

**Заключение**

В работе представлены способы и средства повышения эффективности процесса электронного обучения на основе учета психофизиологического состояния ученика. Предложенная логистическая модель позволяет оценить готовность ученика к работе в системе электронного обучения. В случае неудовлетворительного результата прогнозирования обучаемому может быть предложено осуществить подготовку к работе в системе и повторное тестирование для приобретения соответствующего настроения на работу. В дальнейшем планируется улучшить данную модель, проведя большее число экспериментов и добавив в модель большее число показателей когнитивных процессов, в том числе использовать нечеткую логику для построения модели.

Контроль кожно-гальванической реакции ученика в процессе обучения позволит оценить динамику психофизиологического состояния, в том числе развитие утомления в процессе обучения, что в последующем может использоваться для оптимизации процесса электронного обучения и подбора соответствующей учебной нагрузки.

Алгоритм функционирования предложенных аппаратно-программных средств описан с помощью сетевой модели Петри. Данная модель представляет собой динамическое описание процесса работы системы электронного обучения с учетом функционального состояния обучаемого, позволяет проиллюстрировать переход системы из одного состояния в другое при тех или иных условиях.

Разработанные аппаратно-программные средства тестируются в Рязанском радиотехническом университете.

**Список литературы**

1. Солонина А.Г. Концепция персонализированного обучения: моногр. М.: Прометей, 1997.
2. Живенков А.Н. Анализ существующих и пути развития интеллектуальных обучающих курсов // Информационные системы и процессы, 2009. Вып.8.
3. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems // International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2003. № 13.
4. Weber G. Elm-Art: An adaptive versatile system for Web-based instruction // International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2001. № 12.
5. Живенков А.Н., Иванова О.Г. Формирование плагинов LMS Moodle для адаптивного построения структуры курса электронного обучения // Научные ведомости. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2010. № 19 (90). Выпуск 16/1.
6. Опарина Н.М. Влияние психофизиологических характеристик обучаемых на эффективность их работы при использовании АСО // Педагогическая информатика. – 2004. №2. – С. 81-88.
7. Бруннер Е.Ю. Лучше, чем супервнимание. Методики диагностики и психокоррекции. Ростов-на-Дону: «Феникс», 2006.
8. Варнавский А.Н. Имитационное моделирование производительности труда работника при разных вариантах организации производственных работ // Автоматизация в промышленности, 2013. №7.

*Варнавский Александр Николаевич — канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник Рязанский государственный радиотехнический университет.  
Контактный телефон (4912) 46-03-43.  
E-mail: varnavsky\_alex@rambler.ru*

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА УПРАВЛЕНИЮ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ ПОТЕНЦИАЛЬНООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**О.В. Ершова, А.М. Полякова, Т.Б. Чистякова (СПбГТИ(ТУ))**

*Предложена методика синтеза тренажеров. Тренажеры предназначены для обучения персонала и приобретения навыков эффективного управления электротехнологическими установками в потенциальноопасных производствах алюминия, карбида кальция и фосфора. Представлены функциональная структура тренажеров, информационное и математическое обеспечение.*

*Ключевые слова: методика синтеза, компьютерные тренажеры, электротехнологические установки, автоматизированное рабочее место, обучаемый, инструктор, сценарии обучения, контроль знаний, протокол обучения.*

**Введение**

В российской промышленности остро ощущается потребность как в высококвалифицированных кадрах, так и в прогрессивных средствах обучения для их подготовки [1]. Концепция дуального обучения предполагает, что теоретическая часть подготовки проходит на базе образовательной организации, а практическая — на рабочем месте.

Предложен подход к построению тренажеров для электрохимического производства алюминия и электротермических производств карбида кальция и фосфора.

С учетом общих признаков электрохимических и электротермических производств целесообразно создание единой структуры ПО тренажеров для этого класса объектов.

