

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Материалы всероссийской научно-технической
конференции

(г. Пермь, 17 мая 2018 г.)

В двух томах
Том 1

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2018

Конференция инициирована Ученым советом электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета и ориентирована на публичную апробацию результатов научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по аспектам научных исследований электротехнического профиля.

Конференция проводится по пяти секциям: «Информационные технологии и автоматизированные системы», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Электротехника и энергетика», «Телекоммуникации», «Информационная безопасность».

Публикуемые результаты исследований могут быть интересны широкому кругу специалистов в области автоматизации и проектирования современных систем автоматизации и управления, информационных технологий, математического моделирования технологических процессов, систем преобразования и обработки информации.

Редакционная коллегия:

А.М. Костыгов, профессор, канд. техн. наук;

Б.В. Кавалеров, доцент, д-р техн. наук;

Д.К. Елтышев, доцент, канд. техн. наук (отв. редактор);

А.Б. Петроченков, доцент, канд. техн. наук;

Н.М. Труфанова, профессор, д-р техн. наук;

Р.А. Файзрахманов, профессор, д-р экон. наук;

А.А. Южаков, профессор, д-р техн. наук

Рецензент

заслуженный деятель науки РФ, заслуженный машиностроитель Республики Башкортостан, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета *Г.Г. Куликов*

Секция I

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ**

Д.И. Ахметзянов, Р.А. Файзрахманов

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ В ПРОМЫШЛЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Актуальной проблемой для промышленных предприятий является разработка универсальных информационных решений, которые бы обеспечивали непрерывный обмен данными между автоматизированными системами. Стоит отметить, что любая АСУ может быть коммерческим продуктом, а также собственной разработкой, и, как правило, коммерческое ПО разрабатывается без дальнейшей интеграции с другими системами той же тематики. Возникает потребность в корректировке программ, а это, в свою очередь, отражается на структурной и семантической неоднородности данных. Исходя из этого, в статье сформулированы основные задачи, которые необходимо решить ИТ-отделу любого промышленного предприятия, для интеграции разнородных данных между производственными АСУ, и описаны актуальные проблемы. Дана подробная характеристика существующим подходам интеграции данных в АСУ. Рассматриваемые подходы сгруппированы и структурированы (коннекторы, конвекторы, файлы визуализации и трансляция данных), описаны преимущества, недостатки каждой технологии и общая логика работы, приведены соответствующие схемы. Основываясь на описательных характеристиках каждого метода, сделаны соответствующие выводы и даны конкретные предпочтения. Заметен явно выраженный тренд применения технологии онтологического моделирования. Стоит уточнить, что большинство подходов в этом направлении описывают онтологии только верхнего уровня, что явно недостаточно для качественного информационного обмена. Но сама технология является весьма перспективной, остается лишь правильно использовать общий подход к моделированию и разработать свою методику интеграции.

Ключевые слова: информационные технологии, автоматизация, управление данными, интеграция, разнородные данные, цифровое производство.

D.I. Akhmetzyanov, R.A. Fayzrahmanov

THE OVERVIEW MODERN APPROACHES OF INTEGRATION OF DATA IN INDUSTRIAL AUTOMATED SYSTEMS

Current problem for industrial enterprises is development of universal information decisions which would provide continuous exchange of diverse data between automated systems. It should be noted that the ACS can be as a commercial product, by also own development, and as a rule, the commercial software is developed without further integration into other information solutions of the same subject. There

is a need for correction of an ACS, and it in turn affects structural and semantic heterogeneity of data. Proceeding from it in article the main objectives which the IT department of any industrial enterprise needs to solve, for integration of diverse data between production ACS are formulated, and current problems are described. The detailed characteristic is given to the existing approaches of integration of diverse data into an ACS. The considered approaches are grouped and structured (connectors, convectors, files of visualization and broadcast of data), benefits are described, shortcomings of each technology and the general logic of work, are given the corresponding schemes. Based on descriptive characteristics of each method, the corresponding conclusions are drawn and specific preferences are given. It is noticeable, obviously expressed trend of use of technology of ontologic modeling for the problem resolution of integration of diverse data. But it is worth specifying that the majority of approaches describe ontologies only of the top level that it is obviously not enough for high-quality information exchange and minimization of loss of data. The technology is very perspective, it is necessary only to use correctly the general approach to modeling and to develop the technique.

Keywords: information technologies, automation, data management, integration, heterogeneous data, digital production.

Качественные характеристики производства во многом зависят от уровня автоматизации и применяемых информационных технологий, что, в свою очередь, напрямую зависит от процесса интеграции данных. Проблематика интеграции данных в настоящее время очень популярна в научной сфере. По данным на 2006 год примерно в 1062 работах упоминается термин «интеграция данных» в текстах или в заголовках, между тем как на 2013 год фиксируется уже 2365 упоминаний. Дальше – больше. Однако остаются нерешенные проблемы, связанные с унификацией и объединением данных в процессе выработки единой методологии интеграции данных [1].

При значительных объемах управленческой информации, циркулирующей в любом хозяйствующем субъекте, эффективно обрабатывать ее можно, лишь используя преимущества автоматизированных информационных технологий [2]. Возникает проблема разработки таких универсальных информационных решений, которые бы обеспечивали непрерывный обмен разнородными данными между АСУ технической подготовки производства. Несмотря на большой объем информации, которой обладают производственные системы при работе с проектами, в дополнение ко всему может ощущаться ее недостаток в связи с тем, что данные могут носить недостоверный или несистемный характер [3]. Малейшие изменения в бизнес-процессах

предприятия напрямую ведут к тому, что разработчики вынуждены осуществлять корректировку ПО, а это, в свою очередь, отражается на структурной и семантической неоднородности информационных элементов. Появляется потребность в дополнительной конвертации данных. Использование таких решений ведет к усложнению и, следовательно, к снижению надёжности процесса получения производственной информации в автоматизированных системах технической подготовки производства [4]. Далее предлагается рассмотреть основные подходы интеграции разнородных данных в промышленных АСУ. Условно их можно подразделить на следующие группы:

- коннекторы;
- конверторы;
- файлы визуализации.

Интеграция разнородных данных с использованием коннекторов. Любая система комплексной автоматизации внедряется не с нуля. Как правило, она заменяет устаревшие системы, а затем нередко функционирует в окружении других специализированных приложений, выступая для них в качестве единой базы данных.

DCOM Connector использует распределенную компонентную модель (DCOM) для организации доступа к бизнес-объектам. Для каждого бизнес-объекта генерируется прокси-компонент COM. Они размещаются в приложении COM+, тем самым обеспечивая ПО встроенные преимущества COM+: управление транзакциями и кэширование каналов связи [5]. Схема технологии представлена на рис. 1.

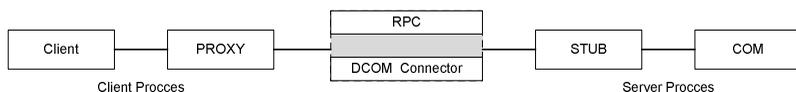


Рис. 1. Схема технологии DCOM Connector

Для обеспечения взаимодействия между прокси-компонентами и сервером используется специализированная библиотека низкоуровневого протокола, которая обеспечивает обмен данными. Поддерживаются синхронный и асинхронный режимы протокола, а также протоколы, использующие транзакции и очереди.

Java Connector – совокупный набор инструментов, позволяющий Java-приложениям осуществлять обмен данными с любыми системами PLM и вызывать функции Java из среды PLM-систем. Java Connector

позволяет работать в разных режимах: синхронном и асинхронном. Коннектор построен на принципе транзакционного обмена и очереди при выполнении операций. Схема технологии представлена на рис. 2.

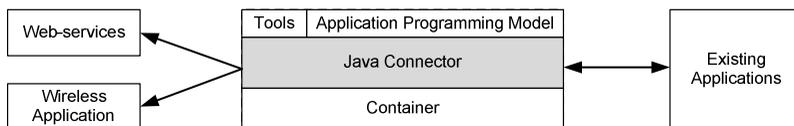


Рис. 2. Схема технологии Java Connector

.NET Connector является преемником технологии DCOM-коннектора, т.е. наследовал все его функции. Схема технологии .NET Connector представлена на рис. 3.

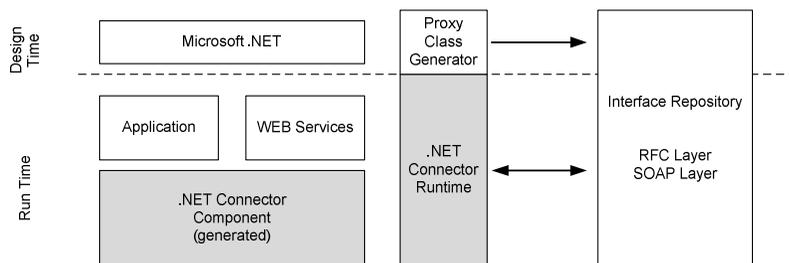


Рис. 3. Схема технологии .NET Connector

Однако стоит отметить, технология .NET позволила расширить функциональность и упростить ее использование для разработчиков приложений.

Интеграция разнородных данных с использованием конверторов. Наиболее популярные ошибки, встречающиеся при интеграции данных и решаемые с помощью конверторов, это ошибки связанные с геометрией: пропавшие или перевернутые грани, дублированные ребра и ошибки с файлами: несоответствие форматов, версий. Основная проблема, с которой сталкиваются разработчики конверторов для интеграции разнородных данных, либо отсутствие, либо неполное описание информации. Разработчики вынуждены создавать свои алгоритмы, основанные на различных математических или онтологических подходах для выработки универсальной логики соответствия передаваемой информации: импорта и экспорта данных.

Подход Semantic Web в интеграции разнородных данных. Данный подход можно рассматривать как эффективный способ представления данных. Семантическая паутина предоставляет две возможности:

– она позволяет легко увидеть данные как таковые, таким образом программам не нужно избавляться от форматирования, картинок и рекламы на веб-странице для того, чтобы догадаться, где же, собственно, располагаются данные;

– она позволяет пользователям писать (или генерировать) файлы, которые объясняют машинам взаимоотношения между разными наборами данных.

Эволюционный подход к интеграции множественных онтологий. Данный подход является частным случаем подхода Semantic Web. Процесс интеграции множественных онтологий определяется как процесс установления отображения неоднородных онтологий на уровне соответствия с возможностью расширения множества операций (способов манипулирования) над ними на семантически значимом уровне. Такой подход позволит определить семантически приоритетные модели данных и знаний для их представления при интеграции, а также устранить дублирование и противоречия сущностей и связей на уровне описываемой предметной области. Алгоритм подхода представлен на рис. 4.

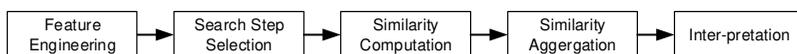


Рис. 4. Алгоритм эволюционного подхода интеграции множественных онтологий

Основными критериями алгоритма отображения элементов интегрируемых онтологий являются близость и непротиворечивость подразумеваемой понятийной семантики.

Использование файлов визуализации. Многие разработчики CAD/ECAD систем практикуют выдачу партнерам файлов визуализации (JT, eDrawings, DWF), обеспечивая тем самым возможность просмотра геометрии, осуществление ее измерения, создание аннотаций и пометок, в то же время сохраняя интеллектуальную собственность разработчика [6]. Кроме того, файлы визуализации обычно более компактны, что упрощает их обработку и передачу.

В заключение хочется отметить, что авторы статьи отдают свое предпочтение методам, основанным на онтологическом моделировании. Заметен явно выраженный тренд применения технологии онтологического моделирования для решения проблемы интеграции разнородных данных. Стоит уточнить, что большинство подходов описывает онтологию только верхнего уровня, что явно недостаточно для качественного информационного обмена и минимизации потери данных. Но сама технология является весьма перспективной, остается лишь правильно использовать общий подход к моделированию и разработать свою методику, базируясь на данной методологии. Интеграция разнородных данных является важнейшей задачей при автоматизации всего производственного процесса предприятия. Нужно научиться разрабатывать такие промышленные АСУ или специальные модули к ней, которые будут обеспечивать успешную интеграцию в общую информационную оболочку без дополнительных затрат по вводу всей накопленной базы знаний.

Библиографический список

1. Bairoch A., Cohen-Boulakia S., Froidevaux C. Review of the selected proceedings of the Fifth International Workshop on Data Integration in the Life Sciences 2008 // BMC bioinformatics. – 2008. – 9(Suppl 8):S1. DOI:10.1186/1471-2105-9-S8-S11

2. Мыльников Л.А. Информационная поддержка в задачах управления производственными системами и проектами на основе прогностических моделей // Вестник Пермского национального исследовательского университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2017. – № 23.

3. Прогнозирование значений взаимосвязанных параметров с учетом тенденций свойственных рассматриваемым параметрам в производственно-экономических системах / Л.А. Мыльников, Б. Краузе, Р.А. Файзрахманов, И.В. Корнев // УЭКС. – 2016. – № 9(91).

4. Темичев А.А., Файзрахманов Р.А. Аналитический обзор средств автоматизации тестирования производительности применительно к системам мониторинга // Вестник Пермского национального исследовательского университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – № 15.

5. Сафронов В.В., Барабанов В.Ф., Минаков С.А. Методы интеграции ЕСAD и PLM систем // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – 2011. – № 10. – С. 61–64.

6. Малюх В. Введение в современные САПР. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.

Сведения об авторах

Ахметзянов Дамир Искандерович – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: ahmetzyanov-damir@yandex.ru.

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com.

В.Ю. Бондарев, И.С. Полевщиков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ

Статья посвящена решению актуальной задачи, связанной с созданием автоматизированной системы для оценки качества проектирования объектно-ориентированного программного обеспечения при обучении студентов. Разработаны и представлены в формализованном виде функциональные требования к разрабатываемой информационной системе.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам (№ стипендии СП-100.2018.5), назначенной Советом по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации по результатам конкурса 2018–2020 года.

Ключевые слова: качество программного обеспечения; объектно-ориентированное проектирование; автоматизированная система.

V.Yu. Bondarev, I.S. Polevshchikov

AUTOMATION OF THE EVALUATION OF THE QUALITY OF DESIGNING OBJECT-ORIENTED SOFTWARE SYSTEMS IN THE TRAINING OF STUDENTS

The article is devoted to the solution of the actual task related to the creation of an automated system for assessing the quality of designing object-oriented software for teaching students. Functional requirements to the developed information system have been developed and presented in a formalized form.

The research is supported by a stipend of the President of the Russian Federation to young scientists and post-graduate students (No. SP-100.2018.5), which was assigned by the grants Council of the President of the Russian Federation for government support of young Russian scientists and government support for the leading scientific schools of the Russian Federation in 2018-2020.

Keywords: quality of software; object-oriented design; automated system.

Известно, что качество разрабатываемого программного продукта во многом определяется результатами выполнения этапа проектирования [1, 2].

В процессе проектирования программного обеспечения (ПО) требования к программе транслируются в инженерные представления (в частности, визуальные модели на языке UML [1, 3]), качество которых можно оценить, используя специальные наборы метрик [1, 2].

Актуальной задачей является обучение студентов бакалавриата и магистратуры (направлений «Информатика и вычислительная техника» и «Программная инженерия») проектированию объектно-ориентированного ПО в рамках ряда дисциплин, изучаемых на кафедре ИТАС ПНИПУ. Для этого требуется разработка соответствующих средств автоматизации обучения [4–7], позволяющих повысить эффективность деятельности преподавателя при составлении и проверке выполняемых студентами заданий.

Таким образом, принято решение о разработке информационной системы для формирования навыков проектирования объектно-ориентированного ПО на основе соответствующего метрического аппарата. Основные функциональные требования к разрабатываемой системе представлены на рис. 1 в виде диаграммы вариантов использования UML.

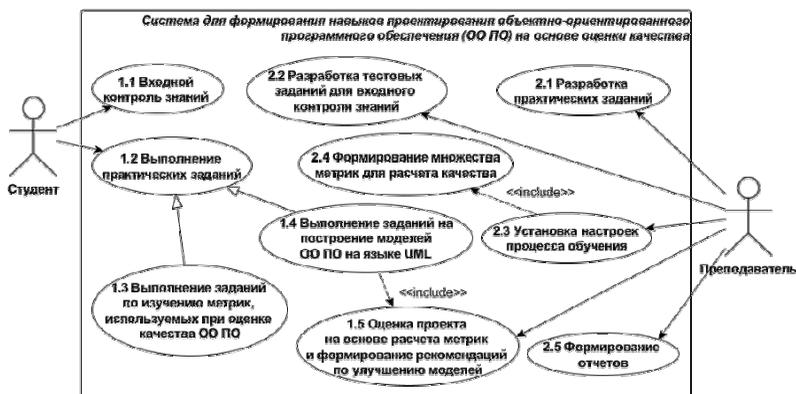


Рис. 1. Функциональные требования к системе

Описание функциональных требований к системе, показанных на рис. 1, приведено в таблице.

Описание вариантов использования

Варианты использования	Описание вариантов использования
<i>Для актера «Студент»</i>	
1.1. Входной контроль знаний	<p>Проводится в форме тестирования до выполнения практических заданий. Используется как для оценки знаний по особенностям объектно-ориентированного представления программных систем, так и по смежным дисциплинам.</p> <p>В процессе входного контроля формируется набор тестовых заданий (согласно настройкам преподавателя), обучаемый дает ответы на эти задания, система оценивает правильность ответов и выставляет итоговую оценку</p>
1.2. Выполнение практических заданий	<p>Система генерирует практические задания для студента (в соответствии с настройками преподавателя). Студент, используя предоставляемые интерфейсом системы средства, формирует решение задания.</p> <p>Некоторые задания проверяются системой полностью автоматически (согласно алгоритму, учитывающему особенности изучаемой темы), а некоторые, наиболее сложные, с участием преподавателя. По окончании проверки студенту предоставляется результат.</p> <p>В процессе выполнения задания, по завершении этапа выполнения задания или завершении выполнения всего задания, в зависимости от настроек преподавателя студенту могут предоставляться советующие воздействия (например, подсказки, предупреждения, детальный разбор допущенных ошибок)</p>
1.3. Выполнение заданий по изучению метрик, используемых при оценке качества ОО ПО	<p>В первую очередь студенту требуется на конкретных примерах изучить особенности применения и расчета метрик, используемых при оценке качества объектно-ориентированного ПО. Примерами метрик являются [1, 2]:</p> <ul style="list-style-type: none"> – метрики оценки объектно-ориентированных связности, сцепления; – наборы метрик Чидамбера и Кемерера, Фернандо Абреу, Лоренца и Кидда; – метрики для объектно-ориентированного тестирования ПО (влияют на тестируемость ПО)
1.4. Выполнение заданий на построение моделей ОО ПО на языке UML	<p>Наиболее сложные задания направлены на построение студентом визуальных моделей объектно-ориентированного ПО (диаграмм классов UML, диаграмм взаимодействия UML и т.д.) в соответствии с некоторой предметной областью, заданной преподавателем. Системой должна быть предоставлена соответствующая палитра инструментов для построения диаграмм</p>

Варианты использования	Описание вариантов использования
1.5. Оценка проекта на основе расчета метрик и формирование рекомендаций по улучшению моделей	На основе построенных визуальных моделей системой производится расчет метрик, по результатам которого формируются соответствующие рекомендации для студента по улучшению диаграмм
<i>Для актера «Преподаватель»</i>	
2.1. Разработка практических заданий	Используя предоставляемые системой инструменты, преподаватель формирует практические задания для студентов. Предусмотрена возможность установки набора настроек, по которым системой будут автоматически генерироваться задания
2.2. Разработка тестовых заданий для входного контроля знаний	Разработка тестовых заданий различных видов (открытые, закрытые, на установление последовательности, на установление соответствия и т.д.) для проверки знаний студентов в процессе входного контроля
2.3. Установка настроек процесса обучения	Преподавателю предоставлена возможность установки различных настроек для организации процесса обучения с применением системы. В частности, можно установить план выполнения заданий для прохождения некоторой учебной дисциплины, наличие или отсутствие советующих воздействий студенту при выполнении заданий.
2.4. Формирование множества метрик для расчета качества	На основе множества метрик, заданных в системе, преподавателем может быть сформировано подмножество метрик, необходимых для оценки того или иного задания. Наряду с использованием существующих метрик [1, 2] должна быть предусмотрена возможность создания преподавателем новых
2.5. Формирование отчетов	Возможно формирование различных видов отчетов, отражающих результаты обучения отдельных студентов и группы студентов. Например, может быть сформирован отчет с детальным разбором ошибок, допущенных студентом при выполнении задания, либо таблица с итоговыми оценками, полученными группой студентов по результатам выполнения всех практических заданий

Примеры практических заданий для варианта использования 1.3 (рис. 1):

Пример № 1. Вычислите метрику SI для показанной на рис. 2 иерархии классов.

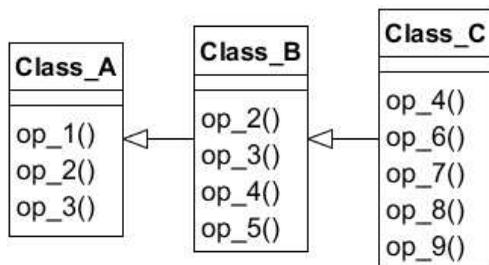


Рис. 2. Иерархия классов

Пример № 2. Некоторый класс содержит методы: M_1 , M_2 , M_3 , M_4 . Каждый метод работает со своим набором экземплярных переменных: $I_1 = \{a, b\}$; $I_2 = \{b, c\}$; $I_3 = \{x, y\}$; $I_4 = \{m, a\}$. Вычислите метрику LCOM.

В создаваемой системе должны быть предусмотрены программные модули для интеллектуальной обработки данных (например, с использованием нейронных сетей и нечетких множеств) на основе анализа информации о результатах обучения студентов за определенный интервал времени.

Применение информационной системы способствует повышению точности и снижению времени проверки преподавателем практических заданий, выполненных студентами.

Продолжением исследования будут являться: уточнение функциональных требований к информационной системе, детальное проектирование, разработка пользовательских интерфейсов, рассмотрение вопросов интеграции с другими системами, применяемыми для автоматизации учебного процесса в ПНИПУ.

Библиографический список

1. Орлов С.А., Цилькер Б.Я. Технологии разработки программного обеспечения: учебник для вузов. – 4-е изд. (Стандарт третьего поколения). – СПб.: Питер, 2012. – 608 с.

2. Бондарев В.Ю., Полевщиков И.С. Разработка автоматизированной обучающей системы для формирования навыков проектирования объектно-ориентированного программного обеспечения // Молодежная наука в развитии регионов: материалы всерос. (с междунар.

участием) науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 25 апреля 2018). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – С. 54–57.

3. Леоненков А.В. Самоучитель UML. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 432 с.

4. Fayzrakhmanov R., Polevshchikov I., Polyakov A. Computer-aided Control of Sensorimotor Skills Development in Operators of Manufacturing Installations // Proc. of the 6th International Conference on Applied Innovations in IT (ICAИТ), Koethen (Germany). – 13 March 2018. – Vol. 6. – P. 59–65.

5. Филатова Н.Н., Вавилова Н.И., Ахремчик О.Л. Мультимедиа тренажерные комплексы для технического образования // Educational Technology & Society. – 2003. – № 6(3). – С. 164–186.

6. Першин А.А. Методы создания интерактивных онлайн курсов на основе игровых механик: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – СПб., 2014.

7. Карпова И.П. Исследование и разработка подсистемы контроля знаний в распределенных автоматизированных обучающих системах: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.13. – М., 2002.

Сведения об авторах

Бондарев Владислав Юрьевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-17-1м, г. Пермь, e-mail: bond7052@gmail.com.

Полевщиков Иван Сергеевич – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@gmail.com.

О.А. Бузилова, Д.С. Курушин

КВАЗИРЕФЕРИРОВАНИЕ ТЕКСТА В ФОРМАТЕ LATEX

Текущая статья посвящена созданию алгоритма квазиреферирования математического текста в формате LATEX. Объектом исследования является квазиреферирование математического текста. Предметом исследования являются система LATEX и основные подходы к реферированию. Описаны существующие подходы к реферированию текста. Исследованы основные правила написания текста и, в частности, формул в системе LATEX. Сформулированы правила, по которым выделяются блоки наибольшей релевантности. В основу составленных правил легла архитектура экстрактивных методов.

Ключевые слова: LATEX, TEX, реферирование, квазирефераторы, текст.

OA Buzilova, D.S. Kurushin

QUASIREFERING TEXT ON LATEX FORMAT

The current article is enlightened on the creation of an algorithm for quasirefering mathematical text on the LATEX format. The object of the study is the quasi-abstraction of the mathematical text. The subject of the study is the LATEX system and the main approaches to abstracting. The existing approaches to the abstracting of the text are described. The basic rules of writing text and, in particular, formulas in the LATEX system are investigated. The rules are formulated according to which blocks of the greatest relevance are allocated. The architecture of extraction methods is based on the rules.

Keywords: LATEX, TEX, abstracting, quasireferators, text.

Введение. Реферирование – сложный вид речевой деятельности, заключающийся в ознакомлении с текстом, извлечении из него основного содержания или заданной информации с целью их письменного изложения [1–3]. Реферат – это продукт, получаемый по окончании процесса реферирования. Рефератом можно назвать любые знания человека или рассказ о том или ином событии. То есть человек каждый день реферировывает большое количество информации. В современном мире поток информации нескончаемый и поэтому для упрощения получения важной части из него человечество создало квазирефераторы. Квазирефераторы – это программное обеспечение, получающее на вход исходный текст, а на выходе выдает текст с сжатым содержанием исходного.

На данный момент LATEX является самой удобной системой для создания формул по сравнению с другими редакторами текста, имеющими подобную функцию. Многие математические тексты создаются в этой системе, но алгоритмов реферирования таких текстов не существует, хотя в настоящее время популярность методов реферирования текстов всё растёт.

Вышеизложенное демонстрирует актуальность данной работы и необходимость создания алгоритма.

Проблемой реферирования текста исследователи занимаются уже более сорока лет, и за это время было выработано большое число подходов к решению данной проблемы. Все эти подходы подразделяются на два основных направления, которые кратко будут рассмотрены ниже.

Первое направление составляют экстрактивные (поверхностные) методы. Такие методы предполагают акцент на выделение характерных фрагментов (как правило, предложений). Архитектура таких систем, следующая [4]:

1. Сопоставление текста с фразовыми шаблонами.
2. Расчет статистических показателей.
3. Выбор наиболее релевантных фрагментов.
4. Объединение выделенных фрагментов.

Для расчета статистических показателей используется модель линейных весовых коэффициентов. В соответствии с ней каждому блоку U текста оригинала автоматически (на основании определенных правил) приписываются весовые коэффициенты:

– κ_1 , зависящий от расположения блока U в оригинале (в вводной части, заключении и т.д.);

– κ_2 , зависящий от частоты появления блока U в оригинале;

– κ_3 , зависящий от частоты использования блока U в ключевых предложениях (наличие в блоке таких ключевых фраз и выражений, как «в заключение...», «согласно результатам анализа...», «отличный от...» и т.п.);

– κ_4 , отражающий показатели статистической значимости блока U (например, вхождение термина в заголовки, колонтитулы, первый параграф текста и т. п.).

Затем по значениям κ_1 , κ_2 , κ_3 и κ_4 и коэффициентам настройки программы реферирования l_1 , l_2 , l_3 и l_4 вычисляется коэффициент важности блока $B(U) = l_1\kappa_1 + l_2\kappa_2 + l_3\kappa_3 + l_4\kappa_4$. По коэффициентам важности выполняется отбор блоков в реферат [5].

Второе направление составляют методы с опорой на знания (глубинные). Такие методы базируются на применении тезаурусов и развитых механизмов синтаксического разбора текста. Кратко описать архитектуру формирования реферата можно следующим способом: на этапе анализа создается дерево разбора, которое на этапе преобразования подвергается сжатию путем отсечения или перегруппировки ветвей в соответствии со структурными критериями, такими как скобки или подчиненные предложения. В итоге получаются структурные «выжимки» текста, имеющие значительно менее сложную структуру [1, 6].

Не один из существующих подходов в «чистом виде» не подходит для реферирования текста в формате LATEX, так как TEX состоит не только из авторского текста, но и из множества встроенных маркеров и конструкций, которые следует учитывать при сжатии текста, не теряя смысловой нагрузки. Поэтому в данной статье будем изменять экстрактивные методы для создания нового, подходящего для реферирования формата LATEX.

1. Алгоритм реферирования для текстов в формате LATEX.

TEX – это издательская система, предназначенная для набора научно-технических текстов высокого полиграфического качества. LATEX – один из наиболее популярных макропакетов на базе TEXа, существенно дополняющий его возможности. Создаваемые с помощью LATEXа тексты могут содержать математические формулы, таблицы и графические изображения [3].

Особенность реферирования текста в формате LATEX состоит в том, что сначала в тексте нужно оставить конструкции, которые определяют формат самого документа.

Статья на русском языке в формате LATEX обычно начинается со строк:

```
\documentclass[12pt]{article}
\usepackage[cp1251]{inputenc}
\usepackage[russian]{babel}
\begin{document}
```

Первая строка устанавливает, что документ относится к классу статей и задает основной размер шрифта 12 пунктов. Вместо article можно задавать другие стандартные классы: report для отчетов и диссертаций, book для книг или letter для писем. Вторая строка указывает, что исходный текст набирается в кодировке Windows. Третья

строка говорит, что основным языком статьи является русский [4]. Соответственно первые четыре строчки являются определяющими для документа и их необходимо оставить в реферированном тексте. Также необходимо оставить маркер окончания документа $\end{\document}$.

Также следует оставить конструкцию для подключения дополнительных пакетов, обычно она начинается с команды `usepackage` и дополняет функциональные возможности LATEXа. Без них часть нового (сжатого) текста может не воспроизвестись, так как возможности подключаемого в исходном тексте пакета не будут использоваться. Что касается формата текста, разобрались, осталось понять, какие конструкции в научном тексте особенно важны и их стоит оставить в сжатом тексте.

Возьмём за основу модель линейных весовых коэффициентов, описанную выше, и постараемся определить, по каким правилам, предложениям присваивать весовые коэффициенты. Большое значение в научных текстах отводится для формул и соответственно предложений, содержащих их, поэтому реферирование будет проводиться по двум видам предложений: с формулами и без формул.

Коэффициент важности предложения без формул будет складываться из коэффициентов важности слов этого предложения по следующим весовым коэффициентам:

– $\kappa_{1,1}$, зависящий от частоты появления слова в тексте (включая и предложения с формулами);

– $\kappa_{1,2}$, отражающий показатели статистической значимости слова (например, вхождение термина в заголовки, колонтитулы, первый параграф текста и т.п.), а также суммы весовых коэффициентов предложения;

– $\kappa_{1,3}$, зависящий от содержания слов, указывающих на ключевое предложение (наличие в предложении таких ключевых фраз и выражений, как «в заключение...», «согласно доказанной теореме...», «отличный от...» и т.п.);

– $\kappa_{1,4}$, зависящий от содержания слов, выделенных жирным шрифтом, курсивом, либо рамкой (скорее всего, это определение или важный для понимания термин).

Однако для некоторых слов не будем использовать коэффициент важности, это такие как `begin` и `end`, которые обрамляют некоторые конструкции в тексте, а также не будем его учитывать для знаков

препинания и знака «/», который экранирует множество символов в тексте формата LATEX. Их частотность будет сильно искажать вес предложений.

Рассмотрим, какие бывают формулы в математическом тексте. Их бывает два вида: внутри текста и *выключные*, т.е. вынесенные в отдельную строку. Первые обычно в тексте не так важны, а вот *выключным* в тексте отводится большая смысловая роль. Поэтому будем искать текст, окруженный знаками \$\$ или парой команд \[и \], и оставлять их в новом тексте, если они не являются частью предложения.

Если предложение, в котором есть формула внутри текста, находится перед или сразу после *выключенной* формулы, то такие предложения тоже следует оставить, так как скорее всего в них содержатся условия для *выключенной* формулы.

Для предложений с формулами составим свои правила для вычисления коэффициента. Коэффициент слов в предложении вычисляем по тем же правилам, что и в предложении без формул ($\kappa_{2.1}$, $\kappa_{2.2}$), и складываем с суммой весовых коэффициентов предложения:

– $\kappa_{2.3}$, зависящий от содержания слов, указывающих на ключевое предложение (наличие в предложении таких ключевых фраз и выражений, как «в заключение...», «согласно доказанной теореме...», «отличный от...» и т.п.);

– $\kappa_{2.4}$, зависящий от содержания слов, указывающих что в этом предложении содержится окончательная формула при выводе (наличие в предложении таких ключевых фраз и выражений, как «из ... и ... получаем...», «в итоге...» и т.п.);

– $\kappa_{2.5}$, зависящий от содержания слов, выделенных жирным шрифтом, курсивом, либо рамкой (оформленные тегами `\fbox{ }` (рамка) и `\bf{ }` (жирный шрифт));

– $\kappa_{2.6}$, зависящий от содержания выключной формулы в предложении.

В тех предложениях, которые в итоге попадут в квазиреферат, содержание формул будем реферировать по отдельному алгоритму. Берем количество знаков «=», если оно больше трех, то сжимаем формулу. Оставляем начало формулы до первого знака «=» и конец формулы после последнего знака равенства. Так же берем текст между двумя знаками равенства посередине.

В итоговый экстракт (квазиреферат) будут добавляться предложения с наибольшей суммой коэффициентов отдельно из каждого вида предложений, формулы, которые находятся вне предложений,

а также перечни (так как перечни обычно являются обобщением или перечислением основных тем).

Перечни оформляются тегами:

```
\begin{itemize}
\item
\item
\end{itemize}
```

Заключение. В работе рассмотрены существующие подходы к реферированию текста. Было выявлено, что все методы разделяются на два направления: поверхностные и глубинные. Для достижения цели в основу составленных правил легла архитектура экстрактивных методов.

Исследованы основные правила написания текста и, в частности, формул в системе LaTeX. Было выявлено, что для написания текста в системе используются теги. В статье были приведены теги для формул, жирного и курсивного шрифта, строки для начала и конца документа, оформление перечней и др.

Были сформулированы правила, по которым будут выделяться предложения наибольшей релевантности. Было выделено два вида предложений: с формулами и без формул, а также составлены основные правила для вычисления весов предложений.

Данный алгоритм можно использовать для автоматизации реферирования в системе LATEX.

Библиографический список

1. Тарасов С.Д. Современные методы автоматического реферирования // Научно-технические ведомости Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-та. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2010.
2. Нестерова Н.М., Герте Н.А. Реферирование как способ извлечения и представления основного содержания текста // Вестник Пермского ун-та. Российская и зарубежная филология. – 2013. – Вып. 4(24).
3. Воронцов К.В. LATEX2ε в примерах. – 2005 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ccas.ru/voron/download/voron05latex.pdf> (дата обращения: 15.05.2018).
4. Стуликова Н.В. Разработка и исследование алгоритма автоматического реферирования текстов на основе нечеткой логики [Электронный ресурс]. – URL: <http://masters.donntu.org/2014/fknt/stulikova/diss/index.htm> (дата обращения: 15.05.2018).

5. Автоматическое реферирование и аннотирование [Электронный ресурс]. – URL: <https://refdb.ru/look/2325046.html> (дата обращения: 15.05.2018).

6. Хан У., Мани И. Системы автоматического реферирования [Электронный ресурс] // Открытые системы. – 2000. – № 12. – URL: <http://www.osp.ru/os/2000/12/178370> (дата обращения: 15.05.2018).

Сведения об авторах

Бузилова Ольга Александровна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета гр. РИС-17-1м, г. Пермь, e-mail: buzybuzy794@gmail.com.

Курушин Даниил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dan973@yandex.ru.

Е.В. Ерискина, Д.С. Курушин

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОТНОШЕНИЙ ТИПА «БЫТЬ–ЯВЛЯТЬСЯ» ИЗ ТЕКСТОВ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

В этой статье исследуется возможность построения модели предметной области. Семантический, синтаксический и морфологический анализы текстов стали основой гибридного метода. Он должен выявить достоинства и недостатки уже существующих методов. Гибридный способ основан на извлечении отношений из текста. Отношение представляет собой глагол или отглагольную часть речи. В статье рассматривается извлечение отношений типа «быть-являться». Показан способ извлечения отношений и объектов отношений из токенов. Описан общий ход всего алгоритма гибридной модели построения предметной области.

Ключевые слова: модель предметной области, морфологический анализ, глагол, отношение, токен, гибридный метод.

E.V. Eriskina, D.S. Kurushin

EXTRACTING RELATIONS SUCH AS "TO BE" FROM THE TEXTS IN RUSSIAN LANGUAGE

In this article we study the possibility of constructing a domain model. The basis of the hybrid method is semantic analysis, syntactic analysis and morphological analysis of texts. It should take into account the merits and demerits of existing methods. The hybrid method is based on extracting relations from text. Relations is a verb, participle, or gerund. In this article we look at extracting relations such as "to be". We have shown a way to extract relations and objects from tokens. We described the general course of the algorithm of the hybrid model of building a domain.

Keywords: domain model; morphological analysis, verb, relation, token, hybrid method.

В современной науке наиболее перспективными направлениями являются те, которые соединяют в себе несколько научных областей. Одной из них является компьютерная лингвистика. В этом направлении уже были проведены исследования моделей предметных областей и способов их построений [1]. Теперь для того, чтобы получить модель, способную построить корпус любого научного текста, необходимо найти эталонный и универсальный способ построения отношений между денотатами [2].

В разных источниках описывают похожие способы построения отношений между терминами и основными понятиями текстов. Выделяют методы, которые основаны на семантическом, синтаксическом и морфологическом анализах [3]. В нашем случае существует необходимость создать такой способ, который будет включать в себя все три вида анализа, назовем его «гибридный». Как показывает практика, в каждом из уже реализованных методов анализа есть свои недостатки. Например, анализ, основанный на синтаксисе, совершенно не учитывает сочетания форм денотатов и отношений, и, наоборот, морфологический анализ дает правильные словоформы, но не всегда может определить связь между денотатами, если они находятся в разных частях сложных предложений. Сейчас задача состоит в том, чтобы описать такой метод, который будет учитывать недостатки уже существующих способов и совмещать их достоинства.

Так как речь идет об извлечении отношений между понятиями, за основу решено взять глаголы и отглагольные части речи. В этом случае необходимо взять все существующие группы глаголов и для каждой отдельно создать функцию её извлечения из тела текста. В частности, в статье рассмотрим способ извлечения отношений типа «быть-являться». Глагол может описывать как действие, так и состояние предмета. Эти особенности крайне важно учитывать в процессе создания функций извлечения. Также очень важно помнить, что в сравнении с другими частями речи глагол имеет наибольшее количество грамматических технологий. Из этого утверждения становится очевидно, что за основу будет взят метод морфологического анализа [4].

Для того чтобы воплотить этот метод в жизнь, воспользуемся языком программирования Python и встроенными в него библиотеками для обработки русскоязычных текстов. На первом этапе необходимо создать два текстовых файла. В один из них занесем предложения со всеми возможными формами глаголов «быть-являться». Этот файл потребуется для написания шаблона извлечения отношений этого типа. Во второй занесем большой текст, на котором будет обучаться алгоритм извлечения. Для обучения алгоритма воспользуемся технологией Big Data [5], которая в будущем позволит анализировать файлы «больших данных». Эта технология сейчас широко применяется для исследования корпусов огромных текстов, в частности, её использует Национальный корпус русского языка (НКРЯ) [6] и многоязычный корпус оцифрованных книг на базе Google Books [7].

Суть создаваемого метода заключается в следующем: сначала извлекаются из обрабатываемого текста все токены [8], которые включают в себя глагол и отглагольные формы. Затем тем же способом извлекаем все существительные. Извлеченные формы и будут являться отношениями и денотатами соответственно (рисунок).

```

for token in rez:
    try:
        if token['analysis'][0]['gr'].split(',')[-1] == 'V':
            # print(token['analysis'][0]['lex'])
            rel += "%s " % token['analysis'][0]['lex']
        elif token['analysis'][0]['gr'].split(',')[-1] == 'S':
            ob1 += "%s " % token['analysis'][0]['lex']
        else:
            ob2 += "%s " % token['analysis'][0]['lex']
    except:
        pass

print(token)
if token['text'].strip() == '.':
    is strad:
        rels += [{'rel':rel.strip(), 'sub':ob2.strip(), 'ob':ob1.strip()}]
    else:
        rels += [{'rel':rel.strip(), 'sub':ob1.strip(), 'ob':ob2.strip()}]
    rel = ''
    sub = ''
    ob = ''
print(rels)

```

Рис. Извлечение сущностей из токенов [9]

Когда все необходимые части денотатной пары извлечены, приступаем к процессу «склеивания» их в искомые «цепочки». Алгоритм склеивания для действительного и страдательного залога несколько различается. В первом случае на место первого денотата определяем субъект, а во втором – объект. Затем прописываем шаблон для поиска отглагольных форм заданных типов и обучаем этот шаблон посредством созданного на начальном этапе файла.

Таким образом, получим алгоритм, способный выделять из текста большого объема все отношения типа «быть-являться». Этот алгоритм позволит исследовать адекватность морфологического метода, выделить его основные достоинства и недостатки. Созданный гибридный алгоритм для одного типа отношений станет основой для создания универсального алгоритма для всех типов. В ходе работ станет понятно, каким именно образом лучше совершенствовать алгоритм: дополнять имеющийся шаблон или дописывать новые шаблоны. Развитие исследования в этом направлении увеличивает вероятность создания универсального и наиболее точного метода построения модели предметной области для текстов на русском языке большого объема.

Библиографический список

1. Власов Д.Ю., Пальчунов Д.Е., Степанов П.А. автоматизация извлечения отношений между понятиями из текстов естественного языка // Вестник НГУ. – 2010. – Т. 8. – Вып. 3.
2. Найханова Л.В. Основные типы семантических отношений между терминами предметной области // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. – 2008. – № 1.
3. Дворянкин А.М, Овчинников С.А. Разработка моделей и алгоритмов для решения задачи автоматизированной классификации объектов с учетом естественно-языковых атрибутов // Известия Волгоград. гос. техн. ун-та. – 2007. – № 1. – С. 48–52.
4. Особенности употребления глаголов в публичных выступлениях В.В. Путина 2013, 2015 годов / С.В. Бузина, В.В. Красильщиков, А.А. Высоцкий, М.А. Осетров // Современное общество: наука, техника, образование. – 2016. – Т. 3.
5. Технология Big Data (Анализ больших данных) [Электронный ресурс] // CloudERP. – URL: http://www.clouderp.ru/tags/big_data/ (дата обращения: 10.05.2018).
6. Национальный корпус русского языка // Национальный корпус русского языка. – URL: <http://www.ruscorpora.ru/> (дата обращения: 12.05.2018).
7. Google-книги // Google Books [Электронный ресурс]. – URL: <https://books.google.ru/> (дата обращения: 12.05.2018).
8. Захаров В.П. Введение в корпусную лингвистику. – СПб., 2005. – 48 с.
9. Репозиторий relation_extractor // GitHub. – URL: https://github.com/eriskina/relation_extractor (дата обращения: 02.05.2018).

Сведения об авторах

Ерискина Екатерина Викторовна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-17-1м, г. Пермь, e-mail: eriskina.katena@mail.ru.

Курушин Даниил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dan973@yandex.ru.

О.А. Зобнина, А.Н. Каменских, С.Ф. Тюрин

СИНТЕЗ КОНЕЧНОГО АВТОМАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ САПР «КОВЧЕГ»

В статье описывается синтез автомата-распознавателя последовательности в отечественной САПР «Ковчег». Актуальность работы связана с задачами импортозамещения как элементной базы, так и программного обеспечения. «Ковчег» разработан в техническом центре Московского института электронной техники (МИЭТ) и ориентирован на полузаказную реализацию цифровых устройств на основе базовых матричных кристаллов (БМК). В качестве логического преобразователя автомата использована «гибкая логика» на основе мультиплексоров. Поясняются методика реализации полученных функций переходов и выходов, особенности временного моделирования схемы. Предложенный синтез используется на лабораторных работах по дисциплине «Схемотехника» в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве с ТЦ МИЭТ.

Ключевые слова: синтез; конечный автомат; САПР «Ковчег».

O.A. Zobnina, A.N. Kamenskih, S.F. Tyurin

STATE MACHINE DESIGN IN DOMESTIC CAD "ARC"

In this article describes the synthesis of the sequential recognition machine in the domestic CAD "Ark". The relevance of the work is related to the tasks of the import substitution. "Ark" was developed in the technical center of the Moscow Institute of Electronic Technology (MIET) and is focused on semi-sales of digital devices based on basic matrix crystals (BMC). As the logical converter of the machine, "flexible logic" based on multiplexers is used. The technique of realization of the obtained functions of transitions and exits. The proposed synthesis is used in the laboratory works on discipline "Circuitry" within the framework of the agreement on scientific and technical cooperation with the MIET TC.

Keywords: state machine; design; domestic CAD "Arc".

Введение. Импортозамещение затрагивает не только разработку электронной компонентной базы, но и обучение. Повышение спроса на отечественную электронику приводит к повышению спроса на специалистов, способных выполнять её проектирование и изготовление, а для этого необходимо использовать отечественное ПО. САПР «Ковчег» имеет учебную версию, доступную для скачивания на сайте разработчика [1]. Предлагаемая реализация является полузаказной и использует базовые матричные кристаллы (БМК) [2, 3]. Кафедра «Автоматика и телемеханика» работает в этом направлении в сотруд-

ничестве с Институтом проблем информатики российской академии наук (ИПИ РАН) Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» [4, 5]. Рассмотрим использование САПР «Ковчег» на лабораторном занятии по дисциплине «Схемотехника».

Пусть при выполнении СРС по дисциплине «Дискретная математика» получена таблица переходов-выходов автомата-распознавателя (по вариантам), например, последовательности 01023 (таблица).

Таблица переходов-выходов автомата 01023

$y_2y_1(t)$	00	01	11	10	
00	0 $\frac{00}{00}$	1 $\frac{01}{00}$	3	2 $\frac{00}{10}$	
01	4 $\frac{11}{00}$	5 $\frac{01}{00}$	7 $\frac{01}{10}$	6	
11	12 $\frac{11}{00}$	13 $\frac{11}{10}$	15	14 $\frac{10}{00}$	
10	8 $\frac{10}{10}$	9	11 $\frac{10}{01}$	10 $\frac{10}{00}$	$\frac{y_2y_1(t+1)}{z_2z_1}$

При подготовке к занятию студенты получают функции, описывающие автомат в символической форме:

$$\begin{cases} y_2(t+1) = 4,8,10,11,12,13,14[0,1,2,5,7], \\ y_1(t+1) = 1,4,5,7,12,13[0,2,8,10,11,14], \\ z_2 = 2,7,8,13[0,1,4,5,10,11,12,14], \\ z_1 = 11[0,1,2,4,5,7,8,10,12,13,14]. \end{cases}$$

Минимизируя функции по карте Карно, получаем:

$$y_2(t+1) = y_2 \vee y_1 \overline{ab},$$

$$y_1(t+1) = \overline{ab} \vee \overline{a}y_1 \vee y_1ab,$$

$$z_2 = \overline{y_2}a \vee y_2\overline{ab} \vee y_2\overline{a}y_1,$$

$$z_1 = aby_1.$$

На лабораторном занятии студенты создают в САПР «Ковчег» схему автомата, например, на «гибкой» логике (рис. 1).

Из библиотеки элементов выбирают 4 мультиплексора на 4 входа (0...15). На эти 16 входов (0...15) подаются соответствующие значения функции f . На входы y_2 , y_1 , a , b , подаются константы 1 и 0 в соответствии с таблицей истинности.

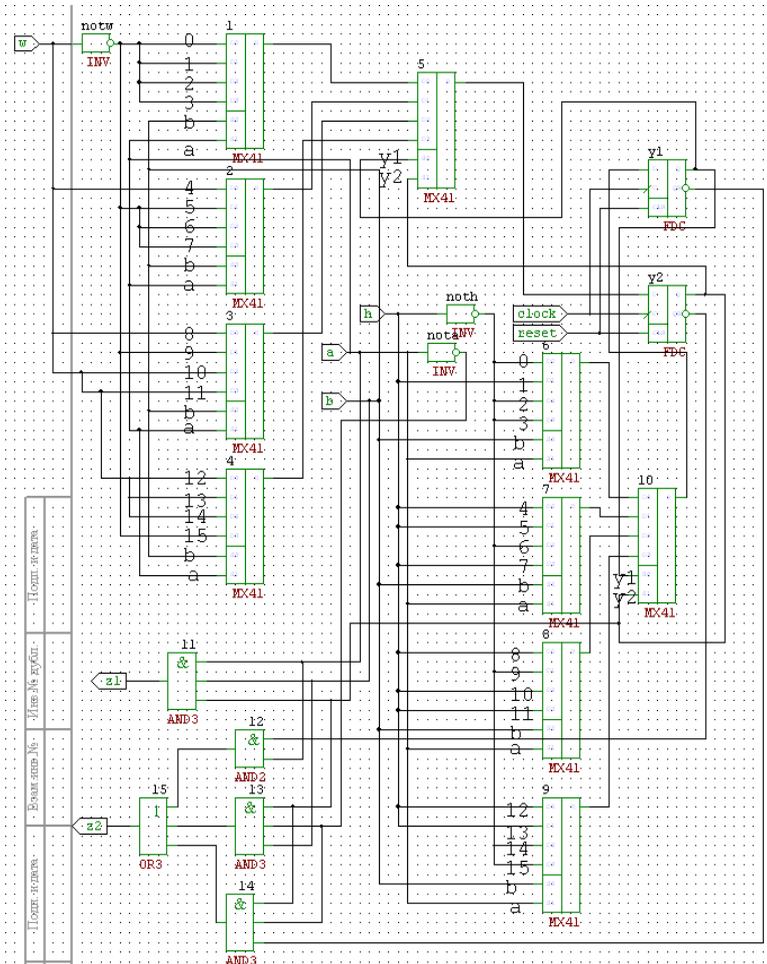


Рис. 1. Схема автомата-распознавателя последовательности 01023

На рис. 1 $y_2(t+1)$ и $y_1(t+1)$ – это входы соответствующих D-триггеров.

Далее готовятся данные для временного моделирования (рис.2).

```

1 |  DEFAULT_TEST;
2 |
3 |  DEFAULT_TEST:
4 |  a = 0,0,0,0,0,0,1,1,1,1;
5 |  b = 0,0,1,1,0,0,0,0,1,1;
6 |  clock = 0,1,0,1,0,1,0,1,0,1;
7 |  reset = 1,0;
8 |  w = 1;
9 |  h=1;
10 | z1 = h;
11 | z2 = 1;

```

Рис. 2. Подготовка временного моделирования

Для задания требуемой последовательности нужно прописать значения a и b . Для обозначения выходов при 0 используют L или l , для 1 – H или h . Выполняется моделирование (рис. 3).



Рис. 3. Результаты моделирования последовательности 01023

Фиксируется формирование 1 по z_1 . Далее формируют неправильные последовательности, например 02 (рис. 4).

Фиксируется формирование $z_2 = 1$. Таким образом проверяются остальные последовательности. Делается вывод о работоспособности автомата.

Заключение. В статье представлен пример использования САПР «Ковчег» на лабораторных занятиях по дисциплине «Схемотехника».

В качестве других возможных путей использования САПР «Ковчег» в научно-исследовательской работе студентов, магистров и аспирантов можно указать использование программирования на языках

описания аппаратуры, например VHDL, а также расширение функциональных возможностей, например, путём введения синтеза по графу автомата, имеющегося в САПР «КвартусII» [6].

Библиографический список

1. Сайт микросхем заказных и полузаказных больших интегральных схем ASIC [Электронный ресурс]. – URL: <http://asic.ru> (дата обращения: 27.04.18).

2. САПР «Ковчег 3.0» для проектирования микросхем на БМК серий 5503, 5507, 5521 и 5529 / С.В. Гаврилов, А.Н. Денисов, В.В. Коняхин, М.М. Макарецва. – М., 2013. – 295 с.

3. Библиотека функциональных ячеек для проектирования полузаказных микросхем серий 5503 и 5507 / А.Н. Денисов, Ю.П. Фомин, В.В. Коняхин, Р.А. Федоров; под общ. ред. А.Н. Саурова. – М.: Техносфера, 2012. – 304 с.

4. Библиотека элементов для проектирования самосинхронных полузаказных БМК микросхем серий 5503/5507 / Ю.А. Степченков, А.Н. Денисов, Ю.Г. Дьяченко, Ф.И. Гринфельд, О.П. Филимоненко, Н.В. Морозов, Д.Ю. Степченков. – М.: Изд-во ИПИ РАН, 2014. – 296 с.

5. Партнеры отдела 22 ИПИ РАН по разработке самосинхронной схемотехники [Электронный ресурс]. – URL: <http://selftiming.ru/partners/> (дата обращения: 27.04.18).

6. Тюрин С.Ф., Громов О.А., Греков А.В. Реализация цифровых автоматов в системе Quartus фирмы Altera: лаборат. практикум. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 133 с.

Сведения об авторах

Зобнина Ольга Андреевна – студентка Пермского национально-исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-15-16, г. Пермь, e-mail: zobnina.olka@gmail.com.

Каменских Антон Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика», г. Пермь, e-mail: antoshkinoinfo@yandex.ru.

Тюрин Сергей Феофентович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru.

М.В. Калинин, И.С. Полевщиков

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ МЕТОДАМ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В статье описаны функциональные требования к разрабатываемой информационной системе, предназначенной для автоматизации контроля выполнения практических заданий при обучении методам тестирования программного обеспечения (ПО). Система позволит повысить эффективность изучения дисциплины «Тестирование ПО» студентами бакалавриата.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам (№ стипендии СП-100.2018.5), назначенной Советом по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации по результатам конкурса 2018–2020 года.

Ключевые слова: контроль формирования навыков, информационная система, тестирование программного обеспечения.

M.V. Kalin, I.S. Polevshchikov

AUTOMATION OF THE CONTROL OF THE IMPLEMENTATION OF PRACTICAL TASKS IN THE TRAINING OF SOFTWARE TESTING METHODS

The article describes the functional requirements for the information system being developed, designed to automate the control of the implementation of practical tasks when teaching software testing methods. The system will increase the effectiveness of studying the discipline "Software Testing" by undergraduate students.

The research is supported by a stipend of the President of the Russian Federation to young scientists and post-graduate students (No. SP-100.2018.5), which was assigned by the grants Council of the President of the Russian Federation for government support of young Russian scientists and government support for the leading scientific schools of the Russian Federation in 2018–2020.

Keywords: control skills formation, information system, software testing.

Тестирование является одним из этапов жизненного цикла разработки программных систем и важнейшей составляющей обеспечения их качества [1, 2]. Обучение методам тестирования программного обеспечения (ПО) является обязательным элементом при подготовке бакалавров по направлению «Программная инженерия» на кафедре ИТАС ПНИПУ.

Значительная часть практической составляющей дисциплины «Тестирование ПО» посвящена изучению методов модульного тестирования. При обучении каждому из методов должен быть сформирован навык выполнения следующих действий [1, 3]:

1) построение и анализ теоретико-множественной модели на основе текста программы или требований к ней (в зависимости от конкретного метода тестирования видами моделей являются: потоковый граф, ограничивающее множество, дерево разбиений, граф причин-следствий и т.д.);

2) формирование множества тест-кейсов;

3) сравнение реальных и ожидаемых результатов выполнения программы;

4) вывод о корректности работы программы.

Однако процесс контроля выполнения практических заданий, и, как следствие, контроля формирования навыков тестирования с применением данных методов, в настоящее время обладает существенными недостатками как для студентов, так и для преподавателя.

В первую очередь это связано с отсутствием средств автоматического контроля и самоконтроля выполнения практических заданий для отработки навыков тестирования. Ручная проверка таких заданий преподавателем является трудозатратной работой, отнимающей много времени. При этом студенты вынуждены ждать, пока преподаватель проверит задания.

Также отсутствует достаточное количество зрительных примеров, показывающих в наглядном виде различные возможные ситуации и частные случаи в процессе тестирования. Особенно этот недостаток значим для студентов заочного отделения, у которых крайне мало часов аудиторных занятий с преподавателем. Преподавателю требуется большое количество времени, чтобы подготовить много таких примеров и объяснить студентам.

В различных сферах профессионального обучения разрабатываются информационные системы для автоматизации проверки выполнения практических заданий обучаемыми [4–6], однако для обучения методам тестирования ПО такие системы фактически отсутствуют.

В соответствии с изложенным выше актуальной задачей является разработка информационной системы для автоматизации контроля выполнения практических заданий при обучении методам тестирования ПО.

Функциональные требования к разрабатываемой системе показаны на рисунке в виде диаграммы вариантов использования UML [1].



Рис. Функциональные требования к системе

Описание вариантов использования из рис. 1 представлено в таблице.

Варианты использования системы

Варианты использования	Описание вариантов использования
1	2
<i>Для актора «Студент»</i>	
1.1. Входной контроль знаний	Проводится перед изучением практической части дисциплины, возможен как для оценки знаний теории по тестированию ПО, так и по смежным дисциплинам, например, дискретной математике и математической логике. Формируется набор вопросов в соответствии с настройками преподавателя, ответы обучаемого, которые затем оцениваются системой
1.2. Изучение алгоритмов тестирования в режиме демонстрации	Студенту в наглядной форме показываются пошаговые примеры решения задач. Студент может корректировать различные параметры в задачах, чтобы всесторонне рассмотреть частные случаи тестирования
1.3. Выполнение практических заданий	Студент самостоятельно выполняет практические задания, генерируемые системой. Система автоматически проверяет решение и выдает обучаемому результат. В зависимости от настроек преподавателя возможно предоставление советуемых воздействий обучаемому
1.4. Автоматическая проверка правильности выполнения заданий	Система проверяет выполнение задания в соответствии с некоторым алгоритмом, учитывающим специфику изучаемого метода тестирования. По итогам проверки выставляется комплексная оценка выполнения задания

Окончание таблицы

1	2
1.5. Предоставление советующих воздействий	Во время выполнения задания или завершения некоторого этапа выполнения, в зависимости от настроек преподавателя, студенту могут предоставляться подсказки и предупреждения. По завершении выполнения может быть предусмотрен детальный разбор допущенных ошибок
<i>Для актора «Преподаватель»</i>	
2.1. Разработка практических заданий	Преподаватель создает задания для контроля или самоконтроля практических навыков студентов по различным темам изучаемой дисциплины
2.2. Разработка шаблонов практических заданий	Шаблон – это необходимые начальные настройки, по которым система будет автоматически генерировать практические задания для студентов. Например, для заданий по теме «Тестирование базового пути» преподаватель может установить, какие виды операторов будут в программе, сколько операторов и т.д.
2.3. Разработка теоретических заданий для входного контроля знаний	Разработка тестовых заданий различных видов (открытые, закрытые, на установление последовательности и т.д.) для проверки знаний студентов
2.4. Установка настроек процесса обучения	Преподаватель устанавливает различные настройки для работы обучаемого в системе, в частности, выбирает, по каким темам будет организован входной контроль знаний перед изучением очередного метода тестирования; устанавливает шкалы оценивания; выбирает, какие задания и в каком количестве будут предоставлены для очередного контроля, предусмотрены ли советующие воздействия обучаемому
2.5. Формирование отчетов	По запросу преподавателя формируются различные виды отчетов по результатам процесса обучения студентов, например: отчет с детальным анализом выполнения задания некоторым студентом; отчет с результатами контроля выполнения практических заданий академической группой студентов за семестр и т.д. Отчеты должны в наглядной форме показывать преподавателю результаты обучения, в частности, представлять некоторую информацию в табличном виде и в виде диаграмм, отображающих статистику

Применение информационной системы способствует более быстрой, точной и безошибочной проверке выполнения практических заданий студентами, а также повышению эффективности деятельности преподавателя за счет избавления от рутинной работы.

