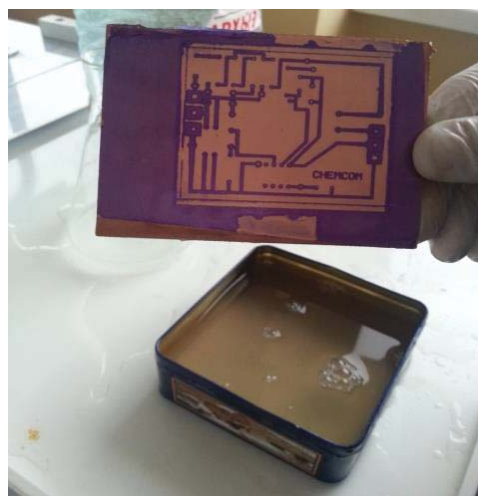


Рис. 2. Процесс травления платы

процесса. Графическая оболочка программного комплекса (см. рис. 3) позволяет фиксировать колебания параметров ведения процесса в широком интервале времени.

Разработанный ПАК открывает широкие перспективы дальнейшего развития. Это применение позволяет не только контролировать, но и регулировать основные параметры процесса.

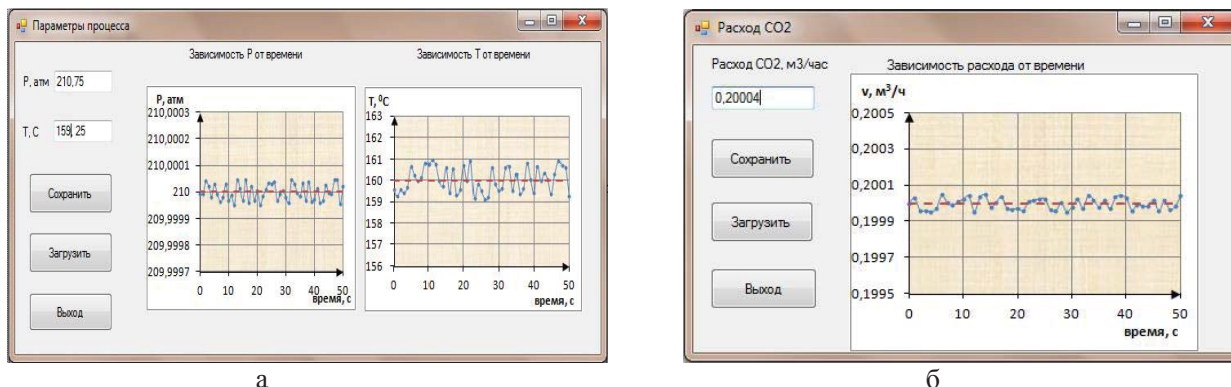


Рис. 3. Графический интерфейс разработанного программного комплекса:

а – изменение давления и температуры;
б – изменение расхода диоксида углерода

В качестве регуляторов возможно использование пропорционального (П), пропорционально-интегрирующего (ПИ) и пропорционально-интегрирующе-дифференцирующего (ПИД) звеньев.

Разработанный ПАК может успешно справиться с поставленной задачей регулирования температуры и давления в реакторе

и расхода диоксида углерода на основе таких критериев, как статическая ошибка, динамическая ошибка, степень затухания, время регулирования и интегральный квадратичный критерий [3], что позволит улучшить качество регулирования и, как следствие, качество проведения экспериментальных исследований.

Иванов Святослав Игоревич, к.т.н., главный специалист УИТ РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Типцова Ирина Александровна, студентка факультета информационных технологий и управления РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Цыганков Павел Юрьевич, студент факультета информационных технологий и управления РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Литература

1. Ловская Д.Д., Катаевич А.М., Лебедев А.Е. Аэрогели – современные системы доставки лекарств // Успехи в химии и химической технологии. – 2013. – Т. 27, №1(141). – С. 79-85.
2. ГОСТ Р 8.625-2006 Государственная система обеспечения единства измерений. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний. С 3.
3. Дубровский И. И., Лукьянов В. Л., Магергут В. З. Теория и практика применения позиционных законов регулирования в химической технологии.– М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – С.105-153.

*Tiptsova Irina Alexandrovna *, Tsigankov Pavel Urievich, Ivanov Svjatoslav Igorevich*

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

* e-mail: yirish@yandex.ru

CREATING A SOFTWARE-HARDWARE SYSTEM FOR AUTOMATING THE PROCESS OF DRYING UNDER SUPERCRITICAL CONDITIONS

Abstract

Developed hardware and software system for automatic control of the supercritical reactor, which includes hardware-based programmable controller the Arduino and software with a user interface for controlling the process of drying under supercritical conditions. The system is controlled from a PC, the user can define the modes of individual units and the program of the whole process. The article shows the cost-effectiveness of this development and its feasibility.

Key words: reactor supercritical fluids; ACS; software-hardware system; Arduino ID