

записи «Мои важные дела» и информация о дате. В настоящее время проект «Интерактивное расписание / ТПУ» [6] функционирует и им пользуются в среднем 400 человек в день, в том числе и преподаватели.

#### **Список литературы:**

1. Расписание/ТПУ. Группа 8Т31 [Электронный ресурс]. URL: <http://rasp.tpu.ru/view.php?for=8%D1%8231&weekType=1> Режим доступа: свободный (дата обращения: 05.03.2015)
2. jQuery UI [Электронный ресурс]. URL: <http://jqueryui.com/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 07.03.2015)
3. MIT License [Электронный ресурс]. URL: <http://www.webcitation.org/65V5m5UiW> Режим доступа: свободный (дата обращения: 05.03.2015)
4. GPL License [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnu.org/licenses/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 08.03.2015)
5. PHP Simple HTML DOM Parser [Электронный ресурс]. URL: <http://simplehtmldom.sourceforge.net/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 09.03.2015)
6. Мозгалева П. И., Гуляева К. В., Замятина О. М. Информационные технологии для оценки компетенций и организации проектной деятельности при подготовке технических специалистов. // Информатизация образования и науки. 2013. №4. С. 30-46.
7. Интерактивное расписание / ТПУ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rasp.tpu.ru> Режим доступа: свободный (дата обращения: 09.03.2015)

### **Разработка тепловой модели экспериментального электролизёра**

Гладырь Е.М., Денисевич А.А.  
[denisevichaa@tpu.ru](mailto:denisevichaa@tpu.ru)

*Научный руководитель: Денисевич А.А., ассистент каф. ЭАФУ ФТИ ТПУ*

Фтор – один из самых активных элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева и образует соединения со всеми элементами, причем реакции нередко сопровождаются горением и взрывами [1]. С рядом органических соединений фтор дает ценные продукты, которые находят широкое применение во многих отраслях промышленности [2].

Источником для производства фтора служит фтористый водород. Производство фтора осуществляется посредством электролиза расплава кислого фторида калия, который образуется при насыщении расплава  $KF \cdot HF$  фтористым водородом до содержания 40-41% HF. Электролиз ведется при температуре 85-105°C. Получающийся фтор содержит до 5% HF [3]. Таким образом, процесс электролиза заключается в разложении фторида калия на фтор и водород. На аноде выделяется фтор, на катоде – водород. В исследуемом экспериментальном электролизёре в качестве электролита используется расплав бифторида калия  $KF \cdot HF$ . Для удобства, удешевления процесса создания всего фторного производства удобно и оправданно прибегать к математическому моделированию еще до непосредственного создания физической установки. Результат работы представляет собой математическую

модель, на основе которой планируется развить систему автоматизированного управления.

### Моделирование температуры электролита

Объектом исследования является среднетемпературный экспериментальный фторный электролизер (рисунок 1).

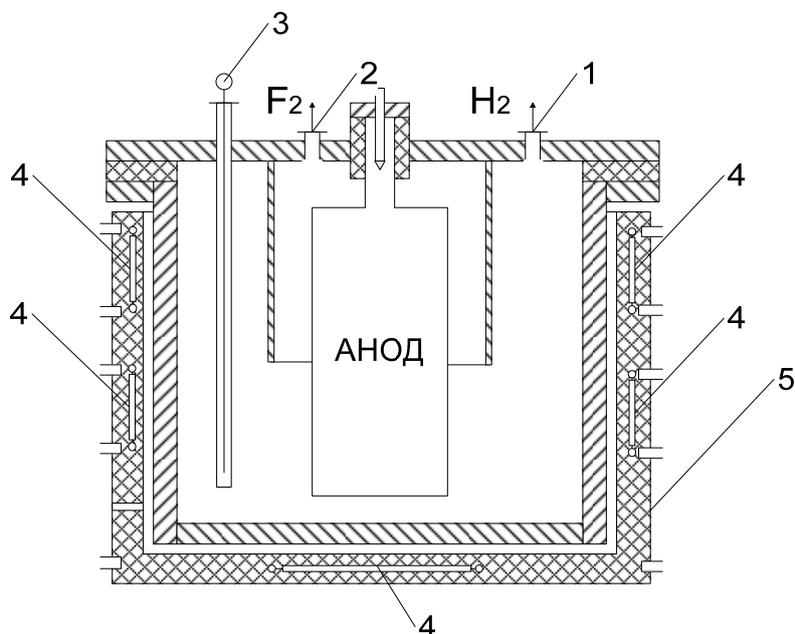


Рисунок 1. Экспериментальный среднетемпературный фторный электролизер: 1) Выход водорода; 2) выход фтора; 3) термометр; 4) трубчатые электрические нагреватели; 5) корпус электролизера

Рассмотрим тепловые процессы, протекающие в электролизере:

- разогрев электролита до рабочей температуры 80°C ТЭНами
- теплопотери через стенку аппарата.