Практическая значимость системы для студентов заключается в возможности прохождения самоконтроля непосредственно перед

контролем во время аудиторных занятий. Разрабатываемая система также должна выполнять роль электронного учебного пособия, обеспечивать изучение студентами в интерактивной форме различных методов тестирования ПО.

Продолжением исследования будут являться: уточнение функциональных требований к информационной системе, разработка пользовательских интерфейсов, выбор средств реализации (в частности, языков программирования, СУБД), детальное проектирование и реализация системы на основе выбранных средств.

Библиографический список

1. Орлов С.А., Цилькер Б.Я. Технологии разработки программного обеспечения: учебник для вузов. – 4-е изд. (Стандарт третьего поколения). – СПб.: Питер, 2012. – 608 с.

2. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. – Минск: Четыре четверти, 2017. – 312 с.

3. Тестирование программного обеспечения: метод. указания / сост. И.С. Полевщиков. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 98 с.

4. Fayzrakhmanov R., Polevshchikov I., Polyakov A. Computer-aided Control of Sensorimotor Skills Development in Operators of Manufacturing Installations // Proc. of the 6th International Conference on Applied Innovations in IT (ICAИТ); Koethen (Germany), 13 March 2018. – Vol. 6. – P. 59–65.

5. Филатова Н.Н., Вавилова Н.И., Ахремчик О.Л. Мультимедиа тренажерные комплексы для технического образования // Educational Technology & Society. – 2003. – № 6(3). – С. 164–186.

6. Першин А.А. Методы создания интерактивных онлайн курсов на основе игровых механик: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – СПб., 2014.

Сведения об авторах

Калин Матвей Викторович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-14-16, г. Пермь, e-mail: matthewk@mail.ru.

Полевщиков Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru.

Э.Р. Капышев, Д.С. Курушин

ОПОРНО-ПОВОРОТНОЕ УСТРОЙСТВО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА С СИСТЕМОЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В данной статье рассматривается вопрос о создании опорно-поворотного устройства на сервоприводах с помощью микроконтроллера и датчика акселерометра GY-85. Приведены картинки и таблицы, подтверждающие правильность применяемых решений.

Ключевые слова: опорно-поворотное устройство, многофункциональный роботизированный комплекс, дополненная реальность.

E.R. Kapyshev, D.S. Kurushin

THE REFERENCE AND TURNING DEVICE OF THE MULTIFUNCTION ROBOTIC COMPLEX WITH THE SYSTEM OF AUGMENTED REALITY

In this article the question of creation of the reference and turning device on servo actuators by means of the microcontroller and the sensor of the accelerometer GY-85 is considered. Pictures and tables validating applied the decision are provided.

Keywords: reference and turning device, multifunction robotic complex, augmented reality.

Данная работа посвящена разработке программного и аппаратного обеспечения для системы дополненной реальности многофункционального роботизированного комплекса. Обеспечивается потребность – создание системы, которая бы мониторила участки полигонов твердых бытовых отходов на предмет утечки вредных веществ в онлайн-режиме. Общая идея в принципе та же, что и при развороте головы, – обход и осмотр территории полигонов твердых бытовых отходов.

Однако создание опорно-поворотного устройства – не такой простой процесс, как может показаться. Угол наклона в соответствии с основным законом динамики неустойчив. Поэтому нужно учесть, что, как и человек, многофункциональный роботизированный комплекс может оказаться на крутом склоне и предостеречь его от опрокидывания. Поэтому создадим трехосевую платформу, приводимую в движение сервоприводами, управляемыми микроконтроллером Arduino Nano.

Цель работы – разработать программные и аппаратные средства для подсистемы дополненной реальности многофункционального роботизированного комплекса.

В статье [1] про создание трехступенной платформы на базе аппаратной платформы Arduino поднимался вопрос управления опорно-поворотным устройством, поэтому было решено разобраться с работой акселерометра GY-85 (рис. 1) [2].

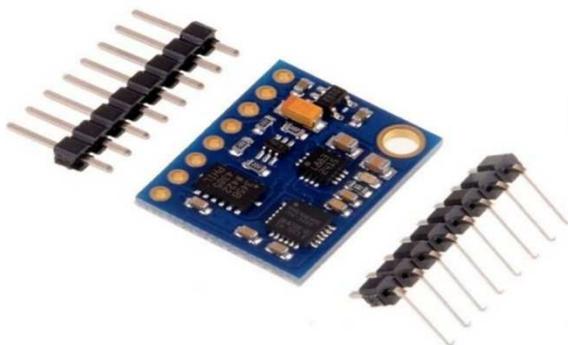


Рис. 1. Вид акселерометра GY-85

На выходах осей X , Y , Z устройства распаяны фильтры в виде RC-цепочек, а также сам он имеет фильтр низких частот. В соответствии с документацией на устройство [3] имеется возможность выбора чувствительности, а также включения и выключения режима сна. Подключение акселерометра к плате Arduino осуществляется по схеме, представленной на рис. 2.

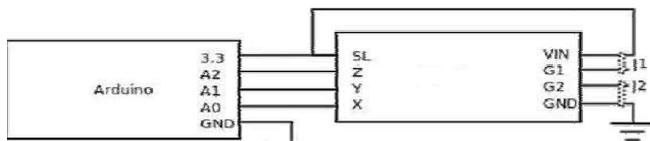


Рис. 2. Схема подключения акселерометра к плате Arduino

Чтобы акселерометр всегда выдавал значения его принудительно необходимо вывести из режима сна, просто подав на выход SL.

Подключение трехступенной платформы к Arduino осуществляется на три выхода с поддержкой ШИМ, а входы от датчика положения – на три аналоговых входа A0...A2.

Тестирование и проверка работоспособности акселерометра осуществляются с помощью следующей программы:

```
void loop()
{
    x = analogRead(A0) - dx;
    y = analogRead(A1) - dy;
    z = analogRead(A2) - dz;
}
```

Перед началом работы необходимо произвести калибровку датчика по следующей методике:

- установить в прошивке контроллера значения калибровки, равные нулю, записать прошивку в контроллер;
- зафиксировать датчик в горизонтальном положении;
- снять показания с датчика в течение 3 секунд;
- вычислить средние значения в горизонтальном положении и внести поправку в калибровочные значения.

Данные измерения необходимо делать на минимальной чувствительности или близкой к ней, чтобы исключить лишние показания при ударах стола или любые другие воздействия. До проведения калибровки датчик выдал следующие значения, которые представлены на рис. 3.

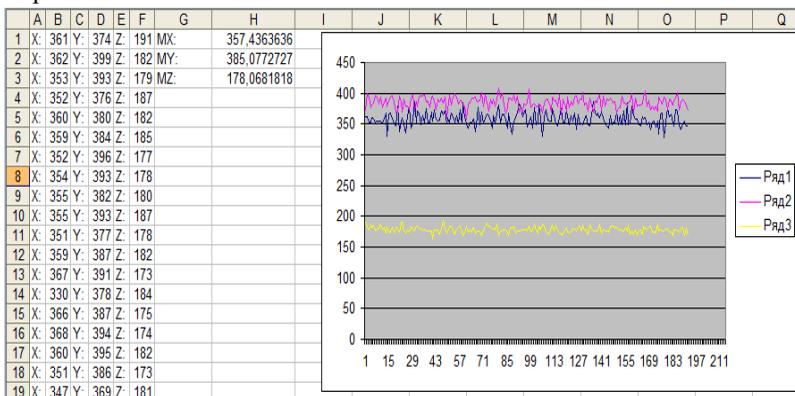


Рис. 3. Значения датчика

График показывает, что заявленные фильтры нижних частот работают довольно странно, так как шум оси очень сильный. Для его подавления необходимо либо написать собственный фильтр нижних

частот, либо нормализовать шкалу измерений до меньшего. В результате полученных измерений были получены следующие поправки: $dx = 357$, $dy = 385$, $dz = 178$ (рис. 4).

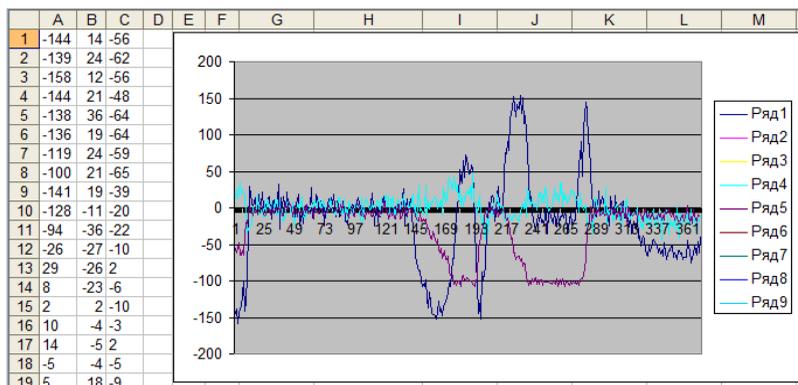


Рис. 4. Показания датчика

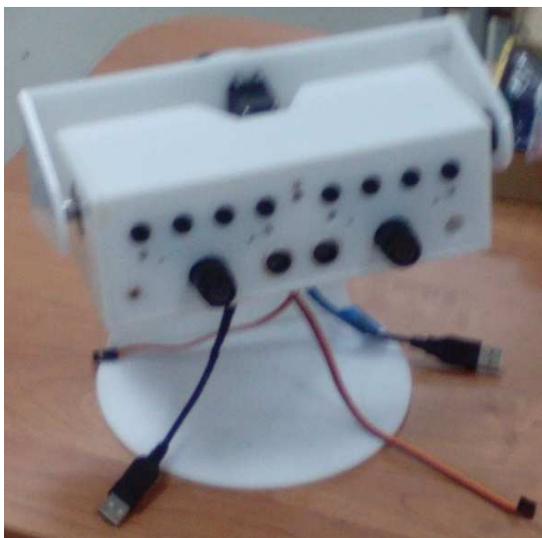


Рис. 5. Трехосевое опорно-поворотное устройство

В таком виде уже можно использовать показания датчика в своих проектах. Таким образом, был изготовлен прототип опорно-поворотного устройства, обеспечивающий управление подвесом по

всем трем осям. Трехосевое оснащение подвеса обеспечивает угол обзора 270 градусов. Также имеются ультразвуковой дальномер «US-015», предназначенный для измерения расстояния до объекта, и стереокамера. Дополнительно подвес оснащен датчиком газа, датчиком температуры и влажности «DHT11», датчиком огня, датчиком давления. Еще имеется модуль лазера. Присутствуют девятиосный модуль ориентации в пространстве «GY-85» для сохранения неизменного положения при любых положениях вращающегося прибора и сервоприводы в количестве трех штук. Фотография представлена на рис. 5.

Были проведены испытания, подтвердившие способность, надёжность конструкций.

Библиографический список

1. Трехстепенной манипулятор на Arduino [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/post/126026/>
2. Arduino Nano (V2.3) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>
3. Ловим горизонт с Arduino [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/post/127165/>

Сведения об авторах

Капышев Эльвир Рустамович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ1-16-1м, г. Пермь, e-mail: elvirkapusev@gmail.com.

Курушин Даниил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: daniel.kurushin@gmail.com.

**Е.А. Касьянова, Д.С. Курушин,
В.В. Швецов, А.И. Шоломова**

О ПРИМЕНЕНИИ МОДЕЛИ Р. ПЛУТЧИКА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО АНДРОИДНОГО РОБОТА

В данной статье представлено описание модели Плутчика для создания эмоционального андроидного робота. В отличие от других моделей, описанных другими авторами, мы предлагаем использовать модель Плутчика–Келлермана. Это позволит расширить спектр эмоций андроида и сделает общение с ним более комфортным для человека.

Ключевые слова: эмоции, Плутчик, языковая личность, реакция, робот, андроид.

**E.A. Kas'janova, D.S. Kurushin,
V.V. Shvecov, A.I. Sholomova**

THE USE OF THE PLUTCHIK'S MODELL TO CREATE AN EMOTIONAL ROBOT

The description of the Plutchik's model for creation of the emotional android robot is presented in this article. Unlike other models described by other authors we suggest to use Plutchik-Kellerman's model. It will allow to expand a range of emotions of the android and will make communication with him more comfortable for the person.

Keywords: emotions, Plutchik, language identity, reaction, robot, android.

Пара фраз о том, для чего это нужно. В работе [1] А.В. Гаврилова описывается архитектура системы, способной к выработке базовых эмоций. «Положительные» и «отрицательные» эмоции используются в этой системе для организации обратной связи при обучении. Автор исходит из «законов робототехники» А. Азимова, что, по его мнению, обеспечивает обучение интеллектуальной системы дружественному поведению.

В монографии [2] О.Г. Пенского и К.В. Черникова вводятся тематически формализованные понятия эмоций и воспитания роботов. Авторы предлагают основывать остальные психологические параметры интеллектуальных машин на этих двух понятиях. Сформулированы и доказаны теоремы, определяющие дружбу и конфликтность в группах роботов. В работе приводятся результаты группы

японских студентов из университета Мэйдзи, которые создали робота, который выражает эмоции в зависимости от того, какие слова ему подаются на вход. Все прилагательные, которые записаны в программу, разделены на шесть эмоциональных групп: «радость», «грусть», «гнев», «страх», «удивление» и «ненависть».

В статье [3, 5] В.Э. Карпов предлагает подход к управлению поведением роботов, основанный на механизме эмоций и темперамента. В основе эмоциональной архитектуры системы управления роботом представлена информационная теория эмоций В.П. Симонова [4], а особенности темперамента сводятся к двухпараметрической модели типа «возбуждение – торможение». По мнению Симонова, эмоции появляются вследствие недостатка или избытка сведений, необходимых для удовлетворения потребности. В.Э. Карпов рассматривает реализацию механизма эмоций мобильного робота на базе гибридной нейро-продукционной системы. В модели реализованы обобщенные отрицательные и положительные эмоции, причем основной акцент сделан на влияние отрицательных эмоций.

Таким образом, мы выяснили, какие виды эмоций описывают ученые: положительные, отрицательные, радость, грусть, гнев, страх, удивление и ненависть. Эмоции возникают вследствие: а) недостатка или избытка сведений, б) реакции на речевые сигналы, в) воспитания.

Мы считаем, что предложенные концепции не раскрывают в полной мере такую проблему, как моделирование эмоционального поведения. В дополнение к изложенному мы предлагаем обратить внимание на модель функционирования и генезиса психологической защиты Плутчика, изложенную в работе [6]. Результатом этой психоэволюционной теории эмоций стала «Система Келлермана–Плутчика», на которой основана психодиагностическая методика «Индекс жизненного стиля». Келлерман и Плутчик полагают, что в каждой личности существует диспозиция (наследственная предрасположенность) к определенному психическому расстройству. Механизм психологической защиты играет роль регулятора внутриличностного баланса за счет гашения доминирующей эмоции.

Плутчик выделяет такие базовые состояния, как: инкорпорация, отвержение, протекция, разрушение, воспроизводство, реинтеграция, ориентация, исследование, которые вызывают в общей сложности 32 эмоциональных состояния (рис. 1).

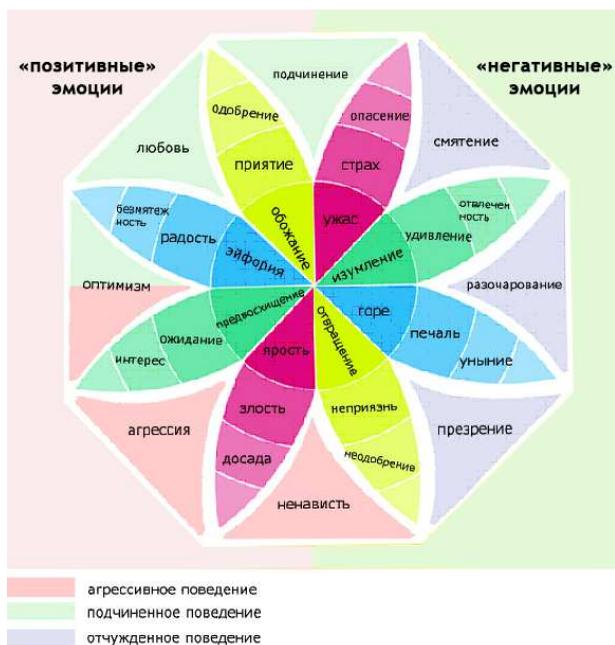


Рис. 1. Эмоциональная карта Плутчика

Изначально робот находится в так называемом «базовом состоянии», из которого может перейти в одно из эмоционально-возбужденных. Возбудителями перехода могут являться как внешние раздражители, так и изменение внутреннего состояния. Модель воздействия внешних раздражителей представлена на рис. 2.



Рис. 2. Модель взаимовлияния «чувств» и «эмоций» робота

В модели Плутчика используется следующее определение эмоции – психический процесс импульсивной регуляции поведения, основанный на чувственном отражении потребностной значимости внешних воздействий, их благоприятности или вредности для жизнедеятельности индивида.

Эмоции возникли как приспособительный «продукт» эволюции, биологически обобщенные способы поведения организмов в типичных ситуациях. «Именно благодаря эмоциям организм оказывается чрезвычайно выгодно приспособлен к окружающим условиям, поскольку он, даже не определяя форму, тип, механизм и другие параметры воздействия, может со спасительной быстротой отреагировать на него определенным эмоциональным состоянием, то есть определить, полезно или вредно для него данное конкретное воздействие».

Отдельные жизненно важные свойства предметов и ситуаций, вызывая эмоции, настраивают организм на соответствующее поведение [7]. Ю.Н. Караулов [8] выделяет три уровня в структурной модели языковой личности:

Первый уровень, вербально-семантический, его единицами являются отдельные слова – единицы вербально ассоциативной сети. Они изучают и овладевают структурно-системными связями изучаемого языка в параметрах его системообразующей функции, направленной на решение коммуникативных задач.

Второй уровень, лингвокогнитивный, единицами которого являются понятия, идеи, концепты, складывающиеся у каждой языковой личности в более или менее упорядоченную картину мира, отражающую иерархию ценностей. Стереотипам на этом уровне соответствуют устойчивые стандартные связи между дескрипторами, находящими свое выражение в генерализованных высказываниях, дефинициях, крылатых выражениях.

Третий уровень, мотивационный уровень, единицы которого ориентированы на прагматику и проявляются.

Коммуникация происходит за счет восьми базисных адаптивных реакций, являющихся прототипами восьми базисных эмоций:

1. Инкорпорация. Поедание пищи или принятие благоприятных раздражителей вовнутрь организма.

2. Отвержение. Избавление организма от чего-либо непригодного, что было воспринято ранее.

3. Протекция. Поведение, призванное обеспечить избегание опасности или вреда. Сюда включается бегство или любое другое действие, которое увеличивает расстояние между организмом и источником опасности.

4. Разрушение. Поведение, призванное разрушить барьер, который препятствует удовлетворению важной потребности.

5. Воспроизводство. Репродуктивное поведение, которое может быть определено в терминах приближения, тенденции к сохранению контакта и смешивания генетических материалов.

6. Реинтеграция. Поведенческая реакция на потерю чего-либо важного, чем обладали или наслаждались. Его функция в обретении вновь опеки.

7. Ориентация. Поведенческая реакция на контакт с неизвестным, новым или неопределенным объектом.

8. Исследование. Поведение, обеспечивающее индивиду схематичное представление о данной окружающей среде.

Принятие решений об выборе эмоций роботом при наблюдении некоторого человека алгоритмически представлено на рис. 3.

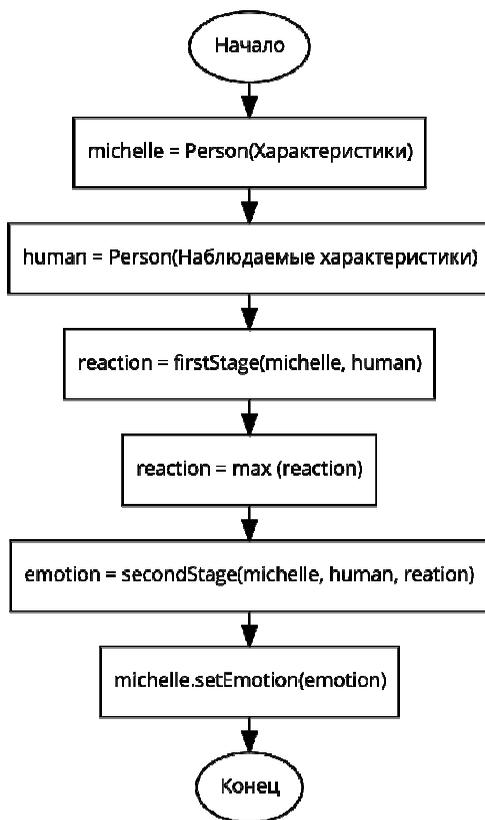


Рис. 3. Алгоритм определения эмоции

Робот (Мишель) создается как экземпляр класса Person с некоторым набором характеристик личности. Робот наделен стереозрением и другими «органами чувств», благодаря которым он способен определить ряд характеристик наблюдаемой роботом личности. Вопросы распознавания характеристик не входят в предмет рассмотрения этой статьи. Определение эмоции происходит в 2 этапа: сначала определяется базовая реакция, а затем – степень ее выраженности.

«Эмоциональное состояние» робота получает свое отражение на дисплее за счет демонстрации «эмотикона» – стилизованного изображения Мишель с соответствующим выражением лица (рис. 4).



Рис. 4. Выражение умиротворения

Для примера опишем самые основные эмоции робота. Радость изображается сияющими глазами и широкой улыбкой, чуть приподнятыми бровями и раскинутыми ресницами. Гнев – прямой взгляд, сдвинутые брови, немного скошенный рот и огоньки в глазах. Умиротворение – слегка опущенный взгляд, густые пушистые ресницы, легкая, едва уловимая улыбка, бархатный, еле-еле заметный румянец и естественное спокойное положение бровей.

Библиографический список

1. Гаврилов А.В. Эмоции, априорные знания и дружественное поведение робота // Тр. 11-й Национальной конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием – КИИ-2008 (г. Дубна, Россия). – М.: Ленанд, 2008. – Т. 1. – С. 410–419.

2. Пенский О.Г., Черников К.В. Основы математической теории эмоциональных роботов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2010.
3. Карпов В.Э. Эмоции и темперамент роботов. Поведенческие аспекты // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2014. – № 5.
4. Информационная теория эмоций П.В. Симонова // Murizm.Ru. – URL: <https://clck.ru/D7x9X> (дата обращения: 05.04.2018).
5. Карпов В.Э. Эмоции роботов // Известия РАН. Теория и системы управления. – М.: Изд-во Моск. ин-та электроники и математики НИУ ВШЭ, 2014.
6. Гребенников Л.Р. Механизмы психологической защиты: дис. канд. психол. наук. – М., 1994.
7. Леонтьев А.И. Потребности, мотивы, эмоции. Психология эмоций. Тексты. – М., 1984.
8. Карасулов Ю.Н. Русский язык и языковая личность. – М.: Наука, 1987.

Сведения об авторах

Касьянова Елена Алексеевна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-14-16, г. Пермь, e-mail: len4ik2394@gmail.com.

Курушин Даниил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dan973@yandex.ru.

Швецов Владислав Валерьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-15-16, г. Пермь, e-mail: shvetsovvlad86@gmail.com.

Шоломова Анна Игоревна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-15-16, г. Пермь, e-mail: sholomova1997@mail.ru.

С.Н. Костарев, А.А. Парицкая

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
КОНТРОЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ
АВТОПОГРУЗЧИКА ПРИ ПОГРУЗКЕ И РАЗГРУЗКЕ
БОЕПРИПАСОВ НА ВОЕННЫХ БАЗАХ ВОЙСК
НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РФ**

В данной статье анализируются проблемы обеспечения безопасной работы автопогрузчика, а также разработка системы автоматизированного мониторинга для предупреждения возникновения несчастных случаев на территории складов, предприятий и организаций, использующих специальное подъемно-транспортное оборудование.

Ключевые слова: автопогрузчик, автоматизированный мониторинг, специальное подъемно-транспортное оборудование.

S.N. Kostarev, A.A. Paritckaia

**THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR AUTOMATED
CONTROL OF THE SAFETY OF THE OPERATION
OF A FORKLIFT TRUCK WHEN LOADING AND UNLOADING
AMMUNITION AT MILITARY BASES OF NATIONAL
GUARD TROOPS OF THE RF**

In this article, an analysis of the problem of ensuring the safe operation of the forklift truck, as well as the development of an automated monitoring system for preventing the occurrence of accidents in the territory of warehouses, enterprises and organizations using special transportation equipment.

Keywords: forklift, automated monitoring, special transportation equipment.

Проблему погрузочно-разгрузочных работ помогают решить компактные и функциональные автопогрузчики, которые способны перемещать и разгружать различные грузы. От надежности и продуктивности такой техники зависит работа всего складского хозяйства предприятия.

Автопогрузчик – самое необходимое оснащение современного склада. Система автоматизированного контроля комплексного обеспечения безопасности работы автопогрузчика является инструментом объективной оценки качества функционирования системы в заданных условиях эксплуатации.

Целью представленной работы выступают анализ проблемы обеспечения безопасной работы автопогрузчика, а также разработка системы автоматизированного мониторинга для предупреждения возникновения несчастных случаев на территории складов, предприятий и организаций, использующих специальное подъемно-транспортное оборудование.

В качестве процессорного блока предложено использовать микроконтроллер OMRON. Обозначение входных сигналов (датчиков) и выходных управляющих воздействий показано в таблице.

Обозначение входных сигналов (датчиков)
и выходных управляющих воздействий

Вх.-X Вых.-Y	Адрес бита в ОЗУ кон- троллера	Обозна- чение	Адрес памяти Значение DM		Пояснение
			текущее	max	
Входы контроллера от датчиков					
X0	CIO 201	P	200	210	Давление масла
X1	CIO 301	M	201	211	Вес груза
X2	CIO 401	S	202	212	Сдвиг груза
X3	CIO 501	H	203	213	Высота подъема
X4	CIO 601		204	214	Резерв
X5	CIO 801		205	215	Резерв
Выходы на управление					
Y0	CIO 0.11	A			Включение системы
Y1	CIO 0.12	B			Работа ауригеров

В настоящей работе исследование модели мониторинга и контроля за состоянием техники производилось с помощью программного обеспечения OMRONCX-Programmer и CX-Designer. Языком программирования контроллера OmronCP1L выступает релейно-контактная логика (стандарт IEC61131-3). Мониторинг [1] текущих значений измеряемых параметров и граничного максимального значения фиксируется в ячейках памяти DataMemory [2].

Пульт для системы автоматизированного мониторинга оператора автопогрузчика был спроектирован с использованием CX-Designer (рис. 1) [3, 4]. Интерфейс пульта должен отображать состояние параметров безопасности системы, в случае превышения параметров на пульте высветится красная лампочка опасного состояния работы автопогрузчика (рис. 2). Также на пульте отобразим работу ауригеров,

необходимых для работы с грузами, масса которых приближена к критическому значению. При разработке релейно-контактной схемы мониторинга и управления были использованы все операторы условия. Фрагмент релейно-контактной схемы мониторинга и управления автопогрузчика показан на рис. 3.



Рис. 1. Вид рабочей программы на пульте оператора



Рис. 2. Вид рабочей программы при превышении параметра «Давление масла»

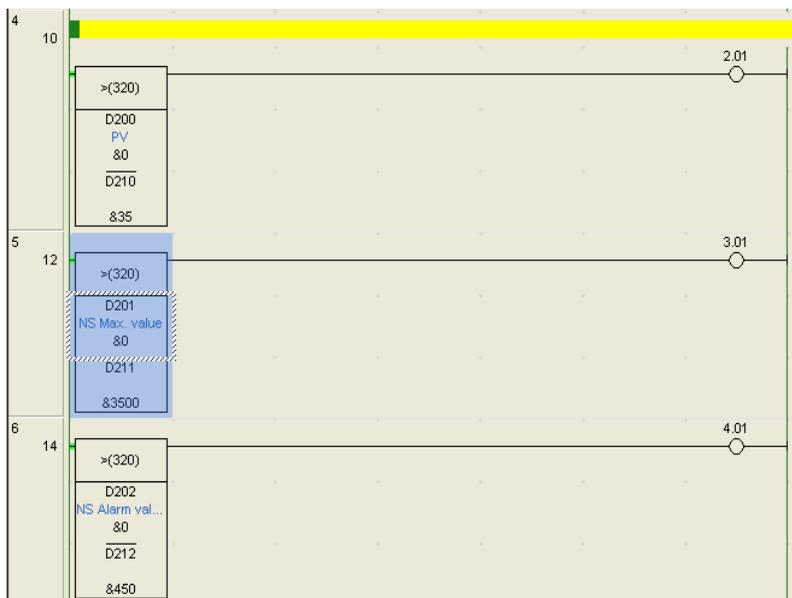


Рис. 3. Фрагмент релейно-контактной схемы мониторинга и управления автопогрузчика

Предлагаемая система автоматизированного контроля безопасной работы автопогрузчика создается для предотвращения подобных случаев. Система поможет оператору предотвращать опасные ситуации, минимизировать риск несчастных случаев и соблюдать технику безопасности на производстве.

Библиографический список

1. Серeda Т.Г., Костарев С.Н. Разработка автоматизированной системы управления сушкой древесины, применяемой в деревянном домостроении // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Томск: Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2018. – С. 438–441.

2. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

3. ГОСТ Р 51347-99 (ИСО 5767-92). Транспорт napольный без-рельсовый. Погрузчики и штабелеры, работающие с наклонным вперед грузоподъемником. Испытания на устойчивость // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

4. Коробко В.И. Промышленная безопасность: учеб. пособие для вузов. – М.: Академия, 2012. – 208 с.

Сведения об авторах

Костарев Сергей Николаевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: iums@dom.raid.ru.

Парицкая Анастасия Александровна – курсант Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации, 3-й взвод 8-я рота, г. Пермь, e-mail: paritska47@gmail.com.

К.П. Кузьминых, И.С. Полевщиков

РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ НА КАФЕДРЕ

Рассмотрена оптимизационная модель для автоматического распределения учебной нагрузки на кафедре. Программная реализация данной модели в рамках автоматизированной системы распределения учебной нагрузки позволит повысить эффективность и снизить трудоемкость процесса её распределения для сотрудников.

Ключевые слова: автоматизация, учебная нагрузка, оптимизация.

K.P. Kuzminykh, I.S. Polevshchikov

DEVELOPMENT AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE DISTRIBUTION OF THE EDUCATIONAL LOAD AT THE DEPARTMENT

The optimization model for automatic distribution of the educational load at the department is considered. Software implementation of this model in the framework of the automated system of distribution of educational load will increase the efficiency and reduce the laboriousness of the distribution process for employees.

Keywords: automation, educational load, optimization.

Распределение учебной нагрузки представляет одну из трудоемких работ, выполняемых ежегодно на кафедрах современных вузов [1, 2]. В процессе распределения необходимо учитывать различные ограничения, в частности, требования ФГОС, квалификацию преподавателей, пожелания преподавателей по нагрузке. Процесс распределения нагрузки усложняется при большом числе дисциплин, читаемых на кафедре, а также при многочисленности и динамичности кадрового состава.

В настоящее время на кафедре ИТАС ПНИПУ разработан прототип автоматизированной системы распределения учебной нагрузки [1, 2] с применением 1С:Предприятия. Система позволяет существенно упростить процесс распределения за счет таких возможностей, как представление информации в иерархичной структуре, советующие воздействия на основе прошлых распределений, автоматическое формирование отчетов и т.д.

Актуальной задачей является реализация в данной системе модуля автоматического распределения учебной нагрузки, позволяющего максимально облегчить работу сотрудника, ответственного за распределение. Этот модуль должен быть построен на основе оптимизационной модели, учитывающей все необходимые ограничения.

Существует ряд работ [3–6], посвященных проблемам распределения нагрузки между преподавателями кафедры. Однако в этих работах в основном рассматриваются методы, позволяющие решать данную задачу либо для небольших кафедр, либо для кафедр теоретической направленности, характеризующихся большой лекционной нагрузкой и небольшой нагрузкой по практическим и лабораторным занятиям.

Отсутствуют формализованные методы, позволяющие решать задачу распределения учебной нагрузки для многопрофильных кафедр, ведущих как специальные, так и общеобразовательные дисциплины с большим объемом учебной нагрузки. При этом учебные занятия по общеобразовательным дисциплинам проводятся в потоках, и занятия в каждом потоке ведут несколько преподавателей.

Представленная далее математическая модель основана на результатах исследований, приведенных в работе [3], в которой предлагается использовать в качестве критерия распределения заданную равномерность загрузки преподавателей различными видами учебной нагрузки с учетом должностных коэффициентов по видам работ и по учебной нагрузке в целом. Такой подход позволил обеспечить справедливость распределения учебной нагрузки и предоставить руководству кафедры возможность эффективно использовать педагогический потенциал.

Тем не менее модель [3] имеет следующие недостатки:

- учебные группы и типы занятий рассматриваются вместе;
- не учитываются требования ФГОС;
- критерий оптимальности базируется на оптимальной нагрузке преподавателя, а не на оптимальном распределении нагрузки;
- не учитываются все ограничения для распределения нагрузки.

Поскольку рассмотренные существующие модели не подходят для внедрения без доработки, на основе модели [3] была составлена новая оптимизационная модель. Исходными данными для задачи распределения учебной нагрузки между преподавателями кафедры являются:

- учебная нагрузка кафедры по читаемым дисциплинам, рассчитанная управлением образовательных программ (УОП);
- фактический штат преподавателей;
- критерии и ограничения.

Критерием оптимальности данной задачи является абстрактная оценка распределения – сумма оценок нагрузки преподавателей:

$$F = \sum_{t=1}^n R_t \rightarrow \max,$$

$$R_t = \sum_{i=1}^s \sum_{g=1}^m \sum_{j=1}^k x_{jgit} C_{ijg} \left(\frac{D_i l_{jgit} + D_w w_{tjig} + D_f f_{tjig}}{D_i + D_w + D_f} \right), t = \overline{1, n},$$

где F – критерий оптимальности, R_t – оценка нагрузки преподавателя, n – количество преподавателей, s – количество дисциплин, m – количество групп, k – количество типов занятий, x_{jgit} – назначенная доля нагрузки t -го преподавателя по j -му занятию у g -й группы по i -й дисциплины, $x_{jgit} \in [0; 1]$, C_{ijg} – количество часов по j -му занятию у g -й группы по i -й дисциплине, l_{jgit} – коэффициент предпочтения t -го преподавателя к j -му занятию у g -й группы по i -й дисциплине, $l_{jgit} \in [0; 1]$, w_{tjig} – коэффициент предпочтения кафедры на t -го преподавателя к j -му занятию у g -й группы по i -й дисциплине (пожелание кафедры, что это занятие у группы по дисциплине должен вести этот преподаватель), $w_{tjig} \in [0; 1]$, f_{tjig} – коэффициент наследственности (означает, что преподаватель вел это занятие у группы по дисциплине в прошлом) по t -му преподавателю по j -му занятию у g -й группы по i -й дисциплине, $f_{tjig} \in [0; 1]$, D_i – вес коэффициента предпочтения преподавателя, D_w – вес коэффициента предпочтения кафедры, D_f – вес коэффициента наследственности.

Ограничения модели представлены в таблице.

Ограничения оптимизационной модели

Ограничение	Формула
Суммарный объем нагрузки по кафедре должен быть равен суммарному объему учебной нагрузки по всем преподавателям	$\sum_{i=1}^s A_i = \sum_{t=1}^n B_t,$ $B_t = \sum_{i=1}^s \sum_{g=1}^m \sum_{j=1}^k x_{jgit} C_{ijg},$ где A_i – нагрузка по i -й дисциплине, B_t – нагрузка t -го преподавателя
Объем нагрузки преподавателя должен быть не больше его планируемой доли ставки	$B_t \leq S_t, t = \overline{1, n},$ где S_t – доля ставки преподавателя (в часах)
Все виды учебных работ из i -х дисциплин должны быть распределены между преподавателями полностью	$\sum_{t=1}^n \sum_{g=1}^m \sum_{j=1}^k x_{jgit} C_{ijg} = A_i, i = \overline{1, s}$
Один и тот же лекционный курс на одном потоке читается только одним преподавателем	$\sum_{j=1}^k x_{jgit}^q = K, i = \overline{1, s}, q = \overline{1, Q},$ где q – идентификатор потока, K – количество занятий потока

Окончание таблицы

Ограничение	Формула
Желательно чтобы работы одного типа по одной дисциплине в одной группе назначались одному преподавателю	$\sum_{j=1}^k x_{jgit} = K, i = \overline{1, s}, g = \overline{1, G},$ где g – группа, K – кол-во занятий у группы по дисциплине
Желательно чтобы работы одного типа по одной дисциплине в одной группе назначались одному преподавателю	$x_{jgit} \in \{0,1\}, \text{ где } g - \text{ группа}$
Остепененность по профилю подготовки должна соответствовать требованиям ФГОС (под профилем понимается связка непосредственно профиля и формы обучения, например АСУ (очники), АСУ (заочники), АСУ (заочники ускоренники) – это разные профили с точки зрения модели)	$\frac{\sum_{t=1}^n y_{tS}^Z}{\sum_{t=1}^n y_{tS}} * 100 \geq Z,$ где S – идентификатор профиля подготовки; y_{tS}^Z – преподаватель ведет у этого профиля дисциплину, и он остепенен (имеет ученую степень), тогда 1, иначе 0; y_{tS} – преподаватель ведет у этого профиля дисциплину, тогда 1, иначе 0; Z – требование ФГОС по остепененности
Процент работников сторонней профильной организации должен соответствовать требованиям ФГОС	$\frac{\sum_{t=1}^n y_{tS}^R}{\sum_{t=1}^n y_{tS}} * 100 \geq R,$ где S – идентификатор профиля подготовки; y_{tS}^R – преподаватель ведет у этого профиля дисциплину и он работник сторонней профильной организации, тогда 1, иначе 0; y_{tS} – преподаватель ведет у этого профиля дисциплину, тогда 1, иначе 0; R – требование ФГОС по работникам сторонней профильной организации
Процент штатных ППС должен соответствовать требованиям ФГОС	$\frac{\sum_{t=1}^n y_{tS}^h}{\sum_{t=1}^n y_{tS}} * 100 \geq H,$ где S – идентификатор профиля подготовки; y_{tS}^h – преподаватель ведет у этого профиля дисциплину, и он штатный, тогда 1, иначе 0; y_{tS} – преподаватель ведет у этого профиля дисциплину, тогда 1, иначе 0; H – требование ФГОС по штатным работникам
Процент сотрудников с базовым образованием должен соответствовать требованиям ФГОС	$\frac{\sum_{t=1}^n y_{tS}^E}{\sum_{t=1}^n y_{tS}} * 100 \geq E,$ где S – идентификатор профиля подготовки; y_{tS}^E – преподаватель ведет у этого профиля дисциплину, и он имеет базовое образование, тогда 1, иначе 0; y_{tS} – преподаватель ведет у этого профиля дисциплину, тогда 1, иначе 0; E – требование ФГОС по базовому образованию

Коэффициенты $l_{jgit}, w_{jgit}, f_{jgit}$ можно представить в виде 3- и 4-мерных таблиц, по одной на каждый вид коэффициента, с осями по преподавателям, видам занятий, дисциплинам и группам. На пересечении 4 осей будет располагаться искомый коэффициент. Эти коэффициенты являются главным звеном формулы и определяют, как будет распределена нагрузка. Коэффициенты l_{jgit}, w_{jgit} заполняются ответственным за распределение, а коэффициент f_{jgit} вычисляется системой на основе предыдущих распределений.

Для проверки правильности созданной модели была решена задача о распределении нагрузки с упрощенной версией модели в среде MatLab с помощью инструмента Optimization Tools.

Упрощенная модель не включала в себя ограничения требований ФГОС, ограничение по потокам и видам занятий, так как данные ограничения являются дополнительными и опциональными.

Задача включала в себя следующие данные: количество преподавателей – $n = 3$; количество дисциплин – $s = 4$; количество типов занятий – $k = 2$; количество групп – $m = 3$. Итого критерий включал в себя 72 переменные.

В результате было получено распределение, которое не противоречит предпочтениям преподавателей и кафедры, не нарушает ограничений, вся нагрузка распределена полностью. Можно заключить, что модель оптимизации построена правильно и возможна для использования.

В дальнейших исследованиях планируются внедрение разработанной модели в автоматизированную систему распределения нагрузки в качестве программного модуля, тестирование модели на реальных данных, разработка и программная реализация алгоритмов расчета коэффициентов наследственности, предпочтений кафедры и преподавателей. Дальнейшее совершенствование модели может быть связано с отдельным учетом нагрузки по студентам очного и заочного отделений.

Библиографический список

1. Кузьминых К.П., Полевщиков И.С. Разработка задачи АСУ ВУЗ «Распределение учебной нагрузки на кафедре» // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы всерос. науч.-техн. конф. (г. Пермь, 23 мая 2017 г). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Т. 1. – С. 181–186.

2. Кузьминых К.П. Совершенствование процесса распределения учебной нагрузки на кафедре вуза с применением средств автоматизации // Решение: материалы Шестой Всерос. науч.-практ. конф., (г. Березники, 20 октября 2017). – Пермь, 2017. – С. 112–113.

3. Султанова С.Н., Тархов С.В. Модели и алгоритмы поддержки принятия решений при распределении учебной нагрузки преподавателей // Вестник УГАТУ. – 2006. – Т. 7, № 3(16). – С. 107–114.

4. Система моделей и методов рационального планирования и организации учебного процесса вузе / В.В. Гусев, Н.Я. Краснер [и др]. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 152 с.

5. Виноградов Г.П. Распределение нагрузки между преподавателями кафедры // Вестник ТГТУ. – 2002. – № 1(1). – С. 53–59.

6. Коргин Н.А. Механизмы обмена как основа распределения научной и учебной нагрузок преподавателей // Управление большими системами. – М.: Изд-во ИПУ РАН, 2006. – Вып. 12–13. – С. 90–108.

Сведения об авторах

Кузьминых Константин Павлович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУЗ-17-1м, г. Пермь, e-mail: geve95@gmail.com.

Полевщиков Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru.

А.В. Макаров, А.Б. Федоров

УЧЕБНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫЙ МИКРОРОБОТ НА ГУСЕНИЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ

В данной статье рассматривается модель поведения микророботов на гусеничной платформе.

Ключевые слова: микроробот; модель поведения.

A.V. Makarov, A.B. Fedorov

TRAINING AND ENTERTAINING MICROROBOT ON THE CATERPILLAR PLATFORM

In this article examines the behavior model of microbots on a crawler platform.

Keywords: microrobot; behavior model.

В современном мире техника получила такое развитие, что теперь каждый может позволить себе собрать миниатюрного робота. Возможности робота зависят только от фантазии разработчика. В последнее время наблюдается тенденция к интеллектуальному поведению роботов и их взаимодействию.

В данной работе рассматриваются методы интеллектуального взаимодействия двух микророботов на гусеничной платформе. В перечень задач этих роботов входят взаимодействия между собой и с объектами окружающей среды. Данные роботы служат для учебно-развлекательных целей. Роботы взаимодействуют между собой при помощи датчиков. Все вычисления и обработка информации выполняются на компьютере, если же нет управляющего сигнала с компьютера, то роботы действуют по своей заложенной в микроконтроллере программе.

Каждый микроробот на гусеничной платформе состоит:

- из микроконтроллера Arduino Nano;
- двух моторчиков, отвечающих за левую и правую гусеницу;
- драйвера двигателей;
- аккумуляторной батареи;
- модуля зарядки аккумуляторной батареи;
- акселерометра;
- датчика черной линии;
- платформы из оргстекла, на которой располагаются все компоненты.

Данные микророботы являются исполнительными механизмами системы. А сама система помимо роботов состоит:

- из стенда, по которому ездят микророботы;
- веб-камеры, которая служит в качестве обратной связи;
- препятствий, которые микророботы должны объезжать;
- базы, на которые микроробот должен приходить для подзарядки.

Для управления микророботом используется классическая схема управления: устройство управления – объект управления, представленная на рисунке.



Рис. Схема управления

В качестве объекта управления выступают исполнительные устройства микророботов АКИТА. Устройство управления представлено компьютером. Из внешней среды могут поступать возмущающие воздействия в виде отклонения положения камеры или возникновение препятствия. В системе присутствует отрицательная обратная связь для контроля. Обратная связь представлена в виде веб-камеры и акселерометра. Все управляющие сигналы сведены в таблицу.

Спецификации сигналов

Наименование сигнала	Расшифровка
Входные	
X1	Начальное положение робота 1 по координате x
X2	Начальное положение робота 1 по координате y
X3	Начальное положение робота 2 по координате x
X4	Начальное положение робота 2 по координате y
X5	Начальное положение веб-камеры по координате x
X6	Начальное положение веб-камеры по координате y
Выходные	
Y1	Конечное положение робота 1 по координате x
Y2	Конечное положение робота 1 по координате y
Y3	Конечное положение робота 2 по координате x
Y4	Конечное положение робота 2 по координате y
Внешние	
Z1	Возникновение препятствия
Z2	Отклонение положения веб-камеры по внешнему возмущению

Окончание таблицы

Наименование сигнала	Расшифровка
Команды управления	
И1	Движение вперед левого двигателя робота 1
И2	Движение вперед правого двигателя робота 1
И3	Движение назад левого двигателя робота 1
И4	Движение назад правого двигателя робота 1
И5	Движение вперед левого двигателя робота 2
И6	Движение вперед правого двигателя робота 2
И7	Движение назад левого двигателя робота 2
И8	Движение назад правого двигателя робота 2
И9	Остановка робота 1
И10	Остановка робота 2
Команды оповещения	
О1	Сигнал акселерометра с робота 1
О2	Сигнал акселерометра с робота 2
О3	Сигнал с веб-камеры

Система должна решать следующие задачи:

- выполнение роботом внутренней программы при отсутствии управляющего сигнала с компьютера;
- выполнение роботом команд по перемещению, заданных с компьютера;
- робот должен объезжать препятствия;
- роботы должны избегать столкновений между собой;
- при неустойчивом положении камеры роботы должны приостановить выполнение команды, дождаться устойчивого положения камеры и продолжить выполнение команды;
- робот должен приезжать на базу при подаче соответствующего сигнала с компьютера.

В целом данную систему можно будет использовать в учебно-развлекательных целях для моделирования различных ситуаций и наращивания функционала.

Сведения об авторах

Макаров Анатолий Викторович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭВТ-14-1б, г. Пермь, e-mail: darkerz@mail.ru.

Федоров Андрей Борисович – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь.

Г.М. Михеев, В.И. Монахов

**МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
МОНИТОРИНГА ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ СМИ
СРЕДСТВАМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ UML**

В статье показано моделирование бизнес-процессов для мониторинга печатных изданий СМИ с помощью средств UML. Подведен итог.

Ключевые слова: автоматизированная система, мониторинг, СМИ, печатные издания, бизнес-процессы, UML.

G.M. Mikheev, V.I. Monakhov

**MODELING THE BUSINESS PROCESSES
OF THE MONITORING SYSTEM OF PRINTED
MASS MEDIA WITH DESIGN UML TOOLS**

This article describes the modeling of the business-process for the monitoring system of printed mass media with UML tools. Conclusions were drawn.

Keywords: Automated system, monitoring, mass media, printed media, business-process, UML.

Настоящее время принято называть информационной эпохой, ведь на сегодняшний день информация – это одна из самых главных ценностей. И ее создание, и распространение – дело средств массовой информации.

С помощью СМИ современный человек может получить информацию с любого уголка мира в самое кратчайшее время. СМИ оказывают большое влияние на людей. Владельцам средств массовой информации очень необходим мониторинг статей, так как существует необходимость в хранении и обработке большого объема информации. Необходимы поиск нужной статьи по ключевым словам, получение тонального окраса статьи и возможность оперативного добавления и редактирование статей. Без автоматизированной системы сделать это невозможно.

Была разработана автоматизированная система мониторинга печатных изданий СМИ с возможностью поиска, добавления и редактирования нужной статьи, а также получения автоматического то-

нального окраса объекта мониторинга. Для упрощенного создания данной автоматизированной системы были разработаны схемы и диаграммы средствами UML.

Aris Express – это бесплатное программное обеспечение (ПО) для моделирования бизнес-процессов.

Основные преимущества:

- легкость и удобство в использовании;
- АРИС-экспресс распространяется бесплатно;
- возможность быстро без затрат на обучение описать основные процессы и их окружение;
- возможность экспортировать графику модели в различные форматы;
- все построенные модели могут быть интегрированы в базу данных других продуктов ARIS [1].

При мониторинге очень важно всегда работать с самой актуальной информацией. На рис. 1 показана схема бизнес-процесса обработки и добавления выпусков печатных изданий в базу данных.

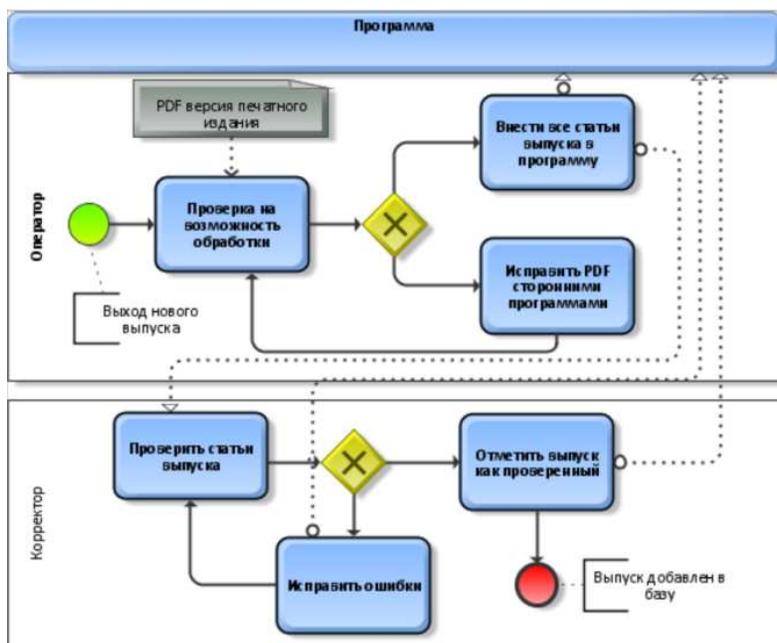


Рис. 1. Схема бизнес-процесса работы с выпусками печатных изданий

Действующими лицами являются два человека – оператор и корректор. Оператор обрабатывает свежие выпуски и добавляет их в базу данных. Корректор проверяет добавленные выпуски на наличие каких-либо ошибок. Их действия разделены на области. На схеме, над областями оператора и корректора, указана программа (автоматизированная система), также показано, когда оператор и корректор работают с программой.

На рис. 2 показана схема бизнес-процесса мониторинга печатных изданий. На схеме зеленым обозначено начало процесса, который начинается с «поступления заказа на обработку». Далее производится сам мониторинг объекта. Руководствуется данный процесс параметрами мониторинга, которые указал заказчик. Далее возможны 2 исхода процесса: если мониторинг проходит успешно, то составляется отчет, если нет, то сообщается заказчику о том, что нет упоминаний в источниках, и после этого происходит обсуждение с заказчиком других параметров мониторинга. После данных действий процесс завершается отправкой отчета заказчику. Также на схеме обозначено, в каких именно моментах процесса используется автоматизированная система (программа).

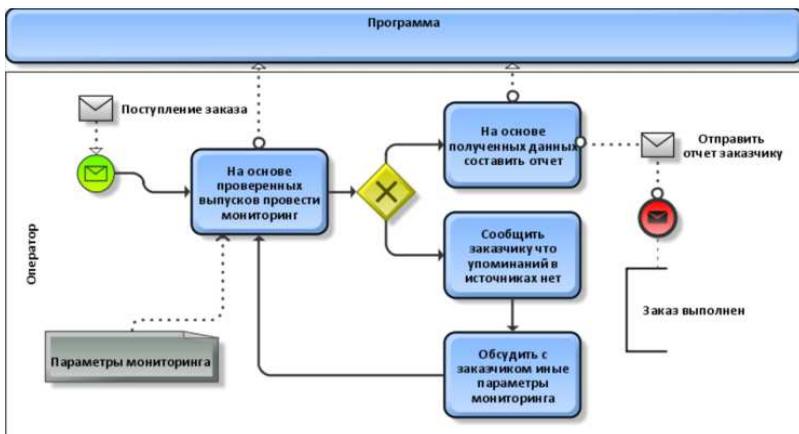


Рис. 2. Бизнес-процесс мониторинга

Унифицированный язык моделирования (Unified Modeling Language, UML) является графическим языком для визуализации, специфицирования, конструирования и документирования систем, в которых большая роль принадлежит программному обеспечению.

С помощью UML можно детально описать систему, начиная разработку с концептуальной модели с ее бизнес-функциями и процессами, а также описать особенности реализации системы, такие как классы программного обеспечения системы, схему базы данных. Используя UML, можно также разрабатывать сложные системы быстро и качественно [2].

На рис. 3 обозначена разработанная диаграмма компонентов.

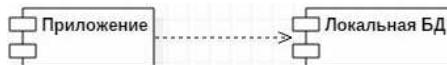


Рис. 3. Диаграмма компонентов

На рис. 4 показана диаграмма вариантов использования мониторинга печатных изданий.



Рис. 4. Диаграмма вариантов использования

На рис. 5 показана диаграмма классов.

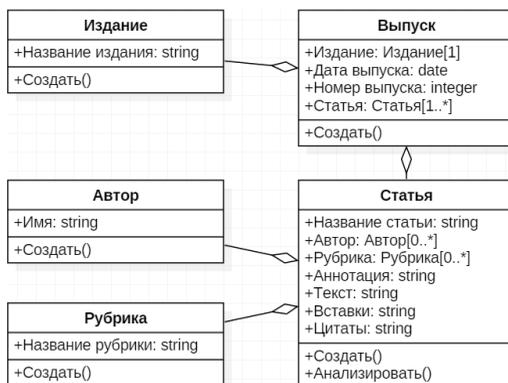


Рис. 5. Диаграмма классов

Библиографический список

1. ARIS Express. Официальный сайт разработчика. – URL: <http://www.ariscommunity.com>
2. Каюмова А.В. Визуальное моделирование систем в StarUML: учеб. пособие. – Казань, 2013. – 6 с.

Сведения об авторах

Михеев Георгий Михайлович – магистрант Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), гр. МАГ-В-216, г. Москва, e-mail: goshamiheev@gmail.com.

Монахов Владимир Иванович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления» Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, e-mail: monvi@rambler.ru.

Р.Ф. Мухаматулин, И.С. Полевщиков

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕСТИРОВАНИЯ
И ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СОЗДАНИЯ ПАРСЕРОВ
(НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ПОИСКА ТЕНДЕРОВ)**

В статье описаны особенности разработки программного обеспечения для тестирования и информационной поддержки создания парсеров в системе поиска тендеров InitPro.

Ключевые слова: тендер, парсер, тестирование программного обеспечения.

R.F. Muhamatulin, I.S. Polevshchikov

**AUTOMATION OF TESTING PROCESSES AND INFORMATION
SUPPORT FOR CREATING PARSERS
(USING THE EXAMPLE OF A TENDERING SYSTEM)**

The article describes the features of software development for testing and information support for creating parsers in the InitPro tendering search system.

Keywords: tender, parser, software testing.

Введение. Применение Интернета стало неотъемлемой составляющей человеческой деятельности во всех сферах, в частности экономической. В сети содержится огромное количество информации. Возможно создание приложений на основе сбора и обработки части этой информации с целью повышения эффективности деятельности организаций. В частности, это информация о тендерах с различных сайтов. Приложение InitPro является примером единой системы для поиска тендеров и информации по тендерам.

Тендер – конкурентная форма отбора предложений на поставку товаров, оказание услуг или выполнение работ по заранее объявленным в документации условиям, в оговоренные сроки на принципах состязательности, справедливости и эффективности [1]. Контракт заключается с победителем тендера – участником, подавшим предложение, соответствующее требованиям документации, в котором предложены наилучшие условия [1].

Для того чтобы получить необходимую информацию, создаются парсеры, автоматически собирающие однотипную информацию

и посылающие ее на сервер в базу данных. Нередко эти парсеры содержат ошибки, которые не так просто отследить. Также структура сайта иногда подвергается изменению, что приводит к некорректности работы парсеров. Именно поэтому необходимо разработать систему тестирования парсеров. Кроме того, система поможет разрабатывать новые парсеры гораздо быстрее.

Рассмотрим различные аспекты разработки программного обеспечения для тестирования и информационной поддержки создания парсеров в системе поиска тендеров InitPro.

2. Разработка вспомогательных средств частичной автоматизации процесса создания парсеров. Вспомогательные средства необходимы для оптимизации времени создания новых парсеров, лучшей читаемости кода, оптимизации кода.

Одно из вспомогательных средств – функции фильтрации данных. Не все сайты содержат одинаковую информацию о тендерах. Некоторые содержат основную и дополнительную информацию, а некоторые лишь основную. Основной информацией является та информация, без которой добавление тендера в базу данных не представляется возможным: даты начала и окончания тендера; уникальный номер (формируется из префикса площадки и каких-либо уникальных данных тендера); название тендера; информация об организаторе; стоимость; ссылка на тендер.

Дополнительной информацией может быть информация о заказчиках, информация о доставке, документы, контактная информация и прочее. Дополнительная информация парсится в случае наличия и доступа к этим данным.

Вся информация, представленная на сайте, может быть разных форматов. Разберем на примере дат и времени. Различные сайты могут предоставлять информацию о датах и времени в различных форматах, например:

- 21.07.18;
- 21.07.2018 15:30;
- 21 июля 2018 15 часов 30 мин;
- 21 июл 18 г;
- 21-07-18 15-30;
- 18-07-21.

В базе данные должны храниться в едином формате, поэтому создадим функцию фильтрации различных типов дат к одному.

В нашем случае все даты будут приводиться к формату 'dd-mm-yyuu hh:mm' или 21-07-2018 15:30.

В то же время необходимы такие функции, которые не будут напрямую привязаны к одному типу данных, например, функция для очистки любой строки от некорректной информации (тэги, html-символы) либо же их замены (например, замена всех кавычек на один тип).

Еще одним вспомогательным средством являются функции парсинга типичных таблиц, списков.

Источников, с которыми работает система поиска тендеров, много. Некоторые из них имеют сходства по структуре хранения данных на странице. В основном это свойственно источникам, на которых не так много тендеров. Данные представлены в виде списков и таблиц.