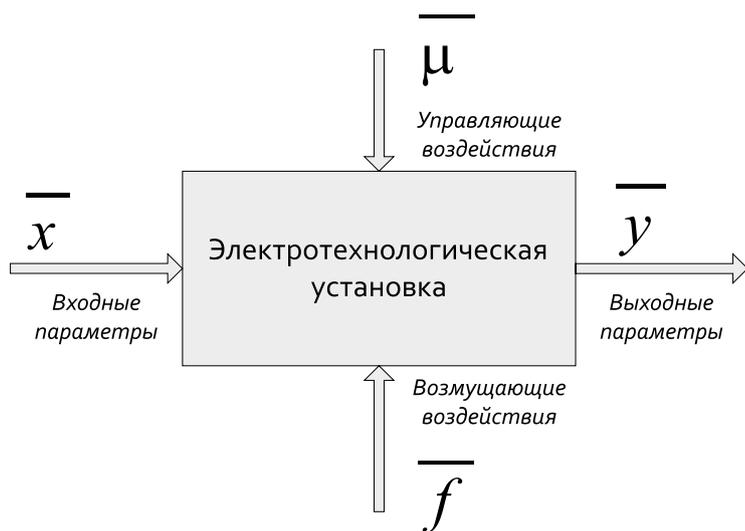


Рис. 1. Формализованное описание объектов изучения и управления, где  $\bar{x}$  – входные параметры: характеристики сырья (концентрация химического компонента, гранулометрический состав);  $\bar{\mu}$  – управляющие воздействия: расходы сырья, т/ч; положение электродов (анодов), м;  $\bar{f}$  – возмущающие воздействия: колебания состава сырья; колебания параметров окружающей среды (температура, влажность);  $\bar{y}$  – выходные параметры: количество получаемого продукта, кг/ч; концентрация ключевого компонента в расплаве, масс. доли; масса расплава, т; температура расплава, °С

Для синтеза общей структуры ПО тренажеров проведена обобщенная классификация параметров и разработано формализованное описание процессов как объектов изучения и управления, представленное на рис. 1.

Для создания тренажеров управляющего персонала электротехнологических установок разработано информационное, математическое и программное обеспечение.

*Информационное обеспечение* разработано на основании формализованного описания и включает [2]:

- БД административного и производственного персонала;
- БД параметров процесса;
- базу знаний (БЗ) по управлению в нештатных ситуациях;

*Математическое обеспечение* включает математические модели процессов. Функциональные соотношения математической модели представлены на рис. 1. Структура математических моделей процесса получения алюминия подробно представлена в [2]. Структуры моделей процессов получения карбида кальция и фосфора можно представить в общем виде, поскольку процессы похожи. Модели позволяют определять влияние характеристик сырья, электрических параметров и управляющих воздействий на выходные показатели.

Результаты расчета моделей проверены по представленным в литературе экспериментальным данным и их адекватность подтверждена выполнением условия адекватности по критерию Фишера.

Были сформулированы задачи управления в штатных и нештатных ситуациях.

В штатном режиме задача управления заключается в том, чтобы при действии на объект возмущающих воздействий и при соблюдении ограничений на значения параметров найти такие значения управляющих воздействий, которые обеспечивают поддержание регламентного режима, требуемой производительности и необходимой концентрации целевого продукта.

*Постановка задачи обучения оптимальному управлению:* для заданного вектора входных параметров  $X$  при влиянии возмущений  $f$  варьированием значений управляющих воздействий  $\mu$  в регламентных диапазонах по расходу сырья и положению катодов (анодов) найти такой вектор управляющих воздействий  $\mu_{opt}$ , который обеспечивает заданное качество (сортность) выпускаемого продукта при минимальных энергозатратах в рамках ограничений, накладываемых на массу и температуру расплава, а также на номинальные значения тока, протекающего через электроды.

*Постановка задачи обучения управлению в нештатных ситуациях:* для заданного вектора входных параметров  $X$  на основе описания нештатных ситуаций, связанных с выходом показателей безопасности и работоспособности оборудования за допустимые пределы, определить наиболее вероятную причину ситуации, а также величину и направление изменения управляющих воздействий  $\mu$ , которые обеспечат возвращение их в допустимый диапазон функционирования.

#### Программное обеспечение

Функционально-информационная структура ПО тренажеров в InTouch представлена в работе [3].

В тренажерах возможны различные варианты обучения:

- изучение теоретического материала с помощью информационно-справочной подсистемы;
- тестирование теоретических знаний с помощью тестовой подсистемы;
- изучение ТП посредством мнемосхемы, ознакомление с вложенными окнами и динамическими элементами отображения и управления, возможность варьирования значений управляющих воздействий для обеспечения оптимального режима;
- настройка системы на конкретное оборудование (геометрия, мощность, производительность);
- настройка ограничений и регламентных значений параметров БД;
- изучение причинно-следственных связей процесса (влияние входных параметров и управляющих воздействий на выходные) в штатных ситуациях, в режиме самостоятельного (свободного) обучения, в результате которого происходит формирование навыков контроля и управления ТП с целью изучения стандартных процедур управления и работы вблизи нормального технологического режима;