Введём допущения и зададим начальные условия модели:

- начальная температура ведения процесса 15°C
- в виду высокой инерционности процессов, протекающих в электролизере, запаздывания, обусловленные инерционностью элементов системы не учитываются.

Электролит нагревают трубчатыми электрическими нагревателями, до достижения им температуры, необходимой для протекания процесса среднетемпературного электролиза, равной от 80 до 105 °C. Данный тепловой процесс описывается системой однородных дифференциальных уравнений. Уравнения описывают данный процесс с достаточной точностью, так как учтен процесс потери некоторой части тепла через стенку ванны для электролиза в окружающее пространство.

Нагрев электролита током и ТЭНами до установившегося значения займет достаточно длительный промежуток времени, так как тепловым процессам свойственна высокая инерционность. Полученная система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} C_э \cdot \rho_э \cdot \frac{\partial T_э}{\partial \tau} = \frac{Q_{ТЭН}}{V_э} - \frac{\alpha_э \cdot (T_э - T_{Ст}) \cdot F_{СтВн}}{V_э} \\ C_{Ст} \cdot \rho_{Ст} \cdot \frac{\partial T_{Ст}}{\partial \tau} = \frac{\alpha_э \cdot (T_э - T_{Ст}) \cdot F_{СтВн}}{V_{Ст}} - \frac{\alpha_{Ст} \cdot (T_{Ст} - T_{ОС}) \cdot F_{СтНар}}{V_{Ст}} \end{cases}$$

где  $C_{\text{Э}}$ ,  $C_{\text{Ст}}$  – удельная теплоемкость электролита и материала стенки соответственно;  $\rho_{\text{Э}}$ ,  $\rho_{\text{Ст}}$  – плотность электролита и материала стенки соответственно;  $T_{\text{Э}}$ ,  $T_{\text{Ст}}$  – температура электролита и материала стенки соответственно;  $\tau$  – время протекания процесса;  $V_{\text{Э}}$  – объем электролита;  $\alpha_{\text{Э}}$ ,  $\alpha_{\text{Ст}}$  – коэффициент теплоотдачи электролита и материала стенки соответственно;  $F_{\text{СтВн}}$ ,  $F_{\text{СтНар}}$  – площадь внутренней и внешней поверхностей стенки электролизера;  $V_{\text{Ст}}$  – объем стенки электролизера;  $T_{\text{ОС}}$  – температура окружающей среды.

Для решения систем таких уравнений в пакете MatLab удобно применять встроенные стандартные решатели для систем дифференциальных уравнений семейства ODE [4]. В данном случае используется решатель ode45. Решение этой системы, отражающее процесс нагрева электролита показано на рисунке 2.