Разберем таблицы. В html-коде таблицы представлены тэгом <table>, строки в таблицах тэгом <tr> и ячейки тэгом <td> [2]. Следовательно, разработаем универсальную функцию для простых типов таблиц с данными о тендерах. На входе функция будет принимать такие значения, как: путь к таблице, который представлен в виде DOM-дерева [3], код страницы, заголовки нужных столбиков и необходимые функции фильтрации данных к каждой ячейке.

Со списком аналогичная ситуация: функция принимает на входе путь к списку, представленный в виде DOM-дерева [3], код страницы, заголовки элементов в списке и функции фильтрации данных, необходимых к каждому элементу списка [2].

3. Разработка программного обеспечения для хранения сессий и данных о работе парсера. Данные, которые нам необходимо хранить на сервере, – это ожидаемые результаты работы парсера и сессия [4]. Эти данные целесообразно хранить в разных файлах на сервере в отдельной папке, в которой для каждой площадки будет своя папка с тестами, а также разделить файл с сессией от файла с ожидаемыми результатами. Имена файлов будут содержать уникальный номер тендера во избежание ошибок, связанных с одинаковыми именами файла. Форматом файла может быть либо data (выходные данные), либо session (входные данные).

Разберем на примере одной из площадок – сайт «Русской Рыбопромышленной Компании» [5]. Допустим, нам необходимо протестировать один из тендеров на этой площадке, имеющий следующий url: <http://www.russianfishery.ru/tenders/item.php?page=299>.

Уникальное название теста будет следующим:
catching(Префикс площадки)+299(уникальный номер страницы тендера).

А документы будут иметь следующие названия:

- catching299.data,
- catching299.session.

Общий файловый путь к этим документам будет следующим:
tests/catching/

4. Разработка модуля тестирования парсеров. Принцип работы модуля можно разбить на следующие шаги:

- Внесение ссылки на желаемые тестируемые тендеры в метод `test_hrefs()`, который возвращает массив, состоящий из строк-ссылок.

- Запуск парсера с модификатором `test`.

- Парсер запускается сразу же с метода `parse_hrefs()`, который получает на входе массив ссылок, запускает парсинг каждой ссылки и добавляет тендер в базу данных. При модификаторе `test` массив ссылок будет формироваться не из списка тендеров на основной странице, а из массива, указанного в методе `test_hrefs()`.

- Для каждого тендера из списка создается файл сессии, который содержит все данные, полученные с сайта (в основном это html-страницы, преобразованные в формат библиотеки `QueryPath`).

- При следующем запуске теста, у которого уже создана сессия, парсер не будет выполнять запросы к сайту, а просто возьмет все необходимые выходные данные из сессии.

- Парсер выполнит свою работу и сформирует массив.

- При вызове функции, которая добавляет тендер, тендер не будет добавлен в базу данных. Вместо этого вернется массив с информацией о тендере и при объявленной переменной `DEBUG` парсер предложит сохранить изменения выходных данных (с пустого массива на массив со значениями).

- При следующем запуске теста, у которого есть и сессия, и данные, будут сравниваться массив, полученный в ходе работы парсера, и массив с данными, хранящийся в файле `.data`.

- При соответствии двух массивов будет выведено сообщение об успешном тестировании.

- При несоответствии двух массивов будут выведены различия между двумя массивами. При объявленной переменной `DEBUG` парсер предложит обновить тест или игнорировать различия. После об-

новления перезапись произойдет не только в файле с данными, но и в файле с сессией.

- В случае, когда нам нужно выполнить только один тест (например, когда нужно проверить изменения после внесения правок в код), есть возможность протестировать только первую ссылку из метода `test_hrefs()`, если будет объявлена переменная `TEST_FIRST`.

Во втором пункте упомянут модификатор `test`. Всего парсер может принимать четыре типа модификатора. В зависимости от модификатора парсер может выполнять разные функции.

При модификаторе `test` парсер выполнит тестирование ссылок из функции `test_hrefs()` с выводом массива на экран при объявленной переменной `DEBUG`.

При модификаторе `display` парсер выполнит обход тендеров и их парсинг с выводом массивов на экран.

При модификаторе `check` парсер выполнит обход тендеров и их парсинг с выводом массивов на экран, а также проверит данные на наличие основной информации. В случае успешной проверки тендер будет добавлен в основную базу данных и в систему `InitPro`. В обратном случае тендер будет добавлен во временную базу данных.

При модификаторе `modify`, парсер выполнит обход тендеров и их парсинг с выводом массивов на экран, а также сравнит данные из базы данных с текущим массивом. В случае нахождения различий они будут выведены на экран, а также поменяются необходимые данные в базе данных.

Заключение. Результатами внедрения предлагаемой разработки станут более надежные парсеры, в которых легко находить ошибки, а также автоматизированная проверка работоспособности парсеров для дальнейшей правки. Еще одним плюсом от внедрения будет то, что новый парсер станет легче разрабатывать за счет сохранения сессии любого тендера и визуальных различий текущей работы парсера и текущего теста.

Библиографический список

1. Все о тендерах. – URL: gitbook.com/book/tendering/book/details (дата обращения: 07.05.2018).
2. Петюшкин А.В. HTML. Экспресс-курс. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 256 с.

3. API Documentation. – URL: querypath.org/ (дата обращения: 07.05.2018).

4. Ward Jacob. Instat PHP Web Scraping. – Packt Publishing, 2013. – 60 p.

5. Русская Рыбопромышленная Компания. – URL: russianfishery.ru (дата обращения: 07.05.2018).

Сведения об авторах

Мухаматулин Раис Фарисович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-14-1б, г. Пермь, e-mail: raisperm@mail.ru.

Полевщиков Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru.

Р.А. Нагаев, И.С. Полевщиков

АНАЛИЗ ДАННЫХ О ПРОЦЕССЕ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОГРАММ ДИСЦИПЛИН НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОЙ МОДЕЛИ

В статье рассмотрены особенности применения многомерной модели для анализа данных о процессе согласования рабочих программ дисциплин в ПНИПУ с применением автоматизированной системы.

Ключевые слова: рабочая программа дисциплины, многомерная модель, автоматизированная система.

R.A. Nagaev, I.S. Polevshchikov

ANALYSIS OF DATA ON THE PROCESS OF APPROVING WORK PROGRAMS OF DISCIPLINES ON THE BASIS OF A MULTIDIMENSIONAL MODEL

In the article features of application of the multidimensional model for the analysis of data on process of the coordination of work programs of disciplines in PNRPU with use of the automated system are considered.

Keywords: work program of discipline, multidimensional model, automated system.

С учетом динамично изменяющихся образовательных стандартов, обстановки на рынке труда, технологий производства обновление учебных планов и рабочих программ дисциплин (РПД) является необходимой задачей для современного вуза [1–3].

РПД в ПНИПУ на данный момент разрабатываются с помощью офисных пакетов (главным образом Microsoft Office). Процесс согласования РПД достаточно трудоемок, обладает существенными недостатками, связанными с использованием бумажных версий РПД и многочисленностью этапов согласования:

- 1) большие затраты времени на процесс согласования;
- 2) отсутствует возможность оперативно и в наглядном виде получить актуальную информацию о состоянии процесса согласования по каждой РПД;
- 3) затруднительно формировать аналитические отчеты о процессе согласования РПД по каждому направлению и профилю подготовки.

Для устранения описанных выше проблем разработан прототип подсистемы согласования РПД в рамках системы «АРМ РПД» [1–3],

позволяющей в значительной степени упростить процессы формирования и согласования РПД.

Система автоматизации процесса согласования РПД, описанная в работах [1–3], хранит информацию о процессе согласования в виде сложной структуры данных в сильно нормализованной базе данных. Для выполнения мониторинга данных о процессе согласования РПД пользователю требуется инструмент, позволяющий с помощью небольшой последовательности действий провести агрегацию и отображение большого объема данных в читаемом человеком виде. В качестве инструмента, решающего данную задачу, выбрана многомерная модель данных.

При анализе больших объемов данных пользователь делает некоторые предположения для того, чтобы их проверить. Проверка гипотезы осуществляется на основании данных, которые имеются в системе, в таком случае пользователю может потребоваться проследить зависимость одного показателя от другого, при этом количество показателей может быть достаточно большим [4].

Данные по показателю объединяются в измерение. Измерение – это последовательность значений анализируемого параметра, например, даты, справочники перечисленных значений, пользователи системы и т.д. Количество измерений и определяет представление данных в виде многомерной модели.

В измерениях многомерной модели находятся параметры анализируемой предметной области. Измерение может представлять из себя иерархию, например, университет, факультет, кафедра. Более того, для одного показателя может быть несколько видов иерархии. На пересечении осей показателей находятся данные, представляющие количественные факты, например, количество созданных РПД. При многомерном анализе, данные представляются в виде многомерного гиперкуба (рис. 1).

Над гиперкубом можно выполнять следующий набор операций:

1) разрез – формирование подмножества многомерного массива данных, соответствующего единственному значению одного или нескольких показателей, в полученный подкуб входят все остальные показатели;

2) вращение – изменение расположения измерений гиперкуба, например, можно поменять местами строки и столбцы таблицы;

3) консолидация и детализация – операции перехода от детализированных данных к агрегированным и назад, например, при перемещении по иерархии комплексных показателей.

В рамках работы над системой согласования РПД было выделено два основных раздела для многомерного представления:

- 1) по РПД;
- 2) по этапам согласования.

Разделы были выбраны таким образом, поскольку атрибуты, связанные с РПД, могут отсутствовать на уровне этапов согласования и наоборот (например, окончание согласования РПД или ФИО ответственного для РПД).

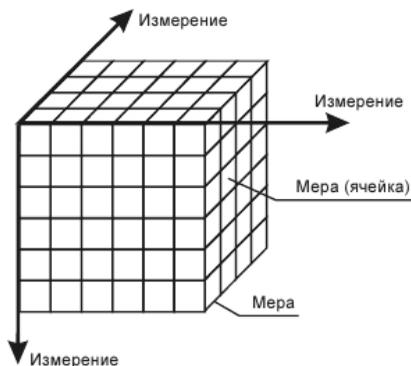


Рис. 1. Представление многомерной структуры данных в виде гиперкуба

Многомерное представление по РПД содержит следующие атрибуты:

- 1) алгоритм согласования (версия алгоритма согласования, по которой выполняется согласование РПД);
- 2) версия РПД (идентификатор версии РПД, для одной дисциплины может существовать несколько версий РПД);
- 3) дисциплина;
- 4) профиль подготовки;
- 5) направление подготовки;
- 6) начало согласования (дата начала разработки РПД);
- 7) окончание согласования (дата прохождения последнего этапа согласования, отсутствует для неутвержденных РПД);
- 8) ответственный (ФИО сотрудника, ответственного за согласование РПД);
- 9) состояние РПД (данные о том, была ли РПД утверждена).

В свою очередь, многомерное представление по этапам согласования содержит набор атрибутов, присущих данным об этапах согласования:

- 1) версия РПД;
- 2) дисциплина;

- 3) направление подготовки;
- 4) профиль подготовки;
- 5) этап согласования (наименование этапа согласования в алгоритме согласования РПД);
- 6) начало этапа (дата поступления РПД на этап согласования);
- 7) окончание этапа (дата успешного прохождения этапа согласования, пустое значение для случая, когда этап не окончен);
- 8) порядковый номер этапа;
- 9) состояние (наименование состояния, в котором находится РПД на данном этапе согласования);
- 10) утверждающий (ФИО сотрудника, который осуществляет проверку РПД на данном этапе согласования).

Рассмотрим варианты использования этого инструмента при анализе данных о процессе согласования РПД. Одним из вариантов использования многомерного представления является просмотр количества утвержденных и неутвержденных РПД. Скриншот данного варианта использования представлен на рис. 2.

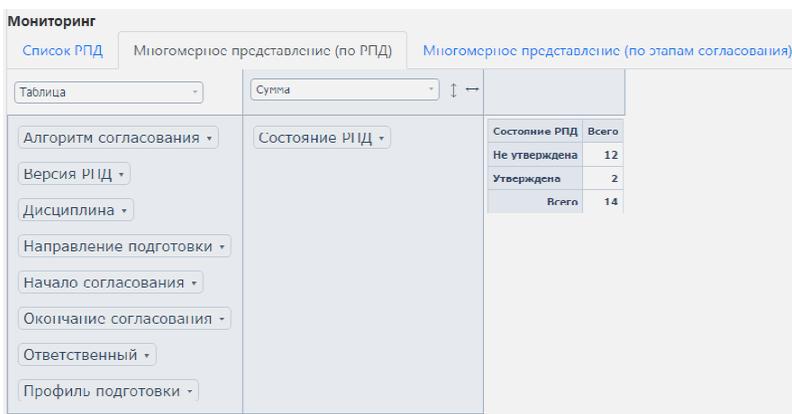


Рис. 2. Вариант использования многомерного представления для мониторинга распределения РПД по преподавателям

Для данного варианта использования требуется по горизонтали выбрать атрибут «Состояние РПД». Данный вариант использования позволит отобразить количество согласованных и несогласованных РПД для определения текущего выполнения плана. Пользователь может просмотреть количество РПД, которые находятся на разработке у того или иного пользователя (рис. 3).

Мониторинг

Список РПД Многомерное представление (по РПД) Многомерное представление (по этапам согласования)

Таблица Сумма Утверждающий

Версия РПД
Дисциплина
Направление подготовки
Начало этапа
Окончание этапа
Порядковый номер этапа
Профиль подготовки
Состояние

Этап согласования

	Утверждающий	Адринов Арина Александровна	Рудик Олег Игоревич	Полевщиков Иван Сергеевич	Файзрахманов Рустам Абубаирович	Хабибуллин Айдар Фадильевич	Всего
Этап согласования		4	2	0	0	3	21
Разработка РПД		4	2	0	0	3	21
	Всего	4	2	0	0	3	21

Рис. 3. Количество РПД, которые находятся на разработке

В скриншоте на рис. 3 расчеты выполнены на основе тестовых данных. Для получения данного отчета требуется:

- 1) по горизонтали выбрать атрибут «Утверждающий»;
- 2) по вертикали выбрать атрибут «Этап согласования»;
- 3) установить фильтрацию в атрибуте «Этап согласования» по значению «Разработка РПД».

Данный вариант использования позволит увидеть вовлеченность преподавателей в разработку РПД.

По результатам проделанной работы был описан процесс использования многомерной модели для мониторинга данных о процессе согласования РПД. Инструмент позволит упростить процедуру мониторинга процесса согласования РПД и даст пользователю возможность самостоятельно определять атрибуты для анализа.

Библиографический список

1. Нагаев Р.А., Полевщиков И.С. Автоматизированная система создания и согласования рабочих программ дисциплин // Молодежная наука в развитии регионов: материалы всерос. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 26 апреля 2017). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Т. 1. – С. 133–136.

2. Нагаев Р.А., Полевщиков И.С. Разработка автоматизированной системы создания и согласования рабочих программ дисциплин // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы всерос. науч.-техн. конф. (г. Пермь, 23 мая 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Т. 1. – С. 91–97.

3. Нагаев Р.А. Автоматизация процессов согласования и мониторинга рабочих программ дисциплин // Решение: материалы Шестой Всерос. науч.-практ. конф. (г. Березники, 20 октября 2017). – Пермь, 2017. – С. 121–123.

4. Холод И.И. Анализ данных и процессов – 3-е изд. – СПб.: БХВ- Петербург, 2009. – 512 с.

Сведения об авторах

Нагаев Роман Александрович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-16-1м, г. Пермь, e-mail: roman_nagaev_1993@mail.ru.

Полевщиков Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru.

И.С. Полевщиков, Р.А. Файзрахманов

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ
ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
СЕНСОМОТОРНЫМ НАВЫКАМ**

В статье рассмотрена структура компьютерного тренажерного комплекса (КТК), используемого для обучения операторов технологических установок профессиональным сенсомоторным навыкам. Описана модель системы автоматизированного управления формированием сенсомоторных навыков у операторов посредством выполнения упражнений с использованием КТК. Применение модели позволяет повысить эффективность формирования сенсомоторных навыков у операторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-38-00835.

Ключевые слова: компьютерный тренажерный комплекс, сенсомоторные навыки, автоматизированная обучающая система.

I.S. Polevshchikov, R.A. Fayzrakhmanov

**THE USE OF COMPUTER SIMULATORS FOR THE CONTROL
OF THE PROCESS OF TRAINING OF OPERATORS
OF TECHNOLOGICAL INSTALLATIONS
FOR SENSORIMOTOR SKILLS**

In the article the structure of the training simulation complexes (TSCs) used for training operators of technological installations for professional sensorimotor skills is considered. A model of the automated control system for the formation of sensorimotor skills among operators by performing exercises using TSC is described. The application of the model makes it possible to increase the effectiveness of the formation of sensorimotor skills among operators.

The reported study was funded by RFBR according to the research project № 18-38-00835.

Keywords: training simulation complex, sensorimotor skills, computer-aided training systems.

Качество и безопасность функционирования технологических установок во многом зависят от уровня сформированности у операторов профессиональных сенсомоторных навыков [1–3].

Для повышения эффективности обучения таким навыкам широкое применение получили компьютерные тренажеры. На рынке

представлены различные организации-разработчики тренажеров. Опубликовано большое количество трудов по ряду направлений в области автоматизации обучения операторов сенсомоторным навыкам [1–5].

Однако специфика данного вида навыков не учтена в компонентах тренажеров, отвечающих за контроль формирования навыков и генерацию управлений. Как правило, тренажеры и другие средства обучения проверяют только знания операторов и выполнение отдельных действий, но не навыки.

Таким образом, развитие моделей, методов и алгоритмов в области автоматизации управления формированием сенсомоторных навыков у операторов является актуальной задачей.

На рис. 1 представлена структура компьютерного тренажерного комплекса (КТК), позволяющая устранить указанные выше недостатки.

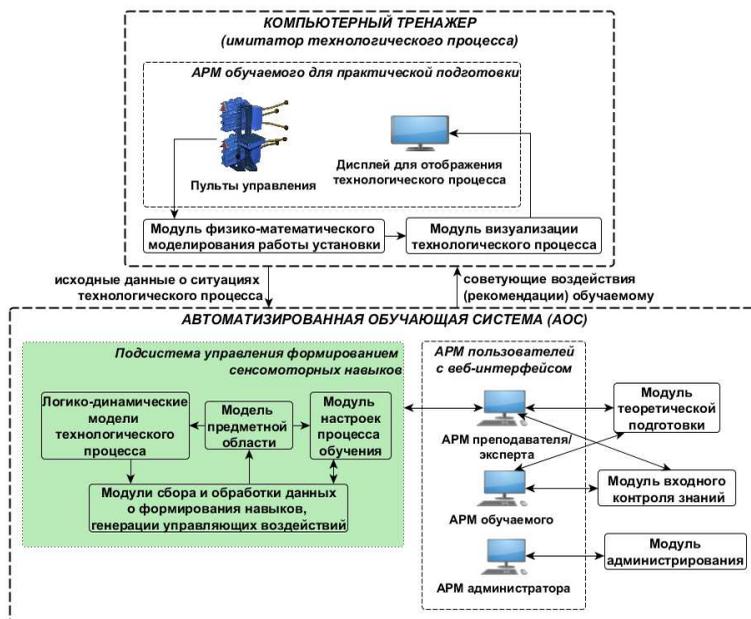


Рис. 1. Структура тренажерного комплекса

КТК состоит из двух подсистем – имитатора и автоматизированной обучающей системы (АОС). Имитатор осуществляет моделирование технологического процесса. Автоматизированная обучающая

система отвечает за формирование знаний и навыков. Отличие структуры заключается в наличии программных модулей, обеспечивающих сбор и обработку данных о формировании сенсомоторных навыков у операторов.

Разработана математическая модель [1–3] системы автоматизированного управления формированием сенсомоторных навыков у операторов посредством выполнения упражнений с использованием КТК. Каждое упражнение предназначено для формирования отдельного сенсомоторного навыка. Решается задача оптимизации: за минимальное время обучения выполнение технологической операции должно быть закреплено до автоматизма на заданном уровне качества. Решением задачи являются управляющие воздействия двух видов – принятие решений по завершении выполнений упражнения и советующие воздействия обучаемому в ходе выполнения.

Совокупность зависимостей между параметрами математической модели представлена схематично на рис. 2.



Рис. 2. Схема системы автоматизированного управления

Модель состоит из блоков, отвечающих за различные составляющие процесса управления и учитывающих специфику сенсомоторных навыков. Модель обеспечивает сбор первичных данных о моторных действиях обучаемого, обработку этих данных и генерацию советующих воздействий будущему оператору. На основе теории множеств и математической логики выполнено описание процесса функционирования каждого из блоков [1].

Модель предусматривает сбор и накопление первичной информации о совершаемых обучаемыми моторных действиях, характере этих действий и их результатах. На основе этой информации вычисляются показатели качества выполнения технологической операции с целью дальнейшей оценки уровня сформированности сенсомоторных навыков. Терминальные показатели вычисляются однократно по завершении упражнения или его части. Динамические показатели вычисляются многократно в ходе упражнения в требуемые моменты времени.

Формирование навыка осуществляется поэтапно, причем каждый из этапов отличается оцениваемым набором показателей качества. Оценка уровня сформированности навыка осуществляется в две фазы.

На первой фазе производится расчет качества выполнения технологической операции. С найденными значениями показателей качества сопоставляются коэффициенты овладения. Это безразмерные величины, оценивающие выполнение и результаты действий обучаемых. Интегральный показатель качества выполнения технологической операции вычисляется в завершении упражнения. На основе сравнения достигнутых и пороговых значений коэффициентов овладения определяется успешность выполнения упражнения.

На второй фазе учитывается, что навык – это действие, выполнение которого на требуемом уровне качества закреплено до автоматизма. Успешность завершения этапа формирования навыка определяется тем, сколько раз подряд обучаемый выполнил упражнение на требуемом уровне качества.

По завершении упражнения системой осуществляется принятие решений с учетом текущего уровня сформированности сенсомоторных навыков. В частности, при переходе к очередному этапу формирования навыка определяется подмножество оцениваемых показателей на основе их приоритетов. Возможно принятие решения о необходимости советующих воздействий обучаемому. Подмножество таких воздействий определяется с учетом соотношения реальной и расчетной траекторий изменения интегрального показателя качества при многократном повторении упражнения.

Принятие решений по завершении упражнения способствует повышению мотивации обучаемого и сокращению времени для формирования навыков самоконтроля качества работы.

При выполнении упражнения обучаемому целенаправленно подаются рекомендации в зависимости от уровня сформированности у него сенсомоторного навыка. Рекомендации – это советующие воздействия, предназначенные для того, чтобы будущий оператор научился правильно выполнять моторные действия. Рекомендации являются зрительными, звуковыми или тактильными сигналами-указаниями о моментах выполнения действий обучаемым. Пример зрительного сигнала – пиктограмма на экране о переводе рычага в некоторое состояние в определенный момент времени.

Полученные научные результаты доведены до практического внедрения. Создан КТК для обучения операторов портального крана [1, 2]. Проведенный эксперимент на 2 группах обучаемых показал преимущество подготовки операторов с применением новой модели системы управления. Уменьшилось время выполнения технологических операций, повысилась точность действий операторов [1]. Научные результаты используются при профессиональной подготовке будущих разработчиков АОС при обучении бакалавров и магистров.

Перспективами развития исследований в рамках данной проблемы являются:

- совершенствование методики построения расчетной траектории формирования навыка на основе моделей итеративного научения;
- совершенствование методики оценки качества выполнения технологических операций на основе нечетких измерений;
- разработка методики автоматизации построения образовательного маршрута (при практической подготовке операторов) в зависимости от задач обучения, начальной квалификации обучаемого и т.д.

Библиографический список

1. Fayzrakhmanov R., Polevshchikov I., Polyakov A. Computer-aided Control of Sensorimotor Skills Development in Operators of Manufacturing Installations // Proc. of the 6th International Conference on Applied Innovations in IT (ICAИТ), Koethen (Germany), 13 March 2018. – Vol. 6. – P. 59–65.

2. ANYCRANE: Towards a better Port Crane Simulator for Training Operators / R.A. Fayzrakhmanov, I.S. Polevshchikov, A.F. Khabibulin, F.I. Shklyayev, R.R. Fayzrakhmanov // Proc. of the 15th International Industrial Simulation Conference (ISC'2017); Warsaw (Poland), 31 May – 1 June 2017. – P. 85–87.

3. Полевщиков И.С., Файзрахманов Р.А. Компьютерный тренажерный комплекс как средство автоматизированного управления формированием сенсомоторных навыков операторов технологических процессов // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы всерос. науч.-техн. конф. (г. Пермь, 23 мая 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Т. 1. – С. 187–190.

4. Дозорцев В.М. Мировой рынок компьютерных тренажеров для обучения операторов: тенденции, вызовы, прогнозы // Автоматизация в промышленности. – 2016. – № 2. – С. 47–50.

5. Катышова Н.В., Шиков А.Н. Особенности разработки и применения виртуального тренажера морского навигационного прибора «Магнитный компас» // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2013. – № 6. – С. 122–134.

Сведения об авторах

Полевщиков Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru.

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com.

Н.В. Соловьева, Е.В. Долгова

СЕМАНТИЧЕСКИЕ СЕТИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ОБЪЕКТОВ С ЦЕЛЬЮ ПРИНЯТИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

В данной статье описывается использование семантических сетей как способ представления знаний, выявленных при изучении предметной области. Также описывается их использование при проектировании виртуального робота.

Ключевые слова: семантическая сеть, виртуальный робот, виртуальный объект, виртуальная система.

N.V. Soloveva, E.V. Dolgova

SEMANTIC NETWORKS FOR DESCRIPTION OF THE INTERRELATION OF OBJECTS FOR THE PURPOSE OF THE EFFECTIVE RESOLUTIONS OF THE ROBOTIZED SYSTEM

This article describes the use of semantic networks, as a way of representing knowledge, revealed in the study of the subject domain. They also describe their use in the design of a virtual robot.

Keywords: semantic network, virtual robot, virtual object, virtual system.

Виртуальная реальность – созданный техническими средствами мир (объекты и субъекты), передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, обоняние, осязание и другие. Виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие. Для создания убедительного комплекса ощущений реальности компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности производится в реальном времени [1].

Поведение объектов виртуальной реальности близко к поведению аналогичных объектов материальной реальности. Пользователю доступна возможность взаимодействовать с этими виртуальными объектами, поведение которых зависит от физических законов. Но, кроме того, в мирах виртуальной реальности могут быть доступны возможности, которые невозможны в реальной жизни.

Сегодня существует большой выбор средств для разработки программ виртуальной реальности, но наиболее подходящим инструментом

для создания виртуального робота является игровой движок. Игровой движок – базовое программное обеспечение компьютерной или видео-игры [2]. Игровой движок позволяет не только создать анимированного персонажа, обладающего искусственным интеллектом, но и создать для него виртуальную действительность, в которой он сможет взаимодействовать с окружающим его миром.

Планируется реализация виртуальной роботизированной системы, взаимосвязанной с человеком посредством некоторого интерфейса. Для определения поведения роботизированной системы в определенных ситуациях требуется адекватное описание виртуальной роботизированной системы, ее статики и динамики. В данной работе рассматривается подход к формализации взаимодействия виртуальной роботизированной системы с окружающими ее объектами.

Виртуальную роботизированную систему обозначим V (далее – робот), имеется множество объектов $U\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, множество действий, совершаемых роботом над объектами $D\{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, и множество отношений, описывающих возможные взаимодействия виртуальных объектов между собой

При исследовании любой предметной области необходимы наблюдения для изучения и определения отношений и взаимосвязи свойств объектов. Следует учитывать, что любая предметная область состоит из объектов, различающихся по свойствам, которые определенным образом находятся в некоторых отношениях и взаимосвязаны между собой [3].

Наиболее наглядным представлением знаний, выявленных при изучении предметной области, являются семантические сети. Семантическая сеть – это ориентированный граф, вершины которого – понятия, а ребра – бинарные отношения между ними [4].

Так и при проектировании виртуального робота прежде всего необходимо определиться, какие действия и с какими объектами будут доступны для взаимодействия. Виртуальный робот (ВР) – это имитатор реального робота, воссоздаваемый в виртуальной среде, представленный в виде пространственной модели [5].

При построении семантической сети в роли объектов могут выступать свойства, понятия, события, операции или процессы [6]. Объекты в семантической сети являются вершинами, а ребра – отношения между объектами.

Исходя из того, что виртуальный робот – это имитатор реального робота, то и объекты, с которыми он должен взаимодействовать,

должны быть проекцией реального мира. Таким образом, в качестве объектов для взаимодействия могут быть взяты любые предметы, в зависимости от целевого назначения создаваемого робота. Например, при имитации повседневной жизни и для обычного общения такими предметами могут быть: кровать, стул, стол, книга, дверь, телефон. Далее для построения семантической сети взаимодействия виртуального робота с объектами необходимо определиться, какие действия с каждым из определенных объектов доступны. Например, книгу можно взять, положить, читать, листать.

Описав подобным образом доступные действия ВР с каждым из определенных объектов, можно построить семантическую сеть взаимодействия ВР с объектами (рис. 1).

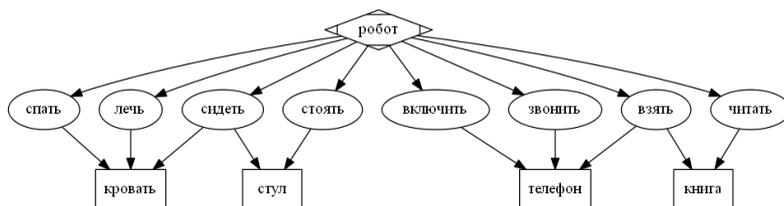


Рис. 1. Семантическая сеть взаимодействия ВР с объектами

Для наиболее полного построения семантической сети далее необходимо определить, каким образом объекты могут взаимодействовать между собой. Например, книгу можно положить как на стол, так и на кровать или стул. Определив подобным образом взаимодействия каждого объекта с другими и дополнив уже имеющуюся сеть новыми данными, получится более полное представление взаимодействия ВР и взаимодействия объектов между собой (рис. 2).

Таким образом, опираясь на данные семантической сети, представленной на рис. 2, можно определить, какие действия с какими предметами может выполнять ВР. Например, книгу можно взять, исходя из того, что книгу можно положить, и книга может лежать на столе, следовательно, книгу можно положить на стол.

Построенная семантическая сеть в дальнейшем поможет реализовать функционал действий виртуального робота в рамках его взаимодействия с окружающими объектами, например, на рис. 3 представлен пример реализации взаимодействия ВР с Blueprint объектом.

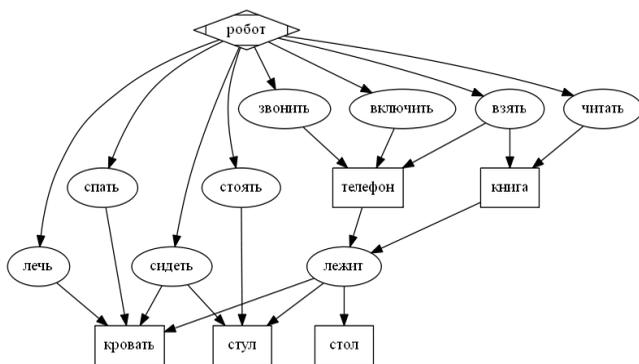


Рис. 2. Семантическая сеть взаимодействия объектов и ВР

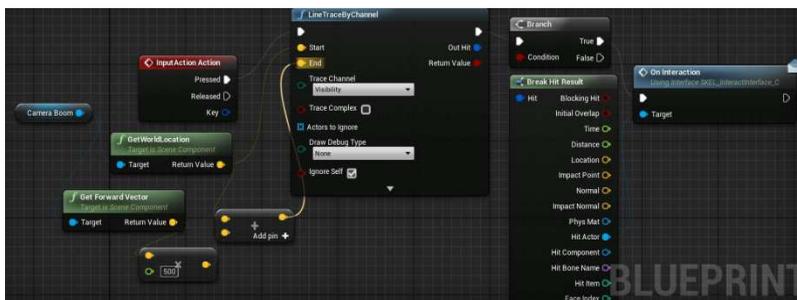


Рис. 3. Пример реализации взаимодействия ВР с виртуальными объектами на Blueprint

В данном случае была реализована возможность ВР включать и выключать лампу по нажатию кнопки. На рис. 4 показано описание лампы на Blueprint, рис. 5 иллюстрирует кнопку, описанную через Blueprint.

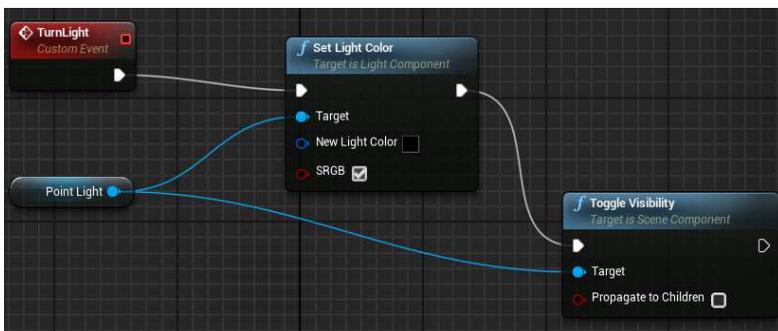


Рис. 4. Blueprint, описывающий лампу



Рис. 5. Blueprint, описывающий кнопку для включения лампы

Библиографический список

1. Академик [Электронный ресурс]. – URL: <https://dic.academic.ru/> (дата обращения: 03.11.2017).
2. English Oxford living Dictionaris [Электронный ресурс]. – URL: https://en.oxforddictionaries.com/definition/game_engine (дата обращения: 03.11.2017).
3. Долгов Ю. Предметная область исследования [Электронный ресурс]. – URL: <http://fb.ru/article/43856/predmetnaya-oblast-issledovaniya> (дата обращения: 10.01.2018).
4. Усталов Д. Модели, методы и алгоритмы построения семантической сети слов для разработки естественного языка. – Челябинск, 2017.
5. Тотухов К. Интеллектуальная система компьютерной симуляции промышленных роботов сферической компоновки: дис. – Краснодар, 2015.
6. Талипова И. Семантическая сеть: определение, классификация и применение [Электронный ресурс]. – URL: <http://fb.ru/article/63568/semanticheskaya-set-opredelenie-klassifikatsiya-i-primenenie> (дата обращения: 10.01.2018).

Сведения об авторах

Соловьева Наталья Вячеславовна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-17-1м, г. Пермь, e-mail: Soloveva92@yandex.ru.

Долгова Елена Владимировна – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: elena@dolgova.info.

М.В. Стругов, И.С. Полевщиков

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА РАБОТ ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ ВУЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Рассмотрена методика оценки выполнения индивидуального плана работ преподавателем вуза, реализованная в рамках автоматизированной системы планирования и мониторинга деятельности преподавателя.

Ключевые слова: автоматизированная система, планирование деятельности преподавателя, мониторинг деятельности преподавателя.

M.V. Strugov, I.S. Polevshchikov

METHOD FOR ASSESSING THE PERFORMANCE OF AN INDIVIDUAL WORK PLAN BY A UNIVERSITY TEACHER USING AUTOMATION TOOLS

The method for assessing the performance of an individual work plan by a university teacher is considered. The method is implemented within the framework of an automated system for planning and monitoring the activities of the teacher.

Keywords: automated system, teacher activity planning, teacher activity monitoring.

Ежегодно преподаватели вузов обязаны формировать и согласовывать индивидуальный план работы по различным видам деятельности (учебная работа, учебно-методическая работа, научно-исследовательская работа, организация НИРС и т.д.) на учебный год [1].

Заполнение индивидуального плана вручную (в бумажном виде или текстовом редакторе) занимает много времени и является источником допущения ошибок, поскольку необходимо планировать конкретные работы и распределять часы на их выполнение в соответствии с нормативами часов (по сумме работ; по виду работ; по конкретным работам). Возникают сложности при согласовании плана, заполненного таким образом (в частности, при проверке заведующим кафедрой соответствия часов нормативам), а также при контроле выполнения запланированных работ.

Существующие автоматизированные системы [1], несмотря на большие функциональные возможности, не позволяют выполнять все

составляющие процесса управления деятельностью преподавателя вуза, с учетом всех видов деятельности преподавателя. В основном такие системы производят только сбор и обработку данных об учебной работе преподавателей.

Поскольку процессы формирования, согласования, контроля выполнения индивидуального плана в ПНИПУ достаточно трудоемки и отсутствуют средства автоматизации, полностью устраняющие все недостатки, принято решение разработать автоматизированную систему планирования и мониторинга деятельности преподавателя вуза.

В работах [1, 2] описан прототип создаваемой системы. Результатами внедрения предлагаемой разработки станут более простые и прозрачные процессы формирования, согласования и контроля выполнения индивидуального плана, что позволит уменьшить временные затраты на осуществление операций, число ошибок, вызванных «человеческим фактором».

Принято решение разработать программные модули, применение которых позволит упростить для заведующего кафедрой процесс оценки выполнения запланированных преподавателем работ. Предложена методика оценки выполнения работ, запланированных на учебный год:

1) по каждой конкретной j -й работе в рамках каждого i -й вида работы определяется степень выполнения K_{ji} – величины в шкале отношений, лежащей на отрезке $[0;1]$. Заведующий кафедрой для удобства будет вводить эти значения в экранных формах в виде процентов;

2) системой автоматически вычисляется агрегированная оценка по виду работ:

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^{N_{i\text{раб}}} (W_{\text{пр.}ji} \cdot K_{ji})}{\sum_{j=1}^{N_{i\text{раб}}} W_{\text{пр.}ji}},$$

где $N_{i\text{раб}}$ – число конкретных запланированных работ в рамках i -го вида работ, $W_{\text{пр.}ji}$ – приоритет j -й работы. Для учебно-методической работы может сначала вычисляться агрегированная оценка для каждого из трех подвидов (разработка методического обеспечения учебного процесса, подготовка к изданию учебно-методических разработок, совершенствование учебно-материальной базы), а затем агрегированная оценка по всей учебно-методической работе.

Если представить агрегированные оценки, выставленные преподавателю по результатам выполнения каждого вида работ в форме множества $M_{\text{раб}} = \{K_i \mid i = \overline{1, N_{\text{раб}}}\}$, то комплексная оценка деятельности преподавателя на основе полученных приоритетов видов работ будет вычислена автоматически по формуле

$$K = \sum_{i=1}^{N_{\text{раб}}} (W_{\text{пр.}i} \cdot K_i) / \sum_{i=1}^{N_{\text{раб}}} W_{\text{пр.}i}.$$

Предлагается методика вычисления приоритетов видов работ, основанная на применении метода анализа иерархий (МАИ) [3, 4]. Приоритеты могут быть рассчитаны как для каждого отдельного преподавателя, так и для некоторой группы преподавателей (например, в зависимости от должности). Аналогично могут быть вычислены приоритеты конкретных типовых работ в рамках вида работ. Методику можно описать в виде последовательности этапов:

1) в настройках строится иерархия для сравнения видов работ по ряду критериев, в общем случае представляющая неполную доминантную иерархию в форме графа $G_{\text{пр}}$:

$$G_{\text{пр}} = \{ \langle x_0, x_d^{\text{кр}} \rangle \mid d = \overline{1, N_{\text{пр}}} \} \cup \bigcup_{d=1}^{N_{\text{пр}}} \{ \langle x_d^{\text{кр}}, x_c^{\text{раб}} \rangle \mid x_c^{\text{раб}} \in X'_{\text{раб}} \},$$

где x_0 – общий критерий, по которому осуществляется сравнение видов работ $x_c^{\text{раб}}$; $x_d^{\text{кр}}$ – частные критерии в количестве $N_{\text{пр}}$, по которым производится сравнение; $X'_{\text{раб}} \subseteq X_{\text{раб}}$ – подмножество видов работ, оцениваемых по критерию $x_d^{\text{кр}}$.

Например, критериями на втором уровне иерархии, т.е. частными целями, по отношению к которым будут оцениваться альтернативы, могут являться: сложность вида работ (K_1); важность вида работ (K_2). На третьем, т.е. самом низком уровне иерархии, расположены альтернативы, представляющие возможные виды работ: учебная работа (A_1); учебно-методическая работа (A_2); организационно-методическая работа (A_3); организация НИРС (A_4); НИР (A_5); повышение квалификации (A_6); внеучебная работа (A_7); другие виды работ (A_8). Для данного случая пример построенной иерархии представлен на рис. 1;



Рис. 1. Построенная иерархия

2) на основе иерархии $G_{\text{пр}}$ строится матрица

$$M_{\text{кр}}^{\text{пр}} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1N_{\text{пр}}} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2N_{\text{пр}}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1N_{\text{пр}}} & 1/a_{2N_{\text{пр}}} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

для попарного сравнения критериев $x_d^{\text{кр}}$ по отношению к общей цели x_0 ;

3) аналогично на основе $G_{\text{пр}}$ строится множество

$M_{\text{мтр}.d}^{\text{пр}} = \{M_{\text{мтр}.d}^{\text{пр}} \mid d = \overline{1, N_{\text{пр}}}\}$ матриц попарного сравнения видов работ по отношению к каждому из $N_{\text{пр}}$ критериев, где

$$M_{\text{мтр}.d}^{\text{пр}} = \begin{pmatrix} 1 & b_{12} & \dots & b_{1N_d} \\ 1/b_{12} & 1 & \dots & b_{2N_d} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/b_{1N_d} & 1/b_{2N_d} & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

Причем $N_d \leq N_{\text{раб}}$ – число сравниваемых видов работ по критерию $x_d^{\text{кр}}$;

4) множество приоритетов видов работ $M_{\text{раб}}^{\text{пр}} = \{W_{\text{пр}.i} \mid i = \overline{1, N_{\text{раб}}}\}$, используемых при оценке деятельности преподавателя, автоматически вычисляется на основе $M_{\text{кр}}^{\text{пр}}$ и $M_{\text{мтр}.d}^{\text{пр}}$, включая шаги синтеза приоритетов, вычисления отношений согласованности (возможен возврат к этапам 2 и 3) и синтеза альтернатив МАИ.

Значения матриц и, как следствие, приоритетов видов работ могут пересчитываться автоматически на основе накопленной статистики о результатах деятельности преподавателей за определенный период времени с применением методов интеллектуального анализа данных.

Разработан прототип программных модулей для оценки выполнения работ, реализующих предложенные методики. Экранная форма настройки вычисления приоритетов видов работ представлена на рис. 2.

Настройка вычисления приоритетов видов работ

Список критериев:

Сложность вида работ

Важность вида работ

добавить

Список видов работ:

Учебная работа

Учебно-методическая

Организац-методотич

Организация НИРС

НИР

Повышение квалиф

Внеучебная работа

Другие виды работ

добавить

Сравнение объектов:

Сравниваем объект А:

С объектом Б:

Относительно критерия:

Выбор предпочтения:
(шкала относительной важности)

А абсолютно превосходит Б	9
промежуточное значение	8
А явно важнее Б	7
промежуточное значение	6
А значительно важнее Б	5
промежуточное значение	4
А незначительно важнее Б	3
промежуточное значение	2
А и Б одинаково важны	1

вычислить приоритеты

Рис. 2. Экранная форма настройки вычисления приоритетов видов работ

Экранная форма с результатами вычисления приоритетов представлена на рис. 3.

Результаты вычисления приоритетов видов работ

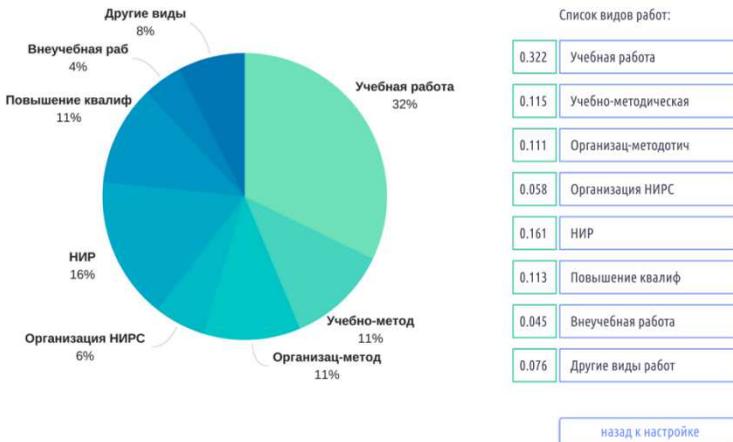


Рис. 3. Экранная форма с результатами вычисления приоритетов

В дальнейшем планируются совершенствование и экспериментальное исследование разработанной методики, использование ее для формирования управленческих решений в рамках эффективного контракта [5].

Библиографический список

1. Стругов М.В., Полевщиков И.С. Разработка задачи АСУ ВУЗ «Индивидуальный план работы преподавателя» // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы всерос. науч.-техн. конф. (г. Пермь, 23 мая 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Т. 1. – С. 191–195.
2. Стругов М.В. Автоматизация процесса индивидуального планирования работы преподавателя вуза // Решение : материалы Шестой Всерос. науч.-практ. конф. (г. Березники, 20 октября 2017). – Пермь, 2017. – С. 139–140.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
4. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Моделирование процесса автоматизированного управления формированием профессиональных навыков оператора производственной системы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16, № 1. – С. 181–190.
5. Программа поэтапного совершенствования системы оплаты труда в государственных (муниципальных) учреждениях на 2012–2018 годы [Электронный ресурс] (утв. Распоряж. Правительства РФ от 26 ноября 2012 г. № 2190-р.) // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru>.

Сведения об авторах

Стругов Михаил Вадимович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ3-17-1м, г. Пермь, e-mail: smvber@gmail.com.

Полевщиков Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru.

А.И. Тур, А.Н. Кокоулин

ПРИМЕНЕНИЕ КАСКАДОВ ХААРА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТА

В данной статье представлены результаты изучения принципов работы каскадов Хаара. Целью данной работы было протестировать пригодность данного подхода к определению объекта по характерной форме. В ходе эксперимента были изучены такие негативные факторы, как возможность поворота объекта вокруг своей оси, перемещение его в области распознавания и случай частичного нахождения объекта в кадре. Была выведена зависимость качества распознавания от объёма обучающей выборки. Рассмотрен случай возникновения эффекта переобучения системы и проведён анализ сложившейся ситуации.

Ключевые слова: распознавание образов, машинное зрение, признаки Хаара, переобучение системы.

A.I. Tur, A.N. Kokoulin

THE USE OF HAAR CASCADES FOR OBJECT RECOGNITION

In this paper results of a study of the principles of operation of stages of Haar are provided. The purpose of this paper was to test suitability of this approach to an object definition in the characteristic form. During the experiment such negative factors. The dependence of quality of recognition on the volume of learning selection was removed. The case of origin of effect of retraining of system is considered and the analysis of the current situation is carried out.

Keywords: pattern recognition, Machine vision, Haar-like feature, overfitting.

На современном рынке информационных технологий производства и в сфере обслуживания значительно укрепила свои позиции технология машинного зрения. Многие современные фирмы делают ставку на системы распознавания лиц (например, в банковском обслуживании физических лиц) и объектов (например, при контроле качества на конвейерном производстве). Основными преимуществами, открываемыми данной технологией, являются повышение производительности и упрощение деятельности человека. В данной области существует достаточно большое количество различных подходов и алгоритмов распознавания изображения. Достаточно простым и в то же время эффективным считается алгоритм каскадов Хаара.

Ключевой особенностью признаков Хаара является наибольшая, по сравнению с остальными признаками скорость. При использовании интегрального представления изображения признаки Хаара могут вычисляться за постоянное время (примерно 60 процессорных инструкций на признак из двух областей).

Задачу реализации машинного зрения в общем случае можно разделить на три этапа работы с изображением: фильтрация изображения для вычленения информации, логическая обработка результатов фильтрации, принятие решения на основе логической обработки [1, 2]. В зависимости от конкретных условий реализаций и выбранного алгоритма некоторые этапы могут объединяться или исключаться полностью [3, 4]. Кроме того, для каждой конкретной задачи рекомендуется изначально определиться с условиями, в которых предполагается дальнейшая работа системы.

Как уже было изложено, наша система машинного зрения будет основана на каскадах Хаара. Для создания полноценного каскада потребуются: фотографии предмета – «положительная выборка» (на предполагаемом фоне распознавания), выборка отрицательных фотографий – «отрицательная выборка» (на которых нет объекта распознавания) [5, 6], библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV.

Для положительной выборки лучше собрать изображения, максимально похожие на то, с чем в дальнейшем будет работать система. Если обучать распознаватель по фотографиям из студии, то на улице уровень распознавания будет ниже, чем в студии. Фотографии отрицательной выборки должны быть сделаны на том же фоне, где будет распознавание. Если выборка контрпримеров будет сделана по фотографиям на северном полюсе, а распознавание будет проходить в тропических джунглях, то результат будет крайне неточным.

Исходя из этого, была собрана сцена, имитирующая помещение, и выбрана модель автомобиля Shelby Cobra в качестве распознаваемого объекта. Суммарно было создано 600 положительных изображений, где машина снята во всех ракурсах при постепенном вращении по оси Z. Скомбинированы они таким образом, чтобы в каждых 50 последовательных изображениях находилось минимум по 10 с каждой стороны модели (вид спереди, вид сзади, правый борт, левый борт). Все фото были немного уменьшены в разрешении для повышения скорости обучения и переведены из режима RGB в градации серого (рис. 1).



Рис. 1. Распознаваемый объект

Отрицательных изображений – 1000. Они включают в себя фотографии пустой сцены при нормальном и плохом освещении, фотографии сцены с моделями автомобилей, отличных от выбранной (рис. 2). Для работы с каскадом изображения были обработаны так же, как и положительные примеры.



Рис. 2. Фотографии моделей при разном освещении

Обучение происходит в два этапа. Первый этап – все положительные изображения приводятся к общему формату. С этой целью используется программа `opencv_createsamples.exe`. Работа с ней проводится через консоль следующей командой:

```
«opencv_createsamples.exe -info Good.dat -vec samples.vec -w 20 -h 20»,  
где «-w 20 -h 20» – размер шаблона. Он должен приблизительно отражать пропорции искомого объекта. Например, для лиц наиболее подходящая пропорция высоты к ширине 1*1, а для поиска карандаша логично поставить что-то вроде 8*1. Размер шаблона должен быть достаточно маленьким. Чем больше шаблон, тем дольше обучение [3]. Результатом работы программы является файл samples.vec, в котором будут лежать все ваши положительные изображения в формате, близком к «*.bmp», и с размером w*h.
```

Для расчёта итогового каскада используется программа `opencv_traincascade.exe`. Работа с ней проводится также через консоль следующей командой: «`opencv_traincascade.exe -data haarcascade -vec samples.vec -bg Bad.dat -numStages 16 -minhitrate 0.999 -maxFalseAlarmRate 0.4 -numPos 200 -numNeg 500 -w 20 -h 20 -mode ALL -precalcValBufSize 1024 -precalcIdxBufSize 1024`». Данные параметры были выведены опытным путём.

Таким образом, было создано 11 каскадов Хаара, основанных на 700 отрицательных примерах и $100+50(X-1)$ положительных примерах, где X – порядковый номер каскада (первый каскад – 100 положительных примеров, второй – 150, третий – 200 и так далее). Количество уровней каскада – 16. Размер примитива – $20*10$. Коэффициент «правильных» обнаружений – 0,999. Уровень ложной тревоги – 0,4.

Третий этап (принятие решения на основе логической обработки) выполнялся с помощью программы, использующей видеопоток и подключенный каскад Хаара для обнаружения объекта. Для того чтобы проверить каскады на эффективность, было принято решение использовать для анализа видеозапись перемещения модели машины по сцене и вращения по оси Z . Процент эффективности рассчитывался как процент времени отображения прямоугольника обнаружения от всего времени тестового видео. Для того чтобы снизить погрешность, замеры проводились трижды, а окончательным результатом считалось их среднее арифметическое. Полученные результаты представлены на графике (рис. 3).

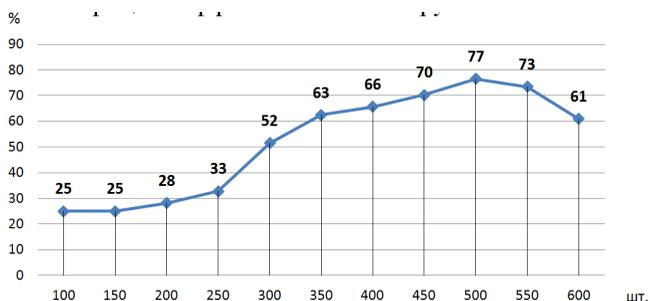


Рис. 3. Процент эффективности обнаружения объекта

Созданные каскады показали положительную динамику при увеличении положительных примеров от 100 до 500. Эффективность обнаружения в 77 % трудно назвать отличным показателем, но можно считать хорошим, так как часть времени модель находилась в кадре частично (перемещение в крайнее боковое положение). Кроме того, стоит учитывать что объект вращался вокруг оси, и потому каскад может не полностью уловить все признаки для каждой из проекций (возможно, стоит реализовать 4 отдельных каскада для каждой из сторон).

На участке от 500 до 600 мы наблюдаем спад эффективности – так называемый эффект переобучения системы (overfitting). Причиной

этому может быть недостаточное количество негативных примеров для создания качественного каскада (на протяжении всей серии тестов количество отрицательных примеров было равно 700), или деградация признаков, используемых каскадом для обнаружения (каскад может объединять сходные визуальные признаки и отбрасывать признаки, редко встречаемые на изображениях).

Таким образом, мы видим, что при заданных условиях каскад из 500 положительных примеров и 700 отрицательных показал наименьшее число ошибок второго рода (ложноотрицательных срабатываний). Дополнительные тесты показали очень малое количество ошибок первого рода (ложноположительных срабатываний) при анализе моделей автомобилей, отличных от выбранной для каскадов до 250, и почти полное отсутствие для остальных. Для улучшения результата была предпринята попытка пересборки каскада из 500 положительных примеров путём изменения количества отрицательных примеров. В результате при увеличении числа отрицательных примеров (до 1000) «рамка» обнаружения визуально отображается более стабильно (меньше дёргается и реже случаются секундные пропадания/появления рамок). Это важно для случая, когда требуется точное отслеживание движения, однако в случае обычного обнаружения это не принципиально. Процент эффективности распознавания снизился примерно до 60 %.

При снижении числа отрицательных примеров (до 400) визуальное поведение «рамки» не изменилось. Процент эффективности распознавания снизился примерно до 50 %. Другими словами, в заданной ситуации увеличение числа отрицательных примеров позволяет увеличить стабильность ведения объекта в кадре, но снижает эффективность обнаружения. Уменьшение числа отрицательных примеров негативно сказывается на эффективности. Минимальные рекомендуемые пропорции, выведенные экспериментальным путём, – 1:1.

Опираясь на полученные данные, в дальнейшем будет предпринята попытка использования данной системы для повышения качества работы разрабатываемого нами проекта автомата по приёму контейнеров от напитков (бутылки ПЭТ и алюминиевые банки) для переработки – Reverse vending machine (RVM). В настоящее время мы применяем нейронные сети для создания дешёвого автомата [8]. Текущие решения показывают более высокие результаты, однако система, работающая на базе каскадов Хаара, имеет меньшие требования к вычислительным ресурсам системы, что позволяет рассматривать её как возможную альтернативу.

Библиографический список

1. Viola P. Jones M.J. Robust real-time face detection // International Journal of Computer Vision. – 2004. – Vol. 57. – № 2, – P. 137–154.
2. Финогеев А.Г., Четвергова М.В. Методика распознавания изображений на основе случайных деревьев в системах автоматизированного проектирования расширенной реальности // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5.
3. Иванько М.А., Клепикова А.В. Системы искусственного зрения // Вестник МГУП им. Ивана Фёдорова. – 2015. – № 5.
4. Южаков А.А., Тур А.И. Выбор алгоритмов для реализации системы машинного зрения // Материалы XIV Всерос. школы-конф. молодых ученых. – 2017.
5. Новицкая А.Д., Жилик Н.А. Методы распознавания объектов, используемые в разработке систем ограничения доступа в помещения // Труды БГТУ. Сер. 6. Физико-математические науки и информатика. – 2016.
6. Распознавание лиц на основе метода главных компонент с применением вейвлет-дескрипторов Хаара и Добеши / В.Г. Спицын, Ю.А. Болотова, Н.В. Шабалдина, Буй Тхи Тху Чанг, Фан Нгок Хоанг // Научная визуализация. – 2016. – № 5. – С. 103–112.
7. Хижняков. Ю.Н. Алгоритмы нечёткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 156 с.
8. Kokoulin A.N., Tur A.I., Yuzhakov A.A. Convolutional Neural Networks Application in Plastic Waste Recognition and Sorting // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2018 EIConRus). – 2018.

Сведения об авторах

Тур Александр Игоревич – аспирант, ассистент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tur.aleksandr93@mail.ru.

Кокоулин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: liga_asu@mail.ru.

А.А. Тютюных, И.С. Полевщиков

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Статья посвящена актуальной проблеме создания автоматизированной системы для управления всеми этапами процесса тестирования программного обеспечения. Рассмотрены существующие средства автоматизации процесса тестирования и выявлены их недостатки, приведены функциональные требования к разрабатываемой системе.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам (№ стипендии СП-100.2018.5), назначенной Советом по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации по результатам конкурса 2018-2020 года.

Ключевые слова: тестирование программного обеспечения; автоматизированная система; тест-кейс.

A.A. Tyutyunikh, I.S. Polevshchikov

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE SOFTWARE TESTING PROCESS

The article is devoted to the actual problem of creating an automated system for managing all stages of the software testing process. Existing means of automation of the testing process are considered and their shortcomings are revealed, functional requirements to the developed system are given.

The research is supported by a stipend of the President of the Russian Federation to young scientists and post-graduate students (No. SP-100.2018.5), which was assigned by the grants Council of the President of the Russian Federation for government support of young Russian scientists and government support for the leading scientific schools of the Russian Federation in 2018-2020.

Keywords: software testing; automated system; test case.

В настоящее время в деятельности фактически любого предприятия или организации используются автоматизированные системы, применение которых является важной составляющей успешной работы по созданию товаров и услуг. Как следствие, некачественное программное обеспечение (ПО), лежащее в основе этих систем, может привести к финансовым потерям и нарушению деятельности современного предприятия.

Решением проблемы создания хорошего ПО является правильная организация всех этапов процесса разработки, основанная на применении технологических принципов и, в частности, грамотная организация этапа тестирования как неотъемлемого, наиболее устойчивого средства современной системы обеспечения качества программного продукта [1, 2].

Важность этапа тестирования объясняется следующим: если в ходе проведения тестирования в ПО не обнаружены ошибки, то появляются сомнения в том, что все фазы процесса тестирования выполнены на требуемом уровне и отсутствуют скрытые ошибки [1, 2]. В конечном итоге эти ошибки будут обнаружены пользователями системы, и потребуются их корректировка на этапе сопровождения, при этом стоимость исправления возрастет в десятки раз по сравнению с этапом разработки.