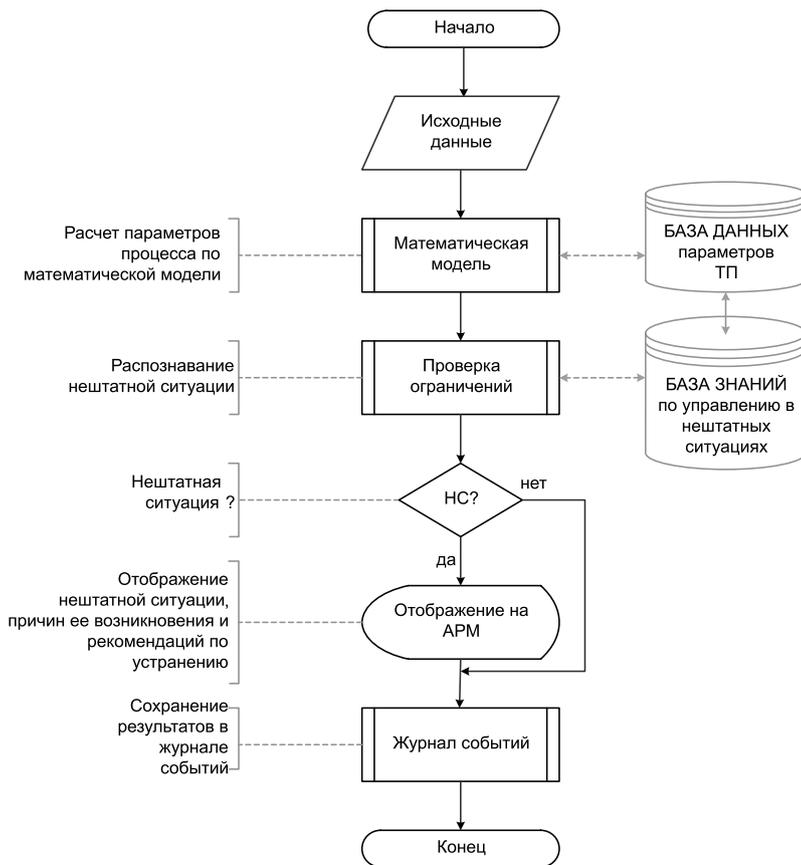


Рис. 2. Алгоритм распознавания нештатной ситуации

- приобретение навыков управления в режиме нештатных ситуаций; работа по самостоятельным сценариям обучения, моделирующим возникновение НС, при этом выдается окно, содержащее информацию о причинах ее возникновения и предлагаются варианты по ее устранению;

- работа по заданному инструктором сценарию обучения.

Интеграция тренажеров в АСУТП предприятия позволит приобретать профессиональные умения и навыки, используя реальные производственные данные [3].

Для проведения обучения разработаны АРМ обучаемых и инструктора. АРМ обучаемого подобен АРМ оператора. Основным окном АРМ обучаемого является динамическая мнемосхема, которая имеет набор вложенных окон, элементы управления, отображения информации в виде таблиц и графиков.

Алгоритм распознавания нештатной ситуации, представленный на рис. 2, используется в сценариях обучения, имитирующих нештатные ситуации, с которыми операторы должны справиться и перевести объект в регламентный режим.

**Ершова Ольга Владимировна** — канд. техн. наук, доцент кафедры, **Полякова Анастасия Михайловна** — канд. техн. наук, доцент, кафедры, **Чистякова Тамара Балабековна** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и управления» Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).  
 Контактный телефон (812) 494-93-70.  
 E-mail: erol@rambler.ru

Для проверки знаний и навыков управления разработан экзаменационный режим обучения. АРМ инструктора предназначен для организации и проведения процесса обучения, контроля действий обучаемых и оценки их работы.

### Заключение

Предложена методика синтеза компьютерных тренажеров электротехнологических установок, включающих математическую модель, что позволяет проводить обучение персонала управлению процессами.

Реализация результатов: система обучения операторов управлению процессом производства алюминия принята к внедрению в опытно-промышленную эксплуатацию, а также в учебный центр ОАО «СУАЛ» филиал «ВАЗ СУАЛ» для подготовки операторов; в учебный и научно-исследовательский процессы Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) для подготовки бакалавров и магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника» и химико-технологических специальностей. Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры автоматизации производственных процессов Иркутского государственного технического университета, а также использовались при проведении теоретических и практических занятий для подготовки студентов в рамках корпоративного университета «РУСАЛ-ВАМИ». Системы обучения операторов электротермических производств внедрены в исследовательскую и проектную деятельность ООО «ЛЕННИИГИПРОХИМ».

Экономический эффект от внедрения тренажеров ожидается за счет снижения финансовых и временных затрат на обучение персонала, снижения количества совершаемых ошибок, брака и аварийности, а также ведения процесса в ресурсосберегающем режиме.

### Список литературы

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: СИНТЕГ, 2009.
2. Ершова О.В., Полякова (Самарина) А.М., Чистякова Т.Б. Компьютерные тренажерные комплексы для обучения персонала управлению процессами электрохимических производств // Автоматизация в промышленности. 2013. № 12.
3. Ершова О.В. Компьютерные тренажерные комплексы для повышения эффективности управления процессами электротермического производства // Проблемы управления. 2010. № 3.