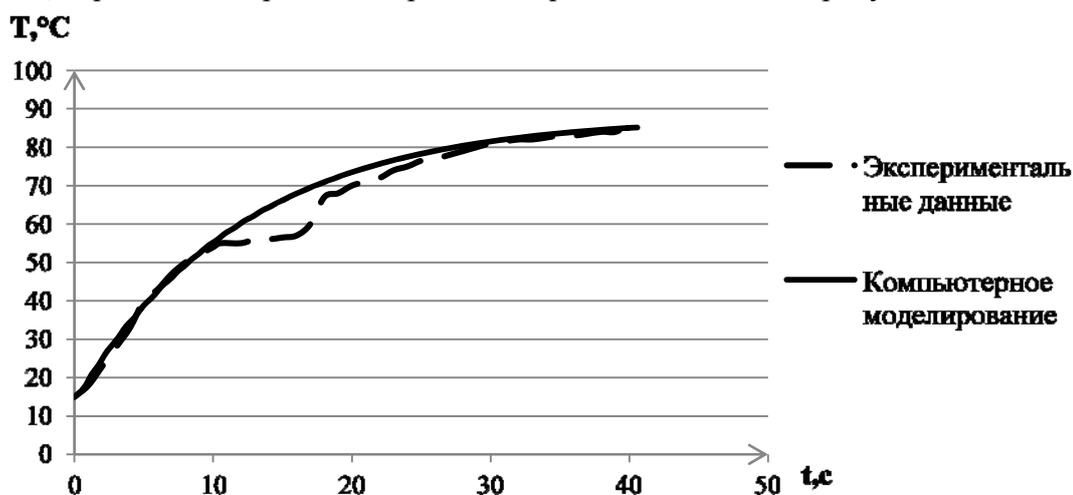


Рисунок 2. Сравнение полученных данных

После разработки математической модели необходимо решить вопрос об адекватности разработанной модели объекту-оригиналу. В результате сопоставления экспериментальных данных, предоставленных с электролизёра, с данными, полученными путём компьютерного моделирования, было выявлено, что среднеквадратичная ошибка не превышает 10%. Вследствие этого, был сделан вывод о том, что полученная модель оказалась адекватной реальному объекту - экспериментальному электролизёру.

#### Структурный синтез системы автоматического управления

Полученный переходный процесс был описан инерционным звеном первого порядка без запаздывания, которое имеет вид [5]:

$$W(s) = \frac{k_{об}}{T_{об} \cdot s + 1}$$

Идентификация проводилась с помощью встроенного в MatLab Curve Fitting Tool. В аналитическом виде передаточная функция процесса установки выглядит следующим образом:

$$W(s) = \frac{1.21}{4429 \cdot s + 1}$$

На основании полученных результатов идентификации для управления температурой электролита предполагается использовать одноконтурную САУ

(рисунок 3). В качестве закона регулирования предполагается использовать П,ПИ и ПИД регуляторы [6]. Выбор наилучшего закона управления будет осуществлен после сопоставления показателей качества САУ.

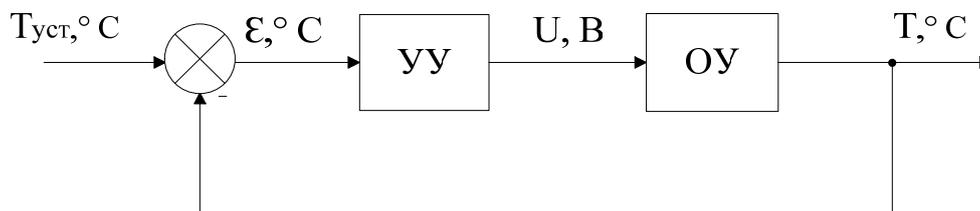


Рисунок 3. Структурная схема САУ: УУ – управляющее устройство (регулятор); ОУ – объект управления

### Выводы

В результате проделанной работы разработано математическое описание тепловых процессов в экспериментальном электролизере и произведено компьютерное моделирование. Произведена идентификация всех тепловых процессов, протекающих в установке в процессе ее функционирования. Полученные данные используются в настоящее время при синтезе системы автоматизированного регулирования.

### Список литературы:

1. Галкин Н.П., Крутиков А.Б. Технология фтора. – М.: Атомиздат, 1968г. – 188 с.
2. Рысс И. Г. Химия фтора и его неорганических соединений. – М.: Госхимиздат, 1956г. – 718 с.
3. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2000г. – 261 с.
4. Смит Джон М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей / Пер. с англ. Н.П. Ильиной; Под ред. О.А. Чембровского. – М.: Машиностроение, 1980г. – 271 с.
5. Корытин А.М., Петров И.К. и др. Автоматизация типовых технологических процессов и установок : учебное пособие / А. М. Корытин, Н. К. Петров, С. Н. Радимов, Н. К. Шапарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.
6. Фельдбаум А.А., Бутковский А.Г. Методы теории автоматического управления. – М.: Наука, 1971. – 744 с.

## Проблемы создания и внедрения модели бизнес-процессов предприятия в форме Workflow System

Гончарук Ю.О.  
[divia777@mail.ru](mailto:divia777@mail.ru)

Научный руководитель: к.т.н. Замятина О.М, доцент кафедры ОСУ

Нередко после проведения реинжиниринга бизнес-процессов возникает необходимость применения современных технологий для реализации новых процессов с наибольшей скоростью, наименьшими затратами и максимальной эффективностью. Для этого необходимо использовать различные средства