К настоящему времени создано и используется в процессе тестирования множество различных средств автоматизации, начиная от небольших программ, решающих частные задачи, и заканчивая мощными инструментальными средствами. В качестве примеров можно привести следующие популярные средства автоматизации тестирования:

- IBM Rational Functional Tester [3]. Объектно-ориентированный автоматизированный инструмент функционального тестирования, позволяющий тестировать приложения HTML, Java, Windows, .NET и другие. Позволяет записывать надежные сценарии, которые можно воспроизводить для проверки новых компоновок тестовых приложений.
- Selenium [4]. Инструмент для автоматизации действий веб-браузера. В большинстве случаев используется для тестирования веб-приложений.
- JUnit [5]. Библиотека для модульного тестирования ПО на языке Java.
- QAComplete [6]. Инструмент для создания и выполнения наборов тест-кейсов.
- TestLink [7]. Система управления тестированием. Платформа представляет возможность создавать наборы тест-кейсов, планы тестирования, тестовые проекты, а также различные отчеты на основе статистических данных.
- Jira [8]. Система отслеживания ошибок, предназначена для организации взаимодействия с пользователями, в некоторых случаях используется и для управления проектами.

– Bugzilla [9]. Система отслеживания ошибок с веб-интерфейсом, позволяет разработчику или группам разработчиков отслеживать ошибки в приложениях и запросы на дополнение приложений новой функциональностью.

– Mantis [10]. Система отслеживания ошибок, обеспечивает взаимодействие разработчиков с пользователями. Позволяет пользователям заводить сообщения об ошибках и отслеживать дальнейший процесс работы над ними со стороны разработчиков.

Несмотря на большое число преимуществ, упомянутые выше современные средства автоматизации тестирования ПО обладают и существенными недостатками.

Главный недостаток заключается в том, что фактически отсутствуют универсальные инструментальные средства, позволяющие в наилучшей степени автоматизировать все фазы процесса тестирования ПО, учитывая взаимосвязь фаз: планирование; создание наборов тест-кейсов; выполнение тест-кейсов и фиксация найденных дефектов; анализ результатов и формирование отчетности.

Существующие средства автоматизации в основном решают отдельные задачи, связанные с тестированием: позволяют автоматизировать какой-либо определенный этап (например, сравнение реальных и ожидаемых результатов выполнения тест-кейсов, составление отчетов о дефектах), тестирование определенных видов ПО (например, мобильных и веб-приложений).

Многие сложные интеллектуальные задачи остаются фактически возложенными на человека, например, выбор методов разработки тест-кейсов из многообразия существующих в настоящее время; разработка тест-кейсов; планирование времени, затрат ресурсов.

Подводя итог изложенному выше, можно сделать вывод, что проблеме создания автоматизированной системы для информационной поддержки всех этапов процесса тестирования ПО нельзя считать решенной, что требует дальнейших научных исследований.

Принято решение о разработке автоматизированной системы управления процессом тестирования ПО, позволяющей устранить все упомянутые выше недостатки. Сформулированы функциональные требования к разрабатываемой автоматизированной системе и представлены в виде диаграммы вариантов использования UML [1] (рисунок).

Система позволяет автоматизировать четыре фазы процесса тестирования ПО [1, 2].



Рис. Функциональные требования к системе

На *первой фазе* осуществляется **планирование**, в ходе которого определяется: кто будет тестировать и на каких этапах; какие компоненты системы будут тестироваться; когда надо тестировать; как надо тестировать; в каком объеме тестировать.

На фазе планирования осуществляются: создание графика (расписания) разработки тест-кейсов для каждой тестируемой подсистемы; оценка необходимых человеческих, программных и аппаратных ресурсов; разработка расписания проведения тест-кейсов.

На этой фазе формулируются или уточняются метрики и признаки возможности или необходимости начала последующих фаз тестирования, приостановки, возобновления и завершения тестирования.

На *второй фазе создается множество тест-кейсов* путем ручной разработки или автоматической генерации. На этой стадии также возможны уточнение, доработка или переработка тест-кейсов, полученных на предыдущих итерациях процесса тестирования ПО.

Каждый тест-кейс состоит из следующих составляющих: набор входных (тестовых) данных; сценарий выполнения; набор ожидаемых выходных данных (результатов работы программы). Под тест-кейсом также может пониматься соответствующий документ, представляющий формальную запись тест-кейса.

Из тест-кейсов формируются тестовые наборы, которые организованы в определенном порядке, отражающем свойства тест-кейсов. Хорошим считается тест-кейс, обладающий большой вероятностью обнаружения еще нераскрытой ошибки. Цель проектирования тест-кейсов – систематическое обнаружение различных классов ошибок при минимальных затратах времени и стоимости. Система должна позволять находить множество тест-кейсов, достаточное для истинности вывода о правильности реализации ПО.

На *третьей фазе* осуществляются фактически параллельно два взаимосвязанных действия: **выполнение тест-кейсов**, разработанных на предыдущей фазе, и **фиксация найденных дефектов**.

В ходе выполнения (прогона) каждого тест-кейса осуществляется сеанс работы системы, в рамках которого на вход системы подаются наборы данных и фиксируются результаты их обработки, затем сравниваемые с ожидаемыми результатами. Если фактический результат отличается от ожидаемого, значит, обнаружен дефект (факт расхождения с требованиями), который фиксируется сразу после обнаружения. В итоге формируется протокол результатов выполнения тест-кейсов.

Часто после выполнения всех тест-кейсов и написания всех отчетов о найденных дефектах проводится явно выделенная стадия уточнения, на которой все отчеты о дефектах рассматриваются повторно с целью формирования единого понимания проблемы и уточнения таких характеристик дефекта, как важность и срочность.

На *четвертой фазе* осуществляются фактически параллельно два взаимосвязанных действия: **анализ результатов выполнения тест-кейсов** и **формирование отчетности**.

Выводы, получаемые в ходе анализа результатов выполнения тест-кейсов, напрямую зависят от результатов, полученных на фазе планирования. На основе этих выводов формируется отчетность. Выводы, полученные на четвертой фазе, могут служить основой для первой фазы следующей итерации тестирования. На стадии анализа, в частности, определяется, выполнилось ли успешно достаточное количество тест-кейсов в соответствии с выбранным критерием тестирования, и, соответственно, может ли программный продукт считаться готовым к эксплуатации.

Система должна предоставлять тестирующему возможность наиболее эффективно осуществлять все перечисленные выше фазы, избавить его от рутинных операций, предоставлять советующие воздействия. Для этого, в частности, должны быть предусмотрены алгоритмы обработки информации, в том числе основанные на применении интеллектуальных методов.

В системе должно быть организовано управление жизненными циклами тест-кейсов и отчетов о дефектах.

Продолжением исследования будут являться уточнение функциональных требований к автоматизированной системе, разработка алгоритмов, макетов пользовательских интерфейсов.

Библиографический список

1. Орлов С.А., Цилькер Б.Я. Технологии разработки программного обеспечения: учебник для вузов. – 4-е изд. (Стандарт третьего поколения). – СПб.: Питер, 2012. – 608 с.
2. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. – Минск: Четыре четверти, 2017. – 312 с.
3. IBM Rational Functional Tester. – URL: <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/rational-functional-tester> (дата обращения: 03.05.2018).
4. SeleniumHQ Browser Automation. – URL: <https://www.seleniumhq.org> (дата обращения: 03.05.2018).
5. JUnit 5. – URL: <https://junit.org/junit5> (дата обращения: 03.05.2018).
6. QAComplete SMARTBEAR. – URL: <https://qacomplete.com> (дата обращения: 03.05.2018).
7. TestLink. – URL: <http://testlink.org> (дата обращения: 03.05.2018).
8. ATlassian Jira Software. – URL: <https://ru.atlassian.com/software/jira> (дата обращения: 03.05.2018).
9. Bugzilla. – URL: <https://www.bugzilla.org> (дата обращения: 03.05.2018).
10. Mantis Bug Tracker. – URL: <https://www.mantisbt.org> (дата обращения: 03.05.2018).

Сведения об авторах

Тютюных Артём Александрович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ3-17-1м, г. Пермь, e-mail: artbox1g@gmail.com.

Полевщиков Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru.

М.И. Харламов, О.В. Гончаровский

НАВИГАЦИЯ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ

В статье рассмотрена задача навигации робота в помещении. Предложен алгоритм планирования маршрута мобильного робота и его движения по нему с помощью Indoor GPS Marvelmind.

Ключевые слова: системы позиционирования, автономный мобильный робот, мобильный маяк.

M.I. Kharlamov, O.V. Goncharovsky

NAVIGATION OF THE AUTONOMOUS MOBILE ROBOT BY THE INDOOR POSITIONING SYSTEM

In the work the problems of indoor positioning system are considered. A description of the route planning algorithm for mobile work based on the Marvelmind positioning system was described.

Keywords: positioning systems, Marvelmind, autonomous mobile robot, beacon.

Одной из задач в области разработки мобильных роботов является навигация. Система управления такого мобильного робота должна получать и анализировать информацию об окружающей обстановке, выполнять построение рационального маршрута движения и двигаться по нему, постоянно определяя свои координаты.

Разработанные математические модели и алгоритмическое обеспечение должны выполнять построение рационального маршрута, а также обеспечивать передвижение объекта до установленной конечной точки с заданной точностью.

Для достижения цели необходимо использовать такие методы, которые позволят наиболее рационально выполнить построение маршрута движения для мобильного робота, а также выполнять движение маршрута так, чтобы обеспечить заданную точность достижения цели. При решении навигационной задачи необходимо учитывать нестационарность окружающей среды, связанную с непредсказуемым возникновением мобильных препятствий.

В работе рассматривается задача навигации в помещении с использованием Indoor GPS Marvelmind, являющейся алоцентрической системой. Marvelmind предназначена для обеспечения передачи данных о местоположении автономных роботов.

Система основана на стационарных ультразвуковых маяках, объединенных радиointерфейсом в нелицензируемом диапазоне. Местонахождение мобильного маяка, установленного на роботе (автомобиле, вертолете, человеке), рассчитывается на основе задержки распространения ультразвукового сигнала к набору стационарных ультразвуковых маяков с использованием трилатерации*. Ключевым требованием системы, чтобы функционировать должным образом, является беспрепятственная передача сигнала на мобильный маяк от четырех или более стационарных маяков одновременно.

Задача, которую мы пытаемся решить, состоит в том, чтобы мобильный робот из любой заданной точки-старта смог достичь любой другой заданной точки-цели. Поиск маршрута рассматривается как задача нахождения кратчайшего пути от старта до цели, обходя препятствия с минимумом затрат (время, расстояние и т.д.). Для решения этой задачи сначала необходимо сгенерировать маршрут по заранее построенной карте, включающей не только различные препятствия, но и условные ориентиры, через которые только и может проходить маршрут (рис. 1).

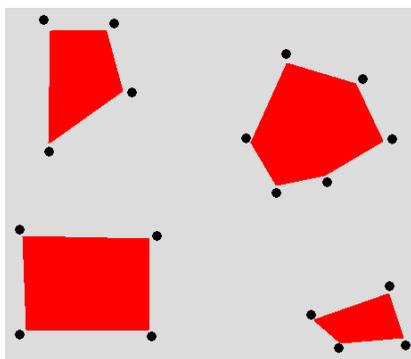


Рис. 1. Карта помещения с препятствиями (красные полигоны) и условными ориентирами (черные точки)

*Marvelmind Indoor Navigation System. – URL: http://www.marvelmind.com/pics/marvelmind_navigation_system_manual.pdf

Расстановка условных ориентиров должна быть выполнена так, чтобы через них можно было бы попасть в любую точку пространства. На рис. 2 представлен результат построения маршрута без учета оптимизации, где цифрой 1 показано начало пути, а цифрой 2 – конец. Как можно заметить из рис. 2, получившаяся траектория не идеальна и даже отчасти не логична. Однако в режиме оптимизации может быть получен более рациональный маршрут, как показано на рис. 3.

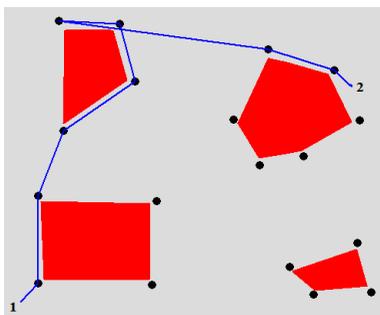


Рис. 2 Траектория пути на карте

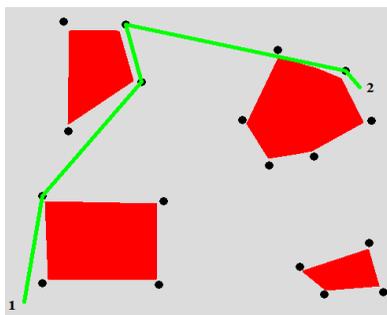


Рис. 3. Оптимизация траектории движения мобильного робота

В этом случае можно заметить, что теперь траектория пути стала более «логичной» и включает не все ближайшие ориентиры, а только те, которые сокращают путь.

Сведения об авторах

Харламов Максим Игоревич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ1-16-1м, г. Пермь, e-mail: g1.awbg@gmail.com.

Гончаровский Олег Владленович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: 35911953@mail.ru.

А.Ю. Хохлова, А.И. Сергеев

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ТЕРМОУПРОЧНЯЮЩИХСЯ ИЗДЕЛИЙ
ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА**

Приведена информация о том, что существующие САПР ТП автоматизируют функции, связанные с рутинной работой технолога, однако интеллектуальной поддержки не оказывают. Уровень автоматизации в области механической обработки термоупрочняющихся изделий из алюминиевого металлопроката остается крайне низким, поэтому разработка САПР ТП остается актуальной. На основе вышеизложенных утверждений была разработана САПР ТП Aluminium-ТП 0.1, которая наиболее полно автоматизирует работу технолога при формировании технологического процесса холодной штамповки, механической обработки термоупрочняющихся изделий из алюминиевого металлопроката.

Ключевые слова: САПР ТП; алюминиевый металлопрокат; база знаний; 3D-модель.

A.Yu. Khokhlova, A.I. Sergeyev

**AUTOMATED DESIGN ENGINEERING SYSTEM
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES
OF MANUFACTURE OF THE THERMOHARDENED
PRODUCTS OF ALUMINUM METAL ROLLING**

Report provides information that TP existing a CAD automate the functions connected with routine work of the technologist is provided, however intellectual support isn't given. Automation level in the field of machining of the thermostrengthened products from rolled aluminium is still extremely low therefore development of a CAD remains relevant. On the basis of the above statements the CAD under the name TP Aluminium-TP 0.1 has been developed which fully automates work of the technologist when forming technological process of cold stamping, machining of the thermostrengthened products from rolled aluminium has been developed.

Keywords: CAD system, aluminum rolled products, knowledge base, 3D-model.

Анализ состояния отечественных средств автоматизированной поддержки жизненного цикла изделия в машиностроении, рассмотренный в источнике [1], показывает динамичное развитие отечественного рынка, расширяется функционал.

С автоматизацией проектирования технологических процессов (ТП) связано значительное число нерешенных проблем. В системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) в основном используют два типа ТП: единичный и типовой.

Решающей остается роль технолога-проектировщика, потому что при формировании маршрутного ТП он основывается на собственном опыте, интуиции, знаниях, предпочтениях. Решение по проекту является субъективным и не всегда корректным.

В первую очередь технологический процесс – это маршрут обработки и дополнительная информация о месте его реализации, производственных мощностях, планируемых трудозатратах. Разработанный ТП является носителем информации, используемой различными службами предприятия для управления производством.

Именно создание маршрутной карты и определение свойств технологического оснащения являются по-настоящему творческим процессом. Существующие отечественные САПР ТП на этом этапе проектирования не оказывают технологу необходимой интеллектуальной поддержки. Функции, которые они успешно автоматизируют, менее сложны, связаны с рутинной работой – составлением различных спецификаций и ведомостей, оформлением технологической документации [2].

Уровень автоматизации ряда областей, например, таких как разработка ТП механической обработки изделий из алюминиевого металлопроката, остается крайне низким. САПР ТП в этих областях предлагают пользователю редакторы с не полностью разработанными шаблонами текстов отдельных операций и переходов. Технологу выполняется проектирование ТП при минимальной информационной и интеллектуальной поддержке системы [3].

Развитие технологии, техники и средств автоматизации делает решение поставленных проблем автоматизации проектирования актуальным, что и определяет основные направления совершенствования САПР ТП.

На основе вышеизложенных рассуждений и утверждений, была разработана САПР ТП Aluminium-ТП 0.1. Aluminium-ТП 0.1 – это программа разработки технологических процессов механической обработки алюминиевых изделий, которая работает:

– с данными 3D-модели детали приложения КОМПАС 3D напрямую, что достигается при помощи соблюдения правил оформления параметров модели;

– комплектом документов, все данные из которых впоследствии выводятся в бланки по ГОСТ 3.1102-81 «Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов»;

позволяет:

– просматривать составленный ТП перед выводом его в бланк по форме;

– вести одновременную разработку эталонной сопроводительной документации с формированием ТП;

содержит:

– базу данных, включающую производственные мощности цеха, а также вспомогательного оборудования и инструмента;

– базу знаний (БЗ), содержащую последовательности операционных переходов, БЗ позволяет заменить технолога в принятии творческого решения по формированию последовательности операционных переходов.

– алгоритм анализа 3D-модели детали из листа и профиля, в результате работы которого определяется необходимая механическая обработка заготовки для получения готовой детали.

Полученная таким способом информация о детали определяет в дальнейшем весь маршрутный ТП.

Предусмотрено ведение:

– карт учета, содержащих информацию об оснастке на каждую деталь;

– графиков поверки оснастки, содержащих все данные об оснастке, реализована возможность выборки по цехам изготовителя и вывод в бланк по установленной форме предприятия;

– справочника «Таблица профилей», в котором содержится информация по всем профилям, предусмотренным ОСТ 1 90113-86 «Профили, прессованные из алюминиевых сплавов. Технические условия».

Aluminium-ТП 0.1 наиболее полно автоматизирует работу технолога в области холодной штамповки, механической обработки изделий из алюминиевого металлопроката. Это достигается не только сокращением ручного труда при вводе параметров детали, ведении справочников и графиков, но и полной заменой технолога в формировании маршрутных ТП при помощи БЗ.

БЗ сформирована на основе опыта и знаний технолога-проектировщика. Результатом работы программы с БЗ на выходе получается полная последовательность операционных переходов, а не отдельные технологические решения, которые предлагают другие САПР ТП.

Приложение работает с параметрами 3D-модели, выполненной в КОМПАС 3D, которая чаще других используется на машиностроительных предприятиях. Реализация данного взаимодействия позволит отказаться от бумажных носителей конструкторской информации, таких как чертежи, что является одним из этапов перехода к единому информационному пространству предприятия.

В перспективе выполнения дальнейших исследований планируется работа над расширением и дополнением функций программы в области интеллектуальной поддержки при принятии технологических решений технологом.

Библиографический список

1 Долгов Е.Н. Современные САПР ТП и основные направления их совершенствования [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2013. – № 14. – URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/sovremennye-sapr-tp-i-osnovnyye-napravleniya-ikh-sovshenstvovaniya> (дата обращения: 03.05.2018).

2 Хохлова А.Ю., Сергеев А.И. Анализ систем автоматизированного проектирования технологических процессов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. – Оренбург: ООО «Университет», 2017. – С. 666–668.

3 Карпаев С.А., Ларин С.Н., Федоров А.А. Разработка моделей проектирования технологических процессов с проекцией на план производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – № 4(3). – С. 444–450.

Сведения об авторах

Хохлова Анна Юрьевна – студентка Оренбургского государственного университета, г. Оренбург, e-mail: Anna.kh.90@mail.ru.

Сергеев Александр Иванович – доктор технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизации производства» Оренбургского государственного университета, г. Оренбург, e-mail: alexandr_sergeew@mail.ru.

А.А. Чусовлянкин, В.В. Морозенко

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ДОЗИРОВКИ ИНСУЛИНА

На сегодняшний день некоторые пациенты с сахарным диабетом вычисляют дозировку инсулина вручную. Работа посвящена разработке мобильного приложения для автоматизации данного процесса. Рассматриваются регрессионный анализ, методы машинного обучения и искусственные нейронные сети для решения данной задачи.

Ключевые слова: мобильное приложение, сахарный диабет, регрессионный анализ, машинное обучение, нейросети.

A.A. Chusovliankin, V.V. Morozenko

DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATION FOR CALCULATING THE DOSAGE OF INSULIN

To date, some patients with diabetes calculate insulin dosage manually. The work is devoted to the development of a mobile application for the automation of this process. We consider the regression analysis, machine learning and artificial neural networks for solving this problem.

Keywords: mobile app, diabetes mellitus, regression analysis, machine learning, neural networks.

Сегодня диабетом страдают более 450 миллионов человек в мире [1]. В основе лечения диабета стоит ежедневный контроль уровня глюкозы крови, для поддержания которого пациенты вынуждены самостоятельно вводить инсулин [2, 3]. На сегодняшний день больные сахарным диабетом «вручную» вычисляют дозу инсулина, исходя из накопленной статистики. Существует подход для расчета дозы инсулина с помощью индивидуальных характеристик каждого пациента: чувствительность организма к инсулину, коэффициент углеводов [4]. Такой подход имеет ряд недостатков: сложность определения индивидуальных характеристик пациента, а также точность расчета является низкой.

К решению данной проблемы предложен эмпирический подход. Научная новизна данной работы заключается в том, что предложены алгоритмы определения дозы инсулина. Для решения такой проблемы

предлагается использовать регрессионный анализ, нейросети и методы машинного обучения. Необходимые данные для обучения – это дневник самоконтроля (информация об уровне глюкозы в крови, дозировке инсулина и количестве употребленных хлебных единиц). Такой дневник ведется каждым больным сахарным диабетом.

Цель работы – разработка мобильного приложения для автоматизации расчета необходимой дозы инсулина. В разработанном приложении больной сахарным диабетом лишь вводит текущий уровень глюкозы в крови и количество хлебных единиц, которое собирается употребить в пищу, в ответ пользователь получает необходимую дозировку. Таким образом, человек освобождается от подсчета дозировки, а программный продукт, в свою очередь, дает более точную дозу инсулина, поскольку учитывает историю предыдущих дозровок и реакций на них организма.

Для обеспечения более качественного расчета в мобильном приложении используются следующие подходы: регрессионный анализ, методы машинного обучения и нейросети. Расчет дозы инсулина с помощью мобильного приложения будет выглядеть следующим образом: пациент загружает дневник самоконтроля для обучения алгоритмов, после чего каждый из реализованных алгоритмов сможет вычислить рекомендуемую дозу инсулина для текущего состояния пациента.

Задача алгоритма – на основе предоставленной информации о пациенте получить индивидуальную модель расчета дозировки инсулина. Реализация алгоритмов выполнена с помощью интерактивной оболочки IPython. Используются библиотеки Tensorflow, Keras, Sklearn. Для расчета дозировки инсулина предлагается использовать следующие методы, которые обучаются на основе имеющихся данных – дневник самоконтроля (информация о времени, уровне глюкозы в крови, дозировке инсулина и количестве употребленных хлебных единиц):

- 1) линейная регрессия;
- 2) логистическая регрессия;
- 3) алгоритм k -ближайших соседей;
- 4) метод опорных векторов;
- 5) дерево решений;
- 6) случайный лес;
- 7) искусственные нейронные сети.

Результаты работы алгоритмов показывают, что для каждого пациента наиболее точно прогнозируют дозы инсулина разные подходы, поэтому предлагается выбирать наиболее точный из алгоритмов на основе средней относительной ошибки. Для тестирования использованы дневники самоконтроля 5 пациентов, в каждом дневнике накоплена информация о пациенте за 3–4 недели. В сумме для анализа было использовано 250 записей (фактов).

Для анализа экстраполяции расчета дозы инсулина для каждого пациента данные были разделены на две выборки: для обучения алгоритмов и для прогнозирования дозировки, объемом в отношении два к одному соответственно. Поскольку все данные имеют хронологический порядок, то данные для прогнозирования имеют более позднюю дату, что соответствует требованию приложения, которое должно по предыдущим дозировкам вычислять новые. На рис. 1 представлены коэффициенты детерминации формулы расчета дозировки для исследуемых данных (данные для прогнозирования).

Пациент	1	2	3	4	5
linear	0,83	0,72	0,59	0,77	0,24
logistic	0,29	0,82	0,04	0,63	1
svr	0,91	0,74	0,68	0,84	0,38
knn	0,88	0,86	0,61	0,77	0,85
tree	0,92	0,82	0,4	0,83	-0,93
forest	0,93	0,87	0,71	0,87	0,11
neural	0,88	0,58	0,82	0,77	-2,12

Рис. 1. Коэффициент детерминации расчета на тестовой выборке

Полученные результаты подтверждают гипотезу, что для разных пациентов наиболее точно рассчитывают дозу инсулина разные алгоритмы. Для каждого пациента находятся подходы, которые прогнозируют абсолютно верную дозировку не менее чем в 26 % случаях, как для пациента № 3. В то же время для пациента №5 логистическая регрессия прогнозирует верно дозировку в 100 % случаях.

Для описания ситуаций использования приложения пользователем представлена диаграмма прецедентов Use Case (рис. 2). Для работы с мобильным приложением пациенту необходимо зарегистрироваться в приложении и загрузить свои записи из дневника

самоконтроля. Далее пациент лишь вводит следующие параметры: уровень глюкозы в крови, количество хлебных единиц, которые собирается употребить в пищу, – в ответ приложение выводит рекомендуемую дозу инсулина.

Мобильное приложение реализовано с использованием сервис-ориентированной архитектуры и состоит из следующих компонентов:

- 1) сервер баз данных;
- 2) веб-служба;
- 3) мобильный клиент.



Рис. 2. Диаграмма прецедентов

Сервер баз данных реализован с помощью MySQL, благодаря чему доступны параллельная обработка запросов, а также их эффективное выполнение. Веб-служба реализована на Python с помощью фреймворка Flask. Данная технология реализована с помощью метода коммуникации веб-сокеты. Позволяет реализовать на сервере многопоточную обработку запросов. Мобильный клиент реализован с помощью кроссплатформенной разработки Xamarin, что позволяет развернуть приложение на двух операционных системах Android и iOS. На рис. 3 представлена страница мобильного приложения, где пользователь вводит количество хлебных единиц («Carbo») и уровень глюкозы в крови до еды («GlucoseBefore»), получая в ответ рекомендуемую дозу инсулина.

Приложение для разных пациентов прогнозирует точную дозировку в 26–100 % случаях, коэффициент детерминации при этом не ниже 0,82. Практической значимостью работы является то, что приложение предлагает пользователю необходимую дозировку.

The screenshot shows a mobile application interface for insulin dosage calculation. At the top, there is a status bar with the time 16:18, signal strength, YOTA 4G, Tele2 3G, and a 74% battery level. Below the status bar is a black header with a white back arrow. The main content area is white and contains several input fields and buttons. The fields are: Date (07.05.2018), Time (16:17), Carbo (4), GlucoseBefore (6), and Insulin (7). There is also a Forecast section with the text '7 - Forest (0,93)' and a 'FORECAST' button. At the bottom of the form is a 'SAVE' button.

Рис. 3. Калькулятор дозировки

Таким образом, человек освобождается от подсчета дозировки, а программный продукт поможет дать более точную дозу инсулина, поскольку учитывает историю предыдущих дозировок и реакций на них организма. В отличие от существующих программных продуктов разработанное мобильное приложение имеет больший пул алгоритмов для вычисления дозы инсулина, что существенно влияет на точность результатов.

Библиографический список

1. IDF DIABETES ATLAS // Seventh edition International. Diabetes Federation. 2010. – URL: <http://www.idf.org/about-diabetes/facts-figures> (дата обращения: 06.05.2018).
2. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus. – Geneva, 1999.

3. Уровень сахара в крови при сахарном диабете 1-го и 2-го типа // Diabethelp.org. 2010. – URL: <http://diabethelp.org/bolezni/uroven-sakhara-v-krovi-pri-diabete.html> (дата обращения: 06.05.2018).

4. Кадомский Ю. Точная инсулинотерапия сахарного диабета 1-го типа. Практика точного расчета дозы инсулина // Библиотека Диа-Клуба. – 2010. – URL: <http://juri.dia-club.ru/index.php> (дата обращения: 06.05.2018).

Сведения об авторах

Чусовлянкин Алексей Александрович – студент Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», гр. ПИ-14-1, г. Пермь, e-mail: lixich@mail.ru.

Морозенко Владимир Викторович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Информационные технологии в бизнесе» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Пермь, e-mail: v.morozenko@mail.ru.

М.И. Ямаев, С.Ф. Тюрин

МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСНОГО УСТРОЙСТВА МОЗГ-КОМПЬЮТЕР

Сегодня существует множество подходов для улучшения работы интерфейсного устройства мозг-компьютер. Некоторые уже настолько себя зарекомендовали, что стали своего рода стандартными для исследователей. Но проблемы точности и быстродействия всё так же актуальны, и они мешают повсеместному внедрению. Проведён анализ устоявшихся алгоритмов, а также новых методик. Новые методы существенно лучше стандартных, но проблема классификации всё еще актуальна.

Ключевые слова: интерфейсное устройство мозг-компьютер, классификация, электроэнцефалограмма, P300, ССВП.

M.I. Iamaev, S.F. Tyurin

WAYS TO IMPLEMENT BRAIN-COMPUTER INTERFACE

Today, there are many approaches to improve an efficiency of the brain-computer interface. Some have already proved themselves so much that they have become a kind of standard for researchers. But the problems of accuracy and speed are still relevant. And they interfere with daily implementation. The analysis of well-established algorithms, as well as new techniques, is carried out. New methods are much better than standard ones, but the problem of classification is still relevant.

Keywords: brain-computer interface, classification, electroencephalogram, P300, SSVEP.

Интерфейсное устройство мозг-компьютер (ИУМК) – система, позволяющая человеку научиться управлять внешними исполнительными устройствами посредством свободной модификации собственной ЭЭГ напрямую от мозга без участия нервов и мышц. Система декодирует мозговые сигналы и определяет намерение испытуемого. Данное направление исследований новое и очень перспективное. Изначально ИУМК находят своё применение в медицине [1], к примеру, восстановление после повреждения мозга после инсультов. Именно благодаря недавним успехам в нейронауке мы сейчас имеем возможность разработки такой системы, чем собственно и занимаются многие коллективы исследователей по миру. Появляются конкурсы на

лучший алгоритм или применение, к примеру: BCI Award 2015-2017, BCI Competition I-IV, Cybathlon-2016. ИУМК сейчас очень сильно связано с робототехникой и нейропротезированием [2]. Другое применение исходит из развлекательной индустрии и бытовой сферы человека. В статье будут рассматриваться неинвазивные ИУМК, так как являются безопасными и более распространёнными по сравнению с инвазивными.

Вопрос является открытым, потому что до сих пор решаются проблемы точности и оптимизации этих интерфейсов. Причём чем дальше заходят успехи исследователей в анализе данных, тем дальше продвигается технология ИУМК. Первым элементом интерфейса мозг-компьютер является электроэнцефалограф. «Сырой» ЭЭГ-сигнал нуждается в предварительной обработке, так как изначально сигнал очень сильно зашумлён. Шумы вызваны как внешним электромагнитным фоном, так и фазовым шумом. Источником может быть наш мозг вследствие того, что реакция всегда различна, либо сам интерфейс, работающий неравномерно, либо операционная система, на которой производится обработка сигнала. При различных методах «очистки» сигнала от шума удаётся выделить необходимые пики. После предобработки сигнала электрической активности мозга в зависимости от выбранного метода выделяются характерные признаки. Затем их классифицируют различными методами. Данные методы нередко основаны на машинном обучении. Схема архитектуры ИУМК приведена на рисунке.

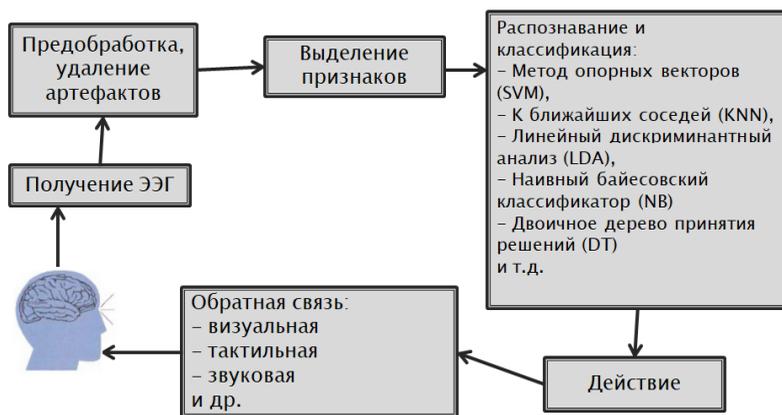


Рис. Структура ИУМК

Вообще подходы к получению ЭЭГ-сигнала делятся на активный и пассивный. Активный ИУМК основан на добровольной когнитивной деятельности. К примеру, воображаемые движения (Motor Image-gy) – своего рода репетиция движений, а после и сами реальные движения. Задача определения движений упрощается тем, что воображение движений задействует схожие области мозга [3]. Пассивный ИУМК основан на ответных реакциях мозга на различные внешние раздражители. Первый из основных – это соматосенсорный вызванный потенциал (ССВП), который генерируется в затылочной области, когда испытуемый фокусируется на цели, мерцающей с постоянной частотой. На основе этой обратной биологической связи устроены ССВП-ИУМК (SSVEP-BCI). ИУМК на основе СВП являются быстрыми и надежными, но испытуемые нуждаются в небольшой тренировке [4]. С другой стороны, популярны системы ИУМК на основе связанных с событиями потенциалов типа P300. Это реакция на редкий визуальный раздражитель, которая возникает примерно через 300 мс [5]. ИУМК на основе P300 нуждаются в повторяющихся последовательностях стимулирования, а это увеличивает время общей стимуляции и тем самым уменьшает скорость передачи информации. Многие рассматривают возможность создания гибридных ИУМК и изучают их практическую значимость. Уже сегодня, совмещая два способа работы ИУМК, удалось преодолеть слабые стороны каждого, получая тем самым более надежный и более эффективный спеллер на сегодняшний день [6].

На этапе преобработки сигнала обычно пользуются фильтрами высоких и низких частот. Для пространственной фильтрации используют перерасчет значений сигнала тока смещения относительно нового референтного потенциала (электрода) [7]. Для борьбы с эффектами от движения глаз или мышц осуществляют линейное разложение сигнала на компоненты и после восстанавливают уже без артефактов.

Далее для выделения признаков может применяться, к примеру, дискретное преобразование Фурье либо вейвлет-преобразование. На данном этапе могут использоваться известные методы обработки сигнала: статистический анализ [8]; спектральный анализ; пространственная фильтрация многоканального ЭЭГ сигнала [9]; анализ в частотно-

временной области [10]; метод построения регрессионных моделей [11]. Но это всё, по сути, ручной поиск признаков.

Конечным этапом определения намерений испытуемых является классификация полученных паттернов. Данные делят на N классов. А далее используется математический аппарат. Наиболее зарекомендовавшие себя «стандартные» классификаторы:

– метод опорных векторов (SVM) уже стал стандартным методом для классификации. Данные делятся на обучающую и тестовую выборку. Вначале классификатор получает обучающую выборку с определёнными заранее метками, по которой классификатор строит модель, разделяющую выборку на классы. Далее в работу классификатора вступает тестовая выборка без меток, в которой классификатор распознает классовую принадлежность паттернов ЭЭГ. Далее определяется точность классификации в процентах, все результаты объединяют в один вектор [12];

– линейный дискриминантный анализ (ЛДА, LDA). Это метод поиска линейной комбинации переменных, наилучшим образом разделяющей два или более класса. Сам по себе ЛДА не является методом классификации, хотя и предоставляет информацию о принадлежности паттерна к одному из классов. Результат линейного дискриминантного анализа используют в качестве линейного классификатора [13];

– наивный байесовский классификатор (NB), простой вероятностный классификатор, основанный на применении теоремы Байеса со строгими (наивными) предположениями о независимости;

– двоичное дерево принятия решений (DT) – это дерево, в листьях которого стоят значения целевой функции, а в остальных узлах – условия перехода, определяющие, по какой из ветвей идти. Если для данного паттерна условие – истина, то осуществляется переход по левой ветви, иначе же, в случае лжи – по правой ветви.

Выделим более современные классификаторы, которые уже конкурируют со «стандартными», – классификатор на основе взаимно-корреляционной функции [14], которая используется как стандартный метод оценки степени корреляции двух последовательностей. Здесь говорится о методике взаимной корреляции с подходом «один против других» для многоклассовой классификации. Данный метод оказался лучше предложенных на BCI Competition IV.

В исследовании [15] используют генетический алгоритм при классификации для траекторий движения роботизированной руки. Это позволило исследователям добиться точности классификации в 75,77 %. Так же стоит обратить внимание на исследование тактильной обратной связи, помимо визуальной. Исследования показали, что активность мозга у испытуемых возникала в значительной разнице после тактильной стимуляции [16].

Заключение. В сопряжении с открытиями в областях анализа данных, машинного обучения, цифровой обработки сигналов происходит постепенная эволюция алгоритмов классификации, а также выделения признаков в интерфейсах мозг-компьютер. Хотя интерфейсы начали внедрять в различных сферах, о повсеместном использовании ещё говорить рано. Многие методы появились благодаря открытиям в медицине. А ключ решения проблемы может оказаться не только в задаче классификации. Проблема актуальна, ведь точность до сих пор колеблется в значениях от 65 до 85 %. Причём высокие показатели обусловлены конкретными испытуемыми, и в результате для большинства оказываются ниже.

Библиографический список

1. Анализ структурной синхронности ЭЭГ подростков, страдающих расстройствами шизофринического спектра / С.В. Борисов, А.Я. Каплан, Н.Л. Горбачевская, И.А. Козлова // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. – № 3. – С. 16.

2. Krishnaswamy Kavita, Kuber Ravi, Oates Tim. Developing a limb repositioning robotic interface for persons with severe physical disabilities // *Univers. Access Inf. Soc.* 15, 4 (November 2016). – 2016. – P. 609–627.

3. Mental representations of movements. Brain potentials associated with imagination of hand movements / R. Beisteiner, P. Höllinger, G. Lindinger, W. Lang, A. Berthoz // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 96. – 1995. – P. 183–193.

4. A practical VEP-based brain-computer interface / Y. Wang, R.P. Wang, X.R. Gao, B. Hong, S.K. Gao // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering.* – June 2006. – Vol. 14. – №. 2. – P. 234–240.

5. Интерфейс мозг-компьютер «на волне P300»: исследование эффекта номера стимулов в последовательности их предъявления / И.П. Ганин [и др.] // Физиология человека. – 2012. – Т. 38. – №. 2. – С. 5–13.

6. Chang M. H. et al. Eliciting dual-frequency SSVEP using a hybrid SSVEP-P300 BCI // Journal of neuroscience methods. – 2016. – Т. 258. – С. 104–113.

7. Кондыбаева А.Б., Калашников Е.А. Анализ данных и уменьшение размерности сигнала с помощью метода главных компонент для задачи удаления артефактов (шума) // Universum: Технические науки: электрон. науч. журн. – 2017. – № 12(45).

8. Kalcher J., Pfurtscheller G. Discrimination between phase-locked and non-phase-locked event-related EEG activity // Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. – 1995. – Vol. 94(5). – P. 381–384.

9. Новотоцкий-Власов В.Ю., Гарах Ж.В., Ковалев В.П. Метод подавления повторяющихся артефактов в многоканальной записи ЭЭГ // Физиология человека. – 2007. – Т. 33. – № 2. – С. 115.

10. Алгоритм классификации сигналов ЭЭГ на основе анализа в частотно-временной области / В.И. Скругин, А.О. Роик, Р.А. Наумов, А.Г. Трофимов // Нейроинформатика-2010: сб. науч. тр. XII Всерос. науч.-техн. конф. – М.: Изд-во НИЯУ МИФИ. – 2010. – Т. 1. – С. 266–276.

11. Соськин К.М. Распознавание паттернов мозговой активности на основе метода символьной регрессии // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2013. – № 2(169). – С. 117–122.

12. Классификация электроэнцефалографических паттернов воображаемых и реальных движений пальцев одной руки методом опорных векторов / К.М. Соськин, Л.А. Станкевич, Ю.Г. Хоменко, Ж.В. Нагорнова, Н.В. Шемякина // ТМЖ. – 2014. – № 2(56). – С. 30–35.

13. Миганько А.В., Калиниченко А.Н. Оценка глубины анестезии на основе анализа частотных свойств ЭЭГ // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2015. – № 2. – С. 55–59.

14. Krishna D.H., Pasha I.A., Savithri T.S. Classification of EEG motor imagery multi class signals based on cross correlation // Procedia Computer Science. – 2016. – Т. 85. – С. 490–495.

15. Roy R., Mahadevappa M., Kumar C.S. Trajectory path planning of EEG controlled robotic arm using GA // Procedia Computer Science. – 2016. – Т. 84. – С. 147–151.

16. Wu H. et al. Evaluation of motor training performance in 3D virtual environment via combining brain-computer interface and haptic feedback // Procedia Computer Science. – 2017. – Т. 107. – С. 256–261.

Сведения об авторах

Ямаев Марсель Ильгамович – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИВТ-17-а, г. Пермь, e-mail: viziter@live.ru.

Тюрин Сергей Феофентович – доктор технических наук, заслуженный изобретатель Российской Федерации, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru.

А.Н. Аношкин, П.В. Писарев, Ю.С. Кирова

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРЕВА ОБРАЗЦОВ ИЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

В данной статье проводятся исследования по определению технологических параметров при ручном методе переработки термопластичных композиционных материалов (ТКМ). В рамках вычислительных экспериментов рассматривались различные методы прогрева и охлаждения заготовок из ТКМ. По результатам численных экспериментов были получены поля распределения температур для слоистого пакета при контактном и бесконтактном методах нагрева. На основе проведенного анализа были определены технологические параметры процессов нагрева и охлаждения заготовок из ТКМ.

Ключевые слова: термопластичный композиционный материал, численное моделирование, прогрев заготовки, технологические параметры, охлаждение заготовки, слоистый пакет.

A.N. Anoshkin, P.V. Pisarev, Yu.S. Kirova

NUMERICAL SIMULATION OF THERMOPLASTIC COMPOSITE SAMPLES HEATING DURING MANUFACTURE PROCESS

This paper reviews researches of technological parameters definition for manual method of thermoplastic materials conversion. Different thermoplastic material heating and cooling methods were explored within numerical experiments. Temperature fields for laminate package with contact and non-contact heating were found as result of numerical experiments. Technological parameters of thermoplastic samples heating and cooling processes were defined on basis of carried out analysis.

Keywords: thermoplastic composite material, numerical modeling, sample preheating, technological parameters, sample cooling, laminated.

Введение. На сегодняшний момент существуют три основных технологии изготовления деталей из термопластов: прессование из дисперсно-армированных материалов; термоштамповка из листовых заготовок и автоматизированная выкладка препрега [1, 2]. Применение технологии прессования несет в себе экономическую выгоду за счет более высокотемпературных и энергоемких режимов. Технология прессования включает в себя ряд этапов: нагрев; термоформирование и охлаждение. В настоящее время на предприятиях используется оборудование

с рабочим температурным диапазоном 200–300 °С, в то время как температура для переработки ТКМ обычно составляет около 400 °С. Поэтому для внедрения серийного производства изделий из ТКМ требуется проведение исследований, направленных на определение компонентов оборудования, т.е. подбор режимов для равномерного прогрева на протяжении всего цикла формования и вычисление времени транспортировки с температурой формования (охлаждение). В связи с этим численное моделирование процессов переработки с использованием различных методов нагрева и охлаждения для определения возможного времени транспортировки является актуальной задачей.

Постановка задачи. В качестве объекта исследования рассматривается заготовка – слоистый пакет, состоящий из шести слоев текстильного ТКМ (объемное содержание волокна 58 %, плетение *5HSatin*). Для всех расчетных случаев прогрева рассматривался слоистый пакет с геометрическими размерами 700×700×1,8 мм. В первом случае ТКМ расположен между пластинами термопресса. Для металлических пластин поддерживается постоянная температура нагрева 400 °С. Между боковыми гранями и окружающей средой происходит конвективный теплообмен. Во втором и третьем случаях слоистый ТКМ помещен в металлический штамп с размерами 820×820×21,8 мм. Металлический штамп размещен в замкнутой камере с внутренними размерами 880×880×61,8 мм. Во втором случае происходит конвективный нагрев, а в третьем – нагрев при помощи источников тепла. Во всех трех случаях контакт между телами рассматривается как идеальный.

Для численного моделирования процесса охлаждения реализованы три модели:

- 1) конвективное охлаждение слоистой заготовки из ТКМ в замкнутом металлическом штампе, размеры пакета и штампа приведены выше;
- 2) слоистая заготовка из ТКМ в металлическом штампе с открытыми боковыми гранями;
- 3) слоистая заготовка из ТКМ без металлического штампа.

Численное моделирование. Для проведения ряда вычислительных экспериментов по моделированию технологического процесса переработки термопластичных композиционных материалов были построены геометрические модели. На рис. 1, *а* представлена геометрическая модель прогрева контактным методом, где 1 – многослойная заготовка; 2 – металлические пластины. На рис. 1, *б* представлена

геометрическая модель прогрева бесконтактным методом, где 1 – многослойная заготовка; 2 – металлический штамп; 3 – воздушная прослойка.

Теплофизические свойства ТКМ определялись численно по методике, представленной в работе [3], с использованием свойств компонентов [4]. Численное моделирование проводилось в программном комплексе ANSYS.

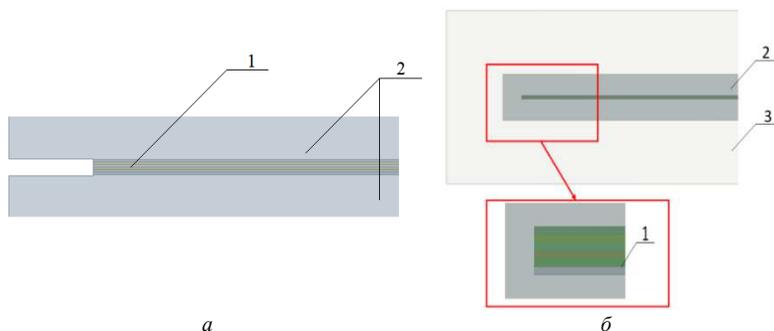


Рис. 1. Общий вид геометрической модели прогрева

По результатам численных экспериментов были получены поля распределения температуры в слоистом пакете при контактном методе нагрева. Время прогрева составило $t = 20$ с (рис. 2). Анализ полученных результатов выявил, что использование штампа большего размера, чем заготовка, ведет к более равномерному прогреву.

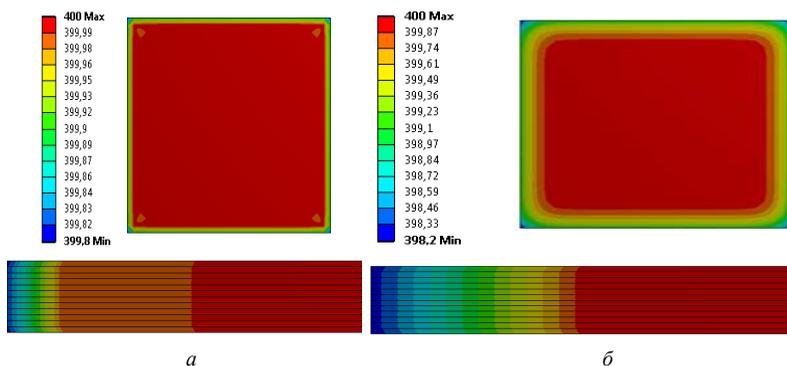
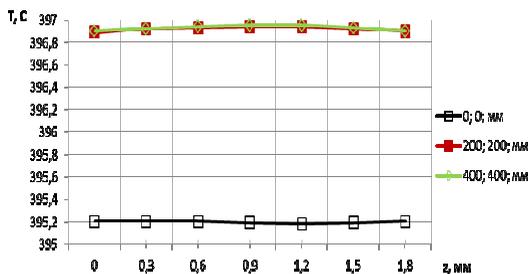
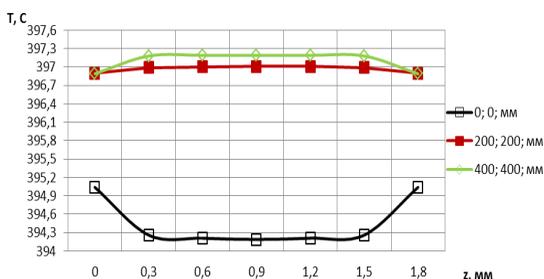


Рис. 2. Результаты прогрева слоистой заготовки контактным методом для пластин размерами: $a - 700 \times 700 \times 30$ мм., $b - 800 \times 800 \times 30$ мм

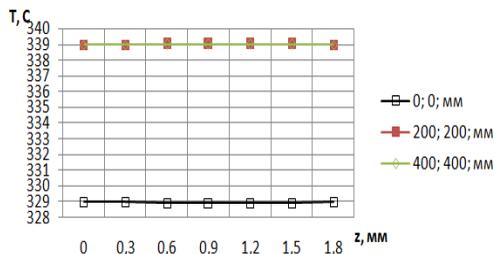
По результатам численных экспериментов процесса охлаждения слоистого пакета из ТКМ были построены эпюры по толщине образца в момент времени $t = 60$ с. Анализ полученных результатов выявил, что применение закрытого штампа способствует более медленному и равномерному охлаждению заготовки. Исходя из этого, дальнейшие случаи прогрева заготовки будут рассматриваться в закрытом штампе.



a



б



в

Рис. 3. Результаты моделирования охлаждения слоистой заготовки при начальной температуре пластин и штампа 400 °С

По результатам моделирования прогрева слоистой упаковки из ТКМ в замкнутой камере были получены распределения температур, представленные в виде графиков эпюр в моменты времени $t = 4$ с (рис. 4, а, в) и $t = 30$ с (рис. 4, б, г).

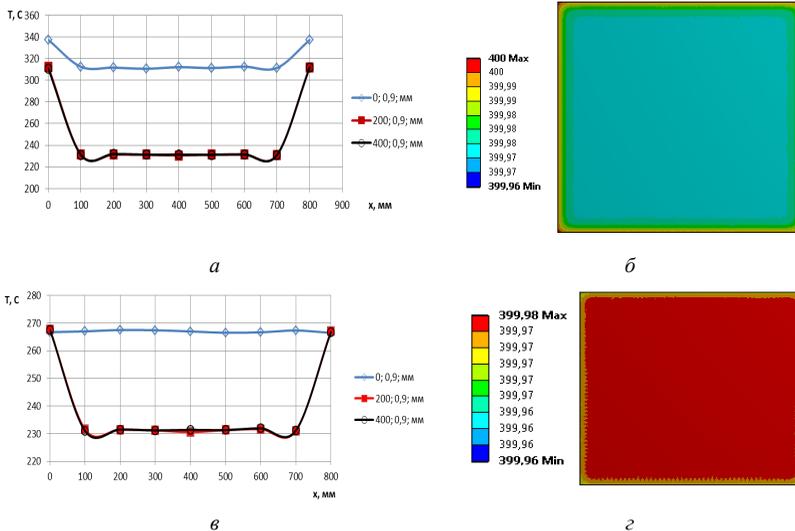


Рис. 4. Результаты прогрева слоистой заготовки в момент времени: а, б – конвективным методом; в, г – источниками нагрева

Анализ полученных результатов выявил, что при бесконтактном методе нагрева посредством конвективного теплообмена наблюдаются значительные перепады температуры на начальных этапах. Максимальный температурный перепад в слоистой заготовке составил 100°C в момент времени $t = 4$ с.

В момент времени $t = 30$ с температурный перепад составил $0,2^\circ\text{C}$. Дополнительно стоит отметить, что время прогрева по сравнению с контактным методом увеличилось на 20 %.

Заключение. По результатам исследования получены технологические параметры процессов нагрева и охлаждения заготовок из ТКМ. Транспортировка и формование заготовки из ТКМ без металлического штампа должны осуществляться не более чем за 1 мин, а с применением металлического штампа не более 4 мин. При прогреве заготовки из ТКМ без использования металлического штампа рекомендуется

использовать камеру со смешанным лучисто-конвективным обогревом с индивидуальными регуляторами температуры для обеспечения равномерного прогрева без расплавления верхних слоёв, а при прогреве в металлическом штампе возможно применять контактный метод.

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57717X0261.

Библиографический список

1. New affordable reinforced thermoplastic composite for structural aircraft applications / D.R. Meyer, P. Carnevale, H.E.N. Bersee, A. Beukers // 50th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference. – 2009.

2. Kobayashi S., Tanaka A. Resin Impregnation Behavior in Processing of Unidirectional Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Composites // Advanced Composite Materials. – 2012. – P. 91–102.

3. Михайловский К.В., Просунцов П.В., Резник С.В. Разработка высокотеплопроводных полимерных композиционных материалов для космических конструкций // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – С. 98–106.

4. Modeling of thermoplastic composites solidification and estimation of residual stresses / B.N. Fedulov, A.A. Saonov, M.M. Kantor, S.V. Lomov // Composites and Nanostructures. – 2017. – P. 102–122.

Сведения об авторах

Аношкин Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: anoshkin@pstu.ru.

Писарев Павел Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: pisarev85@live.ru.

Кирова Юлия Сергеевна – аспирантка кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: yulia-yulik@mail.ru.

И.А. Боброва, И.С. Полевщиков

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ ОБ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Рассмотрены недостатки процессов сбора и обработки данных об успеваемости студентов без использования средств автоматизации. Приведены функциональные требования и макеты пользовательских интерфейсов программной системы, позволяющей преодолеть указанные недостатки.

Ключевые слова: автоматизация учебного процесса, программная система, контроль формирования компетенций.

I.A. Bobrova, I.S. Polevshchikov

DEVELOPMENT OF A PROGRAM SYSTEM FOR THE COLLECTION AND ANALYSIS OF DATA ON THE PROGRESS OF STUDENTS

The shortcomings of the processes of collecting and processing data on student performance without using automation tools are considered. Functional requirements and layouts of the user interfaces of the software system are considered, which allows to overcome these shortcomings.

Keywords: automation of the educational process, software system, control of the formation of competencies.

Контроль уровня освоения элементов компетенций студентами (в частности, знаний, умений, владений) является неотъемлемой составляющей деятельности преподавателя вуза [1–3]. Соответственно, возникает задача сбора и обработки информации о результатах контроля.

Без применения специальных средств автоматизации данная задача становится трудоемкой для преподавателя. В частности, усложняются процессы:

- получения комплексных оценок работы студентов в течение семестра на основе результатов по отдельным видам контроля;
- определения очередности проверки работ при их большом количестве (например, во время сессии);
- получения в систематизированном виде результатов проверки большого числа различных работ студентов (отчеты по лабораторным, практическим работам и т.д.).

У студента отсутствует возможность в удобное время получить в наглядном виде все результаты контроля, не обращая за информацией к преподавателю.

Решению рассматриваемой проблемы посвящен ряд научных работ и практических разработок [2–3], однако фактически отсутствуют системы, позволяющие ликвидировать все имеющиеся недостатки, сделать процессы сбора и обработки информации об успеваемости максимально эффективными как для преподавателей, так и для студентов.

Поэтому актуальной является разработка новой программно-информационной системы, позволяющей устранить недостатки.

Функциональные требования к личному кабинету преподавателя в разрабатываемой системе показаны на рис. 1 в виде диаграммы вариантов использования UML [4].

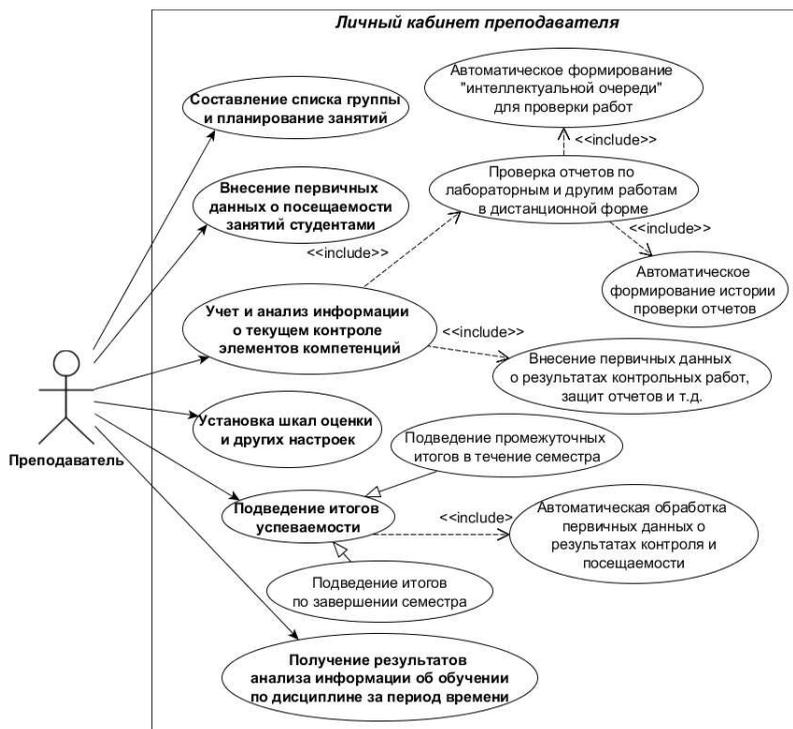


Рис. 1. Функциональные требования (личный кабинет преподавателя)

Важной отличительной особенностью системы является формирование «интеллектуальной очереди» для проверки преподавателем работ (лабораторных, практических и т.д.) дистанционно. Место в очереди поступившей на проверку работы зависит как от времени получения работы преподавателем, так и от ряда других факторов, в частности, степени выполнения работы, вычисленной по результатам предыдущей проверки, среднего времени проверки этой работы у студентов данным преподавателем и т.д. Очередь обновляется при поступлении новой работы на проверку.

Очередь, организованная по такому принципу, позволит рациональнее использовать время как преподавателя, так и студента. В частности, если работа некоторого студента уже проверялась ранее преподавателем и осталось незначительное число замечаний, то студент будет меньше ждать результатов проверки работы. Фрагмент макета пользовательского интерфейса с электронной очередью студенческих работ показан на рис. 2.

№ в очереди	Срок проверки	Осталось времени	ФИО	Группа	Дисциплина	Работа
<u>1</u>	25 мая, 12-00	< 1 часа	Андреев Г.Р.	КОБ-01	Информатика 1	ЛР №3
<u>2</u>	26 мая, 13-00	> 1 дня	Иванова М.Н	АСУ-056з	Информатика 1	КР №1
<u>3</u>	25 мая, 19-00	< 7 часов	Петров И.Д.	РИС-036	Базы данных	ЛР №1
<u>4</u>	26 мая, 19-00	> 1 дня	Соколова С.О.	РИС-036	Базы данных	реферат
<u>5</u>	26 мая, 21-00	> 1 дня	Сидоров А.С.	ЭВТ-046зу	Архитектура ЭВМ	КР №2

Рис. 2. Фрагмент макета пользовательского интерфейса (очередь работ)

Преподаватель проверяет работы студентов в дистанционной форме с возможностью просмотра истории проверок. Фрагмент макета соответствующей экранной формы представлен на рис. 3. На основе оценки отдельных частей (заданий) в рамках работы системой автоматически будет рассчитана степень выполнения работы.

Функциональными требованиями к личному кабинету студента являются:

- отправка на проверку преподавателю работ в дистанционной форме и получение результатов проверки;

– просмотр информации о посещаемости, результатах текущего контроля элементов компетенций, итогов успеваемости в семестре.

Фрагмент макета пользовательского интерфейса студента с историей проверки работ по некоторой дисциплине показан на рис. 4.

Оценивание частей работы:

Часть работы	Предыдущая проверка (20.04.18)		Новая проверка	
	Зачет	Примечание	Зачет	Примечание
Запрос №1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Запрос №2	<input type="checkbox"/>	Нужно выводить все поля таблицы	<input type="checkbox"/>	
Запрос №3	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Запрос №4	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Запрос №5	<input type="checkbox"/>	В постановке задачи условие "более 500"	<input type="checkbox"/>	
Запрос №6	<input type="checkbox"/>	Нужно выводить только номера деталей	<input type="checkbox"/>	
Запрос №7	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Рис. 3. Фрагмент макета пользовательского интерфейса (проверка работы)

Дисциплина: Базы данных

Преподаватель: доцент Соколов А.Д.

Перечень лабораторных работ:

№ работы	Название работы	Дата последней проверки	Состояние
<u>1</u>	Основы написания запросов на SQL	20.04.18	отправлено на проверку (2-й раз)
<u>2</u>	Проектирование БД	-	не отправлялось на проверку
<u>3</u>	Создание однопользовательской БД в СУБД MySQL	12.03.18	зачтено
<u>4</u>	Создание многопользовательской БД в СУБД MySQL	25.03.18	проверено (1-й раз), есть замечания

Рис. 4. Фрагмент макета пользовательского интерфейса (история проверки работ)

Фрагмент макета пользовательского интерфейса студента с детальными результатами проверки некоторой работы представлен на рис. 5.

Дисциплина: Базы данных

Преподаватель: доцент Соколов А.Д.

Работа: ЛР №1 «Основы написания запросов на SQL»

Файл работы: Загрузить файл

Отправить на проверку

Результаты предыдущей проверки(20.04.18):

Степень выполнения работы: 57%

Часть работы	Зачет	Примечание
Запрос №1	<input checked="" type="checkbox"/>	
Запрос №2	<input type="checkbox"/>	Нужно выводить все поля таблицы
Запрос №3	<input checked="" type="checkbox"/>	
Запрос №4	<input checked="" type="checkbox"/>	
Запрос №5	<input type="checkbox"/>	В постановке задачи устоие "более 500"
Запрос №6	<input type="checkbox"/>	Нужно выводить только номера деталей
Запрос №7	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рис. 5. Фрагмент макета пользовательского интерфейса
(детальная информация о проверке)

Продолжением настоящего исследования будут являться уточнение функциональных требований к системе, совершенствование макетов пользовательских интерфейсов, выбор средств реализации системы, детальное проектирование и реализация системы.

Библиографический список

1. Столбова И.Д. Адаптивное управление качеством предметной подготовки в техническом вузе на основе компетентностного подхода (на примере графической подготовки студентов): автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.10. – М., 2012.

2. Боброва И.А., Полевщиков И.С. Информационная система для учета успеваемости студентов вуза // Новые информационные технологии в образовании и науке: материалы краев. науч.-практ. конф. (Пермь, 1 нояб. 2017 г.) / Перм. гос. аграрно-технолог. ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова. – Пермь: Прокрость, 2018. – С. 11–13.

3. Боброва И.А., Полевщиков И.С. Автоматизированная система учета успеваемости студентов вуза // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы всерос. науч.-техн. конф. (г. Пермь, 23 мая 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – Т. 1. – С. 176–180.

4. Леоненков А.В. Самоучитель UML. – 2-е изд., пер. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 432 с.

Сведения об авторах

Боброва Ирина Александровна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-15-1б, г. Пермь, e-mail: bobrovairina1812@gmail.com.

Полевщиков Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru.

Д.А. Бортник, Г.Ф. Масич

КОНФИГУРИРОВАНИЕ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ SDN

В статье сформулирована задача необходимости формирования гарантированного высокоскоростного канала связи по требованию пользователей между распределенными в пространстве приложениями, обрабатывающими интенсивные потоки данных. Предложен подход к ее решению с помощью технологии программно-конфигурируемых сетей (SDN). Показаны результаты моделирования процесса конфигурирования end-to-end соединения в среде эмуляции сети Mininet посредством внешнего SDN-контроллера Floodlight.

Ключевые слова: сеть, SDN, Mininet, контроллер, конфигурация.

D.A. Bortnik, G.F. Masich

CONFIGURING DATA NETWORK USING SDN TECHNOLOGY

The article deals with the problem of necessity to form a guaranteed high-speed communication channel on user's demand between processing intensive data flows applications. It was suggested an approach for its solution with Software-Defined Networking technology. The results of modelling the end-to-end connection configuration process in the Mininet network emulation environment using external SDN-controller Floodlight are shown.

Keywords: network, SDN, Mininet, controller, configuration.

Введение. При проведении современных научных экспериментов генерируются большие объемы данных, своевременное перемещение этих данных для дальнейшего анализа является одним из важнейших аспектов для новых научных коллабораций (LOFAR, CERN и т.д.). Высокоскоростные научные сети, экстремальные требования к которым отличают их от сетей общего пользования, обеспечивают возможность быстрой передачи данных между взаимодействующими территориально распределенными конечными системами (суперкомпьютеры, системы хранения, экспериментальные установки, обсерватории). Например, специфика подхода обработки в реальном времени на суперкомпьютере потока измеряемых данных [1] требует образования гарантированного скоростного канала связи между взаимодействующими системами. Возможность формирования гарантированных

каналов связи по требованию пользователей является предметом активных исследований и разработок текущего времени [2].

Software-defined networking. Концепция программно-конфигурируемых сетей (SDN) предлагает централизованный подход к управлению сетями передачи данных, который обладает преимуществами в условиях необходимости частого переконфигурирования каналов связи. На рис. 1 [3] представлена архитектура данной технологии.

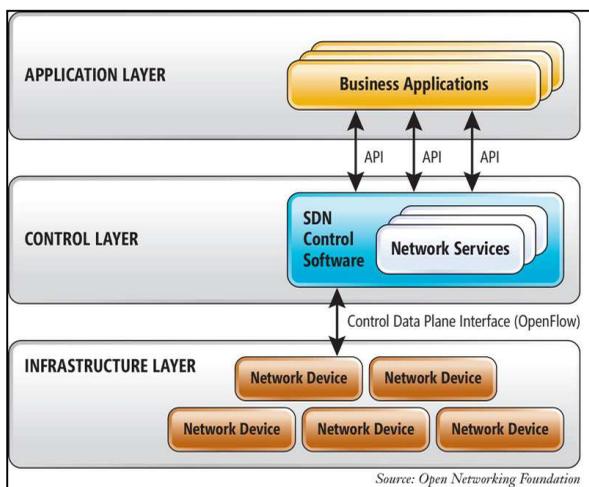


Рис. 1. Архитектура SDN

Выделяют три уровня – уровень инфраструктуры, уровень управления и уровень приложений. Уровень инфраструктуры представлен сетевым оборудованием. На уровне управления находится SDN-контроллер, который управляет всем оборудованием – генерирует и отправляет коммутаторам и маршрутизаторам правила для передачи трафика. Уровень приложений транслирует высокоуровневые правила работы сети в команды, специфичные для контроллера [4].

Моделирование SDN. Для исследования возможностей настройки канала в SDN-сети по требованию пользователя был использован эмулятор сети Mininet, который позволяет создавать реалистичную виртуальную сеть, загружая реальное ПО коммутаторов, и подключаться к внешнему SDN-контроллеру. В качестве контроллера был выбран Floodlight. Исследование было проведено на примере сети, изображенной на рис. 2.

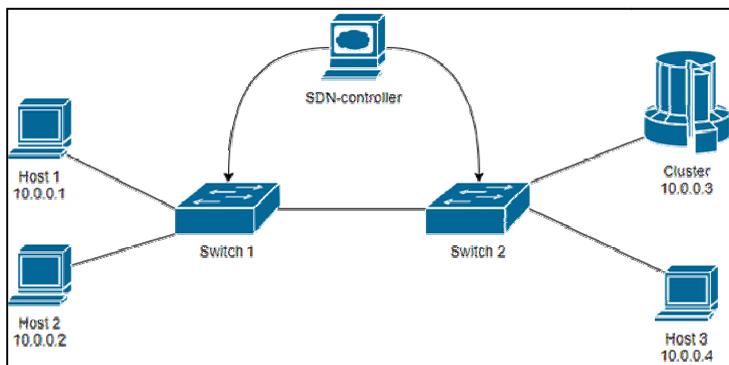


Рис. 2. Исследуемая сеть

Host 1, Host 2 и Host 3 представляют собой экспериментальные установки, генерирующие экспериментальные данные. Cluster – вычислительный ресурс сети. Установки и вычислительный кластер соединены коммутаторами Switch 1 и Switch 2. В исходном состоянии сети Host 1, Host 2 и Host 3 не имеют доступа к кластеру. Задачей является предоставление доступа какой-либо экспериментальной установки к кластеру на определенный промежуток времени по требованию пользователя.

В сети SDN контроллер отправляет коммутаторам таблицы потоков, в соответствии с которыми они рассылают трафик в сети. При поступлении пакета коммутатор просматривает свою таблицу потоков. Если в таблице нашлось совпадение для пакета, выполняются действия, указанные в данной записи. При отсутствии совпадений коммутатор отправляет пакет контроллеру для анализа [5].

Контроллер Floodlight поддерживает два варианта создания таблиц потоков [6]:

1. Настройка каждой записи таблицы отдельно с указанием параметров пакетов, соответствующих данной записи, и предпринимаемых действий. Данный способ требует знания топологии сети и настройки индивидуальных правил для каждого хоста;

2. Указание контроллеру конечных точек, между которыми нужно настроить канал. При данном способе SDN-контроллер самостоятельно строит маршрут между указанными узлами (топология сети строится контроллером автоматически в процессе функционирования сети).

Интерес представляет второй способ настройки канала. Пользователь при запросе может не знать топологию сети, а только указывает конечные точки, и создание канала произойдет автоматически. В ходе проведения исследования был создан канал между узлами Host 1 и Cluster. Для этого необходимо выполнить следующую команду:

```
python floodlight/apps/circuitpusher/circuitpusher.py --controller=
=localhost:8080 --type ip --src 10.0.0.1 --dst 10.0.0.3 --add --name channel
```

Данную команду можно использовать с опциями --add и --delete, таким образом определяя время, на которое канал будет необходим. В результате выполнения команды контроллер сгенерировал необходимые таблицы потоков и отправил их коммутаторам. На рис. 5 представлена таблица потоков коммутатора Switch 2.

Flows (4)					
Cookie	Table	Priority	Match	Apply Actions	
45036000290280986	0x0	32768	in_port=3 eth_type=0x0x806 arp_spa=10.0.0.1 arp_tpa=10.0.0.3	actions:output=2	
45036000403008158	0x0	32768	in_port=2 eth_type=0x0x806 arp_spa=10.0.0.3 arp_tpa=10.0.0.1	actions:output=3	
45035997873507873	0x0	32768	in_port=3 eth_type=0x0x800 ipv4_src=10.0.0.1 ipv4_dst=10.0.0.3	actions:output=2	
45035997873507885	0x0	32768	in_port=2 eth_type=0x0x800 ipv4_src=10.0.0.3 ipv4_dst=10.0.0.1	actions:output=3	

Рис. 3. Таблица потоков коммутатора Switch 2

Заключение. Технология SDN позволяет автоматизировать процесс настройки соединения между двумя узлами сети. Интерес для дальнейших исследований представляет интеграция сети SDN с планировщиком заданий суперкомпьютера, например SLURM, для реализации комплексной автоматизированной системы управления ресурсами научно-образовательной сети.

Библиографический список

1. Shchapov V.A., Masich A.G., Masich G.F. The technology of processing intensive structured dataflow on a supercomputer // *Journal of Systems and Software*. – 2017. – Vol. 127. – P. 258–265.
2. Ижванов Ю.Л. Научно-образовательные компьютерные сети. Прошлое, настоящее и тенденции развития // *Образовательные ресурсы и технологии*. – 2017. – № 2(19). – С. 17–25.
3. Understanding the SDN Architecture – SDN Control Plane & SDN Data Plane [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sdxcentral.com/sdn/definitions/inside-sdn-architecture> (дата обращения: 29.03.2018).
4. SDN Architecture Overview [Электронный ресурс] // Open Networking Foundation. – 2013. – 12 декабря. – URL: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/technical-reports/SDN-architecture-overview-1.0.pdf> (дата обращения: 18.11.2017).
5. OpenFlow Switch Specification [Электронный ресурс] // Open Networking Foundation. – 2014. – 19 декабря. – URL: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-switch-v1.5.0.noipr.pdf> (дата обращения: 18.11.2017).
6. Floodlight Controller Overview [Электронный ресурс]. – URL: <https://floodlight.atlassian.net/wiki/spaces/floodlightcontroller/overview> (дата обращения: 29.04.2018).

Сведения об авторах

Бортник Дмитрий Аркадьевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ1-17-1м, г. Пермь, e-mail: bort.dm@gmail.com.

Масич Григорий Федорович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, заведующий лабораторией Института механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, e-mail: masich@icmm.ru.

А.И. Еловиков, М.О. Каримова, О.В. Гончаровский

ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

В статье предложена реализация отказоустойчивой распределённой системы управления двигателем. Отказоустойчивость обеспечена мажорированием наиболее ответственных узлов системы.

Ключевые слова: распределённая система, отказоустойчивость, программируемая логика, ТТА, ТТР/С, VHDL.

A.I. Elovikov, M.O. Karimova, O.V. Goncharovskiy

FAULT-TOLERANT DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM OF THE ENGINE

The article proposes the implementation of a fault-tolerant distributed engine control system. Fault tolerance provided by the majorization of the most critical nodes of the system.

Keywords: distributed system, fault tolerance, programmable logic, TTA, TTR/C, TDMA, MEDL, VHDL.

Концепция архитектуры перспективной распределенной системы автоматического управления газотурбинными двигателями (САУ ГТД) базируется на архитектуре ТТА (Time Triggered Architecture – архитектура работы по расписанию)*. Она была разработана для создания распределенных надежных систем управления жесткого реального времени. В основе ТТА лежит протокол ТТР, обеспечивающий сетевой обмен по принципу временного разделения каналов. ТТА-подход, кроме системных решений и элементной базы, включает в себя набор программных средств для проектирования, моделирования, разработки, интеграции и верификации системы.

ТТР/С – протокол работы системы по расписанию класса С (Class C serial communications protocol, Time Triggered Protocol) ТТА-системы. Базовый принцип операций ТТР/С – простота. Обмен сообщениями ТТР/С – периодический. Управляющие данные ТТР/С

* TTA Group Forum (the open industry consortium for time-triggered systems today), <http://www.tttagroup.org>

(когда и что отправлять) хранятся в каждом ТТР-контроллере. ТТР создает глобальную базу времени, используя сведения о том, когда тот или иной узел должен отправить сообщения. Доступ к передающей среде основан на временном разделении каналов (TDMA). Обнаружение ошибок в приемнике основано на знании о том, когда тот или иной узел должен отправлять сообщения.

Пусть необходимо разработать распределенную систему управления газотурбинным двигателем со следующими требованиями.

Устройство управления (УУ) должно обеспечивать:

1) формирование сигналов на запуск объекта управления (ОУ) по команде STR из СУ;

2) управление расходом топлива ОУ при запуске, установившихся режимах, разгоне и торможении;

3) автоматическое поддержание заданной СУ объекта частоты вращения вала ОУ в диапазоне от минимального до максимального значения;

4) ограничение максимальной частоты вращения вала ОУ ($F_{\max} = f(T)$);

5) ограничение минимальной частоты второго вала ОУ ($F_{\min} = f(T)$);

6) ограничение максимального и минимального расхода топлива;

7) Останов ОУ по команде STP от СУ.

УУ должно взаимодействовать:

1) с датчиком температуры воздуха перед компрессором Т;

2) датчиком давления воздуха за компрессором Р;

3) датчиком частоты вращения вала N;

4) дозатором топлива:

а) электромагнит клапана EM1;

б) датчик положения А;

в) электромагнит стоп-крана EM2.

Управление ОУ:

1) дозирование расхода должно обеспечиваться управлением EM1;

2) выходная управляющая команда на EM1 выдается УУ в виде ШИМ-сигнала;

3) регулирование расхода топлива на режимах «Запуск», «Разгон», «Торможение».

Предлагается разбить систему на четыре узла, каждый из которых максимально приближен к соответствующим датчикам или исполнительным механизмам

Структурная схема распределённой системы управления двигателем показана на рис. 1. Компоненты системы управления должны выполнять следующие функции.

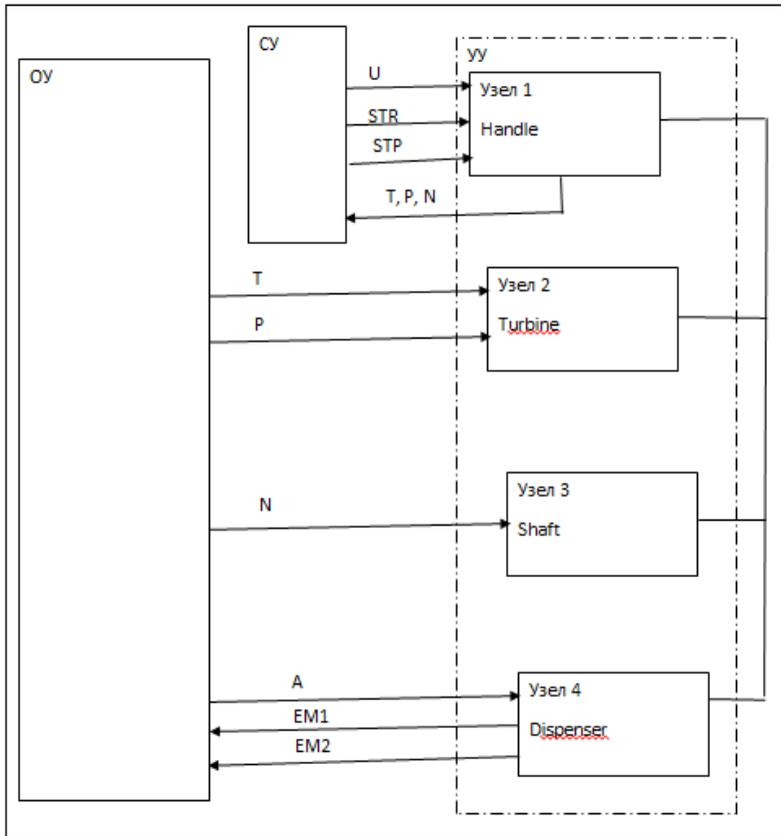


Рис. 1. Структурная схема распределённой системы управления двигателем

Узел 1 (handle) обеспечивает прием и ретрансляцию команд, поступающих с верхних уровней управления.

Узел 2 (Turbine) обеспечивает прием и ретрансляцию сигналов с датчиков температуры (T) и давления (P).

Узел 3 (Shaft) обеспечивает прием и ретрансляцию сигнала с энкодера вала турбины (N).

Узел 4 (Dispenser) обеспечивает прием сигнала с датчика положения (A) регулирующего органа и сигналов других узлов (T , P , N). В узле 4 на основании расчетов формируется управляющие воздействия для электромагнитных исполнительных механизмов EM1 и EM2.

Для обеспечения отказоустойчивости, во-первых, предлагается шину передачи выполнить по мажоритарному принципу, что позволит отказаться от помехоустойчивого кодирования при передаче данных, а значит, будет уменьшено время обмена данными (рис. 2).

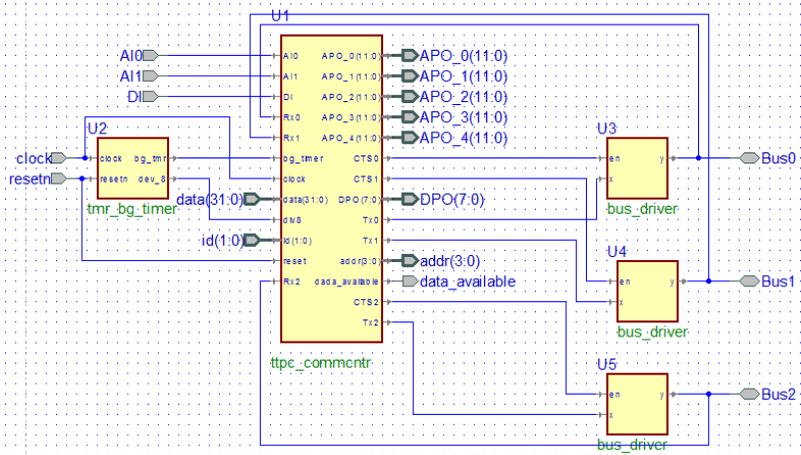


Рис. 2. Отказоустойчивая шина передачи данных

Во-вторых, предлагается мажорировать охранные таймеры узлов, обеспечивающие формирование расписания (рис. 3).

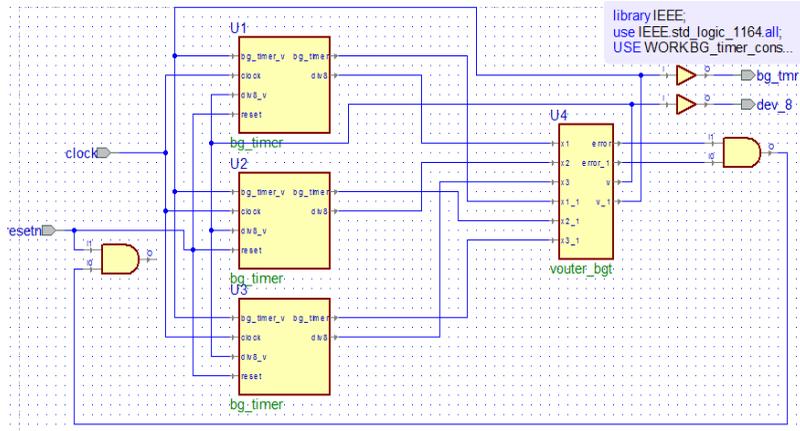


Рис. 3. Отказоустойчивый охранный таймер

В-третьих, предлагается мажорировать узел 4, что повысит надежность принятия решений (рис. 4).

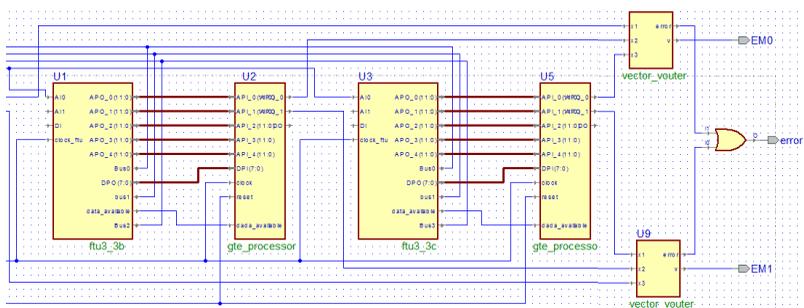


Рис. 4. Отказоустойчивый узел обработки данных

Модель отказоустойчивой распределённой системы управления была разработана на языке VHDL в интегрированной среде проектирования Activ-HDL для программируемой логики.

Сведения об авторах

Еловиков Алексей Ильич – магистрант Пермского национально-исследовательского политехнического университета, гр. АТ6-16-1м, г. Пермь, e-mail: lex_elovikov@mail.ru.

Каримова Марина Олеговна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ1-16-1м, г. Пермь, e-mail: karimowa.marina@yandex.ru

Гончаровский Олег Владленович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: 35911953@mail.ru.

Г.А. Килин, Е.О. Ждановский

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В данной статье описываются искусственные нейронные сети, которые находят широкое применение в различных областях, таких как распознавание изображений, голоса, управление автомобилем и даже игра в Го. Уникальной особенностью нейронных сетей является тот факт, что для выполнения своих задач они не настраиваются, а обучаются. При этом существует несколько алгоритмов обучения, например, обучение с учителем, обучение без учителя, обучение с подкреплением. Именно о последнем подходе будет изложено далее.

Ключевые слова: нейронная сеть, алгоритм обучения, нейрон, искусственный интеллект, генетические алгоритмы.

G.A. Kilin, E.O. Zhdanovsky

BENEFITS OF USING REINFORCEMENT LEARNING FOR TRAINING NEURAL NETWORKS

In this article deals with artificial neural networks that are widely used in various fields, such as image recognition, voice recognition, vehicle control and even in game GO. A unique feature of neural networks is the fact that they do not configure themselves to perform their tasks, but are trained. In this case, there are several learning algorithms, for example, supervised training, unsupervised learning, reinforcement learning. The latter approach will be discussed further.

Keywords: neural network, learning algorithm, neuron, artificial intelligence, genetic algorithms.

Искусственные нейронные сети (ИНН) смогли достигнуть потрясающих результатов благодаря способности решать сложные задачи, такие как распознавание изображений, в которых другие подходы не преуспели [1, 2]. Основываясь на способности аппроксимировать любой вид нелинейности [3, 4, 5], нейронные сети начали применять и в различных отраслях промышленности, например, в задачах идентификации газотурбинных установок [6, 7]. Также благодаря ИНН удалось добиться потрясающих результатов

в игре Го [8]. Часто нейронные сети используют для анализа данных, например, при решении задач классификации данных или кластеризации данных [3]. Из поставленной задачи выбираются метод обучения и архитектура нейронной сети.

1. Искусственные нейронные сети

1.1. Архитектура искусственной нейронной сети

Искусственные нейронные сети являются моделью мозга. Архитектура искусственных нейронных сетей (ИНС) является достаточно простой (рис. 1). ИНС состоит из входного слоя, скрытого слоя и выходного слоя. При этом количество нейронов во входном и скрытом слое устанавливается в зависимости от условий решаемой задачи. Количество нейронов в скрытом слое, а также само количество скрытых слоев могут задаваться произвольно и уже в ходе обучения нейронной сети уточняться [9].

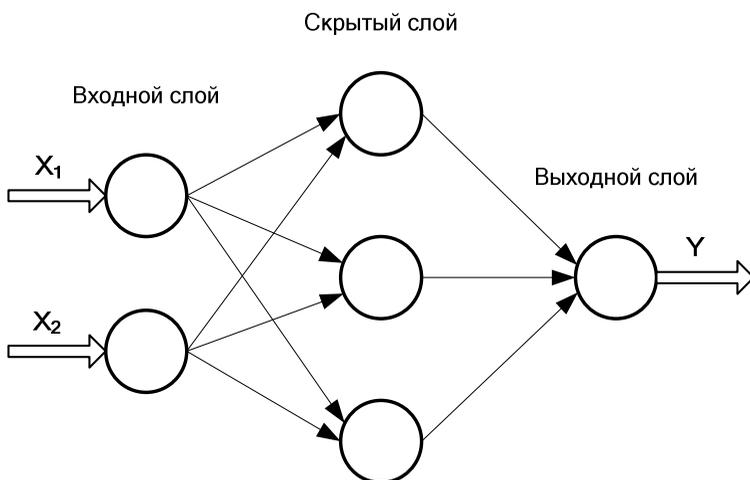


Рис. 1. Архитектура нейронной сети (X_1 , X_2 – входные сигналы, Y – выходной сигнал)

На представленном выше рисунке представлена сеть прямого распространения, когда выход каждого нейрона предыдущего слоя связан с каждым нейроном последующего слоя. Такая архитектура является самой простой и имеет широкое распространение [3].

1.2. *Искусственный нейрон.* Каждый слой ИНС состоит из нейронов (рис. 2). На нейрон поступают сигналы $x_1 \dots x_n$, при этом каждый сигнал имеет свой вес $w_1 \dots w_n$. Выход нейрона вычисляется следующим образом:

$$Y = f(S), \quad (1)$$

где S определяется как

$$S = \sum_{i=0}^n w_i x_i. \quad (2)$$

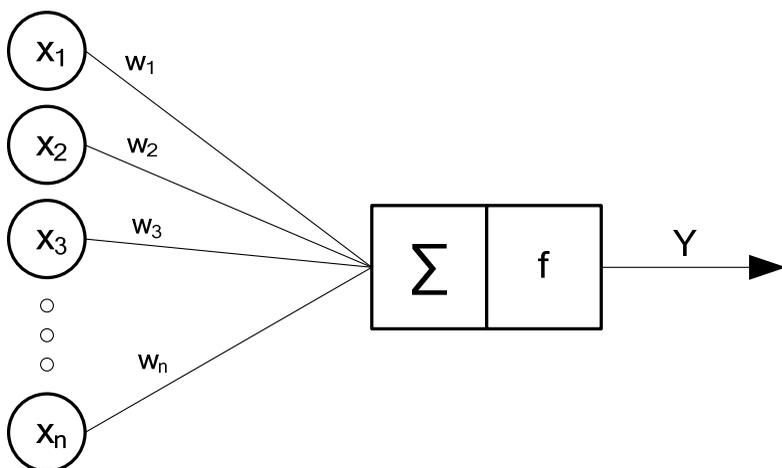


Рис. 2. Искусственный нейрон ($x_1 \dots x_n$ – входные сигналы на нейрон, Y – выходной сигнал нейрона)

2. Обучение с подкреплением

2.1. *Агент, среда, действие, состояние, награда.* Искусственная нейронная сеть показывает выдающиеся результаты только в том случае, когда она обучена. Обучение является существенной и самой сложной частью при работе с нейронными сетями [3]. Одним из алгоритмов обучения является обучение с подкреплением (рис. 3).

Обучение с подкреплением – совокупность методов машинного обучения, в ходе которых агент обучается, взаимодействуя с окружающей средой. Нейронная сеть взаимодействует с определённой

областью или окружающей средой, применяя различные действия, переходя в новое состояние. В зависимости от этих действий и переходов агент получает вознаграждение, которое может быть как положительным, так и отрицательным. Никакой другой дополнительной информации для обучения агенту не предоставляется. Цель такого метода заключается в обучении нейронной сети выбирать правильные действия, основываясь на текущем состоянии окружающей среды. На основе конечного счета можно определить успешность агента в решении поставленной задачи.

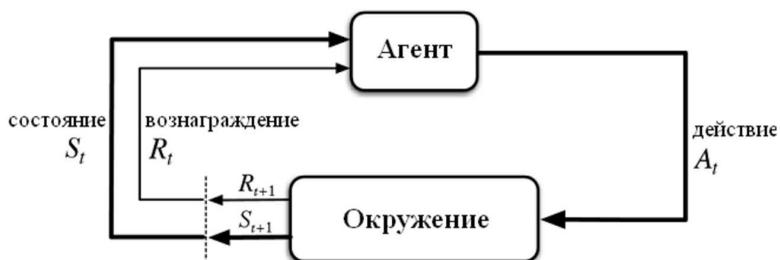


Рис. 3. Обучение с подкреплением

Важной особенностью является установка правил, на основе которых будет выдаваться вознаграждение. Если установить неоптимальный набор правил, то необходимого результата либо будет сложно достичь, либо невозможно в принципе.

2.2. *Генетический алгоритм.* Генетический алгоритм представляет собой комбинированный подход. Механизмы скрещивания и мутации в каком-то смысле реализуют переборную часть метода, а отбор лучших решений – градиентный спуск [10].

Если на некотором множестве задана сложная функция от нескольких переменных, то генетический алгоритм – это программа, которая за разумное время находит точку, где значение функции достаточно близко к максимально возможному. Выбирая приемлемое время расчета, мы получим одно из лучших решений, которые вообще возможно получить за это время [10].

Изначально чаще всего случайным образом создаётся множество хромосом начальной популяции. Они оцениваются с использованием

«функции приспособленности», которая высчитывается в ходе взаимодействия агента (ИНС) со средой и получения вознаграждения. То число очков, которое получил агент, и есть «функция приспособленности». В результате с каждой «хромосомой» ассоциируется определенное значение («приспособленность»), которое определяет, насколько пригоден данный агент, им описываемый, решает поставленную задачу.

Из полученного множества решений («поколения») с учётом значения «приспособленности» выбираются решения (обычно лучшие особи имеют большую вероятность быть выбранными), к которым применяются «генетические операторы»: кроссовер; мутация.

Результатом этого является получение новых решений. Для них также вычисляется значение приспособленности, и затем производится отбор («селекция») лучших решений в следующее поколение.

Таким образом, можно выделить следующие этапы работы генетического алгоритма:

1) задать целевую функцию (приспособленности) для особей популяции;

2) создать начальную популяцию (инициализация):

- (Начало цикла).

1. Отбор,

2. Размножение (кроссинговер),

3. Мутация,

4. Формирование нового поколения,

5. Вычисление значения целевой функции для всех особей.

6. Если выполняются условия остановки, то конец цикла, иначе – начало цикла.

Заключение. Достаточно часто возникает ситуация, когда для обучения ИНС мало обучающих примеров либо они отсутствуют полностью. Особенно это заметно при обучении ИНС компьютерным играм [11], где количество возможных состояний агента необычайно велико. Именно в этих случаях на помощь приходит обучение с подкреплением, где отсутствуют обучающие примеры и, ИНС в виде агента в среде самостоятельно обучается, достигая необходимого нам результата.

Стоит отметить еще одно немаловажное преимущество обучения с подкреплением. Ввиду отсутствия обучающих примеров, которые формирует человек, и возможности агентов играть друг против друга полученные в ходе работы алгоритма обучения ИНС могут достигать сверхчеловеческого уровня при решении поставленной перед ними задачи [12].

Библиографический список

1. Convolutional networks for images, speech, and time series / Y. LeCun [et al.] // *The handbook of brain theory and neural networks*. – 1995. – Т. 3361. – № 10. – С. 1995.
2. Jarrett K. et al. What is the best multi-stage architecture for object recognition? // *Computer Vision, 2009 IEEE 12th International Conference on*. – IEEE, 2009. – С. 2146–2153.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2008.
4. Роберт К. Основные концепции нейронных сетей / пер. с англ. – М.: Вильямс. – 2001.
5. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления / Н.Д. Егупов [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2002.
6. Asgari H. et al. Artificial neural network-based system identification for a single-shaft gas turbine // *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*. – 2013. – Т. 135. – № 9. – С. 092601.
7. Asgari H., Chen X. Q., Sainudiin R. Modelling and simulation of gas turbines // *International Journal of Modelling, Identification and Control*. – 2013. – Vol. 20, № 3. – P. 253–270.
8. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search / D. Silver [et al.] // *Nature*. – 2016. – Vol. 529. – № 7587. – P. 484–489.
9. Stathakis D. How many hidden layers and nodes? // *International Journal of Remote Sensing*. – 2009. – Т. 30. – №. 8. – С. 2133–2147.
10. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – 2013.
11. Wong S. Competitive Reinforcement Learning in Atari Games // *AI 2017: Advances in Artificial Intelligence: 30th Australasian Joint*

Conference; Melbourne, VIC, Australia, August 19–20, 2017, Proceedings. – Springer, 2017. – Т. 10400. – С. 14.

12. Mastering the game of go without human knowledge / D. Silver [et al.] // Nature. – 2017. – Т. 550. – № 7676. – С. 354.

Сведения об авторах

Килин Григорий Александрович – старший преподаватель кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: thisisforasm@rambler.ru.

Ждановский Евгений Олегович – аспирант кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Zhdanovskiy.e@gmail.com.

Е.Р. Леонов, Д.С. Курушин, А.И. Шоломова

ПРОКЛАДКА МАРШРУТА ПО КАРТЕ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ

В данной статье представлен алгоритм прокладки маршрута для робота. Приведено описание алгоритма. Проведено сравнение вычислительной сложности представленного алгоритма с алгоритмом A^* . Представлены результаты прокладки маршрута программой, написанной на языке Python, для растровой и векторной карт.

Ключевые слова: прокладка маршрута, алгоритм, робот, open street map, программирование.

E.R. Leonov, D.S. Kurushin, A.I. Sholomova

LAYING THE ROUTE FOR THE ROBOTIC PLATFORM

This article presents the algorithm of laying the route for the robot. A description of the algorithm is given. The computational complexity of the presented algorithm is compared with the algorithm A^* . The results of the routing program written in python for raster and vector maps are presented.

Keywords: laying the route, algorithm, robot, open street map, programming.

В ПНИПУ на кафедре ИТАС ведется разработка многофункционального роботизированного комплекса [1]. В его основные задачи входят мониторинг окружающей обстановки с помощью датчиков, контроль состояния своих подсистем, передвижение по местности. Для последней задачи необходимы составление маршрута к целевой точке и следование по нему. Существуют различные алгоритмы составления маршрута, все они имеют свои достоинства и недостатки [2, 3]. Ранее для прокладки маршрута роботом применялся алгоритм, основанный на A^* [4], использующий в качестве входных данных растровую карту. Эта карта преобразовывалась в дерево методом деления на фрагменты 2×2 м, что составляло (в зависимости от масштаба) 10–20 пикселей.

Данная структура карты и использование алгоритма A^* были неудобными по ряду причин. Карту требовалось разбивать на квадраты, и на определенном уровне масштабирования маршрут был ступенчатым. Данный алгоритм имеет экспоненциальную сложность по вре-

мени выполнения и работает медленно на необходимой выборке данных. Прокладка или перепрокладка маршрута требует неприемлемо длительных вычислений порядка 5–10 минут, для чего необходимо останавливать движение робота. Для решения проблемы был предложен другой алгоритм, вычислительная сложность которого линейная (рис. 1).

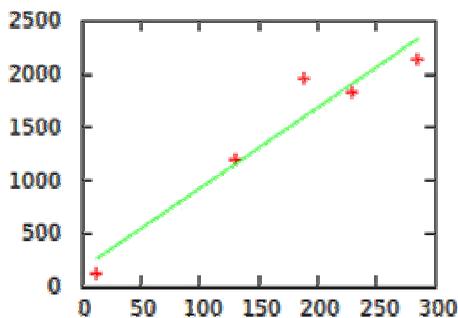


Рис. 1. Вычислительная сложность нового алгоритма

По оси абсцисс – объекты, находящиеся на карте, по оси ординат – количество обращений к объектам. Длина маршрута при измерении сложности не учитывалась. На практике прокладываемый маршрут в обоих случаях не превышал 10 км.

Приведем описание алгоритма. Устанавливаются начальная и конечная точки. Посередине полученного отрезка высчитывается проходимость. Проходимость представляет собой интервал от 0 до 1 (0 – проходимо, 1 – абсолютно непроходимо). Если точка считается непроходимой, то откладываются перпендикуляры от срединной точки в обе стороны от первоначального отрезка до тех пор, пока не будет найдена ближайшая приемлемая по проходимости точка. Далее общий путь состоит уже не из одного отрезка, а из двух. Первый от начальной точки до новой срединной с приемлемой проходимостью. Второй от новой срединной точки до конца первоначального отрезка. Описанное изображено на рис. 2.

Для каждого из двух полученных участков пути алгоритм применяется рекурсивно до условия окончания рекурсии. Им может быть максимальный уровень рекурсии, заданный числом, или длина отрезка маршрута, меньше которой нет смысла производить расчеты. В результате можно получить маршрут, все точки которого проходимы.

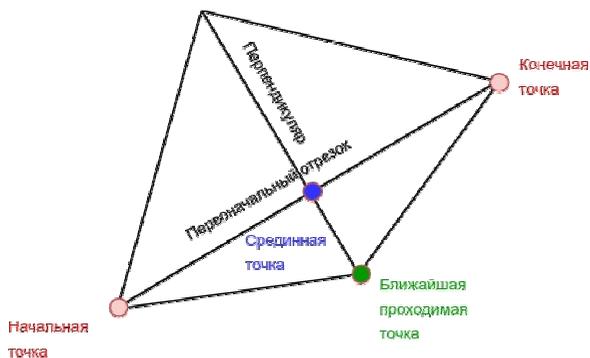


Рис. 2. Поиск проходимой точки

Новый алгоритм был реализован на языке Python на растровой карте. Приведем пример работы алгоритма на участке карты на рис. 3 с обозначением цветными линиями хода работы.

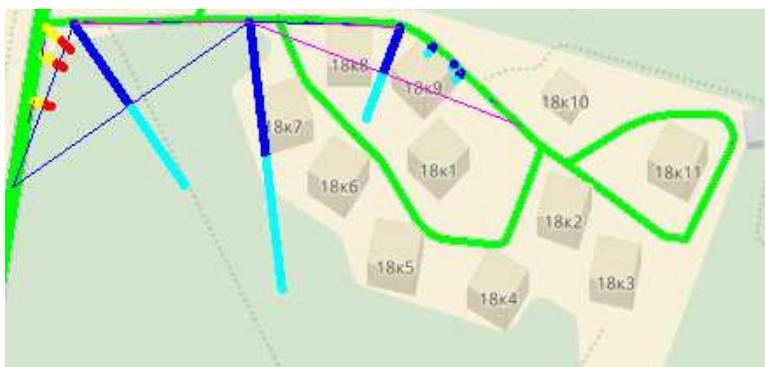


Рис. 3. Поиск проходимой точки

На рисунке заданы начальная точка слева в середине и конечная между домами 18к1 и 18к10. Зеленым линиями отмечены проходимые дороги. Тонкие синие и фиолетовые линии – промежуточные траектории. Толстые сине-голубые и красно-желтые – перпендикуляры поиска ближайшей проходимой точки.

Далее в качестве входных данных использовались векторные карты проекта Open Street Map [5] в виде xml-документа. Построенный маршрут записывается в xml-документ с той же структурой для отображения в программе JOSM. Результаты работы приведены на рис. 4.

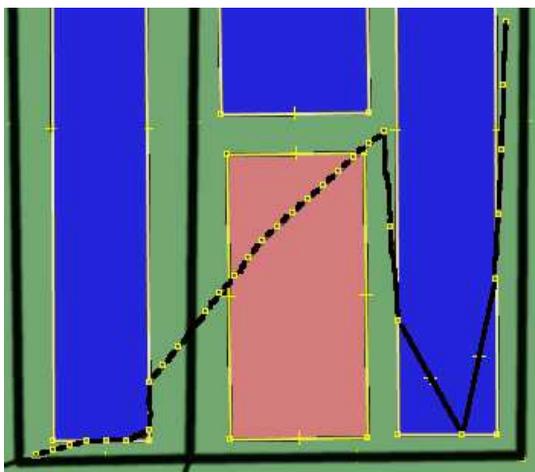


Рис. 4. Маршрут на растровой карте

Прямоугольники обозначают здания – непроходимые препятствия. Светлый розовый прямоугольник в центре внизу – теннисная площадка считается проходимым. Черными жирными линиями обозначены дороги, пунктиром с квадратами – проложенный маршрут. Стартовая точка была в левом нижнем углу рисунка, конечная – в правом верхнем. Проложенный маршрут не выглядит оптимальным, так как возможно не пересекать теннисную площадку по направлению к конечной точке, а сразу двигаться к углу правого здания. Это объясняется тем, что маршрут изначально выглядел в виде линии, а потом отдельные ее участки начинают локально обгибать препятствия при наличии таковых. Данный алгоритм еще требуется модифицировать, применив процедуру сглаживания смежных участков, если они находятся в прямой видимости. По приблизительным подсчетам данная операция не будет сложной с вычислительной точки зрения по сравнению с основным алгоритмом.

Таким образом, планируется применить данный алгоритм, реализованный с помощью Python, на многофункциональном роботизированном комплексе. Расчеты ожидаемо должны выполняться быстрее, чем у алгоритма A*. Дополнительно робот будет предотвращать столкновения при неверно составленном маршруте. Также возможно дополнение карты на основе собранных данных роботом и, следовательно, более точное составление маршрута.

Библиографический список

1. Курушин Д.С., Долгова Е.В., Файзрахманов Р.А. Принципы организации работ с применением мобильного робота // Научное обозрение. – 2014. – № 7, ч. 1. – С. 219–221.
2. Алгоритмы оптимального движения мобильных объектов по пересеченной местности и транспортной сети / А.Ю. Дорогов, В.Ю. Лесных, И.В., Раков Г.С. Титов // Вестник Санкт-Петербург. гос. электротехн. ун-та. – 2008.
3. Басараб М.А., Домрачева А.Б., Купляков В.М. Алгоритмы решения задачи быстрого поиска пути на географических картах // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 11(23).
4. А* // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/A*
5. Open Street Map. – URL: <https://www.openstreetmap.org>

Сведения об авторах

Леонов Евгений Русланович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-16-1м, г. Пермь, e-mail: leonovevgenii2015@yandex.ru.

Шоломова Анна Игоревна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-15-1б, г. Пермь, e-mail: sholomova1997@mail.ru.

Курушин Даниил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: daniel.kurushin@gmail.ru.

Долгова Елена Владимировна – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: elena@dolgova.info.

М.В. Мороз, С.Ф. Тюрин

**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ КОНТРОЛЯ
И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ
ЭЛЕМЕНТОВ LUT FPGA**

В статье описывается модифицированный подход к диагностированию логических элементов ПЛИС FPGA, основанных на LUT (Look-Up Table). Он получается из объединения существующих методов диагностирования логических блоков, а также модификации с учетом свойства LUT сохранять половину своей функциональности при однократном отказе. Возможности, которые предоставляет задача диагностирования, делают работу актуальной для многих научных исследований.

Ключевые слова: LUT FPGA, диагностика, реконфигурация, мультиплексор.

M.V. Moroz, S.F. Tyurin

**MODIFIED ALGORITHM OF CONTROL AND DIAGNOSTICS
OF LOGICAL ELEMENTS LUT FPGA**

The article describes a modified approach to diagnosing FPGA logic elements based on LUT (Look-Up Table). It is obtained from the combination of existing methods for diagnosing logic blocks, as well as modifications, taking into account the LUT property, to retain half of its functionality with a single failure. The possibilities provided by the task of diagnosing make the work relevant for many scientific studies, including this article.

Keywords: LUT FPGA, diagnostic, reconfiguration, multiplexer.

Введение. В настоящее время количество логических элементов, программируемых пользователем вентильных матриц (FPGA – Field Programmable Gate Array), достигает уже десятков миллионов [1–2]. Поэтому актуальны проблемы диагностики.

Используется метод встроенного самотестирования (BIST – Build-In Self-Test). Стратегия BIST применительно к ПЛИС состоит в том, чтобы сконфигурировать группы логических блоков (PLB) как генераторы тестовых сигналов (TPGs – test pattern generators) и анализаторы выходных откликов (ORAs – output response analyzers), а другую группу – в качестве тестируемых блоков (BUTs – blocks under test) [1–2]. Сперва рассмотрим существующий алгоритм, предложенный в [3]. Для примера берется

КЛБ, состоящий из четырех логических элементов, каждый из которых содержит LUT на 4 входа, DFF и мультиплексор. Входной канал логического элемента напрямую подключен к входам LUT.

Одинаковым образом конфигурируем 4 LUT. Следовательно, выходные значения всех LUT будут одинаковы для каждого входного вектора. Затем за 16 тактов TPG применяет к входам LUT значения от 0 до 15. В каждом цикле вывод трех проверочных LUT сравнивается с помощью 3-входного XOR-вентиля, а выход первого, тестируемого, LUT сравнивается с четвертым с использованием 2-входного XOR-вентиля. Если все LUT исправны, то выходы XOR-вентиля будут равны нулю во время тестирования. Если же i -я ячейка в одном LUT становится неисправной, на i -м цикле на выходе XOR-вентилей будет, по крайней мере, один импульс. Чтобы завершить диагностику, понадобятся две конфигурации для ORA. В первой конфигурации LUT 2, 3 и 4 считаются проверочными, а LUT 1 тестируется. Во второй конфигурации LUT 1, 2 и 4 являются проверочными, а LUT 3 тестируется. Диагностика неисправного LUT может быть выведена с использованием матрицы на рис. 1.

Отказавший LUT	Конфигурация 1		Конфигурация 2	
	XOR (2 & 3 & 4)	XOR (1 & 4)	XOR (1 & 2 & 4)	XOR (1 & 3)
LUT1	0	1	1	1
LUT2	1	0	1	0
LUT3	1	0	0	1
LUT4	1	1	1	0
ВСЕ	1	1	1	1
Ни одного	0	0	0	0

Рис. 1. Результат диагностирования КЛБ при отказе LUT

После обнаружения неисправного LUT можно найти источник неисправности в соответствии с тактом, в котором произошел импульс. Если импульс возникнет в 13-м такте, то неисправные элементы будут принадлежать 13-й ячейке SRAM или пути от выхода ячейки к выходу LUT (рис. 2) [3].

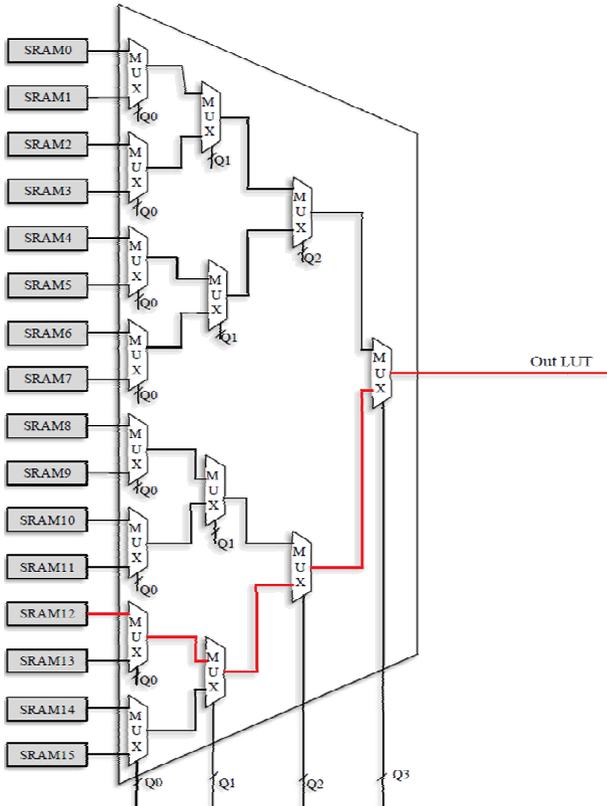


Рис. 2. Ячейка SRAM и относящийся к ней путь на шаге диагностики

Модифицируем вышеописанный алгоритм. Если отказ действительно в ячейке памяти или мультиплексоре, то импульс выявится лишь на одном из тактов. Если отказ произошел во входной переменной, то таких импульсов может быть и больше.

Можно протестировать ячейки памяти с помощью теста MATS+, и таким образом, например, исключить отказ в этих ячейках и тем самым подтвердить, что отказ произошел в мультиплексорах (транзисторах дерева) или входных переменных.

Для диагностирования отказа входной переменной нужно проделать вышеописанные шаги для нескольких конфигураций. LUT с n входами могут быть протестированы, по крайней мере, на $2n$ конфигурациях. Для LUT с 4 входами такие конфигурации показаны на рис. 3 [4].

C1	C3	C5	C7	C2	C4	C6	C8
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0

Рис. 3. Конфигурации для идентифицирующих функций

Эти конфигурации позволят выявить отказ во входных переменных:
– обнаружение импульса при конфигурациях C1 или C2 свидетельствует об отказе переменной Q_0 ;

– импульс при конфигурациях C3 или C4 свидетельствует об отказе переменной Q_1 ;

– при конфигурациях C5 или C6 – Q_2 ;

– при конфигурациях C7 или C8 – Q_3 .

Исходя из того, что при однократном отказе LUT сохраняет половину своей функциональности, проведем диагностику «по половине» LUT. Зафиксируем переменную Q_0 в одно из состояний, например нуль. В таком случае количество конфигураций сокращается до 6, а количество тактов для диагностики оставшихся переменных до 8. Это наиболее благоприятный исход при условии, что Q_0 исправен. Если за 8 тактов не обнаружили отказов, то переводим Q_0 в противоположное состояние (т.е. единицу) и диагностируем LUT по его «второй половине».

Вероятность, что Q_0 – отказавший вход, около 25 %. При условии, что в половине случаев мы найдем отказавший вход не более чем за 8 тактов, получим, что для 37,5 % случаев мы сокращаем время работы алгоритма более чем в 2,5 раза.

Заключение. В статье рассмотрен алгоритм, предложенный в [3], позволяющий определять отказ в ячейке памяти и мультиплексах, а также предложен модифицированный алгоритм диагности-

рования ПЛИС FPGA, который, в отличие от оригинального алгоритма, выявляет еще и отказавший логический блок вплоть до логического элемента, LUT в нём и вид отказа внутри LUT. Применение модифицированного алгоритма является более целесообразным, так как он обладает более высоким диагностическим разрешением и в части случаев дает ускорение, а в оставшихся случаях сработает не хуже.

Библиографический список

1. Built-In Self-Test for Programmable Logic Blocks in FPGAs (Finally, A Free Lunch: BIST Without Overhead!) / C. Stroud, S. Konala, P. Chen, M. Abramovici // Proc. IEEE VLSI Test Symp. – 1996. – P. 387–392.
2. Abramovici M., Stroud C. BIST-Based Test and Diagnosis of FPGA Logic Blocks // Proc. IEEE Trans. on VLSI Systems. – Jan. 2001. – Vol. 9, № 1. – P. 159–172.
3. Jahanirad H., Karam H. BIST-based Testing and Diagnosis of LUTs in SRAM-based FPGAs // Emerging Science Journal. – 2017. – Vol. 1, № 4. – P. 217–219.
4. Alaghi A., Yarandi M.S., Navabi Z. An Optimum ORA BIST for Multiple Fault FPGA Look-Up Table Testing // Proc. IEEE 15th Asian Test Symposium. – 2006.

Сведения об авторах

Мороз Максим Валерьевич – студент Пермского государственного национального исследовательского университета, гр. ПМИ-1-17, г. Пермь, e-mail: morozmv@list.ru.

Тюрин Сергей Феофентович – заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, профессор кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного национального исследовательского университета, e-mail: tyurinsergfeoyandex.ru.

В.А. Рыков, Д.П. Лекомцева, Р.А. Файзрахманов

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ХЭММИНГА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОДБОРА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

В данной статье обоснована актуальность использования интеллектуальных систем поддержки принятия решений и представлена реализация нейронной сети Хэмминга для решения задач подбора лекарственных веществ.

Ключевые слова: СППР, СППВР, нейронная сеть Хэмминга, алгоритм; реализация.

V.A. Rykov, D.P. Lekomtseva, R.A. Fayzrakhmanov

USING HAMMING NEURAL NETWORK FOR SELECTION OF MEDICINAL SUBSTANCES

In this article, the relevance of the use of intelligent decision support systems and the implementation of the project of the Hamming neural network for solving the problems of the selection of medicinal substances is substantiated.

Keywords: DSS, CDSS, Hamming neural network, algorithm, realization.

Введение. В настоящее время в России для лечения различных типов заболеваний используется более 2 тысяч действующих веществ в составе почти 13 тысяч лекарственных препаратов (без учета лекарственных форм) [1]. Существующие медицинские справочники, в том числе в виде информационно-поисковых систем [2, 3], предоставляют медицинскому работнику (врачу) структурированный список (классы, подклассы и т.д.) лекарственных препаратов и текстовое описание их свойств (аналог вкладыша к препарату), в котором содержится неформализованная информация о фармакологических действиях, нормах приема, показаниях и противопоказаниях, побочных действиях и т.д. Таким образом, даже при одинаковых диагнозах для разных пациентов врачи потенциально имеют огромный спектр различных лекарственных препаратов для составления схемы фармакотерапии.

Сложность подбора лекарственных средств не ограничивается их разнообразием и различными моделями пациента. Ситуация усугубляется ограниченным временем на прием [4] и степенью

квалификации врача. В мире, по данным Всемирной организации здравоохранения, более половины всех лекарств используются нерационально [5], что приводит к бесполезным дополнительным затратам и ухудшению состояния здоровья населения. Поэтому задача рационального подбора схемы фармакотерапии при многокритериальной оценке лекарственных средств с учетом не только диагноза, но и индивидуальных особенностей пациента является актуальной.

Повышение качества фармакотерапии возможно при использовании современных информационных технологий, таких как интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР). Такая система будет способствовать более рациональному распределению времени, отведенному медицинскому работнику на пациента, позволит учесть множество различных факторов и обосновать выбор в пользу тех или иных лекарственных средств, тем самым формируя наиболее рациональную для пациента фармакотерапию.

Для решения данной проблемы предлагается подход, при котором подбор лекарственных веществ будет осуществляться на основе нейронных сетей.

Искусственная нейронная сеть Хэмминга. В роли нейронной сети выбрана нейронная сеть Хэмминга, так как она обладает следующими достоинствами [6]:

- сеть успешно реализует ассоциативную память, т.е. в случаях, когда не обязательно выдать сам образ, например, схему фармакотерапии, а достаточно, скажем, получать только номер образа;
- сеть работает просто и быстро, так как в ней использован один из самых простых алгоритмов формирования весов и смещений;
- сеть не просто запоминает образы, а позволяет проводить их обобщение, т.е. возможна классификация образов по критерию максимального правдоподобия;
- сеть Хэмминга используется для решения задач классификации бинарных входных векторов.

Структурная схема сети Хэмминга представлена на рис. 1.

Сеть состоит из двух слоев, причем первый и второй имеют по m нейронов, где m – число образов. Нейроны первого слоя имеют по n синапсов, соединенных с входами сети. Нейроны второго слоя связаны между собой отрицательными обратными синаптическими связями. Единственный синапс с положительной обратной связью для каждого нейрона соединен с его же аксоном.

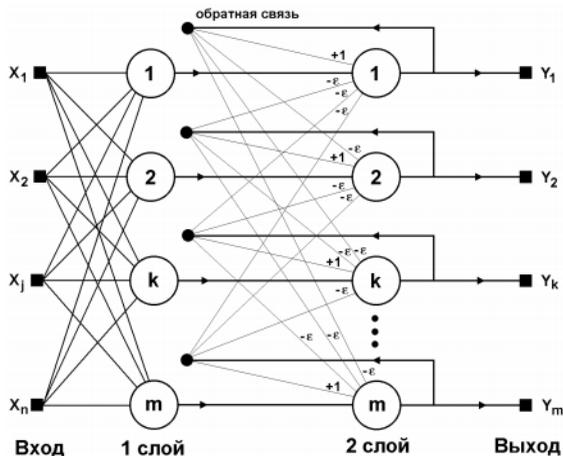


Рис. 1. Структурная схема сети Хэмминга

Идея работы сети состоит в нахождении расстояния Хэмминга от тестируемого образа до всех образов. Расстоянием Хэмминга называется число отличающихся битов в двух бинарных векторах.

Алгоритм работы искусственной нейронной сети Хэмминга:

1. Инициализация весовых коэффициентов первого слоя происходит следующим образом:

$$w_{ik} = \frac{x_i^j}{2}, i = 0 \dots n - 1, j = 0 \dots m - 1, \quad (1)$$

где X – запоминаемые образы; i – соответствующий компонент вектора X ; j – номер образа; n – размерность вектора X ; m – количество запоминаемых образов.

2. На входы нейронной сети подается неизвестный вектор X и производится расчет состояния нейронов первого слоя:

$$y_j^{(1)} = s_j^{(1)} = \sum_{i=0}^{n-1} w_{ij} x_i + T_j, \quad (2)$$

где X – неизвестный образ; T – порог активационной функции, $T = n/2$.

Далее полученными значениями инициализируются значения аксонов второго слоя:

$$y_j^{(2)} = y_j^{(1)}, j = 0 \dots m - 1. \quad (3)$$

3. После этого рассчитываются состояния нейронов второго слоя:

$$s_j^{(2)}(p + 1) = y_j(p) - \varepsilon \sum_{k=0}^{m-1} y_k^{(2)}(p), k \neq j, j = 0 \dots m - 1, \quad (4)$$

где p – номер итерации; $0 < \varepsilon < 1/m$.

$$y_j^{(2)}(p+1) = f[s_j^{(2)}(p+1)], j = 0 \dots m-1, \quad (5)$$

где f – пороговая активационная функция,

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \\ x, & 0 \leq x \leq F, \\ F, & x \geq F, \end{cases} \quad (6)$$

где F – порог активационной функции.

4. Производится проверка условия выхода:

$$\|\bar{y}^{(q+1)} - \bar{y}^{(q)}\| \leq \varepsilon_{\max}. \quad (7)$$

Пункт 3 повторяется до стабилизации выходного вектора в соответствии с условием (7).

Применение нейронной сети. На стадии обучения нейронной сети использовалась обучающая выборка, составленная на основе извлечённой и обработанной информации по лекарственной терапии, сформированной из статистических данных по лечению сердечно-сосудистых заболеваний в ГАУЗ ПК «ГКБ №4». Фрагмент такой информации в виде таблицы БД Microsoft SQL Server 2012 представлен на рис. 2.

id	typ	profil	voзраст	pol	zaboaн	comm	zabsop	lek
1	pol	Терапевтический	54	м	i20.1		i11.9.i25.2.i48	Аторвастатин,Амлодифон,Бисопролол,Ривароксабан,Т...
2	pol	Терапевтический	56	м	i20.1		i11.9.i25.2.i48	Аторвастатин,Лозартан,Метопролол,Ривароксабан
3	3	pol	52	м	i20.1		i11.9	Ацетилсалициловая кислота + Магния гидроксид,Аторв...
4	4	pol	84	м	i20.1		i11.9.i25.2.i48	Аторвастатин,Амлодифон,Варфарин,Периндоприла арг...
5	5	pol	64	м	i20.1		i11.9.i25.2	Ацетилсалициловая кислота,Аторвастатин,Бисопролол...
6	6	pol	71	ж	i20.1		i11.9.i48.i49.5	Аторвастатин,Метопролол,Пирацетам,Периндоприла а...
7	7	pol	68	м	i20.1		i11.9	Ацетилсалициловая кислота,Бисопролол,Инозин + Ник...

Запрос успешно выполнен.

Рис. 2. Фрагмент информации по лекарственной терапии

В базе данных содержится 156 случаев оказанной медицинской помощи лекарственной терапией при сердечно-сосудистых заболеваниях. БД содержит поля: степень доказанности, профиль, возраст, пол, основное заболевание, комментарий, сопутствующие заболевания (через запятую), схема фармакотерапии (через запятую). В качестве образов нейросети используется поле lek (Схема фармакотерапии). Остальные вышеперечисленные поля, кроме comm (Комментарий»), можно закодировать в виде бинарных входных векторов для формирования обучающей выборки. Параметр «Комментарий» представляет собой всю дополнительную информацию о случае оказания медицинской помощи.

Процесс кодирования заключается в формировании входного вектора, состоящего из подвекторов, отвечающих за ту или иную характеристику случая. Часть входного бинарного вектора пациента семидесяти восьми лет, например, отвечающая за возраст, выглядит следующим образом: $S = (-1, -1, 1)$. Болезней согласно классификатору МКБ-10 насчитывается более двенадцати тысяч, не говоря об их комбинациях в составе диагноза. Таким образом, размерность подвектора, отвечающего за сопутствующие заболевания, составила $n = 12255$.

Реализация искусственной нейронной сети Хэмминга согласно вышеописанному алгоритму осуществлялась на языке `C#` в среде Microsoft Visual Studio в рамках создания СППР по рекомендации лекарственных средств при сердечно-сосудистых заболеваниях. Для реализации нейронной сети Хэмминга не использовались библиотеки, а был создан класс `HammingNetwork`.

Для составления классифицируемого вектора используется информация о пациенте, собранная при помощи элементов управления рабочего поля СППР «Ввод информации о пациенте». Результат работы программы представлен на рис. 3.

Коэфф.	Осн. заболевание	Сопутствующие заболевания	Мнн	Возраст	Пл
3066,6612...	I25.2	I11.9	Ацетилсалиц...	57	ж
3066,3535...	I25.2	I11.9	Ацетилсалиц...	71	ж
3066,3535...	I25.2	I11.9	Аторвастати...	89	ж
3065,3535...	I25.2		Аторвастати...	36	м

Подобрать при помощи нейросети

Рис. 3. Вывод подходящих схем фармакотерапии

Поле «Коэфф.» является расстоянием Хэмминга и классифицирует образы по критерию максимального правдоподобия. Чем выше коэффициент, тем в большей мере классифицируемый образ совпадает с тем или иным образом из обучающей выборки.

В процессе анализа результатов работы нейронной сети выяснилось, что на обучающей выборке реализация нейронной сети Хэмминга работает корректно. При классификации вектора, отличного от обучающей выборки, нейронная сеть определяет наиболее близкие образы.

Закключение. Таким образом, в данной работе обоснован выбор нейронной сети Хэмминга для решения задачи подбора лекарственных веществ. Разработан алгоритм и приведена его практическая реализация.

Библиографический список

1. Реестр открытых данных Минздрава РФ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rosminzdrav.ru/opendata> (дата обращения: 02.04.2018).

2. Видаль [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vidal.ru> (дата обращения: 09.04.2018).

3. РЛС [Электронный ресурс] – URL: <https://www.rlsnet.ru> (дата обращения 09.04.2018).

4. Скворцова В.И. Приказ Минздрава РФ от 19 декабря 2016 г. № 973н «Об утверждении типовых отраслевых норм времени на выполнение работ, связанных с посещением одним пациентом врача-кардиолога, врача-эндокринолога, врача-стоматолога-терапевта» [Электронный ресурс]. – М., 2016. – URL: <http://www.garant.ru> (дата обращения: 10.04.2018).

5. Рациональное использование лекарственных средств [Электронный ресурс]. – URL: http://www.who.int/medicines/areas/rational_use/ru (дата обращения: 15.04.2018).

6. Короткий С., Нейронные сети Хопфилда и Хэмминга [Электронный ресурс]. – URL: http://www.shestopaloff.ca/kyriako/Russian/Artificial_Intelligence/Some_publications/Korotky_Neuron_network_Lectures.pdf (дата обращения: 16.04.2018).

Сведения об авторах

Рыков Владимир Александрович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. АСУ2-16-1м, г. Пермь, e-mail: var6164@gmail.com.

Лекомцева Дарья Петровна – аспирантка кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: lekomtseva.daria@gmail.com.

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: itas@pstu.ru.

Д.Н. Селищев, Е.В. Федулаев, А.И. Сергеев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТРЁХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

В статье рассматриваются принципы и методы реализации автоматизации в рамках проекта построения программно-технического комплекса трёхмерного сканирования.

Ключевые слова: трёхмерное сканирование, автоматизация сканирования, сопряжение микроконтроллера с компьютером.

D.N. Selischev, E.V. Fedulaev, A.I. Sergeev

AUTOMATION OF THE PROCESS OF THREE-DIMENSIONAL SCANNING

The article discusses the principles and methods of implementing automation in the framework of the project for constructing a hardware-software complex of three-dimensional scanning.

Keywords: three-dimensional scanning, scanning automation, pairing the microcontroller with a computer.

Получение трёхмерных компьютерных моделей реальных объектов в машиностроении существенно облегчает процесс проектирования. Среди задач инженерного анализа наиболее яркими примерами применения трёхмерного сканирования являются:

- промышленный дизайн – оцифровка макета, изготовленного вручную, для последующего массового воспроизводства;
- контроль геометрии – измерение эксплуатационного износа, контроль качества при изготовлении;
- разработка упаковки – использование геометрии образца для последующего быстрого изготовления упаковки на его основе;
- рынок аксессуаров – изготовление запасных частей и аксессуаров для автомобилей и другой техники при недоступности информации в CAD-формате, в том числе актуально для изделий, снятых с производства;
- цифровое архивирование – сканирование и сохранение оригиналов, которые по какой-либо причине не могут быть сохранены в оригинальном виде;

– медицина и ортопедия – воспроизведение моделей человеческих органов в образовательных целях, а также проектирование ортопедических скоб, браслетов и т.п. [2, 3].

По степени взаимодействия с измеряемым объектом выделяют два основных способа получения информации о геометрии объекта в пространстве – контактный и бесконтактный. Бесконтактные сканеры в зависимости от использования излучения разделяют на активные и пассивные [5].

Сам по себе процесс 3D-сканирования – только первый этап работы, это просто сбор «сырой» информации. Чтобы получить конечный результат, предстоит обработать данные сканирования с помощью специализированного программного обеспечения [4].

Процесс сканирования может производиться вручную, в автоматизированном режиме с участием оператора либо автоматически по заданной программе. Как правило, автоматическое сканирование применяется с наличием предварительной информации о форме объекта – например, при контроле качества геометрии изделия. При реверс-инжиниринге особенности формы исследуемой детали могут быть неизвестны заранее, поэтому процесс сканирования чаще всего осуществляется вручную или в автоматизированном режиме с участием оператора.

Рассматривая задачу сканирования модели детали с неизвестной геометрией, возможно проведение предварительного анализа формы исследуемого объекта для определения габаритных размеров и построения управляющей программы дальнейшего процесса сканирования.

Для автоматизации сканирования деталей, по аналогии с ден-тальными сканерами, предлагается использование манипулятора-позиционера, позволяющего поворачивать подиум с деталью вокруг своей оси и менять положение по высоте. В отличие от ден-тальных сканеров в нашем случае особенности формы исследуемых объектов заранее не известны, поэтому мы не можем рассчитывать на возможность их фиксации на вращающемся подиуме. В этом случае угол наклона будет меняться не у подиума, а у модуля камеры (рисунок). При использовании линейного лазера для подсветки детали, также необходимо предусмотреть возможность изменения базиса – расстояния между камерой и излучателем. Увеличение базиса увеличит точность при триангуляции, приближение лазера к камере позволит «заглянуть» внутрь отверстий.

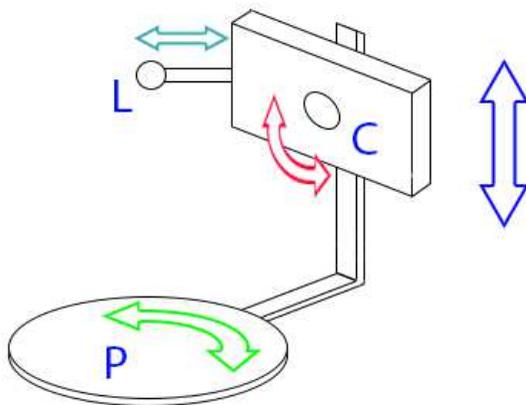


Рис. Схема движения модулей проектируемого устройства: P – вращающийся подиум, L – линейный лазерный излучатель, С – камера

Управление положением подиума, камерой и излучателем можно осуществлять с помощью сервоприводов, подключенных к микроконтроллеру. Взаимодействие компьютера с микроконтроллером планируется осуществлять посредством USB в режиме виртуального COM-порта либо в режиме HID (Human Interface Device). Также можно совместить передачу изображений с камеры по одному кабелю, организовав композитное USB-устройство (USB Composite Device) [6, 7]. Анализируя информацию в реальном времени, планируется передавать сканеру управляющие команды для изменения ракурса съёмки и уточнения геометрии.

Для расширения возможностей используемого оборудования и прикладной программы предполагается использование стандартных протоколов при обмене информацией. В частности, для управления положением детали и камеры можно передавать команды в формате G-code, интерпретация которого будет также осуществляться микроконтроллером устройства [1].

На основе выбранных методов и описанных принципов планируется разработка программно-технического комплекса автоматизированного трёхмерного сканирования, который позволит сократить время разработки трёхмерных моделей для дальнейшей работы с ними в системах автоматизированного проектирования в машиностроении.

Библиографический список

1. ГОСТ 20999-83. Устройства числового программного управления для металлообрабатывающего оборудования. Кодирование информации управляющих программ.

2. Ошкин Д. To be 3D or not to be... // САПР и графика. – 2008. – № 8. – С. 32–38.

3. Как 3D-сканирование решает задачи контроля качества на производстве [Электронный ресурс]. – URL: <http://blog.iqb-tech.ru/3d-scanning-quality-control>.

4. Попадюк С. 8 передовых программных продуктов для 3D-сканирования и 3D-печати [Электронный ресурс]. – URL: <http://blog.iqb-tech.ru/3d-software>

5. Ключко С.Л. Исследование алгоритмов реконструкции трехмерных объектов с использованием структурированного света. Выпускная квалификационная работа магистра. – СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – URL: <http://library.eltech.ru/files/vkr/2017/magistri/1304/2017%D0%92%D0%9A%D0%A0130425%D0%9A%D0%9B%D0%AE%D0%A7%D0%9A%D0%9E.pdf>

6. USB 2.0 Specification [Электронный ресурс]. – URL: http://www.usb.org/developers/docs/usb20_docs/

7. USB in a NutShell [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.beyondlogic.org/usbnutshell/usb1.shtml>

Сведения об авторах

Селищев Дмитрий Николаевич – студент Оренбургского государственного университета, Аэрокосмического института, гр. 17ИВТ(м)САПМ, г. Оренбург.

Федулаев Евгений Викторович – студент Оренбургского государственного университета, Аэрокосмического института, гр. 17ИВТ(м)САПМ, г. Оренбург.

Сергеев Александр Иванович – доктор технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизации производства» Оренбургского государственного университета, Аэрокосмического института, г. Оренбург, e-mail: alexandr_sergeew@mail.ru.

С.Ф. Тюрин, Е.О. Евстафьев

**ПРОБЛЕМА ИЗОЛИРОВАННОСТИ И СОГЛАСОВАННОСТИ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДАННЫХ В СОВРЕМЕННЫХ
СУБД В СОСТАВЕ ТЭК РОССИИ**

В данной статье рассмотрена нетривиальная проблема работы с транзакциями, а именно операциями над одними по смыслу данными, но разными по представлению структурах, в которых находятся; СУБД, в которых хранятся. Предложен вариант методологических рекомендаций моделирования для решения данной проблемы.

Ключевые слова: транзакция, распределенная транзакция, моделирование, СУБД, ACID.

S.F. Tyurin, E.O. Evstafiev

**PROBLEM OF ISOLATION AND COHERENCE
OF THE DISTRIBUTED DATA IN MODERN DBMS
AS A PART OF ENERGY INDUSTRY OF RUSSIA**

In the article the uncommon problems with transactions are considered, such as operations over ones identical on sense, but which are different in representation, structures in which are is considered. Methodological modeling recommendations' for solving these problems are considered.

Keywords: transaction, distributed transaction, modeling, DBMS, ACID.

Большую актуальность имеет процесс модернизации ТЭК России, в том числе его информационных систем [1]. Структура генерации, транспортировки, потребления и взаиморасчетов потребителей со сбытовыми компаниями может быть представлена следующей схемой (рисунок).

Одна из прикладных проблем – отсутствие опыта в проектировании и реализации информационных систем, в частности, СУБД, рассчитанных на работу:

1) с большим количеством узлов, не реплицированных СУБД, а разных версий и типов;

2) с учетом большого количества пользователей, которым доступны все права на операции в СУБД;

3) с учетом реальной пропускной способности каналов связи между узлами, реального лага времени на пересылку и синхронизацию данных;

4) с учетом реально допустимого объема хранения вспомогательных данных (журналов, так называемых «теневых страниц» и пр.).



Рис. Общая схема ТЭК России [2]

Как следствие, данная проблема создает ряд коллизий и ситуаций. Избыточность данных в разных системах (разных предприятий и субъектов производственного цикла), описывающих, например, одну и ту же транзакцию, что, в свою очередь, неизбежно ведет к ошибкам в работе с данными в долгосрочной перспективе. Сегодня нет единого строгого стандарта для взаимодействия и синхронизации данных всех участников. Для каждого отдельного типа транзакций (финансовых, технических) существует от одного до N удостоверяющих центров [3]. Кроме этого с учетом лага времени передачи фактических данных возникают проблемы, связанные с целостностью, изолированностью и согласованностью распределенных данных. Не всегда получается достоверно определить, спрогнозировать, какая транзакция из множе-

ства, полученных из разных источников с разными метками времени, каким образом повлияет на всю схему базы данных. Сегодня для реляционных баз данных существуют единые SQL-стандарты манипуляции с данными [4]. Однако они описывают общие теоретические принципы, а также имеют некоторые различия в конкретных реализациях того же программного обеспечения СУБД различных производителей.

Для определения различий в работе СУБД нескольких производителей был изучен краткий сравнительный анализ. Список требований к СУБД зависит непосредственно от конкретных целей ее применения. Однако все же можно выделить общие группы критериев:

1) структура данных, а именно предусмотренные типы данных, модели данных;

2) функциональные возможности, включающие в себя сетевые возможности, работу с триггерами, процедурами; зависимость системы от среды, где данная СУБД работает, а также возможность масштабирования;

3) особенности разработки приложений, поддержка «широких» и «тонких» клиентов, средства интеграции со сторонними приложениями;

4) производительность: рейтинг TPC (Transactions per Cent), возможности параллельной архитектуры, оптимизация запросов, индексирование;

5) минимальные требования к оборудованию и операционной системе.

В работе [5] были рассмотрены 5 различных реляционных СУБД: DB2, Oracle, Microsoft SQL Server, MySQL, PostgreSQL. СУБД были проанализированы методом анализа иерархий Т. Саати [6]. Все системы реализуют реляционную модель данных или объектно-реляционную модель данных, следовательно, все рассматриваемые альтернативы подходят для сравнения. В результате анализа были получены следующие результаты: вектор приоритетов альтернатив соответственно по порядку групп критериев: 0,07 0,07 0,12 0,49 0,25. Главное собственное значение: 5,03. Индекс согласованности (ИС): 0,01. Отношение согласованности (ОС): 0,01. Матрица А, в которой столбцы – векторы приоритетов альтернатив по всем критериям (по строкам выбранные СУБД соответственно порядку); матрица В – транспонированный вектор-столбец весов критериев; матрица С – результат анализа.

$$\begin{array}{c}
 \text{Матрица А} \qquad \qquad \qquad \text{Матрица В} \quad \text{Матрица С} \\
 \left(\begin{array}{ccccc}
 0,18 & 0,7 & 0,11 & 0,47 & 0,07 \\
 0,08 & 0,13 & 0,12 & 0,15 & 0,08 \\
 0,24 & 0,09 & 0,12 & 0,07 & 0,35 \\
 0,33 & 0,49 & 0,51 & 0,24 & 0,35 \\
 0,17 & 0,22 & 0,13 & 0,07 & 0,15
 \end{array} \right) \times \begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} 0,07 \\ 0,07 \\ 0,12 \\ 0,49 \\ 0,25 \end{array} \right) = \begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} 0,2785 \\ 0,1226 \\ 0,1593 \\ 0,3237 \\ 0,1147 \end{array} \right) .
 \end{array}$$

Результатом анализа стали веса рассматриваемых СУБД, которые распределились следующим образом: MS SQL Server (0.32), DB2 (0.28), MySQL (0.16), Oracle (0.13), PostgreSQL (0.11), что явно иллюстрирует наличие отличий в самом ПО разных СУБД.

В дополнение к различиям в практических реализациях ПО основанием может послужить теорема Брюера [7], доказательством которой занимались Сет Джилберт и Нэнси Линч [8].

Исходя из этого, можно заключить, что даже при наличии единого строго теоретического стандарта-алгоритма манипуляции с данными, в случае большого комплекса взаимодействующих СУБД, которые работают:

- на основе различного прикладного ПО;
- на основе различных версий ПО;
- на основе оборудования различной производительности;
- в сетях различной пропускной способности;
- в сетях различных (например, не аффилированных государственных и частных) предприятий по своим стандартам внедрения и разработки, были и будут подвержены риску возникновения ситуаций с коллизиями и потерей данных.

Очевидными решениями данной проблемы являются:

1) применение на всех субъектах отрасли одной версии и типа ПО, например, у всех предприятий MS SQL Server. Однако данный вариант в условиях рынка практически нереализуем;

2) проектирование и разработка так называемых «системных шин», интегрирующих различные системы. Сегодня на практике это и является единственным используемым решением в ТЭК России.

Стоит отметить, что проектирование и разработка для каждой пары информационных систем своей отдельной связки «системной шины» косвенно множит и «трудозатраты» на реализацию и потенциальные ошибки. Ведь фактически «системная шина» не является уни-

фицированным решением всех проблем, система данного типа решает только конкретную прикладную задачу транспорта. Проблемы, связанную с целостностью и изолированностью, такой подход не решает.

Предлагаемым решением может быть разработка методологии применения общего пользовательского типа данных для реляционных СУБД, состоящего из пары:

- 1) строки хэш-подписей отправителя и получателя транзакции и хэш-суммы самой транзакции;
- 2) метки времени.

При использовании данных полей повсеместно в моделях структур данных на основе механизма MVCC [9] можно утверждать, что синхронизация данных, целостность, изолированность и согласованность в различных системах будут соблюдены.

Другими словами, можно определить стандарт единого именованного субъектов (отправителей и получателей) для формирования хэш-подписей; а также выбор единого стандарта для использования метки времени, такой как, например, timestamp [10]. Тем самым в любой части системы можно будет точно определить актуальность данных, актуальность транзакции; и в случае коллизии отменить ту или иную ошибочную (устаревшую) транзакцию.

Библиографический список

1. Долматов И.А., Яркин В.И., Золотова И.Ю. Электроэнергетика России: основные показатели функционирования и тенденции развития // Аналитический обзор / НИУ ВШЭ. – М., 2015.
2. Хассе Феликс, Аксель фон Перфаль, Хиллебранд Томас. Обзор мировой электроэнергетики, подготовленный PwC [Электронный ресурс] // Аналитический обзор / АО «ПрайсвогтерхаусКуперс Аудит». – М., 2016. – URL: https://www.pwc.ru/ru/publications/blockchain/blockchain_opportunity-for-energy-producers%20and-consumers_RUS.pdf (дата обращения: 27.04.2018).
3. Минкомсвязь России. Список аккредитованных удостоверяющих центров [Электронный ресурс]. – URL: http://minsvyaz.ru/ru/activity/govservices/certification_authority (дата обращения: 08.05.2018).
4. International Organization for Standardization. ISO/IEC 9075-1:2016 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iso.org/standard/63555.html> (дата обращения: 08.05.2018).

5. Земцов А.Н., Болгов Н.В., Божко С.Н. Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий // Инженерный вестник Дона. – 2004. – № 2.

6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

7. Демидов А.А. Проектирование распределённых систем обработки объектных структур данных // Труды XII конф. RCDL. – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2010. – Вып. 12. – С. 441–447.

8. Джилберт Линч. In an asynchronous model, when no clocks are available, the impossibility result is fairly strong: it is impossible to provide consistent data, even allowing stale data to be returned when messages are lost. However in partially synchronous models it is possible to achieve a practical compromise between consistency and availability. – 2002. – P. 59.

9. Reed David P. Naming and Synchronization in a Decentralized Computer System: MIT dissertation. – September 21, 1978.

10. Bernstein Philip A., Eric Newcomer. Principles of Transaction Processing. Morgan Kaufmann. – 24 July 2009. – P. 263.

Сведения об авторах

Тюрин Сергей Феофентович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru.

Евстафьев Евгений Олегович – аспирант Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, e-mail: Evgeniy.Evstafev@tplusgroup.ru.

М.Д. Чистогов, Р.А. Файзрахманов

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ
КЛАССИФИКАЦИИ ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ СНИМКОВ
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

В данной статье описан метод классификации эндоскопических изображений ЛОР-органов в рамках развития системы поддержки принятия решения врача, основанный на применении нейронных сетей.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, распознавание изображений, классификация изображений, подготовка набора данных, эндоскопия ЛОР-органов.

M.D. Chistogov, R.A. Faizrahmanov

**DEVELOPMENT OF THE PRELIMINARY CLASSIFICATION
SYSTEM OF ENDOSCOPIC IMAGES FOR TRAINING
OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

This article describes a method for classifying endoscopic images of ENT organs within the framework of the development of a decision support system based on the use of neural networks.

Keywords: artificial neural networks, image recognition, classification of images, preparation of a data set, endoscopy of ENT organs.

В настоящее время все в больших областях появляется потребность в применении нейронных сетей и обработке больших данных. Применение нейронные сети находят в большинстве отраслей бизнеса, поэтому разработка и внедрение информационных систем являются на сегодняшний день одной из актуальных задач. Различные алгоритмы применяются для предсказания колебаний валютного рынка, для запуска беспилотного транспорта, для поиска наилучших рекламных предложений. В данной работе будет рассмотрено применение нейросетевых технологий компьютерного зрения для распознавания эндоскопических снимков ЛОР-органов

в рамках разработки системы поддержки принятия решения ЛОР-врача.

Обучение нейронной сети подразумевает подачу на ее вход примеров и контрпримеров определенного количества данных, в нашем случае – графических. Однако для получения такого набора данных необходима его подготовка при помощи квалифицированных специалистов.

После распознавания снимка несколькими экспертами снимки могут быть поданы на обучение нейронной сети, таким образом, чем более точно было определено заболевание на снимке, тем меньшее количество снимков может понадобиться для распознавания нового снимка с необходимой точностью.

Для разработки системы заказчиком было выделено 250 тысяч не размеченных снимков эндоскопии, после чего было принято решение о первичной разметке снимков при помощи веб-интерфейса, в котором эксперты могли бы провести описание каждого из снимков при помощи добавления к снимку описания в виде визуальных признаков и возможного диагноза пациента.

Согласно требованиям заказчика система классификации должна иметь следующий функционал:

1. Назначение снимков на распознавание экспертами.
2. Распознавание снимков экспертом.
3. Добавление признаков.
4. Оценка качества работы эксперта более опытным врачом.
5. Учет рабочего времени экспертов.
6. Просмотр статистики распознанных изображений.
7. Отбраковка изображений опытным врачом.
8. Просмотр снимков, распознанных нейронной сетью.

Исходя из сформированных требований к функционалу системы, была построена диаграмма взаимодействия пользователей системы в виде нотации BPMN (рис. 1).

Для первичной разметки снимков эндоскопии был разработан интерфейс распознавания снимка, учитывающий рабочее время эксперта (рис 2).

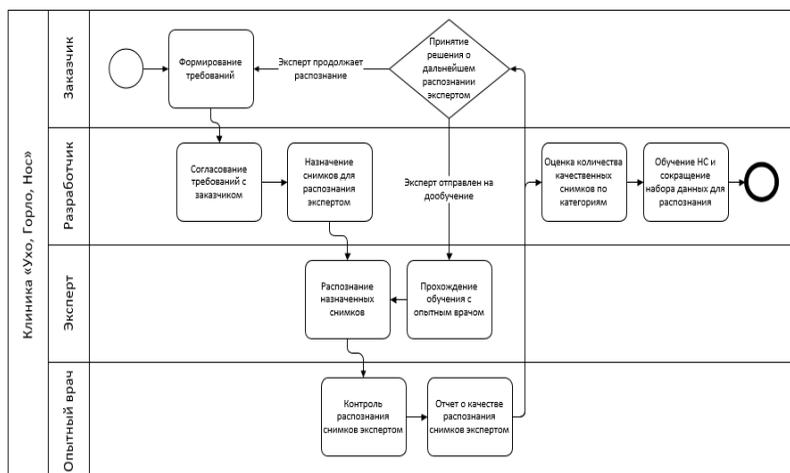


Рис. 1. BPMN-диаграмма – взаимодействие пользователей системы

Сегодня распознано:	0
Снимков в ожидании:	1360
Время распознавания:	0

Нейросеть

- Ухо

Ухо Горло Нос

- Ухо
- Ухо норма
- Евстахийт
- Экссудативный отит
- Острый гнойный средний отит II стадия
- Острый гнойный средний отит III стадия
- Адгезивный отит
- Хронический отит
- Наружный отит
- Полость после РО
- Перфорация барабанной перепонки
- Острый гнойный средний отит I стадия
- Буллезный отит

[Цвет и жидкость](#) [Физические признаки](#)

- Не в фокусе
- Черный квадрат
- Не в кадре
- Не читабельный

Сохранить
Пропустить

Рис. 2. Интерфейс первичной разметки снимков

Для удобства отслеживания работы экспертов в системе внедрен модуль учета рабочего времени эксперта, который подразумевает, что на распознавание одного эндоскопического снимка эксперту

необходимо 10 секунд, данное число было установлено в результате оценки статистики работы нескольких экспертов под наблюдением разработчика. Если эксперт не успевает распознать снимок за отведенное ему время, то время свыше установленного порога считается временем, потраченным в режиме простоя. При распознании снимка за более короткий срок пользователю в учет рабочего времени записывается потраченное им время.

После разметки первых снимков было принято решение разметки оставшейся базы снимков по признакам ухо, горло, нос при помощи обученной нейронной сети для более быстрого достижения результатов на снимках уха. Для этого была обучена нейронная сеть на трех признаках (ухо, горло, нос), по результатам обучения нейронная сеть показала результаты качества распознания 95 %. Для обучения нейронной сети были применены библиотеки Keras и Tensorflow, имеющие возможность работы с использованием ресурсов графического процессора, что значительно увеличило скорость обучения нейронной сети.

После первичной разметки снимков экспертом требуются подтверждение и отбраковка снимков более опытным врачом, для этих целей был разработан интерфейс отбраковки снимков, доступный в интерфейсе администратора. Опытный врач имеет возможность просмотра сразу нескольких эндоскопических снимков, отобранных по тому или иному признаку или распознанных конкретным экспертом. Для дальнейшего обучения нейронной сети необходимы наиболее качественные эндоскопические снимки, что позволит не только распознавать снимки эндоскопии, но и обеспечит их качество.

Проблема некачественных снимков заключается в сложности их дальнейшего толкования при повторном посещении доктора пациентом. Для отбраковки некачественных снимков эндоскопии в системы введены такие признаки, как «не в кадре», «не в фокусе» и другие оптические признаки некачественных снимков. На начальном этапе была проведена автоматическая отбраковка снимков нейронной сетью, содержащих признак «черный квадрат», эти снимки содержат уменьшенную копию основного изображения, которая в дальнейшем может повлиять на качество обучения нейронной сети.

В процессе работы экспертов в системе была обнаружена потребность предварительной оценки качества распознавания снимков экспертов, для этого был разработан и внедрен модуль тестирования пользователей, содержащий распознанные опытным врачом снимки. Для аттестации пользователь может пройти тестирование на наборе данных качественных снимков с понятными для врача признаками, по результатам аттестации пользователь допускается к разметке основной базы снимков либо отправляется на дообучение с более опытным врачом.

Для отслеживания статистики распознанных эндоскопических снимков и постановки эксперимента обучения нейронной сети в системе предусмотрен модуль отслеживания статистики распознанных снимков по определенным признакам, при этом учитываются оптически неверные снимки для получения наиболее качественно обученной нейронной сети.

В процессе пополнения базы распознанных снимков разработчик поэтапно может проводить разметку всей базы эндоскопических снимков по тому или иному признаку, а затем в процессе общения с экспертами узнавать точность распознавания снимков нейронной сетью. При наличии достаточной точности распознавания снимков по определенному признаку эти снимки могут исключаться из набора данных для распознавания экспертами. Таким образом резко сокращается набор снимков для распознавания, что позволяет увеличить эффективность работы экспертов. При выводе из базы снимков, содержащих один или несколько признаков, возможно сужение набора параметров для распознавания, что позволяет поддерживать баланс между снимками различных параметров, а это, в свою очередь, существенно сказывается на скорости разработки системы поддержки решения врача.

Жизненный цикл системы предусматривает ее дальнейшее развитие в рамках системы тестирования для проведения контроля распознавания эндоскопических снимков врачами поликлиники. Проведение тестирования пользователей позволит анализировать их знания при приеме на работу или в процессе прохождения курсов повышения квалификации. Несмотря на развитие системы помощи в принятии решения врача при прохождении пациентом эндоскопического обследования, врач должен уметь распознавать снимки самостоятельно для

большой достоверности в постановке диагноза. Система помощи в принятии решения врача лишь поможет сократить врачебную ошибку, но не сможет заменить врача.

Библиографический список

1. Хабаров С. Интеллектуальные информационные системы. – СПб: SerP, 2013.
2. Васенков Д.В. Методы обучения искусственных нейронных сетей. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2007.
3. Воронцов К.В. Лекции по искусственным нейронным сетям. – М., 2006. – 24 с.

Сведения об авторах

Чистогов Максим Дмитриевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-13-1б, г. Пермь, e-mail: chistogovwork@gmail.com.

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com.

Секция II
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Н.И. Берсенева, Б.Г. Стафейчук, А.Г. Шумихин

**АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ РЕАЛЬНЫХ
ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
МОЩНОСТЬЮ ТУРБИНЫ ЭНЕРГОБЛОКА 800 МВт**

В данной статье за объект исследования принята система автоматического управления мощностью энергоблока 800 МВт тепловой электростанции в режиме нормированного первичного регулирования частоты.

В работе выполнен анализ статистических характеристик динамики турбины. Была выполнена идентификация объекта, получены передаточные функции турбоагрегата, оценена их адекватность.

Ключевые слова: тепловая электростанция, энергоблок, система автоматического регулирования, корреляционная функция, динамические характеристики, математические модели.

N.I. Berseneva, B.G. Stafejchuk, A.G. Shumihin

**ANALYSIS OF CORRELATION FUNCTIONS OF REAL
PERTURBING IMPACTS IN THE POWER CONTROL SYSTEM
OF THE 800 MW TURBINE OF POWER PLANT**

In this article, a system of automatic power control of 800 MW power unit of a thermal power plant in the mode of normalized primary frequency regulation was adopted for the object of research.

The analysis of statistical characteristics of turbine dynamics is performed in this work. The identification of the object was carried out, the transfer functions of the turbine unit were obtained, and their adequacy was estimated.

Keywords: thermal power station, power unit, automatic control system, correlation function, dynamic characteristics, mathematical models.

Сегодня одной из актуальных задач в энергетике является регулирование частоты и мощности в энергосистеме. В связи с этим вышел ряд регламентирующих документов [1], которые ужесточают требования к регулированию нагрузки при поддержании остальных технологических параметров с высокой точностью.

Изменения частоты и нагрузки взаимокоррелированы. Анализ литературных источников показывает, что задача исследования

системы автоматического регулирования мощности энергоблока 800 МВт рассматривалась без учета реального характера возмущающих воздействий по нагрузке, и при управлении частотой ставится проблема учета статистических свойств возмущений энергосистемы.

В данной работе за объект управления принят энергоблок 800 МВт Пермской ГРЭС, в состав которого входят прямоточный котел типа ТПП-804 (ПП-2650-255-545/545) ТКЗ, паровая турбина К-800-240-5 ПО ЛМЗ и генератор переменного тока ТЗВ-800-2УЗ ЛЗО «Электросила». АСУ ТП выполнено на базе ПТК TELEPERM XP-R.

Сотрудниками электростанции в 2015 году проведен эксперимент по исследованию динамических характеристик объекта управления. Временная экспериментальная характеристики для турбоагрегата была обработана методом площадей и в пакете MatLab/Signal Toolbox методом наименьших квадратов.

Решение задачи идентификации позволило получить передаточные функции по каналам передачи воздействия следующего вида: расход острого пара (процент открытия клапана по расходу острого пара) – мощность энергоблока (рис. 1–2):

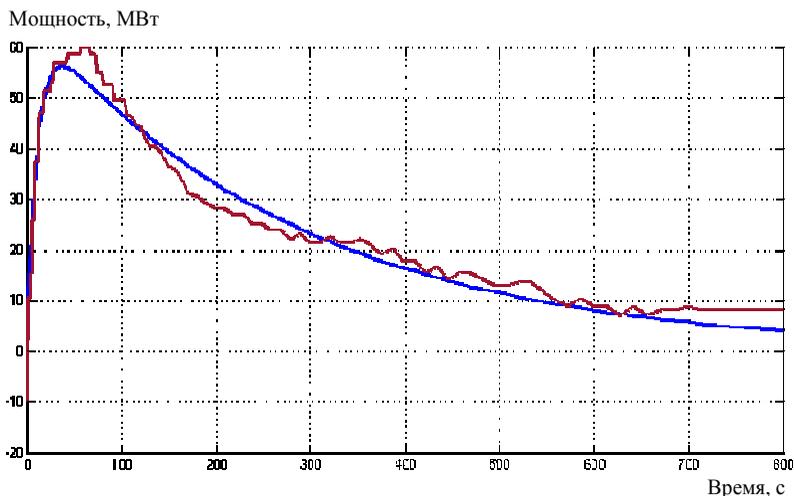


Рис. 1. Переходная характеристика по каналу расход острого пара (процент открытия клапана по расходу острого пара) – мощность энергоблока $W_{\mu_1}(s) = \frac{9,3}{11s+1} \cdot \frac{286s}{286s+1}$, МВт/%

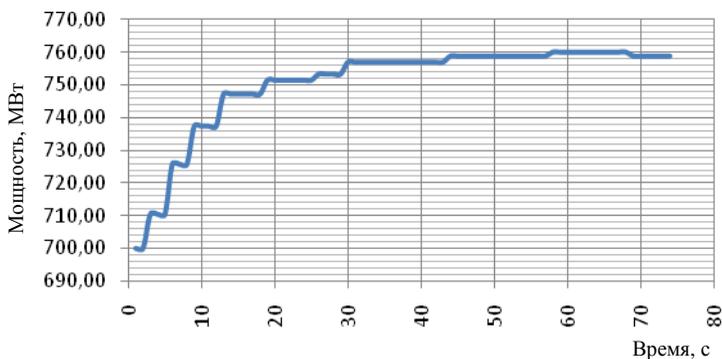


Рис. 2. Переходная характеристика по каналу расход острого пара (процент открытия клапана по расходу острого пара) – мощность энергоблока $W_{\mu_2}(s) = \frac{8,7}{11s^2 + 8,8s + 1}$, $\frac{\text{МВт}}{\%}$

Оценка статистических характеристик реальных возмущающих воздействий была получена по результатам нормальной эксплуатации энергоблока в соответствии с методикой, изложенной В.Я. Ротачем [2].

Структурная схема проведения эксперимента показана на рис. 3.

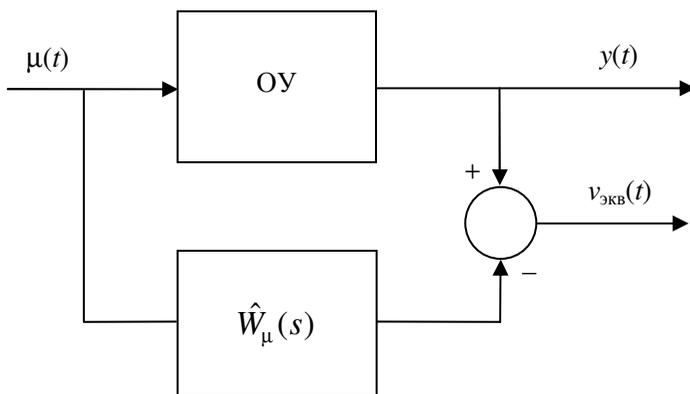


Рис. 3. Структурная схема проведения эксперимента

Для получения реализации эквивалентного возмущающего воздействия в пакете MatLab/Simulink был проведен компьютерный эксперимент с использованием тренда сигнала мощности энергоблока в режиме его нормального функционирования, представленного на рис. 4.

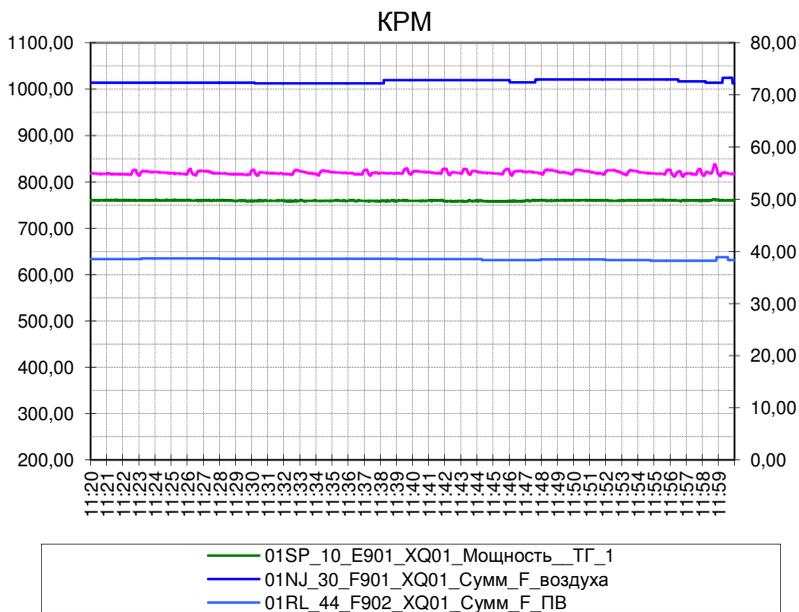


Рис. 4. Тренд сигнала мощности энергоблока в режиме его нормального функционирования

Структурные схемы проведения эксперимента на языке функциональных блоков в среде MatLab/Simulink для котельного агрегата представлены на рис. 5.

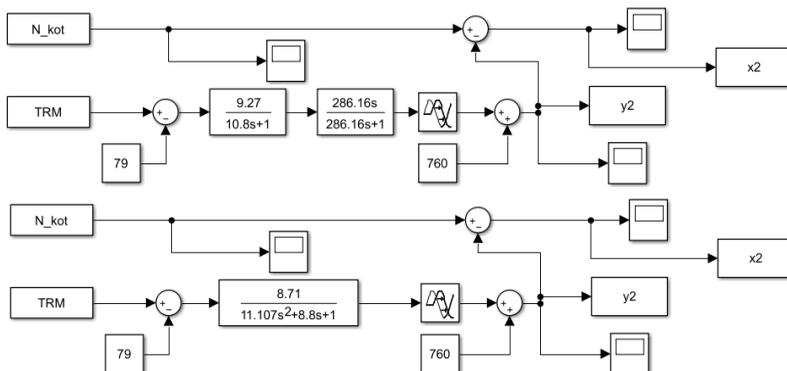


Рис. 5. Структурные схемы проведения эксперимента на языке функциональных блоков в среде MatLab/Simulink

Результаты эксперимента по получению реализации эквивалентного возмущения обработаны в математическом пакете MatLab/Signal Processing Toolbox. Получены значения математического ожидания, среднеквадратичного отклонения, а также получены автокорреляционные функции.

Автокорреляционные функции мощности турбоагрегата и их аппроксимация представлены на рис. 6.

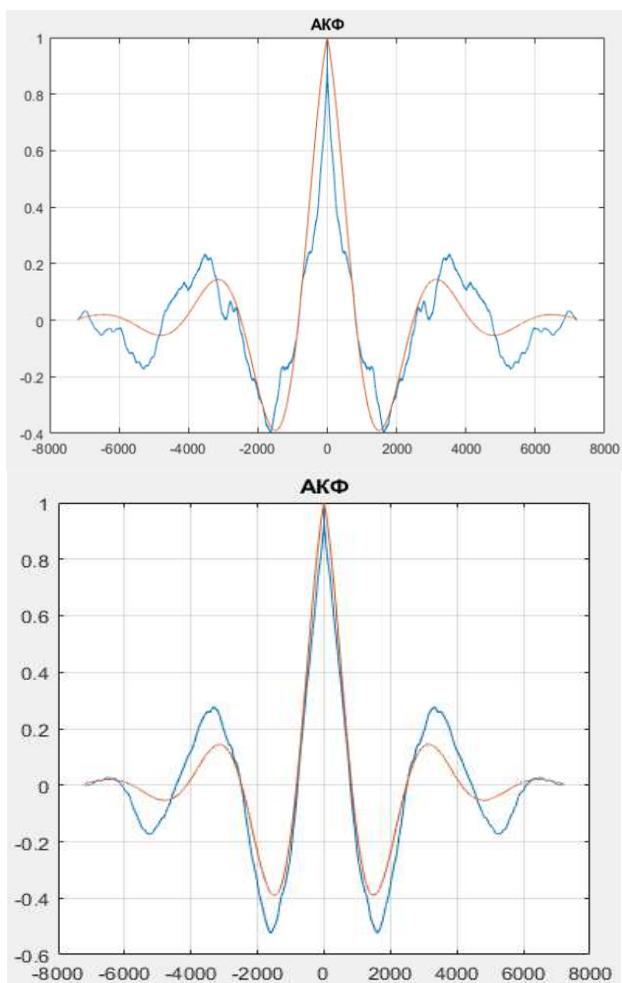


Рис. 6. Автокорреляционные функции мощности турбоагрегата

Анализ статистических характеристик возмущающих воздействий [3] показал, что они могут быть отнесены к типовым как воздействие с корреляционной функцией:

$$R(\tau) = [e^{(-0,0006|\tau|)} \cdot \cos(0,0019t)].$$

Предложенная методика позволяет получить вероятностную модель эквивалентного возмущения турбоагрегата в режиме нормальной эксплуатации. Это может быть использовано для оценки технологической эффективности предлагаемых решений по повышению эффективности работы системы управления энергоблоком. Для решения задач параметрического синтеза регулирования мощности турбоагрегата может быть использована модель динамики, не учитывающая эффект «проседания мощности», вызванный недостатком пара.

Библиографический список

1. Стандарт ОАО СО ЕЭС СТО 59012820.27.100.001-2016. Нормы участия генерирующего оборудования тепловых электростанций с поперечными связями в нормированном первичном регулировании частоты и автоматическом вторичном регулировании частоты и перетоков активной мощности. – М., 2016.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.: Изд-во МЭИ, 2008.
3. Ицкович Э.Л. Статистические методы при автоматизации производства. – М., Л.: Энергия, 1964.

Сведения об авторах

Берсенева Наталья Ивановна – аспирантка кафедры «Автоматизация технологических процессов» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: n.bers@mail.ru.

Стафейчук Борис Григорьевич – кандидат технических наук, доцент Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: atp@pstu.ru.

Шумихин Александр Георгиевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: atp@pstu.ru.

М.А. Братчиков, М.С. Орехов

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОЦЕССА ВЕНТИЛЯЦИИ УКЛОННОГО БЛОКА ЗТ-9
НЕФТЕШАХТЫ № 1 «ЯРЕГАНЕФТЬ»**

В данной статье приведена разработка алгоритмов управления вентиляцией нефтешахты. Разрабатываемая в настоящий момент система управления вентиляцией уклонного блока отвечает всем необходимым требованиям, но имеет два существенных недостатка: большинство функций выполняется оператором в ручном режиме, что повышает задержку протекающих процессов; вентилятор главного проветривания работает в режиме максимальной производительности на протяжении рабочей смены и не соединен с главной системой управления, загазованность в шахте происходит не всегда, значит, работа в максимальном режиме экономически не целесообразна. В результате работы планируется выполнить разработку новой системы управления с устранением всех существующих недостатков, при этом используя алгоритмы программно логического управления.

Ключевые слова: вентиляция, нефтедобыча, ПЛУ, моделирование системы.

M.A. Bratchikov, M.S. Orehov

**THE DEVELOPMENT OF AUTOMATION SYSTEM
A VENTILATION PROCESS OF A BIASED
BLOCK ЗТ-9 OIL MINE № 1 "YAREGANEFТ"**

This article describes the development of algorithms for controlling the ventilation of the oil-ladder. The currently developed ventilation control system of the slope unit meets all the necessary requirements, but has two significant drawbacks: most of the functions are performed by the operator in manual mode, which increases the delay of the ongoing processes; the fan of the main ventilation works in the mode of maximum capacity during the working shift and is not connected to the main control system, the gas contamination in the mine does not always take place, which means that operation in the maximum mode is not economically feasible. As a result of the work, it is planned to develop a new control system with elimination of all existing shortcomings, while using programmatic logic control algorithms.

Keywords: ventilation, oil production, PLU, system modeling.

В настоящее время, когда добыча нефти становится все более трудоемким процессом, используются альтернативные методы ее добычи. Одним из таких методов является методика разработки,

в ходе которой перегретый пар закачивают в продуктивный пласт – «термощахтный» метод добычи. Данный метод получил широкое применение на нефтетитановом месторождении Яреги, где нефть обладает высокой плотностью и вязкостью. Однако данный метод обладает рядом существенных недостатков, среди которых высокая температура и загазованность в шахте. Причиной этого является тот факт, что разогретая нефть поступает в выработку, и далее происходит ее транспортировка [2].

Для обеспечения безопасного пребывания сотрудников в шахте и поддержания микроклиматических условий предложено использовать вентиляцию подземных выработок [3].

Основной целью автоматизации устанавливаемого оборудования является повышение безопасности производственного процесса и эффективности проветривания рабочих зон и выработок шахтного поля. Представим технологический процесс в виде структурной схемы (рис. 1).



Рис. 1. Упрощенная структурная схема вентиляции уклонного блока нефтешахты 3Т-9

На территории кустовой площадки предлагается размещение двух агрегатов в блочно-модульном исполнении: кондиционера и вентилятора главного проветривания.

Для обеспечения безопасности персонала в шахте предложен комбинированный метод проветривания шахт и рудников. В горную выработку поступает охлажденная свежая струя воздуха за счет установки кондиционирования воздуха и удаляется из шахты за счет вспомогательной вентиляционной установки, которая позволяет создать депрессию.

Противоаварийная защита шахты обеспечивается наличием собственной системы сбора данных. Передача собранных данных

ведется контроллером через специализированную кабельную скважину. При отклонении допустимых параметров по концентрации в шахте срабатывает сигнализация по одному порогу.

Защита шахты от попадания искры обеспечивается наличием обратных противопожарных клапанов на устье из каждого агрегата.

Общий процесс работы вентиляции выглядит следующим образом: данные с датчиков поступают в систему управления, главный контроллер формирует пакеты с данными и передает их в САУ УКВ, вентилятор УВЦГ работает в режиме максимальной производительности на протяжении всей рабочей смены и не связывается с главной системой управления. Оператор в режиме реального времени следит за протеканием процесса и в случае возникновения различных отклонений может переводить систему в ручной режим управления и задавать задание для агрегатов УКВ.

Разрабатываемая в настоящий момент система управления вентиляцией уклонного блока отвечает всем необходимым требованиям, но имеет два существенных недостатка: большинство функций выполняются оператором в ручном режиме, что повышает задержку протекающих процессов; вентилятор главного проветривания работает в режиме максимальной производительности на протяжении рабочей смены и не соединен с главной системой управления, загазованность в шахте происходит не всегда, значит, работа в максимальном режиме экономически не целесообразна. Для устранения существующих проблем разработан новый алгоритм управления, на основе микропроцессорных средств фирмы SIEMENS.

Реализация системы проводилась в четыре этапа:

1) проведена разработка вербального описания алгоритма работы будущей системы и на основе этого составлены блок-схемы. Блок-схема главной программы представлена на рис. 2;

2) на основе блок-схем проведена разработка алгоритма управления в программе SIMATIC Manager;

3) моделирование процесса и проверка предложенного алгоритма на работоспособность в математическом пакете MatLab с расширением Simulink. В результате моделирования получен результат, на основе которого можно сделать вывод: разработанный алгоритм работает должным образом и устраняет действующие недостатки системы;

4) формирование SCADA-системы для визуализации протекающего процесса с помощью средств LabVIEW. Разработанная панель SCADA представлена на рис. 3 [4].

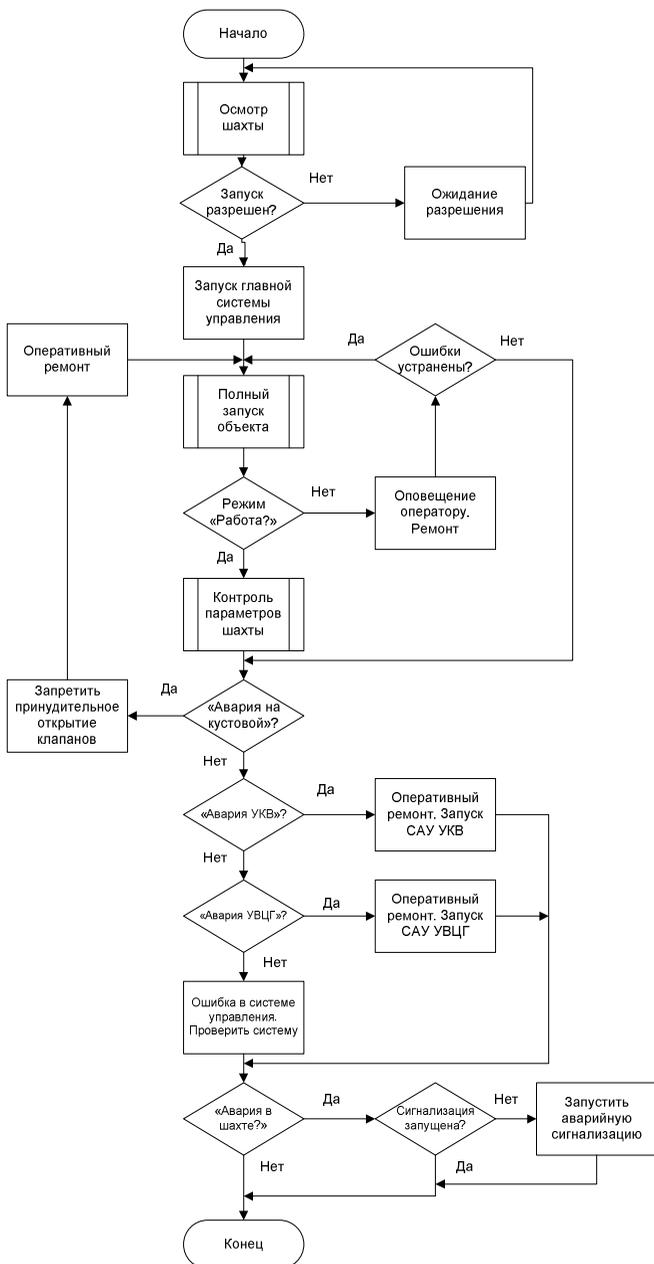


Рис. 2. Блок-схема главной программы

Для минимизации затрат предложен метод, при котором установка вентиляторная подключается к главной системе управления и участвует в информационном обмене, что позволяет вентилятору не работать в максимальной производительности, а функционировать в необходимом режиме только в моменты времени, когда происходит повышение загазованности в шахте.

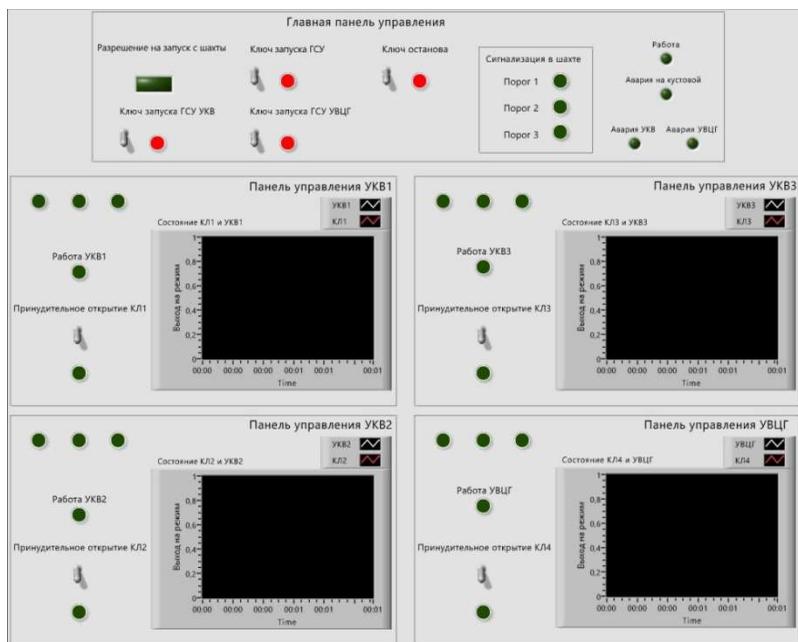


Рис. 3. Панель SCADA-системы

Результатом работы являются усовершенствование существующего алгоритма управления, в котором функции оператора сведены к минимуму, так как все основные переключения выполняются системой, а также минимизация экономических затрат на энергию, потребляемую вентилятором главного проветривания.

Библиографический список

1. Бергер Г. Автоматизация с помощью программ STEP7 LAD и FBD. – 2-е изд., перераб. – Эрланген, 2001.

2. Нор Е.В. Прогнозная оценка пылегазового режима воздуха рабочих зон нефтяных шахт при паротепловом воздействии на пласт: дис. – Ухта, 2004. – 130 с.

3. Николаев А.В., Файнбург Г.З. Об энерго- и ресурсосберегающем проветривании подземных горных выработок нефтешахт // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – № 4.

4. Васильев А.С., Лашманов О.Ю. Основы программирования в среде LabVIEW. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 82 с.

Сведения об авторах

Братчиков Максим Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АХТП-14-1пБ, г. Пермь, e-mail: maks-a-96@mail.ru.

Орехов Михаил Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Автоматизация технологических процессов» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: atp@pstu.ru.

Р.З. Бурганов, В.Ф.Беккер

ПРОИЗВОДСТВО ХЛОРА И ЕДКОГО КАЛИЯ МЕТОДОМ МЕМБРАННОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА

Сформулирована задача оптимального управления процессом электролиза. Определены критерии оптимальности. Разработана информационная модель. Определены основные координаты, определяющие электролиз как объект управления.

Ключевые слова: хлор, едкий кали, производство, мембранный электролиз.

R.Z. Burganov, V.F. Becker

PRODUCTION OF CHLORINE AND CAUSTIC POTASSIUM BY METHOD OF MEMBRANE ELECTROLYSIS

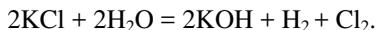
The problem of optimal control of the electrolysis process is formulated. Criteria of optimality are determined. An information model was developed. The basic coordinates determining electrolysis, as a control object, are determined.

Keywords: chlorine, caustic potash, production, membrane electrolysis.

Достаточно сложная технология процесса электролиза характеризуется значительным количеством взаимосвязанных параметров. Для выбора наиболее эффективных режимов (например, с максимальным КПД) необходимо, оптимизируя процесс электролиза, найти определенную комбинацию технологических параметров.

Процесс электролиза представляет собой сложную совокупность процессов: миграция ионов, диффузия ионов, вторичные химические реакции продуктов электролиза.

Гидроксид калия получают электролизом растворов KCl, обычно с применением ртутных катодов, что дает продукт высокой чистоты, не содержащий примеси хлоридов:



Технологическая схема производства хлора и гидроксида натрия мембранным методом включает стадии подготовки и очистки рассола, электролиза, доупарки электролитической щелочи и обработки хлора и водорода. Основные отличия мембранного процесса от классических

методов получения хлора и гидроксида натрия заключаются в том, что мембранный процесс требует более глубокой очистки питающего рассола от примесей и значительного подкисления анолита. На стадию доупарки поступает раствор щелочи, не содержащий хлоридов.

Электролиз применяется для получения определенных продуктов. В результате побочных реакций кроме основного вещества могут образовываться и другие продукты. Следовательно, лишь часть электричества затрачивается на образование основного вещества. Поэтому в техническом электролизе большое значение имеет величина выхода по току η , характеризующая коэффициент полезного действия электрического тока при электролизе [1]:

$$\eta = 100 \frac{m}{m_{\text{теор}}} = 100 \frac{m}{Itk_3},$$

где m – количество полученного продукта, кг; $m_{\text{теор}}$ – количество продукта, подсчитанное по закону Фарадея, кг; k_3 – электрохимический эквивалент, кг/А·с; t – время, с; I – сила тока, А.

Процесс получения КОН (едкого кали) относится к техническому электролизу водных растворов. Главная особенность электролиза водных растворов состоит в том, что молекулы воды в той или иной степени принимают участие в электродных процессах.

Если к параметрам электродного процесса отнести анодный и катодный выход по току, катодную и анодную плотность тока, рабочие площади электродов и концентрацию электролита, то связь между входными и выходными параметрами электролиза может быть представлена в виде уравнения:

$$\frac{dc}{\int_0^x \{ \eta_k [c_i(x)] i_k(x) - \eta_a [c_i(x)] i_a(x) \} dx} = \frac{k_3}{V} dt,$$

где c – концентрация, кг/м³; η_k и η_a – выход по току, %; i_k и i_a – плотность тока, А/м²; x – текущая координата, м; τ – время, с; k_3 – электрохимический эквивалент, кг/А·с; V – объём электролита, м³.

При этом предполагается, что температура и рН раствора имеют постоянные значения.

При определении оптимальных режимов главными критериями являются максимальная скорость процесса и максимальный выход по току. Исходя из этого, необходимо решить следующие задачи:

1. Нахождение функции изменения тока во времени для определения максимальной скорости. Для каждого значения c необходимо найти такое значение i , при котором скорость электролиза dc/dt будет максимальной.

2. При решении задачи непрерывного вывода процесса на режим минимального удельного расхода энергии необходимо исходить из уравнения:

$$\frac{dW}{dm} = \frac{U(i, c)}{k_3 \eta(i, c)},$$

где dW/dm – удельный расход электроэнергии, $U = U(i, c)$ – изменение напряжения на электролизере.

Необходимо найти функцию $i_{\text{опт}} = i(\tau)$. Это позволит найти изменение оптимальной плотности тока во времени, а также соответствующие изменения концентрации [1].

Для решения поставленных задач необходима информация о протекании процесса электролиза. Для этого составлена информационная модель. Информационная модель разрабатывается для определения и изучения входных и выходных параметров и потоков для данного технологического процесса, т.е. определения основных координат, определяющих электролиз как объект управления [2].

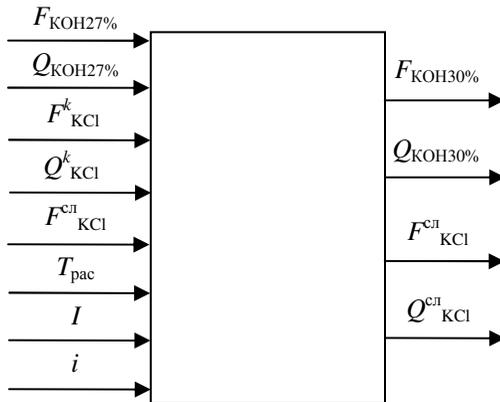


Рис. 1. Информационная модель процесса электролиза

Для процесса электролиза такими параметрами являются: входные:

- расход КОН 27 %, $F_{\text{КОН}27\%}$;

- концентрация КОН в растворе, $Q_{\text{КОН}27\%}$;
- расход рассола КСl концентрированного, $F_{\text{КСl}}^k$;
- концентрация КСl в рассоле концентрированном, $Q_{\text{КСl}}^k$;
- рН рассола, $Q_{\text{рН}}$;
- температура рассола, $T_{\text{рас}}$;
- величина тока на электролизер, I ;
- плотность тока, i ;

выходные:

- расход КОН 30 %, $F_{\text{КОН}30\%}$;
- концентрация КОН, $Q_{\text{КОН}30\%}$;
- расход рассола слабого, $F_{\text{КСl}}^{\text{сл}}$;
- концентрация КСl рассола слабого, $Q_{\text{КСl}}^{\text{сл}}$.

Таким образом, для процесса мембранного электролиза определены основные параметры контроля, а также установлены их номинальные значения:

- давление очищенного рассола хлористого калия – 0,27 МПа;
- расход очищенного рассола – 50 м³/ч;
- расход рециркулирующего 27 %-ного раствора КОН – 29 м³/ч;
- температура католита – 86 °С;
- массовая концентрация КСl – 175...195 г/л;
- массовая доля КОН – 30 %;
- напряжение каждой электролизной ячейки – 3,1 В;
- напряжение, подаваемое на электролизер 4.XE 01/4.XE 02, – 250 В;
- сила тока, выдаваемая на электролизер 4.XE 01/4.XE 02, – 14,1 кА.

Определены параметры для регулирования как наиболее значимые для процесса.

- давление очищенного рассола хлористого калия;
- расход очищенного рассола, автоматическое регулирование;
- расход рециркулирующего 27 %-ного раствора КОН;
- сила тока, выдаваемая на электролизер [3] .

Для реализации системы контроля и регулирования выбраны технические средства автоматизации, обеспечивающие длительное, надежное функционирование в условиях условий производства. Основные производители –Yokogawa, Samson, Endress Hauser, Siemens.

Заключение. Для проведения процесса электролиза необходим контроль наиболее значимых параметров. Эти параметры определены в соответствии с требованиями технологического процесса. С целью проведения процесса наилучшим способом необходимо оптимизировать параметры процесса электролиза.

Библиографический список

1. Делимарский Ю.К. Электролиз. Теория и практика. – Киев: Техника, 1982. – 167с.
2. Микропроцессоры в химической промышленности / Р.И. Батырев [и др.]. – М.: Химия, 1988. – 136 с.
3. Временный технологический регламент производства хлора и едкого кали методом мембранного электролиза (Утв. 2013 г. генеральным директором ООО «Сода-хлорат»). – 533 с.
4. Якименко Л.М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. – М.: Химия, 1974. – 600 с.
5. Пат. РФ 2126461. Способ хлорщелочного электролиза и диафрагменный электролизер.
6. Пат. РФ 2136784. Хлорщелочной диафрагменный электролизер.
7. Пат. РФ 2092615. Электрод для электрохимических процессов, электрическая ячейка, способ получения хлора и щелочи и многокамерный электролизер.
8. Пат. РФ 2128145. Способ электролиза с управлением процессом электрохимической обработки водных растворов и электролизер.
9. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. Т. 1. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 312 с.

Сведения об авторах

Бурганов Ренат Зуфарович – студент Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

Я.В. Воскресенский, В.Ф. Беккер

УПРАВЛЕНИЕ РАСХОДОМ ТИТАНОСОДЕРЖАЩЕЙ ШИХТЫ ИЗ БУНКЕРА В ХЛОРАТОР

Приведено описание схемы управления расходом титаносодержащей шихты из бункера в хлоратор, выполнен технический анализ этой схемы, выявлены особенности и недостатки. Приведены предлагаемые технические решения для устранения недостатков.

Ключевые слова: производство титана, управление.

Ya.V. Voskresenskiy, V.F. Becker

TITANIUM ORE FLOW FROM HOPPER TO CHLORINATOR CONTROL

A description of titanium ore flow control from a hopper to a chlorinator is given. Technical analysis of this scheme is carried out, and features and disadvantages are revealed. The proposed technical solutions for the elimination of disadvantages are presented.

Keywords: titanium production, control.

Оптимизация расхода титаносодержащей шихты является важной составляющей в процессе хлорирования. Расход шихты влияет на температуру расплава, на давление в аппарате и на количество получаемого тетрахлорида титана [1–3]. В момент подачи шихты в хлоратор температура расплава снижается, так как сырьё подается с низкой, относительно температуры расплава в хлораторе, температурой, далее температура расплава увеличивается, так как реакции идут с выделением большого количества тепла (экзотермические). Если количество шихты, подаваемое в хлоратор, будет недостаточным для хлорирования, то на выходе мы получим менее качественный продукт. То же самое произойдет, если сырьё будет подаваться в избытке. Важной необходимостью является оптимизация расхода шихты, который должен находиться в пределах 4000...4500 кг/ч. Для поддержания расхода шихты в заданном диапазоне необходимы устройства автоматического контроля и регулирования, внедрение которых поможет избежать выхода из-под контроля технологических параметров, а также оптимизировать качество получаемого тетрахлорида титана.

При производстве тетрахлорида титана применяют титаносодержащее сырье, которое предварительно обогащают в руднотермических печах с получением титанового шлака. Затем приготавливают порошкообразную титаносодержащую шихту в виде смеси, состоящей из титаносодержащего шлака (70 массовых %), технической соли хлорида натрия (13...15 массовых %) и восстановителя (уголь, антрацит 13...15 массовых %) с насыпным весом 0,93...0,98 г/см³ с уплотнением. Содержание влаги в шихте согласно ТУ не должно превышать 0,5...0,7 массовых %.

Система загрузки шихты в хлоратор [4] в отделении хлорирования цеха №32 «АВИСМА» на время написания данной статьи представляет собой два шнековых питателя, состоящих из загрузочного патрубка и двигателя с редуктором. Сюда же входит рабочий и расходные бункеры. Загрузка сухого продукта производится автоматически в зависимости от протекания процесса. Расход шихты регулируют изменением числа оборотов шнекового питателя.

Известна схема контроля и управления хлорированием титаносодержащего сырья в расплаве [5], по количеству общих признаков принятая за ближайший аналог-прототип. Установка включает два отдельных бункера для подачи в хлоратор углеродсодержащего материала и титанового шлака, которые затем подаются в промежуточный бункер-смеситель для получения титаносодержащей шихты. Из промежуточного бункера-смесителя титаносодержащую шихту подают на шнековый питатель при постоянных оборотах шнека и из него в хлоратор. На внешней поверхности бункера для титанового шлака установлены датчики сигнала уровня в виде мембранных датчиков и вибратор, приборы для регулирования подачи шихты в хлоратор в виде соленоидного пневмоклапана, шлангового клапана, пускового реостата, который приводит к остановке шнекового питателя, выключателя. Бункер через шнековый питатель соединен течкой с хлоратором. При зависании материала в бункере контакты датчиков уровня включают соленоидный пневмоклапан, сигнал с которого поступает на закрытие шлангового клапана и на пусковой реостат, который приводит к остановке двигателя шнекового питателя. При полном закрытии шлангового клапана контакт конечного выключателя включает вибратор, и он работает до тех пор, пока материал в бункере не обрушится. При обрушении материала шланговый клапан открывается, выключается вибратор, включается двигатель постоянного тока.

Подача шлака в хлоратор осуществляется весовым дозатором. Для ликвидации самопроизвольного обрушения материала предусмотрено реле времени, контакт которого через определенные промежутки времени включает вибратор на заданное время. Датчик уровня выполнен в виде мембраны с жестким центром, помещенной в корпус.

Недостатком данного устройства являются сложность установки и сложность конструкции датчика сигнала. В качестве датчика использованы мембранные уровнемеры, установленные на наружной поверхности бункера для подачи титанового шлака. Измерение сигнала зависит от геометрической формы бункера, объемного веса шлака и давления, воспринимаемого вертикальной стенкой бункера. Сложность измерения сигнала приводит к искажению данных и к снижению достоверности и оперативности показаний датчика сигнала. Кроме того, объемный вес титанового шлака и титаносодержащей шихты разный, и датчик сигнала уровня в виде мембранного уровнемера не подходит для измерения сигнала титаносодержащей шихты.

Второй недостаток данной системы – это невозможность контроля уровня титаносодержащей шихты в рабочем и расходном бункерах. Нельзя оперативно сказать, какое количество шихты находится в бункере. Управление дисковыми затворами, шиберами ручное. Отсутствует автоматика в данном процессе, что снижает скорость оперативного вмешательства в технологический процесс в случаях аварийных ситуаций.

Предложено устранение недостатков существующей модели, что позволяет упростить оперативный контроль и повысить достоверность показаний датчика сигнала при подаче титаносодержащей шихты из бункера в хлоратор, снизить погрешность измерения и тем самым повысить надежность работы хлоратора. Положительный результат достигается тем, что предложена установка для контроля подачи титаносодержащей шихты из бункера в хлоратор, включающая приемный и рабочий бункеры с входным и выходным патрубками и с задвижками, датчик сигнала и измерительное устройство, шнековый питатель и хлоратор. Ссылаясь на источник [6], автоматизируем процесс загрузки шихты в хлоратор следующими методами.

Вместо мембранных датчиков сигнала уровня на расходном бункере можно использовать сигнализатор уровня жидкости и сыпучих материалов СУ-В [7, 9]. Сигнализаторы уровня вибрационной серии СУ-В служат для определения и контроля уровня сыпучих материалов

(песка, угля, отсева, щебня, окатышей, гранул, агломерата, химических порошков, зерна, круп, комбикорма и т.п.) и широкого диапазона жидкостей. Изделия рассчитаны на длительную, непрерывную работу и предназначены для установки в любом пространственном положении. В рабочих бункерах следует предусмотреть установку сигнализаторов уровня вибрационных СУ-В1 (3 штуки на каждый бункер) – включение роторного питателя; отключение, и аварийная сигнализация в случае снижения уровня шихты в рабочем бункере при работающем роторном питателе (при 90 % объема – минимальные обороты или отключение, при 50 % объема – максимальные обороты или включение, при 40 % объема – аварийное оповещение). Предусмотреть возможность принудительного отключения питателей по месту и удаленно.

Их можно установить на стенках расходного бункера в количестве трех единиц для измерения результата положения максимально, среднего и низкого критического уровня наличия шихты.

Для измерения шихты в рабочем бункере достаточно будет установить один высокопроизводительный волноводный радарный уровнемер [7, 9]. Rosemount 5300 на верхней части рабочего бункера. Уровнемер практически не чувствителен к таким свойствам среды, как высокая запыленность, пар и внутренние конструкции технологических аппаратов и резервуаров, поэтому подойдет к этой системе наилучшим образом.

Для эффективного способа предотвращения образования и разрушения сводов сыпучих продуктов в металлических емкостях, а также очистки стенок технологического оборудования (силосов, бункеров, магистралей, питателей, путепроводов, железнодорожных вагонов и т.д.) от налипшего или намерзшего сыпучего продукта путем воздействия импульсной нагрузки на внешнюю поверхность очищаемого оборудования можно использовать магнитно-импульсные установки (МИУС) [7, 9]. Магнитно-импульсные установки обеспечивают эффективную очистку поверхностей стенок технологического оборудования. Воздействие на внешнюю поверхность очищаемого оборудования производится посредством циклической подачи мощных электромагнитных импульсов, для этого на стенках закрепляются исполнительные механизмы, сообщающие знакопеременное ускорение при разряде источника импульсного питания. В результате разрушаются адгезионные связи между стенками и налипшим материалом. Высокое качество очистки поверхности достигается благодаря оптимизации параметров

электромагнитной системы и правильному выбору мест расположения исполнительных механизмов. Вероятность повреждения оборудования исключается благодаря регулированию параметров в пределах упругих деформаций. Очистка производится без участия оператора при работе устройства и в автоматическом режиме.

МИУСы можно установить на конусных стенках бункера по 2 единицы на каждый бункер.

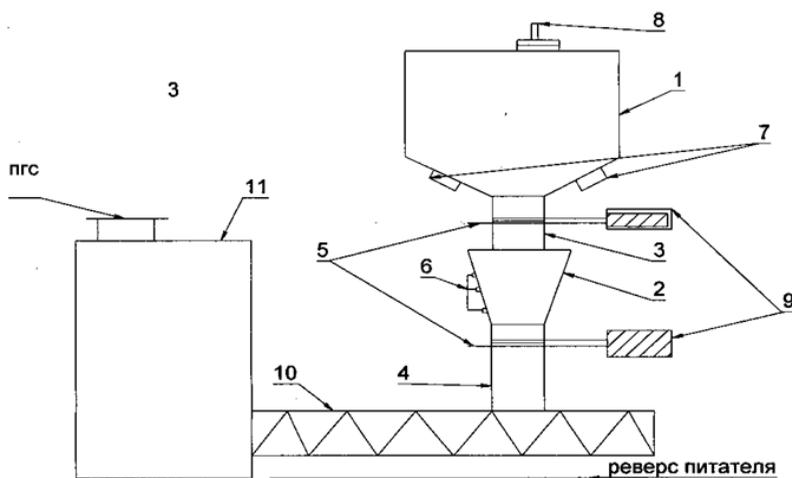


Рис. Усовершенствованная схема установки по управлению расходом титаносодержащей шихты

Для автоматизации открытия/закрытия затвора нужно установить пневмоцилиндр, который будет управляться автоматически либо вручную удаленно. Для этого понадобится пневматический модуль МП 13-26-3/6-2-Л-1-040*250, блок подготовки воздуха БК-6-2, и кран шаровый. Следует обеспечить реверс шнекового питателя для того, чтобы исключить попадание в хлоратор большого схода шихты. Нужно изменить конструкцию рабочих бункеров: уменьшить конусность стенок бункеров путем изменения формы самих бункеров, чтобы образования залежности шихты были минимальными, выполнить их крутонаклонными, течку по возможности разместить максимально близко к кожуху хлоратора.

На рисунке показана установка для контроля подачи титаносодержащей шихты из бункера в хлоратор, включающая: 1 – приемный

бункер; 2 – рабочий бункер; 3 – входной патрубок рабочего бункера; 4 – выходной патрубок рабочего бункера; 5 – задвижка (шибер); 6 – сигнализатор уровня жидкости и сыпучих материалов СУ-В; 7 – магнитно-импульсные установки (МИУС); 8 – волноводный радарный уровнемер Rosemount; 9 – пневмоцилиндры; 10 – шнековый питатель; 11 – хлоратор

Предложенная установка для контроля подачи титаносодержащей шихты из бункера в хлоратор позволяет упростить оперативный контроль и управление, повысить достоверность показаний датчика сигнала при подаче титаносодержащей шихты из бункера в хлоратор, снизить погрешность измерения и тем самым повысить надежность работы хлоратора.

Библиографический список

1. Химическая технология титана / В.А. Резниченко, В.С. Устинов, И.А. Карязин, Ф.Б. Халимов / АН СССР; Ин-т металлургии им. А.А. Байкова. – М.: Наука, 1983. – 248 с.

2. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1989. – 304 с.

3. Металлургия титана / В.В. Сергеев, Н.В. Галицкий [и др.]. – М., 1971. – 320 с.

4. Байбеков М.К., Попов В.Д., Чепрасов И.М. Производство четырёххлористого титана. – М.: Металлургия, 1987. – 129 с.

5. Ятко М.Е., Вакс С.А., Бейсекеев О.Б., Попов В.Д. // Цветные металлы. – 1973. – № 3. – С. 49–51.

6. Лукас В.А. Теория автоматического управления. – М.: Недра, 1990. – 416 с.

7. Вильвина А.В., Вильнин А.Д., Ефремов Е.В. Современные методы и средства измерения уровня в химической промышленности. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2011. – С. 207.

8. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмопривода: учебник. – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.

9. Инструкции и технические характеристики данных приборов. – URL: www.op-teko.ru/dz/su-v.html, <http://www2.emersonprocess.com/ruru/brands/rosemount/level/guided-wave-radar/5300-series/pages/index.aspx>, <http://agregat-impuls.ru/info/34-magnitno-impulsnye-ustanovki-mius.html>

10. Установка для контроля подачи титансодержащей шихты из бункера в хлоратор: полезная модель. 91068 Рос. Федерация: МПК С22В34/12, С01G23/04 / Щепин Л.А. (RU), Зуев С.Ю. (RU), Чутков А.П. (RU), Рымкевич Д.А. (RU), заяв. и патентообл. ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» (RU). – №2008121791/06. заявл. 30.05.08, опубл. 20.11.09. Бюл. №23. – 9 с.

11. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – Т. 2. – 176 с.

12. Синтез и анализ оптимального позиционного управления технологическими процессами производства губчатого титана / Ю.П. Кирин, А.В. Затонский, В.Ф. Беккер, Н.В. Бильфельд // Автоматизация и современные технологии. – 2010. – № 9. – С. 18–21.

Сведения об авторах

Воскресенский Ян Владимирович – студент Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: zwaijan@mail.ru.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

М.Н. Гатилова, О.В. Гончаровский

НАВИГАЦИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА В ТРУБОПРОВОДЕ

В статье рассмотрено решение задачи навигации автономного робота-сканера дефектов в трубопроводе, обеспечивающее локализацию с точностью до десятков сантиметров.

Ключевые слова: навигация в трубопроводе, автономный робот, линейная навигация.

M.N. Gatilova, O.V. Goncharovskiy

AUTONOMOUS ROBOT NAVIGATION IN THE PIPELINE

In this article, we consider a solution to the problem of navigating a robot inside a pipeline so that everything can be done without human involvement with an accuracy of tens of centimeters.

Keywords: navigation in the pipeline, autonomous robot, linear navigation.

Трубопровод является неотъемлемой частью современной инфраструктуры государства, длина его достигает сотни километров, а труба рано или поздно приходит в негодность. Производить замену трубопровода целиком не всегда целесообразно, это трудоёмко и дорого. Для выявления дефектов проводят диагностику с помощью неразрушающего ультразвукового контроля с помощью сканера-дефектоскопа IntroScan A2072 (рис. 1).

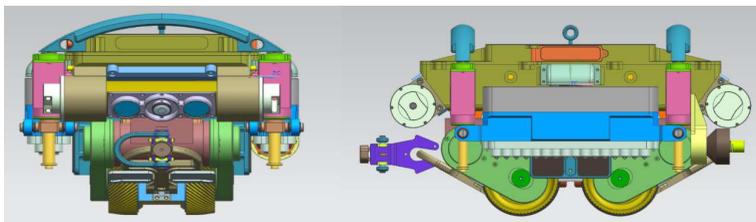


Рис. 1. Сканер-дефектоскоп

Этот роботизированный комплекс способен обнаружить целый ряд дефектов: засорения, чужеродные включения, сторонние включения, выявить отклонения в геометрии, дефекты сварных швов,

вмятины, гофры, расслоения. Размещение сканера в трубе осуществляется с помощью технологических прорезей.

Перемещение роботизированного комплекса по свободной траектории поддерживается магнитными колёсами, представленными на рис. 2. Робот обладает высокой манёвренностью, так как оператор самостоятельно управляет устройством, определяет маршрут. С помощью магнитных колёс он способен передвигаться по горизонтальной поверхности, верхней части, вертикальной стене*.

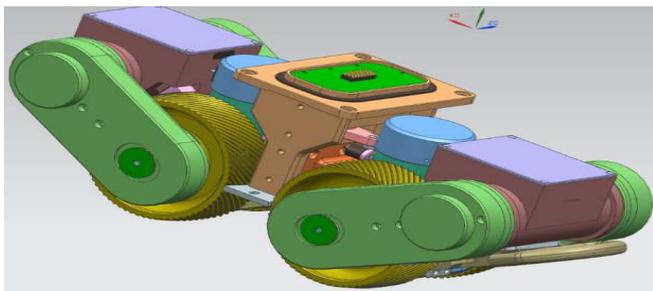


Рис. 2. Магнитные мотор-колесные модули

Задача состоит в том, чтобы все выполнялось без участия человека, поэтому необходимо решить задачу навигации робота внутри трубопровода так, чтобы локализация выполнялась с точностью до десятков сантиметров.

Для высокой точности навигации необходимо в каждый момент времени знать местоположение робота в трубе. Для этого необходимо измерять пройденное расстояние. При измерении накапливается ошибка, которую надо обнулять с использованием ориентиров, точное положение которых известно (есть карта или схема трубопровода). Чтобы точно определять своё местоположение, робот должен не только постоянно отслеживать собственные координаты, но и обладать многими навыками: построение маршрута, управление параметрами движения, например, определить скорость вращения колёс и правильно задать угол поворота, уметь интерпретировать получаемую с датчиков информацию.

* Сканер-дефектоскоп A2072 IntroScan [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.acsys.ru/production/detail/vnutritrubnyy-avtonomnyy-robotizirovannyi-skaner-defektoskop-a2072-introscan/> (дата обращения: 05.05.2018).

Для решения задачи навигации роботизированного комплекса в трубе используются ориентиры, которыми являются детали трубопровода. Наиболее важными и часто встречающимися являются тройники, повороты и стыки.

Для обеспечения точного позиционирования в трубопроводе было предложено установить на сканере шесть датчиков дальности: передний, передний левый, передний правый, задний, задний левый, задний правый и гироскопический датчик для обнаружения стыков. Каждый дальномер измеряет расстояние до препятствия, в данном случае это стенки трубы, и на основании этого может обнаруживать повороты и ветвления, которые являются ориентирами. Сопоставление ориентиров с картой позволяет корректировать координаты местоположения.

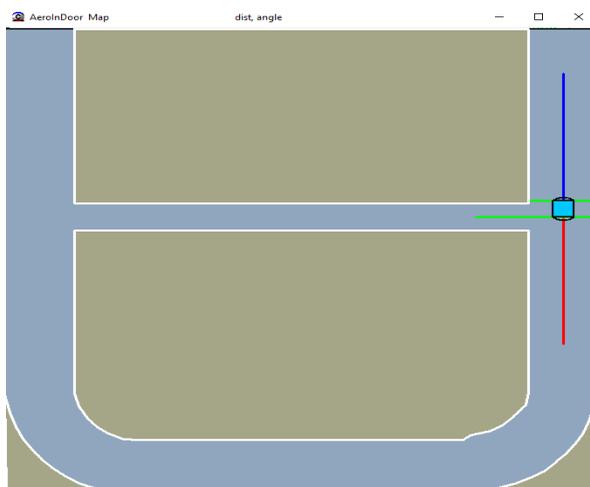


Рис. 3. Определение тройника

Обнаружение и подсчет сварных стыков также помогают уточнять координаты местоположения. Перемещаясь по прямой части трубопровода, дефектоскоп измеряет расстояние, полученное боковыми дальномерами, следит за тем, чтобы оно совпадало у левого и правого, таким образом он позиционируется по центру трубопровода. Повороты определяются передними датчиками, постепенно начинает сокращаться расстояние до стенки трубопровода, шаг за шагом с помощью боковых дальномеров роботизированный комплекс пре-

одолевать отвод, так же позиционируясь посередине, т.е. старается двигаться так, чтобы расстояние боковых дальномеров выровнялось и в итоге полностью совпало.

Следуя аналогичному подходу, робот легко преодолеет равнопроходной тройник и не потеряется: двигаясь прямо, резко изменится расстояние, полученное левым или правым передними дальномерами, оно значительно увеличится, в то время как расстояние противоположного бокового датчика не изменится, как и данные переднего дальномера, что является главным отличием в правильном определении ориентира – тройник это или отвод. Пример определения тройника с помощью симулятора представлен на рис. 3. Симулятор реализован на Си интегрированной среде разработки Pelles C.

Сведения об авторах

Гатилова Марина Николаевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ1-16-1м, г. Пермь, e-mail: mng7@list.ru.

Гончаровский Олег Владленович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: 35911953@mail.ru.

С.А. Гуньков, В.Б. Дудоров

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТИПОВОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ШАБЛОНА ПРОЕКТА

В данной статье рассмотрены основные принципы взаимодействия SCADA-систем с промышленным оборудованием. Показаны возможности применения драйверов и OPC-серверов, описан процесс взаимодействия SCADA-системы с оборудованием.

Ключевые слова: SCADA-системы, OPC-сервер, драйвер, взаимодействие, оборудование.

S.A. Gunkov, V.B. Dudorov

SOFTWARE OF A TYPICAL DISPATCHER SYSTEM BASED ON THE PROJECT TEMPLATE

In this article the basic principles of SCADA-systems interaction with equipment. The possibilities of using drivers and OPC-servers are shown; the process of SCADA-system interaction with equipment is described.

Keywords: SCADA-systems, OPC-server, driver, interaction, equipment.

Задачи повышения эффективности производства и качества выпускаемой продукции, а также обеспечения высокого уровня управляемости являются насущными для любого предприятия. При развертывании автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) на несколько однотипных объектов процессы проектирования, интеграции, внедрения и управления значительно усложняются.

Для ускорения процесса разработки и повышения производительности труда целесообразно использовать типовые проекты (шаблоны), которые позволяют реализовать опыт предыдущих внедрений, учесть требования заказчика, использовать современные технические решения и технологии.

Основу реализации проектов подобного типа представляет программное обеспечение, получившее название SCADA-система. Каждая SCADA-система включает две основные подсистемы: инструментальный комплекс, представляющий собой средства разработки конкретных проектов, и исполнительный комплекс, поддерживающий

работу компьютерных пультов в системах управления технологическими процессами.

Основными целями программного обеспечения SCADA-систем являются разработка и поддержание постоянной бесперебойной работы в режиме реального времени системы сбора, обработки и отображения информации различного типа о конкретном объекте управления или мониторинга [1].

Вместе с тем SCADA-система представляет собой некое промежуточное звено между системой управления и оператором. Поэтому SCADA-система кроме взаимодействия с конкретным оператором через журналы, тренды и мнемосхемы должна вести, также, особый обмен информацией, в том числе и с нижним уровнем, представленным приборами, модулями, контроллерами.

Подобный обмен может быть осуществлен по стандартным протоколам (Modbus, DCON) или же по закрытым протоколам (широкий спектр закрытых протоколов представляют собственные разработки некоторых фирм-производителей промышленных контроллеров).

В настоящее время существуют два основных способа получения конкретных данных SCADA-системой от нижнего уровня системы управления – драйверы и OPC-серверы [2].

В случае получения конкретных данных SCADA-системой посредством драйвера система получает данные через свой собственный, уникальный драйвер (рисунок).

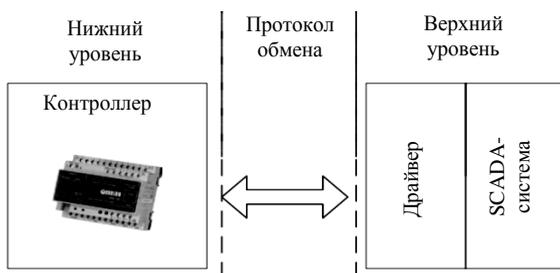


Рис. Получение SCADA-системой конкретных данных посредством драйвера

В указанном случае для каждого из протоколов необходимо написать специальный драйвер. При этом указанный специальный драйвер будет работать только с той SCADA-системой, под которую он был написан. Поэтому перед осуществлением данной операции,

разработчику общей системы автоматизации необходимо убедиться, что выбранные им для работы приборы поддерживаются SCADA [3].

При использовании драйверов могут возникнуть трудности, когда необходимо получать данные от более низкого уровня, не в одной, а сразу в нескольких программах. Подобный подход в итоге достаточно сильно усложняет работу проектировщиков систем автоматизации, поскольку им приходится подстраивать свои разрабатываемые системы сразу под разработчиков SCADA-систем, а также под разработчиков разнообразных приборов автоматизации.

Имеются два основных способа подключения разработанных драйверов в MasterSCADA – напрямую и через особый модуль подключения – MasterLink.

Подключение напрямую используется только для плат ввода-вывода, встроенных в компьютер. MasterLink является особой версией, составной частью MasterSCADA исполнительной контроллерной системы MasterPLC. Благодаря данному обстоятельству один и тот же конкретный драйвер может использоваться как для подключения всех единиц оборудования к верхнему уровню системы, так и к нижнему уровню.

Для обмена относительно небольшим количеством данных, осуществляемых по последовательным простым протоколам в MasterSCADA, например, существует особый функциональный блок под названием SmartLink, который позволяет описать различные форматы вариантов запросов и ответов вообще без применения процесса программирования.

Чаще всего MasterSCADA взаимодействует с различными приборами нижнего уровня при помощи так называемого OPC-сервера. Термин «OPC» в данном случае подразумевает под собой семейство стандартов, которые описывают технологии взаимодействия различных программных средств между собой, отличаются производителями и разработаны для систем и элементов промышленной автоматизации. Как правило, в таком случае подразумевается стандартизация опроса различных технических средств нижнего уровня, к которым относятся помимо контроллеров также разнообразные интеллектуальные приборы.

Иными словами, речь идет об унифицированных драйверах, при помощи которых разнообразные программные средства, относящиеся к верхнему уровню систем автоматизации, могут производить опрос определенного оборудования.

Главнейшим преимуществом OPC является унификация обмена с источниками данных, поскольку применяется единый стандарт. Благодаря данному стандарту любой конкретный OPC-сервер может осуществлять взаимодействие с любой SCADA-системой.

Данное обстоятельство позволяет производить подключение любого прибора к любой SCADA-системе при условии установки OPC-сервера для определенного протокола. При этом создать сам OPC-сервер может и фирма-производитель приборов и оборудования, а может создать разработчик SCADA-систем (в этом случае OPC-сервер сможет осуществлять взаимодействие и со SCADA других фирм-производителей). OPC-сервер также может создать совершенно посторонняя фирма для использования ее сервера и производителями приборов и оборудования, и разработчиками SCADA-систем.

При использовании OPC-серверов общая схема получения конкретных данных выглядит следующим образом. Сервер OPC с помощью встроенного драйвера принимает данные, получаемые с нижнего уровня, осуществляет их анализ, устанавливает уникальный признак качества и ставит метку времени, затем передает полученные в результате обработки данные по интерфейсу OPC-клиенту. Как правило, в большинстве случаев OPC-клиентом является конкретная SCADA-система, хотя иногда OPC-клиентом может выступать другая программа (MES-система и т.д.).

Общий стандарт обмена данными в рамках OPC базируется на основной и распространенной схеме «клиент–сервер». Данное обстоятельство позволяет подключать достаточно большое количество клиентов к одному общему серверу.

Необходимо отметить, что OPC-сервер может также принимать данные не только от приборов по согласованным промышленным протоколам. Через данный интерфейс можно передавать данные практически любого формата – OPC-сервер имеет возможность реализовать согласованный обмен между программами, получать из базы данных информацию при выполнении SQL-запроса и т.д.

В процессе создания конкретного проекта SCADA-системы имеется возможность проводить программирование контроллеров с открытой архитектурой (так называемые «SoftPLC»). В таком случае и проект SCADA, и ПЛК реализуется как единый проект автоматизации в единой среде программирования.

Библиографический список

1. Автоматизация технологических процессов и производств: учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко, В.Б. Моисеев; Пензенский государственный технологический университет. – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2015. – 442 с.

2. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: учеб. пособие / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов. – М.: Изд-во Машиностроение, 2004. – 180 с.

3. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. – М.: РТСофт, 2004. – 176 с.

Сведения об авторах

Гуныков Сергей Алексеевич – студент Оренбургского государственного университета, гр. 15УТС(ба) УИТС, г. Оренбург, e-mail: roughest56@gmail.com.

Дудоров Виктор Борисович – доцент кафедры «Управление и информатика в технических системах» Оренбургского государственного университета, г. Оренбург, e-mail: dudorov1955@mail.ru.

Воскресенский Ян Владимирович – студент Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: zwaijan@mail.ru.

А.С. Давлетбаев, Г.Г. Куликов, Ю.В. Старцев

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА ПОМОЩИ В НАСТРОЙКЕ СТАНКОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В данной статье рассматривается концептуальная модель интеллектуальной сетевой системы для автоматизации настройки станков электрохимической обработки с применением нейронной сети как вспомогательного решающего механизма на основе ранее произведенных обработок. В статье представлено описание метода построения системы, ее функционального состава, а также описание ее функциональных возможностей и роли в общем производственном процессе.

Ключевые слова: автоматизация; искусственные нейронные сети, распределенные системы, мобильные платформы, многокритериальная оптимизация, электрохимическая обработка, базы данных, одноранговые сети.

A.S. Davletbaev, G.G. Kulikov, U.V. Startsev

INTELLIGENT NETWORK SYSTEM OF ASSISTANCE IN ELECTRICAL CHEMICAL MACHINING MACHINES SETTING

This article considers a conceptual model of an intelligent network system for automating the adjustment of electrochemical processing machines using a neural network as an auxiliary decision mechanism based on previously performed treatments. The article describes the method of constructing the system, its functional composition, as well as a description of its functional capabilities and role in the overall production process.

Keywords: automation; artificial neural networks, distributed systems, mobile platforms, multi-criteria optimization, electrochemical processing, databases, single rank networks.

Станки ЭХРО производят сложную физико-химическую и механическую работу по различным операциям (формообразование, резка, точение, снятие заусенец, полировка и др.). Ввиду очень сложного технологического процесса, протекающего в станках ЭХРО, оператору – наладчику (технологу) необходимо иметь достаточно большой опыт и знания для того, чтобы подобрать правильный набор параметров и условий для осуществления операции. Этот трудоемкий

процесс может занимать от нескольких дней до нескольких недель, а то и месяцев, зависит от сложности операции и изготавливаемой детали, но при этом скорость, точность и другие показатели обработанной детали являются более привлекательными по сравнению с другими методами обработки металлов.

Так, например, обработка сплавов титана с помощью станков ЭХРО при формообразовании сложной формы (лопаток газотурбин) более эффективна, чем обточка на станках механической резки (фрезерный ЧПУ).

Для примера, набор параметров для станков ЭХРО включает в себя порядка двадцати различных параметров, необходимых для нормального протекания процесса растворения металла в среде электролита под действием электрического тока. Нарушение любого из этих параметров приведёт к плачевным результатам, от неправильной формы заготовки до выхода из строя оборудования.

Для автоматизации рутины технолога предлагается разработать систему, которая позволит хранить информацию об обработках, происшедших в процессе наладки, предоставлять дополнительную информацию о текущем процессе, в том числе организационно-материальную, для упрощения процесса контроля пуско-наладочной работы. Система должна быть реализована на современных мобильных платформах с сенсорным управлением, в компактном формфакторе для обеспечения удобства использования системы, обеспечить современные средства ввода данных в систему и своевременную выдачу актуальной информации.

В качестве такой системы предлагается система [AiNES] [5, 6, 7]. Система представлена совокупностью самостоятельных узлов [AiNES] – компонентов, каждая из которых привязывается к конкретным станкам (рис. 1).

Каждый узел самостоятельно хранит информацию о процессах обработки на оборудовании, закрепленном за ним, составляя общую распределенную базу данных, доступ к которой может получить любой узел системы. Благодаря этому достигается возможность обеспечения отказоустойчивости системы, а также взаимозаменяемость узлов в случае сбоев. Каждый узел обменивается заданиями с другими узлами, обеспечивая одновременную обработку задания на выработку параметров, обработку между несколькими вычислителями, за счет чего повышаются вариативность и эффективность получения

решения. Также есть возможность включения в систему серверной ЭВМ, задачей которой являются расширяющие функции по наращиванию вычислительной мощности системы и возможность репликации и синхронизации узлов системы.

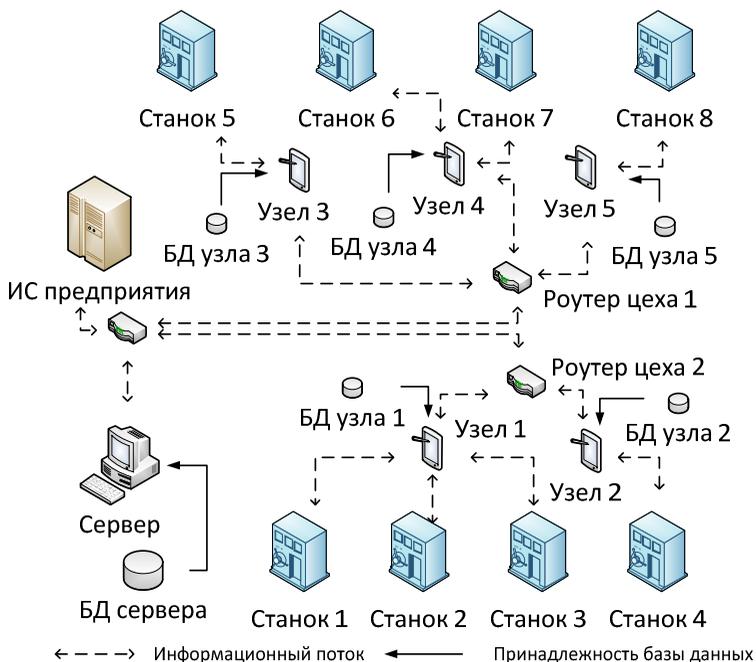


Рис. 1. Общая схема системы

Набор модулей системы (рис. 2) позволяет обеспечить взаимодействие пользователя с системой, а также системы с другими узлами и с информационной системой предприятия (ИСП). Взаимодействие с ИСП необходимо для того, чтобы получать и отдавать различную организационно-материальную информацию о текущих процессах на производстве. За счет этого происходит дополнительная интеграция системы в общую производственную информационную систему предприятия.

Модуль работы с сетью обеспечивает обмен данными системы, а также управление задачами и синхронизацией данных в базах данных сети для обеспечения консистентности баз данных на различных узлах.

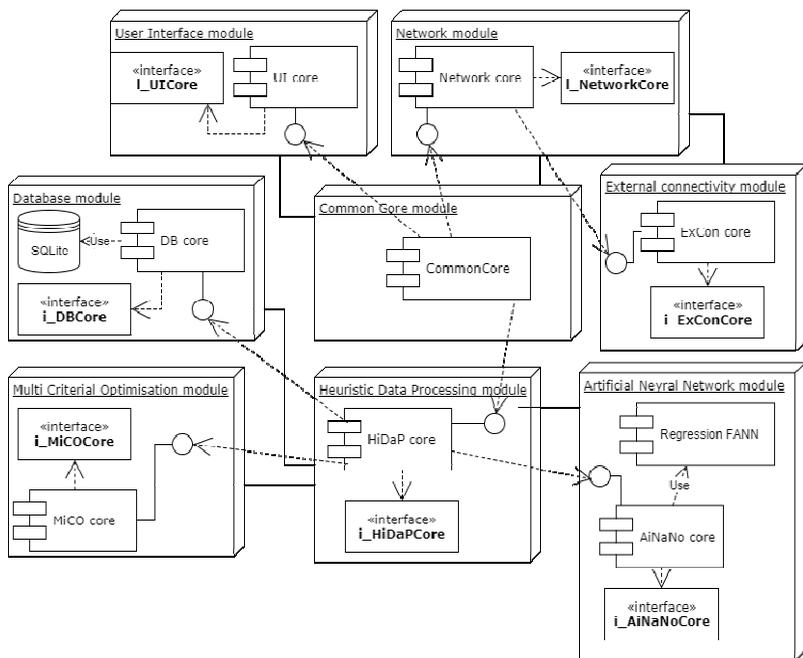


Рис. 2. Общая схема компонентов системы

Обработку данных обеспечивает модуль эвристической обработки данных, который производит работу над всеми данными системы, начиная от работы с базой данных до управления нейронной сетью, которое осуществляется с использованием сторонней статической библиотеки. Конфигурирование нейронной сети осуществляется персонально для каждой единицы оборудования, обучение нейронной сети осуществляется на основе данных, хранящихся в базе данных (результаты произведенных обработок), на их же основе производятся модификация и дообучение нейронной сети в автоматическом режиме. Также модуль осуществляет контроль над задачами, в рамках которых необходимо формализовать некоторые параметры, не имеющие численных значений, а также осуществить синхронизацию данных в случае появления новой категории формализации.

Работа с базой данных осуществляется посредством контроллера связи с базой данных SQLite (см. рис. 2), которая наиболее активно используется на мобильных платформах и предоставляет достаточ-

ный функционал по работе с данными посредством SQL-запросов. Однофайловая база данных – наиболее оптимальный вариант по управлению распределенной базой данных для сервера. В рамках модуля происходят конвертация некоторых типов данных, а также сериализация и десериализация для хранения объектов в изначальной форме. Модуль позволяет обеспечить полный спектр возможностей по управлению данными.

Стоит отметить, что ядро системы получает доступ к модулям посредством подключения модулей – синглтонов, позволяющих выполнять различные операции на должном уровне абстракции, не переходя к более детальным операциям. Это позволит использовать возможности кроссплатформенной разработки (рис. 3) по типу MVVM (Model-View View-Model) с использованием DJINNI-мостов (авто генерируемые структуры данных) для обеспечения взаимодействия ядра модели интерфейсами системы на различных операционных системах мобильных устройств. Это позволит обеспечить достаточную гибкость системы для использования на различных устройствах.

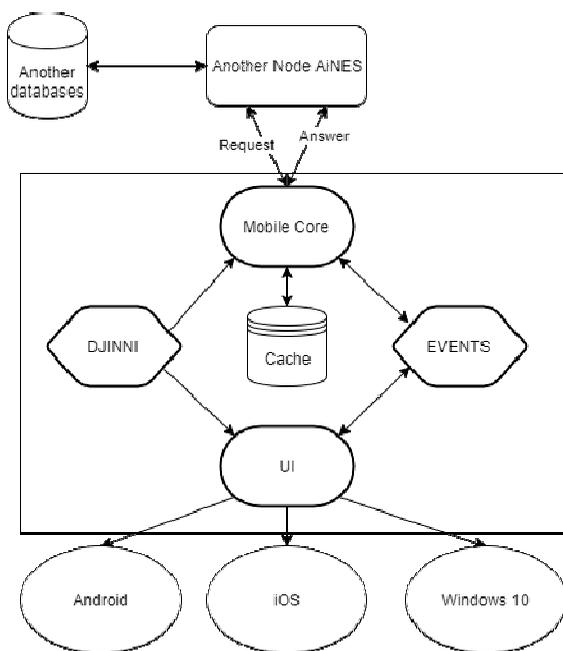


Рис. 3. Компоненты модуля работы с базой данных

Использование системы [AiNES] позволит не только избавить технолога от необходимости постоянно помнить о тех работах, которые были произведены в течение долгого времени, но и позволит избежать ошибок, которые были допущены ранее. В свою очередь это позволит сократить расходы предприятия на браке при пусконаладке. Ведь стоимость некоторых деталей может быть очень велика, цена ошибки возрастает, а следовательно, дополнительная помощь технологу просто необходима.

Система позволяет обеспечить не только автоматизацию в рамках рабочего места, но также предоставлять информацию на более высокие уровни управления информацией в рамках предприятия (MES – уровень информационной системы предприятия), что позволит дополнительно получать информацию о текущей ситуации на местах.

Библиографический список

1. Senthil Kumar K.L. Modeling of metal removal rate in machining of aluminum matrix composite using artificial neural network // *Journal of Composite Materials*. – 45(22). – P. 2309–2316. DOI: 10.1177/0021998311401083
2. A. JONES D. A prototype expert system for manufacturing resource planning // *INT. J. Computer integrated manufacturing*. – Vol. 1. – № 3. – P. 165–170.
3. Macioł A., Macioł P., Jędrusik St., Lelito J. The new hybrid rule-based tool to evaluate processes in manufacturing // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* – 2015. – Vol. 79. – P. 1733–1745. DOI: 10.1007/s00170-015-6860-5
4. Бахметова Н.А., Токарев С.В. моделирование технологических процессов с помощью нейронных сетей // *Современные наукоемкие технологии*. – 2008. – № 2. – С. 139–140.
5. Давлетбаев А.С., Куликов Г.Г., Старцев Ю.В. Концептуальная модель системы поддержки настройки технологических процессов станков электрохимической размерной обработки // *Вестник Уфим. гос. авиа. техн. ун-та*. – 2017. – Т. 21, № 1(75). – С. 142–150.
6. Davletbaev A.S., Kulikov G.G., Startcev Y.V. Practical implementation of intelligent network expert system [aines] for electrochemical machining machines // *Proceedings of the 18th International Workshop on Computer Science and Information Technologies*. – 2016. – С. 94–99.

7. Давлетбаев А.С., Куликов Г.Г., Старцев Ю.В. Сервис-ориентированная информационная технология проектирования технологической экспертной системы в рамках концепции Industry 4.0.

Сведения об авторах

Давлетбаев Александр Сергеевич – аспирант кафедры «Автоматизированные системы управления» Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа, e-mail: DavASko01@mail.ru.

Куликов Геннадий Григорьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления» Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа, e-mail: gennadyg.16@gmail.com.

Старцев Юрий Валентинович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные системы управления» Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа, e-mail: startcevy@mail.ru.

М.В. Дубинкин, В.Ф. Беккер

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ОБЖИГА В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ИЗВЕСТИ

На основании анализа технологии производства мелкодисперсной извести выявлены основные проблемы управления, предложены некоторые способы их решения в цехе №38 ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА».

Ключевые слова: губчатый титан, производство, управление.

M.V. Dubinkin, V.F. Becker

BURNING TEMPERATURE CONTROL IN SMALL DISPERSE LOOSE PRODUCTION

An analysis of small disperse loose production is made. Some problems are detected. Methods of solving of these problems in 38 dept. of PC "Corporation VSMPO-Avisma".

Keywords: sponge titanium, production, control.

Автоматизация производственных процессов является одним из главных направлений решения важнейшей задачи – повышения производительности труда. Системы автоматического управления становятся неотъемлемой частью технического оснащения современного производства, обеспечивая повышение качества продукции и улучшение экономических показателей производства.

Одним из примеров может служить линия по производству мелкодисперсной извести в цехе №38 отделения приготовления известкового молока филиала «АВИСМА» ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», работающей по патенту №88350, зарегистрированном 10 ноября 2009 года [1]. Решение этой задачи достигается с помощью системы автоматического регулирования без непосредственного участия человека – оператора (за ним остаются только функции контроля работы системы управления).

Технологическая линия для производства мелкодисперсной извести включает бункер для подачи кускового известняка, дозатор, шаровую мельницу с циклоном-уловителем известняка и с устройст-

вом для доулавливания извести, соединенным с дымососом дымовой трубой. Бункер молотого известняка соединен с циклоном-уловителем и через дозатор, и пневмонасос с циклонной печью.

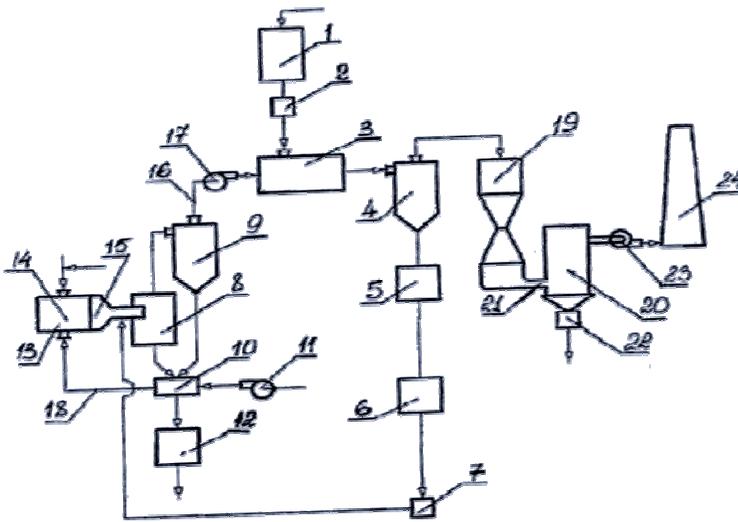


Рис. 1. Схема производства мелкодисперсной извести: 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – шаровая мельница; 4 – циклон-уловитель; 5 – бункер молотого известняка; 6 – дозатор; 7 – пневмонасос; 8 – циклонная печь; 9 – циклон-уловитель мелкодисперсной извести; 10 – охладитель; 11 – вентилятор; 12 – бункер готового продукта; 13 – выносная горизонтальная топка; 14 – камера для сжигания природного газа; 15 – камера смешивания топочных газов; 16 – линия соединения; 17 – вентилятор; 18 – линия соединения; 19 – труба-коагулятор; 20 – каплеуловитель; 21 – тангенциальный патрубок; 22 – гидрозатвор; 23 – дымосос; 24 – дымовая труба

Циклонная печь снабжена горелочным устройством и циклоном-уловителем мелкодисперсной извести. Циклон-уловитель соединён с охладителем мелкодисперсной извести. Охладитель с вентилятором соединен с бункером готового продукта. Циклонная печь дополнительно содержит выносную горизонтальную топку, размещенную тангенциально к наружной боковой поверхности циклонной печи, которая выполнена в виде камеры сжигания природного газа и камеры для смешивания топочных газов с измельченным известняком. Циклон-уловитель мелкодисперсной извести с шаровой мельницей соединен с помощью вентилятора и линии охладителя с камерой сжигания выносной горизонтальной топки. В качестве устройства для

доулавливания извести используют трубу коагулятора и каплеуловитель, установленный после циклона-уловителя известняка. При этом труба коагулятора соединена с каплеуловителем с помощью тангенциального патрубка, а каплеуловитель своей верхней частью соединен с дымососом и в нижней части снабжен гидрозатвором.

Недостатками указанной технологической линии являются:

- при подаче молотого известняка факел горения природного газа происходит перегрев известняка, его оплавление, что приводит к низкой активности извести;

- сложность технологической линии производства тонкодисперсной извести;

- низкая степень улавливание пыли из отходящих газов, так как применения электрофилтра не достаточно для очистки отходящих газов.

Методом решения первой проблемы является автоматическое регулирование температуры в зоне обжига поскольку она является главным показателем процесса [2]. При повышении температуры обжига выше 900 °С скорость разложения известняка резко возрастает. Следовательно, температура обжига является основным фактором в увеличении производительности печи.

Обжиг известняка осуществляется [3] природным газом в воздушной среде при температуре 1150...1200 °С [4]. Условия проведения процесса выбираются таким образом, чтобы добиться максимальной степени превращения CaCO_3 в CaO . Для осуществления этих процессов в печь обжига подаются известняк, природный газ и воздух атмосферный.

Сложность технологической линии производства тонкодисперсной извести обусловлена необходимостью получить максимально качественный продукт с минимизацией отходов [5].

Вопрос очистки отходящих газов решается следующим образом: под действием разрежения, создаваемого дымососом, газы стремятся к верхней части печи. В зоне подготовки газы охлаждаются до температуры 200–250 °С и удаляются из печи в газопровод. По газопроводу топочные газы поступают в пылеуловитель-циклон, где осаждаются пыль. Для улучшения процесса очистки в циклон на орошение подается вода техническая. Отработанная вода сливается в канализацию. Очищенные от пыли газы выбрасываются в атмосферу.

Итак, подведя итоги, можно констатировать следующее: в целом известь гашеная – уникальный материал. Она подходит для промежуточных работ. Существенно, что при значительном улучшении качества материалов, в состав которых она входит, её использование вполне оправданно низкой ценой и беспроблемным приготовлением.

Библиографический список

1. Пат. №88350 Рос. Федерация. Технологическая линия по производству мелкодисперсной извести / В.В. Тетерин, И.А. Сизиков, С.В. Кирьянов, С.И. Потеха, И.Н. Бездоля от 10 ноября 2009 г.

2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 400 с.

3. Рабочая инструкция оператора отделения приготовления известнякового молока цеха №38, филиал «АВИСМА» ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», ВРИ 38-010-2005.

4. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. – Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – Т. 2. – 176 с.

5. Синтез и анализ оптимального позиционного управления технологическими процессами производства губчатого титана / Ю.П. Кирин, А.В. Затонский, В.Ф. Беккер, Н.В. Бильфельд // Автоматизация и современные технологии. – 2010. – № 9. – С. 18–21.

6. Технологический регламент производства обжига известняка цеха №38, филиал «АВИСМА» ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». – 2005. – 35 с.

7. Шувалов В.В., Огаджанов Г.А., Голубятников В.А. Автоматизация производственных процессов и химической промышленности. – М.: Химия, 1991. – 480 с.

Сведения об авторах

Дубинкин Михаил Владимирович – студент Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: gromeo@bk.ru.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

В.Ю. Зверев, Д.А. Даденков

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

В статье описана проблема возникновения динамических нагрузок при резком изменении кинематических параметров движения скипов шахтных подъемных установок. Для их снижения предложено оптимизировать систему автоматического управления приводами. При этом требуется достигнуть не только контроля скорости и ускорения подъема, но и рывка. Данное требование учтено в предлагаемой структурной схеме, оптимальной по динамичности режима работы системы управления.

Ключевые слова: скиповая подъемная установка, привод, тахограмма, плавность, динамические нагрузки.

V.Yu. Zverev, D.A. Dadenkov

DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF MINE HOIST INSTALLATIONS

The article describes the problem of dynamic loads under sharp changes of kinematic parameters of the skips movement of the mine hoists. To reduce them, it was proposed to optimize the system of atomic drive control. It is required to achieve not only control the speed and acceleration of the rise, but also a breakthrough. This requirement was taken into account in the proposed structural scheme of the optimal dynamic mode of control system operation.

Keywords: skips hoist installations, actuator, diagram of speed, smooth, dynamic forces.

Шахтная подъемная установка (ШПУ) – основной и, как правило, единственный вид транспорта на руднике, связывающий подземную часть с поверхностью, и предназначена для выдачи на поверхность полезных ископаемых и породы, спуска и подъема людей, транспортирования горношахтного оборудования и материалов, а также осмотра армировки и крепления ствола шахты [1, 2]. Главной задачей ШПУ является подъем полезного ископаемого, в качестве сосудов при этом используются скипы, а такие подъемные установки называются скиповыми (СПУ). Мощные шахтные подъемные

установки оснащены приводом постоянного тока. В настоящее время в эксплуатации находятся установки с приводом по системе генератор–двигатель (рис. 1).

Управление частотой вращения двигателя Д осуществляется при постоянном магнитном потоке двигателя $\Phi = \text{const}$ изменением подводимого к его якорю напряжения генератора Г путем регулирования его тока возбуждения. Питание обмотки возбуждения генератора осуществляется от реверсивного тиристорного преобразователя [2].

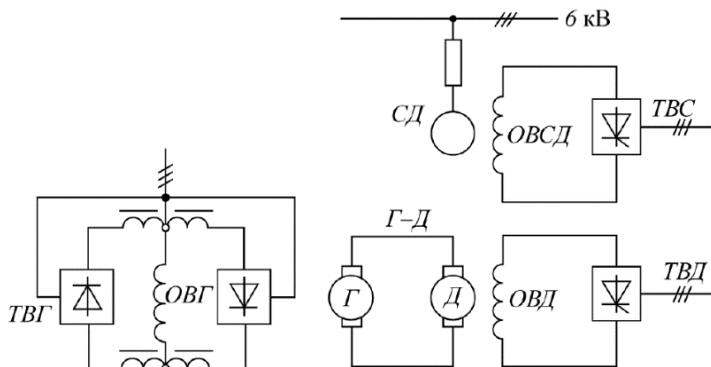


Рис. 1. Силовая схема привода по системе Г–Д

При наладке подъемной машины осуществляются настройка и задание тахограммы поъема скипов, предопределяющей скорость, ускорения и время транспортировки груза на поверхность (рис. 2) [3].

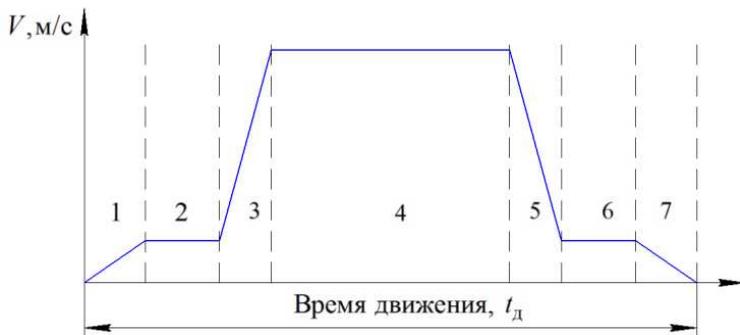


Рис. 2. Типовая семипериодная тахограмма подъема, регламентированная нормами проектирования

Наладчиками при этом достигается идеализированная тахограмма, которая обуславливает резкие переходы от ускоренного движения к равномерному и обратно. С одной стороны, это позволяет достигнуть максимальной производительности, с другой – обуславливает возникновение больших динамических нагрузок на головные канаты и элементы подъема [4]. Поэтому к ограничиваемым параметрам (скорость и ускорение) следует отнести и скорость изменения ускорения (рывок).

Для этого необходимо разработать систему управления СПУ, которая позволит осуществлять подъем более плавно, регулируя изменение ускорения на этапах разгона и замедления. В систему должна быть заложена функция контроля рывка по текущим параметрам [5]. Это возможно благодаря широкому внедрению регистраторов параметров, которые при помощи датчиков угла поворота фиксируют скорость ($V(t)$, м/с) и положение скипа ($X(t)$, м) в стволе, ускорение и рывок при этом определяются в соответствии с выражениями:

$$a(t) = \frac{V(t)}{t}, \quad p(t) = \frac{da(t)}{dt}. \quad (1)$$

Плавный разгон (1-й, 2-й и 3-й периоды на рис. 2) будет осуществлен при выполнении следующего закона изменения ускорения [5, 6]:

$$\begin{cases} a(t) = \sqrt{2 \cdot p_m \cdot V}; \\ a(t) = a_m; \\ a(t) = \sqrt{2 \cdot (-p_m) \cdot (V_m - V)}. \end{cases} \quad (2)$$

При аналогичном законе на этапе замедления оптимальная по динамичности тахограмма примет вид, приведенный на рис. 3.

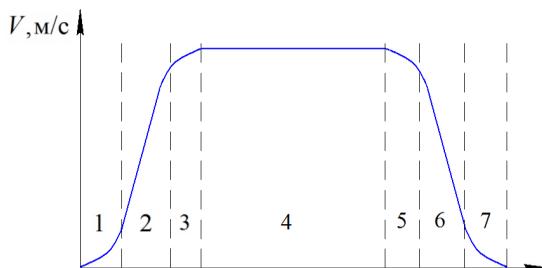


Рис. 3. Оптимальная по быстродействию и динамичности тахограмма подъема скипов

Учет трехпериодного режима подъема обеспечит не только минимальные динамические нагрузки, но и требуемую производительность – при разгоне сразу достигается максимальная скорость.

Обеспечение подъема по заданной на рис. 3 тахограмме возможно при работе привода СПУ по схеме, представленной на рис. 4.

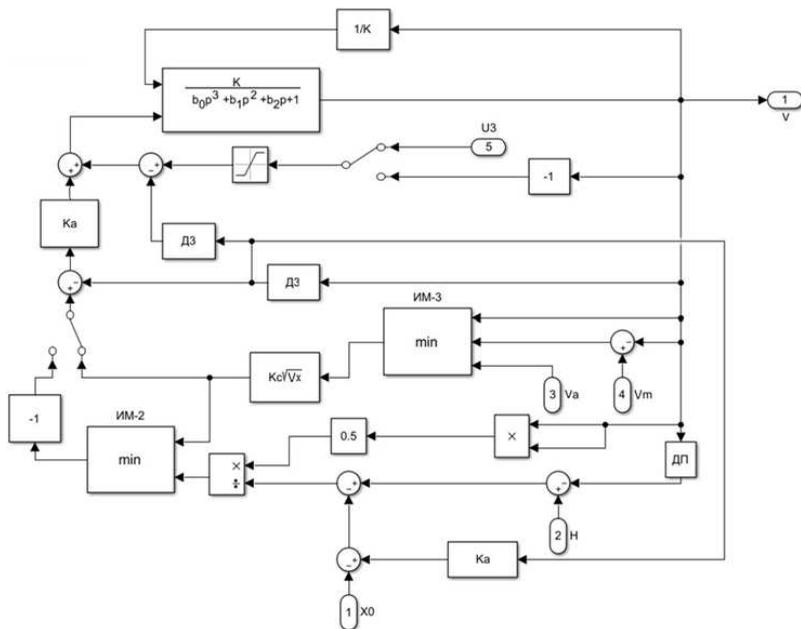


Рис. 4. Структурная схема системы автоматического управления приводом СПУ

Задающим сигналом в системе является положение груженого скипа, по которому регулируется напряжение генератора двигателя. Максимальное быстродействие системы достигается вводом обратных связей по первой и второй производной скорости по времени. Передаточной функцией в схеме представлены система усиления задающего сигнала, преобразовательный агрегат и двигатель. Неизвестные коэффициенты, приведенные в звеньях схемы, рассчитываются, исходя из угла наклона кривых на участках 2 и 6 тахограммы (см. рис. 3).

Максимальные значения скорости определяются возможностями привода и дополнительными ограничениями нагрузок на армировку,

ускорения – нормами проектирования [3], рывка – периодом свободных колебаний скипа на канате [2]:

$$\begin{cases} V_m = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}; \\ a_m = 0,75 \text{ м/с}^2; \\ P_m = a_m \cdot \sqrt{\frac{E \cdot A}{m \cdot L}}, \end{cases} \quad (3)$$

где D – диаметр барабана подъемной машины, м; n – частота вращения барабана подъемной машины, об/мин; m – приведенная масса ветви каната, кг; L – длина каната, м; $E \cdot A$ – жесткость подъемного каната на растяжение, Па·м².

Таким образом, все параметры для реализации системы управления, представленной на рис. 4, известны. Для ее внедрения на СПУ с большим количеством этапов подъема она может быть доработана путем внедрения дополнительного контура переключения с ускоренного движения на равномерное и обратно.

Заключение. Предложенная тахограмма подъема (см. рис. 3) и структурная схема системы автоматизированного управления (см. рис. 4) обеспечивают оптимальное быстроедействие и минимизацию динамических нагрузок при подъеме груза СПУ. Это обеспечит более благоприятный режим нагружения элементов подъема и увеличение возможных сроков службы.

Библиографический список

1. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок / под общ.ред. В.А. Корсуна, Г.Д. Трифанова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 616 с.

2. Трифанов Г.Д., Кошкин А.П., Воробель С.В. Эксплуатация канатов шахтных подъемных установок: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 129 с.

3. Временные нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт. ВНТП 1–92. (Утв. Комитетом угольной промышленности Министерства топлива и энергетики РФ) / Минтопэнерго России. – М., 1993. – 111 с.

4. Зверев В.Ю., Трифанов Г.Д. Влияние параметров движения скипов на динамические нагрузки в канатах // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. тр. XIV Междунар. науч.-техн. конф. «Чтения им. В.Р. Кубачека». – 2016. – С. 41–44.

5. Киричок Ю.Г., Чермалых В.М. Привод шахтных подъемных установок большой мощности. – М.: Недра, 1972. – 336 с.

6. Католиков В.Е., Динкель А.Д. Динамические режимы рудничного подъема. – М.: Недра, 1995.– 448 с.

Сведения об авторах

Зверев Владимир Юрьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-14-16, г. Пермь, e-mail: zverevvova@rambler.ru

Даденков Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dadenkov@mail.ru

И.В. Кривцов, А.С. Русяев

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ CODESYS

В данной статье представлен проект разработки системы автоматизации в среде программирования CoDeSys. В рамках проекта были разработаны алгоритм управления и интерфейс пользователя.

Ключевые слова: автоматизированная система, алгоритм, функциональная схема автоматизации, ПЛК, микроклимат.

I.V. Krivtsov, A.S. Rusaev

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR AUTOMATION OF MICROCLIMATE MAINTENANCE IN HIGH-TECH PRODUCTION FACILITIES IN THE CODESYS PROGRAMMING ENVIRONMENT

This article presents an automation system development project in the CoDeSys programming environment. The project developed a management algorithm and a user interface.

Keywords: automated system, algorithm, functional scheme of automation, PLC, microclimate.

Актуальность разработки состоит в круглогодичном автоматическом поддержании заданной температуры и влажности.

Недопустимые параметры микроклимата оказывают влияние как на самочувствие и работоспособность людей, так и на работу технологического оборудования. Также недопустимые параметры микроклимата оказывают негативное воздействие и на выпускаемую продукцию, приводя к увеличению брака при её изготовлении.

Кроме непосредственного влияния температуры на организм человека важно учитывать влажность воздуха. К примеру, при реальных 24 °С, в зависимости от влажности, человек может ощущать температурный разброс от 18 °С при нулевой влажности до 27 °С при стопроцентной. Этот факт свидетельствует о том, что вместе с измерением и регулированием температуры нельзя забывать о необходимости коррекции уровня влажности воздуха и поддержании его в заданной норме, соответствующей текущей температуре воздуха.

Температурные деформации (ТД) металлорежущего станка возникают в результате выделения тепла в зоне резания, в работающих механизмах и под влиянием окружающей среды. В результате ТД изменяются линейные размеры деталей, форма их поверхностей. ТД металлорежущих станков вызывают не только погрешность размеров, но и погрешности формы обрабатываемых деталей. Доля погрешностей обработки вследствие температурных деформаций может составлять от 30 до 70 % общей погрешности обработки.

Следовательно, необходимо разработать автоматизированную систему поддержания микроклимата в помещениях высокотехнологичного производства для повышения качества выпускаемой продукции и увеличения производительности труда.

В процессе разработки проекта были выявлены следующие проблемы:

- полный контроль параметров микроклимата в большом производственном помещении;
- своевременная реакция системы с задержкой на возмущающие воздействия;
- поддержание в каждом помещении необходимых параметров микроклимата;
- необходимость частичного отключения системы для проведения ремонтных работ.

Функциональная схема автоматизации разработанной системы представлена на рис. 1.

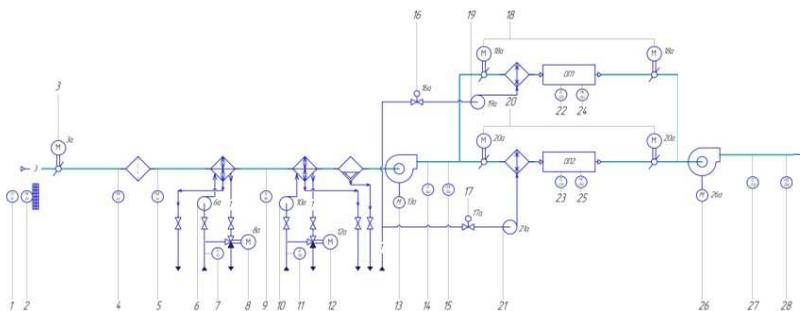


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации

Автоматизированная система поддержания микроклимата в помещениях высокотехнологичного производства состоит:

- из входной заслонки;

- воздушного фильтра;
- универсальных теплообменников;
- влагоотделителя;
- канальных вентиляторов;
- соленоидных клапанов;
- циркуляционных насосов;
- синхронных задвижек;
- увлажнителя воздуха.

На входе в систему установлены датчики температуры и влажности воздуха, автоматическая заслонка и воздушный фильтр.

После воздушного фильтра установлены два универсальных теплообменника, каждый из которых может работать как в режиме «холод», так и в режиме «тепло». Теплоносителем является вода: холодная вода поступает от чиллера, а горячая – от ТЭЦ. Подачу теплоносителя в теплообменник обеспечивает циркуляционный насос. Трехходовой кран обеспечивает отвод лишней воды в зависимости от показаний датчика температуры.

За теплообменниками установлен влагоотделитель с автоматическим отводом конденсата. Канальный вентилятор предназначен для нагнетания воздуха в помещения.

На входе в кондиционируемые помещения установлены соленоидные клапаны, насосы циркуляционные, синхронные задвижки и ультразвуковые увлажнители воздуха. На выходе из помещений установлен канальный вентилятор, который предназначен для создания тяги, чтобы обеспечить отвод воздуха из помещений.

Алгоритм работы АСУ ТП представлен на рис. 2. Из алгоритма работы АСУ ТП, представленного на рис. 2, видно что, после запуска системы задается уставка, после чего система переходит в режим её поддержания. Далее осуществляется проверка, соответствует ли реальная температура в помещении уставке, если температура соответствует, то выполнение алгоритма идет дальше, если нет, то осуществляется регулирование. Как видно из алгоритма, в случае, если реальная температура будет больше или меньше уставки, её корректировка осуществляется изменением положения синхронных задвижек.

После контроля температуры осуществляется контроль влажности, если влажность соответствует уставке, то алгоритм переходит дальше, если реальная влажность меньше уставки, то открывается соленоидный клапан который открывает подачу воды к увлажнителю воздуха и включается циркуляционный насос.

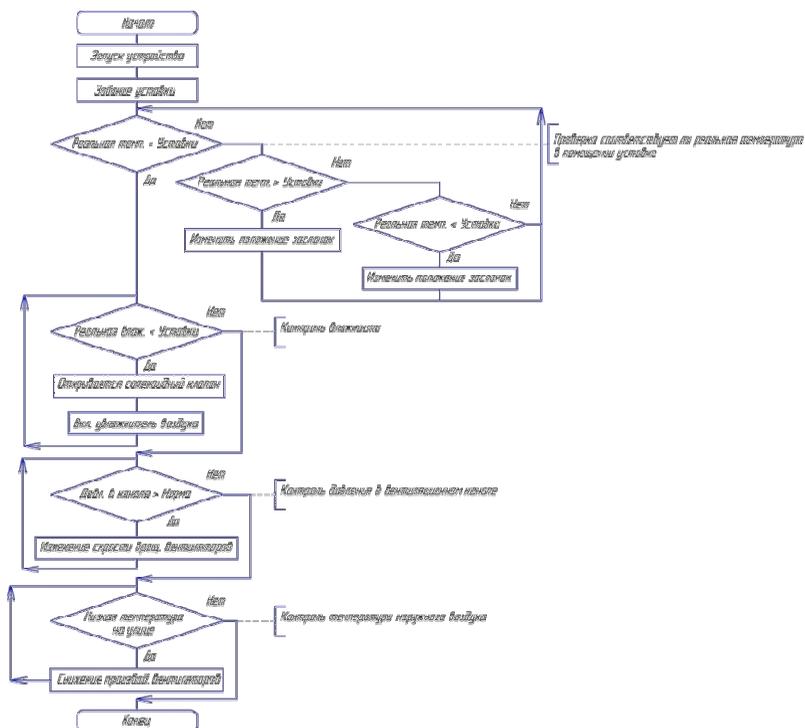


Рис. 2. Алгоритм работы АСУ ТП

Далее осуществляются контроль давления в вентиляционном канале, а также контроль температуры наружного воздуха. В случае если при низкой температуре наружного воздуха полной мощности калорифера для поддержания заданной температуры недостаточно, то снижается производительность (скорость вращения) вентиляторов. Если давление в вентиляционном канале выше уставки, то осуществляется изменение скорости вращения вентиляторов.

Запуск системы осуществляется последовательно с задержкой. После нажатия на кнопку «Старт» первыми открываются воздушные заслонки до запуска вентиляторов. Это связано с тем, что заслонки не выдержат давления воздушного потока, создаваемого вентиляторами.

После открытия воздушных заслонок последовательно запускаются каналные вентиляторы, циркуляционные насосы и чиллер, так как они имеют большие пусковые токи.

Одновременный запуск канальных вентиляторов, циркуляционных насосов и чиллера приводит к падению напряжения в электросети здания. После нажатия на кнопку «Стоп» последовательно выключаются канальные вентиляторы и чиллер, после остановки которого с задержкой выключаются циркуляционный насос и подача воды.

В системе управления реализован алгоритм проверки вводимых значений, чтобы избежать заклинивания системы, в случае если будет введено большое значение уставки, которое будет невозможно поддерживать. Экранная форма системы управления, которая работает по вышепредставленному алгоритму, изображена на рис. 3.

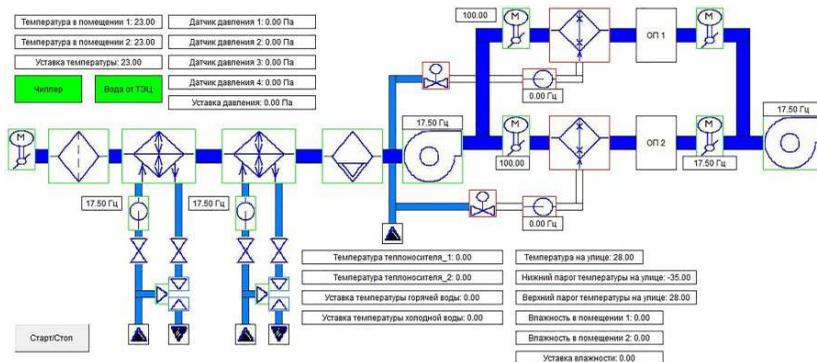


Рис. 3. Экранная форма системы управления в среде CoDeSys

Разработка системы автоматизации поддержания микроклимата в помещениях высокотехнологичного производства позволяет решить ранее перечисленные проблемы:

- проблема реакции системы с задержкой на возмущающие воздействия решается применением более эффективных алгоритмов управления;

- проблема поддержания в каждом помещении своих параметров микроклимата обеспечивается использованием в помещении отдельно датчиков температуры и влажности воздуха, а также синхронных задвижек;

- проблема необходимости отключения системы для проведения ремонтных работ решается аппаратно – с помощью дублирования, и программно – использованием более эффективного алгоритма, который позволит отключить неисправный элемент и компенсировать неисправность.

Библиографический список

1 Васильев А.В., Одноров Е.П. Влияние микроклимата на производительность труда рабочих в РМЦ // Молодой учёный: междунар. науч. журнал. – 2016. – № 1(105). – С. 138–140.

2 Марусич К.В. Обеспечение требуемой точности изготовления прецизионных изделий авиационной и ракетной техники путем управления температурными деформациями станков с числовым программным управлением // Труды МАИ. – 2013. – № 68. – 8 с.

3 Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирование / под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.

4 Сергеев А.И. Черноусова А.М., Русяев А.С. Программирование контроллеров систем автоматизации: учеб. пособие. – Оренбург: Изд-во Оренбург. гос. ун-та, 2016. – 125 с.

Сведения об авторах

Кривцов Илья Владимирович – студент Оренбургского государственного университета, Аэрокосмического института, гр. 14АТП(ба)ОП, г. Оренбург, e-mail: Пуа_02-94@mail.ru.

Русяев Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизации производства» Оренбургского государственного университета, Аэрокосмического института, г. Оренбург.

Л.А. Лобаев

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКОЙ

В данной статье предлагаются описание газотурбинной установки и решение проблемы, как выбрать оборудование и автоматизировать контроль параметров.

Ключевые слова: газотурбинная установка, система контроля, автоматизация, программируемый логический контроллер.

L.A. Lobaev

CONTROL SYSTEM OF THE GAS-TURBINE UNIT

In this article we describe gas-turbine unit and how to select equipment and automate the monitoring of parameters of a gas turbine plant.

Keywords: gas-turbine unit, control system, automation, programmable logic controller.

Газотурбинная установка – относительно компактный энергетический комплекс, оптимальное решение для снабжения электроэнергией предприятий и небольших населенных пунктов. Помимо снабжения ГТУ может применяться в качестве двигателей в железнодорожном, морском, речном и автомобильном транспорте, а также служить нагнетателями в газопроводах.

Сфер применения установок действительно много, ведь они обладают рядом преимуществ:

1. Возможность работать на различном топливе (самый высокий КПД у ГТУ, работающих на природном газе).

2. Относительно низкий уровень шума (80–85 дБ, тише движения вагона метро).

3. Малые габариты при большой мощности.

4. Мобильная система – быстрое развертывание, быстрый пуск.

Газотурбинная установка включает три основных элемента: турбину, камеру сгорания и компрессор. Причем все элементы размещаются в сборном едином корпусе. Вокруг компрессора размещаются камеры сгорания, каждая в своем отдельном корпусе. Для поступления в компрессор воздуха служит входной патрубок, из газовой турбины воздух уходит через выхлопной патрубок. Базируется ГТУ на мощных опорах, размещенных симметрично на единой раме.

При работе турбины воздух засасывается в компрессор, сжимается и поступает в камеру сгорания. Одновременно часть воздуха направляется в кольцевое пространство между стенкой и корпусом камеры сгорания. Внутри камеры сгорания поступает топливо, сгорающее при постоянном давлении. Поэтому из камеры сгорания непрерывной струей выходят продукты сгорания, направляющиеся в сопла. В соплах энергия давления в результате расширения газа преобразуется в кинетическую энергию газовой струи, поступающей на лопатки турбины. Воздух охлаждает поток и, смешиваясь с продуктами сгорания, выходящими из жаровой трубы, также поступает в турбину. Поступление этой доли воздуха к продуктам сгорания, имеющим высокую температуру – около 1800–2000 °С, необходимо для снижения температуры до величины, безопасной для металла лопаток газовой турбины. Поэтому общее количество воздуха значительно превышает объем, теоретически необходимый для сгорания топлива.

Для поддержания КПД газотурбинной установки на уровне 40 %, а в составе парогазовых установок – 60 % необходимо соблюдение многих условий. Например, при влажности пара более 12 % потери в проточной части турбины резко возрастают, растут динамические нагрузки и возникает эрозия.

Автоматизируем процессы управления и сбора данных с установки. Для этого понадобится следующее: датчики влажности на входе, расходомер, датчики температуры на выходах камер сгорания и на входе у турбины, датчик скорости, автоматическая задвижка, промышленный контроллер. Приведем некоторые рекомендации по подбору оборудования.

При выборе датчиков влажности основными параметрами будут чувствительность и долгосрочная стабильность. В промышленности чаще всего применяются емкостные датчики относительной влажности ввиду большого диапазона чувствительности, долгосрочности и взаимозаменяемости.

Расходомер также работает в мягких условиях, поэтому нужно обратить внимание на возможность работы с газообразным топливом, давление среды и возможный диаметр трубы. Подойдут погружные вихревые расходомеры: помимо установленных требований данный тип датчиков характеризуется легким монтажом.

К выбору датчиков температуры нужно подойти более скрупулезно, так как процесс протекает в экстремальных условиях: очень высокие давление и температура. На выходах камер сгорания температура может достигать 2000 °С и более, поэтому выбираем термопару с обозначением по ГОСТ ТВР, потому что только такой датчик способен выдержать подобные условия. После продукты сгорания смешиваются с воздухом, вследствие чего охлаждаются, условия смягчаются, а выбор оборудования расширяется. На входе турбины возможно использование термопар с обозначениями по ГОСТ ТХА, ТПП, ТПР, ТВР.

Выбирая ПЛК, обратим внимание на количество входов/выходов, статическую и динамическую память. У ПЛК фирмы «ОВЕН» есть модели, подходящие по мощности и сфере применения, но не имеют достаточного количества входов. Если у ГТУ имеется 14 камер сгорания, то количество входов должно быть не менее 20. Один из возможных вариантов – SIMATIC S7-200, причем данный контроллер выпускается на базе 5 процессоров, а принимая во внимание вышеизложенные условия, подойдут ПЛК на CPU 224, CPU 224XP, CPU 226.

Отообразим структурную схему процесса (рис. 1) и блок-схему алгоритма (рис. 2).

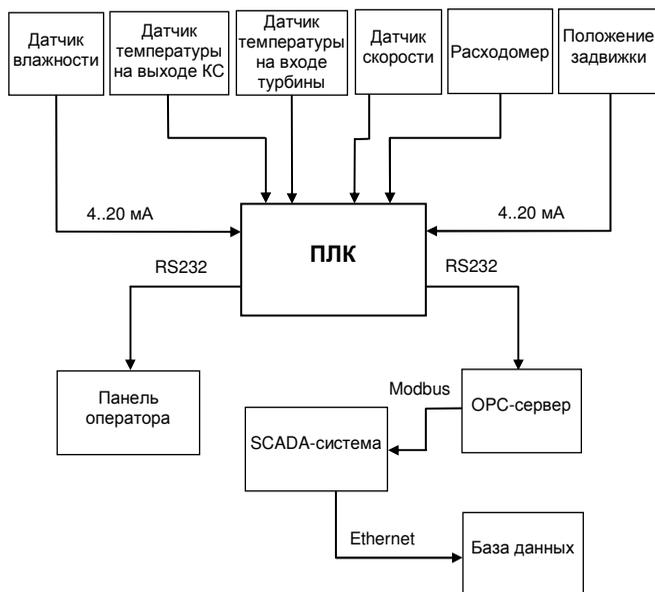


Рис. 1. Структурная схема технологического процесса

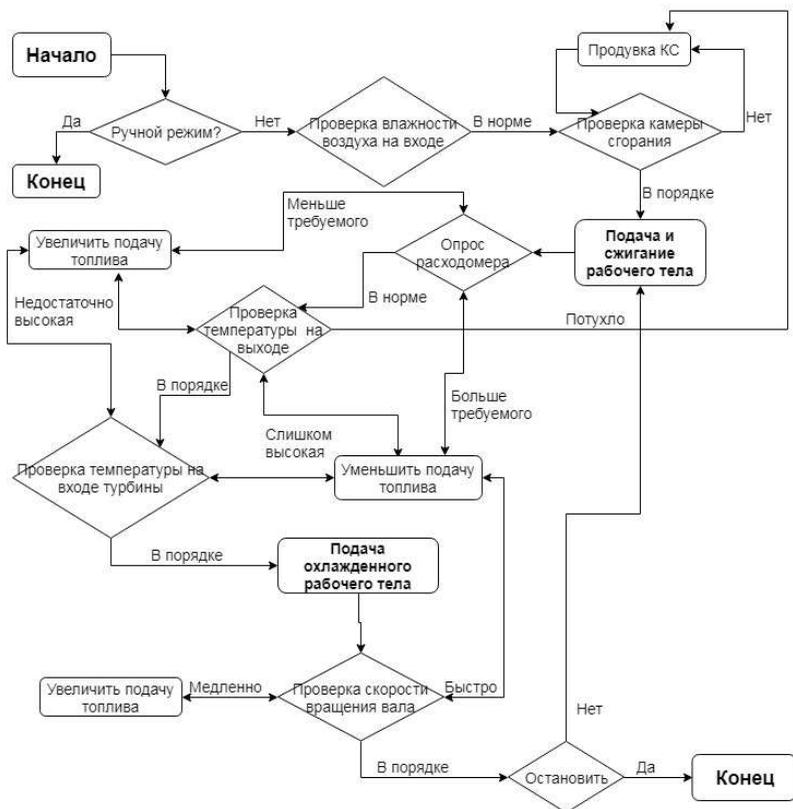


Рис. 2. Блок-схема алгоритма

Сейчас на каждом предприятии есть или должны быть автоматизированные рабочие места, с которых оператор отслеживает изменения. Поэтому добавляем в схему процесса SCADA-систему, которая графически отображает значения всех важных параметров и подает сигналы при критических значениях.

На блок-схеме показаны весь процесс контроля и управления, результаты опросов датчиков и изменения положений задвижек. Некоторые ПЛК возможно запрограммировать с помощью языка С, значит, на рис. 2 показан скелет программы.

Библиографический список

1. Турбинист [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.turbinist.ru/19842-gazoturbinnaya-ustanovka-gtu-ili-gpa.html/>
2. Энергетические газотурбинные установки. Циклы газотурбинных установок [Электронный ресурс]. – URL: <http://fb.ru/article/-191168/energeticheskie-gazoturbinnyye-ustanovki-tsiklyi-gazoturbinnyyih-ustanovok>
3. Гигават [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gigavat.com/gtu.php>
4. Что такое термopapa? [Электронный ресурс]. – URL: <http://aquagroup.ru/articles/termopapa.html>
5. Сенсорика [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sensorica.ru/docs/art3.shtml>
6. Элемер [Электронный ресурс]. – URL: <https://elemerufa.ru/production/rashodomeryi/vihrevye-rashodomery/pogruzhnoj-vixrevoj-rashodomer-emis-vixr-205.html>
7. Комплексные решения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.com-sol.ru/controller/siemens.html>

Сведения об авторе

Лобаев Леонид Алексеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-14-16, г. Пермь, e-mail: Cesar.rf@mail.ru.

Н.А. Лукичев

СИСТЕМА ТЕЛЕМЕТРИИ ГОНОЧНОЙ МАШИНЫ «БОЛИД»

В данной статье предлагается описание того, как обеспечить передачу данных с гоночной машины о состоянии узлов с последующим отображением данных на диспетчерском уровне.

Ключевые слова: arduino, болид, система телеметрии, автоматизация, формула студент.

N.A. Lucichev

TELEMETRY SYSTEM OF THE RACING MACHINE "BOLID"

In this article we describe how secure data transmission with a racing car on the state of the nodes, and then displays the data at the control level.

Keywords: arduino, car, telemetry system, automation, student formula.

Существует международная программа «Формула “Студент”», в которой участники создают машины на базе своих вузов и участвуют в гонках. Чтобы улучшить характеристики болида и сделать его безопасным, необходимо произвести настройку узлов автомобиля формульного класса. Для этого используется *система телеметрии*. Она служит для регистрации параметров движения автомобиля во время его дорожных испытаний в целях повышения эксплуатационных свойств автомобиля, таких как тягово-скоростные и тормозные свойства, управляемость и прочие.

Целью работы является разработка системы телеметрии для того, чтобы улучшить ходовые качества автомобиля.

Для разработки системы телеметрии «Формула “Студент”» были сформулированы следующие задачи:

- 1) анализ объекта автоматизации и формулирование технических требований к системе;
- 2) анализ существующих решений участников по системе телеметрии;
- 3) определение структуры системы телеметрии;
- 4) выбор и обоснование методов контроля, регулирования и управления технологическими процессами;
- 5) визуализация процесса в выбранной SCADA-системе.

При создании системы телеметрии требуется передавать данные между двумя arduino.

Соединение двух arduino было обеспечено по радиоканалу ISM-диапазона, используя радиомодуль nRF24L01+, на расстоянии до 100 м. Если использовать радиомодули NRF24L01+PA+LNA, то расстояние между arduino можно увеличить до 1 км, не меняя код скетча.

Преимущества:

- высокая скорость передачи данных, до 2 Мб/с;
- полудуплексная связь. Режим работы модулей (приёмник/передатчик) можно менять в процессе их работы;
- высокая помехозащищенность. Данные в пакетах принимаются с проверкой CRC;
- контроль доставки данных. Приемник отправляет передатчику сигнал подтверждения приёма данных (без смены режима работы);
- возможность выбора одного из 128 каналов связи. Шаг каждого канала равен 1 МГц (от 2,400 до 2,527 ГГц);
- возможность одновременной работы до 6 передатчиков на одном канале.

Недостатки:

– модули nRF24L01+ работают в радиочастотном диапазоне ISM (Industrial, Scientific, Medical) 2,4 ГГц, на котором работают WiFi, Bluetooth и другие устройства, например, радио телефоны и даже СВЧ-печи. Эти устройства могут «глушить» некоторые каналы данного диапазона. Поэтому вблизи таких устройств дальность связи между модулями на некоторых каналах резко уменьшается. Увеличить дальность можно, сменив канал связи на любой из 128 доступных модулям nRF24L01+;

– при выборе скорости 2 Мб/с задействуются сразу два канала (выбранный и следующий за ним);

– модули питаются от напряжения 3,3 В постоянного тока. Но их можно запитать от 5 В через адаптер nRF24L01+.

Алгоритм работы. *Передатчик:* при старте (в коде setup) скетч настраивает работу радиомодуля в режим передачи данных, указывая номер канала, скорость передачи, мощность передачи и идентификатор трубы. После чего постоянно (в коде loop) считывает показания с датчиков, установленных на болиде, сохраняя их в массив data, и отправляет его радиомодулю для передачи.



Рис. Мнемосхема MasterScada

Приёмник: при старте (в коде setup) скетч настраивает работу радиомодуля, указывая те же параметры, что и у передатчика, но в режим приёма данных. После чего постоянно (в коде loop) проверяет, нет ли в буфере данных, принятых радиомодулем. Если данные есть, то они читаются в массиве data, после чего значения передаются через последовательный порт в MasterScada (рисунок).

Библиографический список

1. Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 336 с.
2. Кеенеди Л. Соединяем несколько arduino по радиоканалу через nRF24L01+ [Электронный ресурс]. – М.: Iarduino.ru, 2016. – URL: <https://lesson.iarduino.ru/page/urok-26-5-soedinyayem-neskolko-arduino-radiokanalu-cherez-nrf24l01/>

Сведения об авторе

Лукичев Никита Алексеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-14-16, г. Пермь, e-mail: 070219961015@mail.ru.

Э.Ф. Мактупова, А.Н. Лыков, В.П. Казанцев

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМНОГО РАСХОДА ПРИРОДНОГО ГАЗА

В данной статье рассмотрен проект модернизации узла измерения объемного расхода газа. Обоснована необходимость внедрения автоматизированной системы управления и современных средств измерения.

Ключевые слова: модернизация, узел измерения, автоматизация, объемный расход.

E.F. Maktupova, A.N. Lykov, V.P. Kazantsev

UPGRADING NODE MEASURING OF NATURAL GAZ VOLUMETRIC FLOW

In this article the project of modernization node measuring of natural gaz volumetric flow is considered. The necessity of introduction of an automated control system and modern measuring instruments is grounded.

Keywords: modernization, a measuring node, automation, volumetric flow.

Узел измерений объемного расхода и объема газа – это совокупность средств измерений и обработки результатов измерений, измерительных трубопроводов, вспомогательных и дополнительных устройств, которые предназначены для измерения, регистрации результатов измерений и расчетов объема газа, приведенного к стандартным условиям.

Объектом модернизации является узел измерения объемного расхода газа, состоящий из одного измерительного трубопровода, на базе дифманометра ДСС-711-М1.

У существующего узла измерений присутствует несколько явных недостатком, основными из которых являются:

– высокая погрешность измерений; независимо от изменения объемного расхода газа в течение года используется один и тот же измерительный трубопровод на базе одного и того же дифманометра, следствием этого является высокая погрешность измерений;

– низкая надежность системы; существующая система состоит из одного измерительного трубопровода и байпасной линии, т.е. при ремонте, аварии или поверке датчиков измерительного трубопровода газ поступает к потребителю через байпасную линию, и в этом случае учет объемного расхода газа не ведется. В результате низкая надежность системы приводит к экономическим и энергетическим потерям.

Целью работы данной работы является модернизация существующего узла измерения расхода газа.

Задачи модернизации:

- повысить точность измерений объемного расхода природного газа;
- увеличить надежность данной системы;
- автоматизировать процесс управления узлом измерения;
- сократить экономические и энергетические потери предприятия.

В рамках модернизации предложен проект внедрения следующих технических средств.

Полный комплект представлен следующими составными частями:

- счетчик газа ультразвуковой ГУВР-011 DN80;
- счетчики газа ультразвуковые ГУВР-011 DN150;
- датчики абсолютного давления «МЕТРАН-150»;
- датчики температуры ТСПО12.52-Exd;
- шкаф вычисления и питания (ШВиП);
- программируемый контроллер;
- корректоры газа СПГ 761.2;
- блоки питания и связи;

– выключатели автоматические, розетки штепсельные, рейка монтажная, клеммные зажимы.

На функциональной схеме (рисунок) изображен проектируемый узел измерения, который состоит из трех измерительных трубопроводов, на каждом из которых установлены расходомер, датчик давления и датчик температуры.

Безопасность данного узла измерений обеспечивают байпасная линия и отвод к свече стравливания газа от каждого трубопровода.

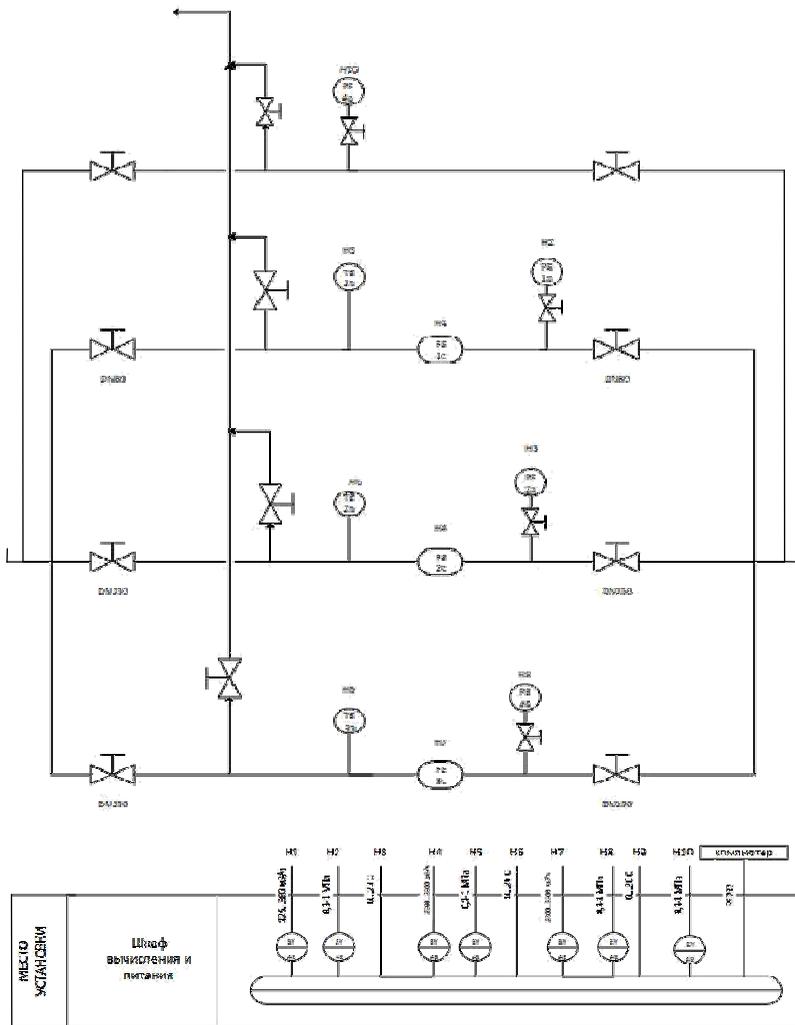


Рис. Функциональная схема автоматизации узла измерения расхода газа

В результате реализации данного проекта станет возможным сократить экономические и энергетические издержки, а также создать автоматизированную систему управления узлом измерения объемного расхода газа.

Библиографический список

1. Волков М.М. Справочник работника газовой промышленности // Энергоатомиздат. – 1989. – С. 37–59.
2. Козаченко А.Н. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов: справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – С. 26–63.
3. ГОСТ Р 8.740-2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Расход и количество газа. Методика измерений с помощью турбинных, ротационных и вихревых расходомеров и счетчиков.

Сведения об авторах

Мактупова Эльвира Феликсовна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-14-16, г. Пермь, e-mail: maktupova.elka@gmail.com.

Лыков Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: lykov45@yandex.ru.

Казанцев Владимир Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kvppgtu@mail.ru.

А.В. Малышева

БЫСТРЫЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ БЛИКОВ ПЕННОГО СЛОЯ КАЛИЙНОЙ ФЛОТАЦИИ

Описана научная проблема автоматического распознавания параметров пенного слоя в калийной флотационной машине. Определены дополнительные требования к алгоритмам распознавания, связанные с перемещением пеногона и увеличением скорости обработки поступающей информации. Подробно описан алгоритм распознавания бликов, выявлены преимущества и недостатки данного метода. Представлена апробация алгоритма на видеопотоке с промышленной флотационной машины ПАО «Уралкалий»

Ключевые слова: калийная руда, флотация, распознавание, пена, управление, бинаризация, идентификация, алгоритм.

A.V. Malysheva

A FAST ALGORITHM OF POTASSIUM FLOTATION FOAM FLARES DETECTION

A scientific problem of automation of foam layer parameters detection in a potassium ore flotation machine is described. Extra requirements to recognition algorithms due to foam moving device are determined. A task of determination time decreasing is set. An algorithm of glares detection is shown in detail with advantages and disadvantages. The algorithm was proved with video stream from an enterprise flotation unit from PC "Uralkali".

Keywords: potassium ore, flotation, recognition, foam, control, binarization, identification, algorithm.

Научная проблема автоматического распознавания параметров пены не является новой. Распознавание применяется при построении систем управления или поддержке принятия решений при управлении различными химико-технологическими процессами, в которых происходит образование пены. Существуют решения, применимые при флотации полиметаллических руд [1], при флотации калийной руды [2, 3], при производстве битумов [4]. В статье [2] приведен широкий обзор программных технологий распознавания, показаны их основные недостатки, а именно требовательность к качеству видеопотока, условиям съемки, вычислительной мощности и т.д. Там же предложен бликовый метод распознавания некоторых параметров

пены, получивший уже с момента опубликования статьи достаточное распространение в мире [5, 6, 7]. Получаемые статистические данные о параметрах пены, как подробно описано в [3], могут применяться как для автоматического управления изменением расхода аминов в случае изменения состава пульпы, так и для сигнализации об особых состояниях, например прекращении подачи воздуха. Система сигнализации, дооснащенная средствами искусственного интеллекта (например, нейронной сетью), может использоваться в качестве системы поддержки принятия решений флотатора. В любом случае необходимым является распознавание пены, улучшение её качества и ускорение расчетов.

В БФ ПНИПУ [8] предложен метод статистической оценки параметров пенного слоя, основанный на распознавании бликов пузырей. Произведены эксперименты, показывающие принципиальную возможность детектировать изменение пенного слоя по изменению статистики бликов. Достоверность метода проверена ручным подсчетом пузырей на фотографиях камеры ФМ и сравнением с результатами обработки программой, реализующей бликовый метод распознавания. Кроме того, идея бликового распознавания оценена и «подхвачена» за рубежом, где после публикации в 2015 г. [9] стали появляться статьи с аналогичными алгоритмами [10, 11].

Однако на практике съемка будет производиться на флотомашине непрерывного действия, в которой пена в приемный лоток смахивается пеногоном. Следовательно, распознавание пены необходимо производить в те моменты времени, когда пеногон не попадает в кадр видеокамеры. Кроме того, разработанные ранее алгоритмы [12] все же достаточно медленные для того, чтобы за один оборот пеногона не успевать подготовить результаты расчета. Это мешает решению поставленной выше задачи **непрерывного** распознавания параметров пенного слоя.

В [13] найден простой однопроходный алгоритм выделения связанных областей, работающий на матрице бинаризованного изображения, где белые пиксели имеют значение 1, а черные – 0. Автор назвал его «алгоритм АВС-маски». Первоисточник алгоритма установить не удалось, так как в ходе переписки с автором выяснилось, что он уже не может указать, откуда его заимствовал. Алгоритм заключается в следующем. Пусть имеется бинаризованное изображение. Требуется выделить на нем все связанные области, чтобы в каждой из них

были уникальные значения (а не 1 во всех). Будем считать «соседями», т.е., возможно, принадлежащими к одной и той же связной области, пиксели сверху, снизу, слева и справа от текущего пикселя (без учета пикселей по диагонали), т.е. будем строить четырехсвязную область. По изображению будем перемещать слева направо и затем сверху вниз воображаемую ABC-маску, покрывающую три пикселя так, как показано на рис. 1. Там же изображены 5 возможных принципиально разных положений ABC-маски:

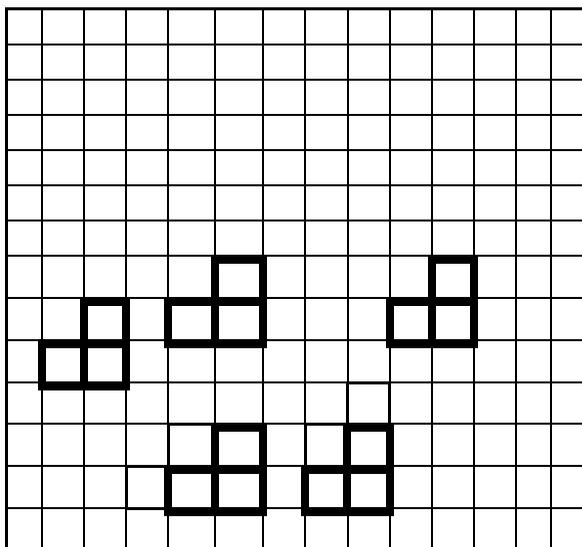


Рис. 1. Бинаризованное изображение с ABC-масками

- положение 0: маска не покрывает ни одного белого пикселя. В этом случае маска просто продвигается дальше;
- положение 1: маска ячейкой А попала на пиксель нового, еще не обработанного связного объекта. Этот объект должен получить следующий номер, превышающий номера, присвоенные пикселям всех ранее выделенных связных объектов;
- положение 2: маска вышла ячейкой А вправо за пределы размечаемого объекта. Пиксель в ячейке А помечается меткой, расположенной в ячейке В;
- положение 3: маска вышла вниз за пределы размечаемого объекта. Пиксель в ячейке А помечается меткой, расположенной в ячейке С;

– положение 4: маска захватывает размеченные пиксели в В и С, но пиксель в А черный. Он может быть помечен как значением в В, так и значением в С. В случае, если значение в В не равно значению в С, то перенумеруем в пределах всей матрицы все уже обработанные пиксели со значением в С в значение в В.

Недостатком рассмотренного алгоритма является то, что из-за перенумерации в положении 4 номера внутри связанных объектов получаются непоследовательными, но это несущественно. Возрастание номера объекта при этом сохраняется.

Алгоритм работает чрезвычайно быстро и безошибочно, при его тестировании не удалось обнаружить сбоев ни при разметке объектов, содержащих внутренние черные области, ни при разметке невыпуклых объектов.

По окончании работы алгоритма остается:

- удалить объекты слишком малой (шум) и слишком большой (засветка) площади, т.е. присвоить всем их пикселям значение 0;
- подсчитать количество оставшихся объектов (есть ли в матрице ячейки со значениями от 1 до максимального, и сколько их?);
- произвести все остальные необходимые статистические вычисления.

Работа алгоритма была проверена при обработке видеопотока, полученного в ходе эксперимента на первой камере промышленной флотомшины Третьего Соликамского калийного рудоуправления ПАО «Уралкалий». Видеосъемка производилась автомобильным видеорегистратором высокого разрешения (1280·720 пикселей в кадре). В ходе эксперимента расход реагентов в камеру был уменьшен на одну треть, затем, после окончания переходного процесса в камере, восстановлен.

К сожалению, конкретные технологические параметры являются коммерческой тайной предприятия и не могут быть приведены в открытой печати.

Важно, что зрительно в камере ФМ наблюдался очевидный переходный процесс, характеризующийся изменением размера пузырей в пене и цвета пены.

В результате бинаризованные изображения бликов пузырей успешно обработаны и получены перенумерованные блики 2.

На рис. 2 приведен только фрагмент исходного и обработанного изображения.

5. Jahedsaravani A., Massinaei M., Marhaban M.H. An image segmentation algorithm for measurement of flotation froth bubble size distributions // Measurement. – 2017. – Vol. 111. – P. 29–37.

6. The concentrate ash content analysis of coal flotation based on froth images / J. Tan, L. Liang, Y. Peng, G. Xie // Minerals Engineering. – 2016. – Vol. 92. – P. 9–20.

7. Fu Y., Aldrich C. Froth image analysis by use of transfer learning and convolutional neural networks // Minerals Engineering. – 2018. – Vol. 115. – P. 68–78.

8. Затонский А.В., Варламова С.А. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн // Материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В.А. Немтинова. – 2015. – С. 222–225.

9. Затонский А.В., Варламова С.А. Использование бликовых отражений для автоматического распознавания параметров пены при флотации калийных руд // Обогащение руд. – 2016. – № 2. – С. 49–56.

10. Jahedsaravani A., Massinaei M., Marhaban M.H. An image segmentation algorithm for measurement of flotation froth bubble size distributions // Measurement. – 2017. – Vol. 111. – P. 29–37.

11. The concentrate ash content analysis of coal flotation based on froth images / J. Tan, L. Liang, Y. Peng, G. Xie // Minerals Engineering. – 2016. – Vol. 92. – P. 9–20.

12. Затонский А.В., Малышева А.В. Модернизация бликового распознавания параметров пенного слоя // Обогащение руд. – 2018. – № 3.

13. Подсчет объектов на бинарном изображении. Ч. 1. – URL: <https://habrahabr.ru/post/119244/>

Сведения об авторе

Малышева Анна Владимировна – аспирантка Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: akchim@mail.ru.

Г.В. Мартюшев, В.Ф. Беккер

ПРОЦЕСС УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

В данной статье рассматривается процесс ультрафильтрации на примере автоматизированной установки WT-MNT-UF, которая является элементом в системе водоподготовки для промышленных котельных.

Ключевые слова: водоподготовка, ультрафильтрация.

G.V. Martushev, V.F. Bekker

ULTRAFILTRATION PROCESS

This article is about the process of ultrafiltration, using as example an automated device WT-MNT-UF, which is an element in the water treatment system for industrial boiler houses.

Keywords: water treatment, ultrafiltration.

Одной из наиболее прогрессивных схем деминерализации в настоящее время считается технология, включающая стадии ультрафильтрации, обратноосмотической деминерализации и электродионизации. Стадия ультрафильтрация используется для удаления взвешенных веществ, коллоидных примесей, части органических примесей (высокомолекулярную органику), а также бактерий, водорослей и прочих микроорганизмов, размер которых превышает сотые доли микронов. По своей сути ультрафильтрация является аналогом коагуляции в осветлителях и очистки на механических фильтрах, однако лишена недостатков, свойственных периодичной технологии. Так, основными преимуществами ультрафильтрационных установок являются:

– отсутствие необходимости содержания известкового хозяйства – при эксплуатации ультрафильтрационных установок требуется только периодическая кислотная и щелочная промывка модулей, однако количество реагентов в десятки раз меньше, чем в ионообменной технологии;

– отсутствие необходимости точного соблюдения технологических параметров (температуры, рН, скорости потока), как это требует эксплуатация осветлителей. При этом качество очистки остается ста-

бильно высоким и не зависит ни от условий эксплуатации, ни от человеческого фактора;

- существенное (в 2–4 раза) сокращение производственных площадей для размещения основного и вспомогательного оборудования;

- простота эксплуатации, возможность автоматизации процесса.

В промышленности ультрафильтрация начала применяться в 90-х годах прошлого столетия и сейчас считается наиболее эффективным методом механической очистки воды, особенно в качестве подготовки воды в баромембранных технологиях [1].

Ультрафильтрация – это баромембранный процесс, заключающийся в том, что жидкость под давлением «продавливается» через полупроницаемую перегородку. Размер отверстий (пор) ультрафильтрационных мембран лежит в пределах от 0,002–0,1 мкм. Подавляющее большинство всех задерживаемых веществ накапливается на поверхности мембраны, образуя дополнительный фильтрующий слой осадка, который обладает своим сопротивлением. Благодаря этому даже при значительном ухудшении параметров исходной воды качество очищенной воды остается стабильно высоким.

Мембранный ультрафильтрационный модуль состоит из тонких капилляров. Исходная вода поступает внутрь капилляра, а более крупные частицы остаются внутри частицы, внутри капилляра. В процессе фильтрации поры мембраны загрязняются отложениями сконцентрированных примесей. Поэтому требуется регулярная промывка мембран обратным потоком очищенной воды (по таймеру).

Традиционные способы основаны на сочетании методов коагуляции (флокуляции) с осаждением и фильтрованием:

- 1) исходная вода пропускается через фильтры грубой очистки (сетки), затем проходит через осветлитель (который может функционировать как в режиме известкования с коагуляцией, так и в режиме чистой коагуляции, как с применением органических флокулянтов, так и без них) и, наконец, фильтруется на механических фильтрах;

- 2) в исходную воду, прошедшую через фильтры грубой очистки и флотаторы, дозируется коагулянт непосредственно на входе в механические фильтры, на фильтрующей загрузке которых протекает контактная коагуляция одновременно с сепарацией образующихся хлопьев;

- 3) в случае, если в исходной воде содержатся в большом количестве микроорганизмы, то для их подавления могут дополнительно

к двум указанным выше способам обработки дозировать в обрабатываемую воду активный хлор, озон, биоциды или использовать ультрафиолетовое облучение для обеззараживания.

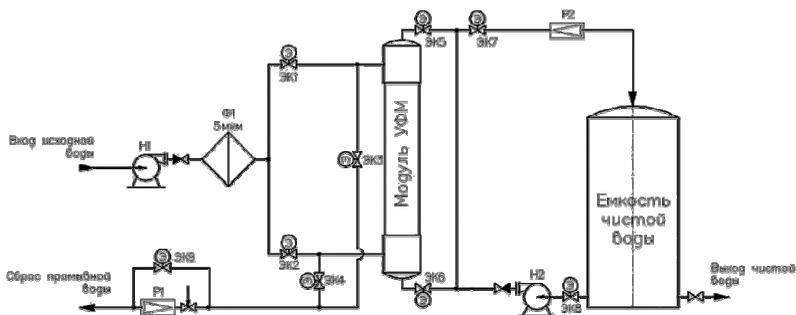


Рис. Схема установки ультрафильтрации (насос подачи исходной воды – Н1, фильтр грязевика – Ф1, блок модулей ультрафильтрации – УФМ, бак фильтрации чистой воды – емкость чистой воды, системы обратной промывки на базе насоса – Н2, трубопроводная обвязка и запорная (в том числе электроприводная) арматура)

С целью повышения эффективности работы установки ультрафильтрации (рисунок) предусмотрено дозирование коагулянта в исходную воду. Далее вода поступает на установку ультрафильтрации. Основным рабочим элементом установок ультрафильтрации являются ультрафильтрационные мембранные элементы, на которых осуществляется механическая фильтрация исходной воды. Размер пор мембраны позволяет с высокой эффективностью задерживать взвешенные вещества, обуславливающие мутность воды. Кроме того, фильтрация на ультрафильтрационных мембранах в совокупности с процессом коагуляции позволяет удалять крупные органические молекулы и снижать цветность.

Ступень ультрафильтрации состоит из трех блоков ультрафильтрации и блока мойки.

Работа установки ультрафильтрации напрямую связана с работой следующих вспомогательных узлов, поставляемых отдельно и имеющих собственные инструкции по эксплуатации:

- установка дозирования коагулянта;
- баки запаса чистой воды;
- насосная станция промывки ультрафильтрации;
- установка дозирования едкого натра;

- установка дозирования гипохлорита натрия;
- установка дозирования серной кислоты.

Такое деление на узлы позволяет ограничить действия сигнала аварии, т.е. аварийный сигнал на одном узле не оказывает прямого влияния на работу других узлов.

Установка ультрафильтрации управляет пуском/остановом вспомогательных узлов при работе в автоматическом режиме [2].

Контроль качества работы установки при необходимости осуществляется отбором проб на анализ из пробоотборного крана, установленного на линии фильтра установки ультрафильтрации.

Успехи внедрения ультрафильтрационной технологии в очистке поверхностных и обезжелезивании подземных вод, в доочистке водопроводной воды еще не свидетельствуют о возможности дальнейшего расширения области применения этого метода. Использование ультрафильтрационных мембран ограничено видами возможных загрязнений, содержащихся в воде.

Так, снижение цветности (обусловленной растворимыми в воде гуминовыми веществами с молекулярной массой от 2000 до 250 000), а также удаление из воды хлорорганических веществ – не под силу ультрафильтрационным мембранам.

В этом случае специалисты создают многоступенчатые комбинированные схемы с использованием различных технологических процессов: коагуляции, сорбции, окисления и др., в которых мембранам отводится роль «ловушки» бактерий, вирусов, микрочастиц. Для решения таких сложных проблем питьевого водоснабжения гораздо эффективнее оказывается другая мембранная технология – нанофильтрация [3, 4].

К проблемам технологии ультрафильтрации можно также отнести интенсивное биообрастание баков ультрафильтрованной воды. Решением данной проблемы является:

- правильный выбор объема бака ультрафильтрата с целью обеспечения высокой кратности обмена воды в баке. Оптимально: 20–60 мин. производительности УФ установки;
- увеличение частоты проведения химических обратных промывок с NaClO_4 ;
- контроль за количеством хлора перед поступлением на установку обратного осмоса [5].

Указанные проблемы не являются недостатком технологии ультрафильтрации и могут быть решены путем правильного и грамотного технологического проектирования.

Библиографический список

1. Основные процессы и аппараты химической технологии /под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

2. Руководство по эксплуатации. Установка ультрафильтрации WT- MNT-UF.

3. Физико-химические основы процессов очистки воды: учебное пособие / А.Ф. Никифоров, А.С. Кутергин, И.Н. Липунов [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2016. – 164 с.

4. Кирин Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф. Построение моделей динамики сложных технологических объектов в позиционных системах управления // Вестник Магнитогор. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2009. – № 3. – С. 25–28.

5. Беккер В.Ф., Киссельман И.Ф. Очистка промышленных газов в абсорберах с вращающейся подвижной насадкой // Экология и промышленность России. – 2010. – № 1. – С. 18–21.

Сведения об авторах

Мартюшев Григорий Владимирович – студент Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: daoifinity@rambler.ru.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

И.А. Шмидт, Р.Р. Нарбеков, А.С. Монахов

РАЗРАБОТКА СЕРВИСНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЛУНАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Статья посвящена разработке программы для автоматизации испытания САУ в составе полунатурного стенда. Поскольку данные испытания трудоемкие, а также требуют повторяемости результатов, автором предложено использование дополнительного программного обеспечения. При реализации программного продукта было использовано несколько основных решений: для взаимодействия подсистем в составе испытания была использована технология UDP, программа реализована по принципу «Машины состояний».

Ключевые слова: полунатурные испытания, UDP, LabVIEW.

I.A. Shmidt, R.R. Narbekov, A.S. Monakhov

DEVELOPMENT OF THE SERVICE PROGRAM FOR AUTOMATION OF SEMI-FIELD TESTS

The article is devoted to the development of a program to automate the testing of the ACS in the composition of the Hil test stand. Since these tests are labor-intensive, and require repeatability, the author proposes the use of additional software. In the implementation of the software product, are used several basic solutions: for the interaction of subsystems, UDP technology is used in the test, the program is developed using the architecture of the «state machine».

Keywords: Hil tests, User Datagram Protocol, LabVIEW.

Введение. Полунатурное моделирование – это моделирование с реальной системой автоматического управления и моделируемым объектом, при котором часть системы является математической моделью, а остальная – реальной. Из-за сложности, достаточно высокой стоимости, а также вероятности выхода из строя реального объекта выбирают данный способ проведения эксперимента. Для проектирования и испытания системы автоматического управления (САУ) создается математическая модель, описывающая процессы в работе таких объектов. Полунатурное моделирование обычно проходит в режиме реального времени и помогает оценить работу как всей системы в целом, так и отдельных ее элементов, что обеспечивает

безопасность проектирования и тестирования САУ без риска повреждения объекта и обслуживающего персонала.

Для автоматизации процесса полунатурных испытаний предлагается разработка «Сервисной программы», которая позволит:

- формировать последовательность управляющих воздействий для математической модели на основе данных, полученных во время работы реального объекта (без САУ);
- получать и фиксировать текущие параметры при работе объекта, вычисляемые математической моделью, в режиме реального времени;
- наблюдать за испытанием объекта при использовании САУ с возможностью записи параметров работы в специальный файл.

В качестве среды разработки было выбрано программное обеспечение компании *National Instruments LabVIEW*, которое широко применяется в системах автоматизации стендовых испытаний.

Функциональная схема системы полунатурного моделирования. На рис. 1 представлена функциональная схема системы полунатурного моделирования. Система состоит из трех основных частей: моделирующей программы, управляющей подсистемы и сервисной программы.

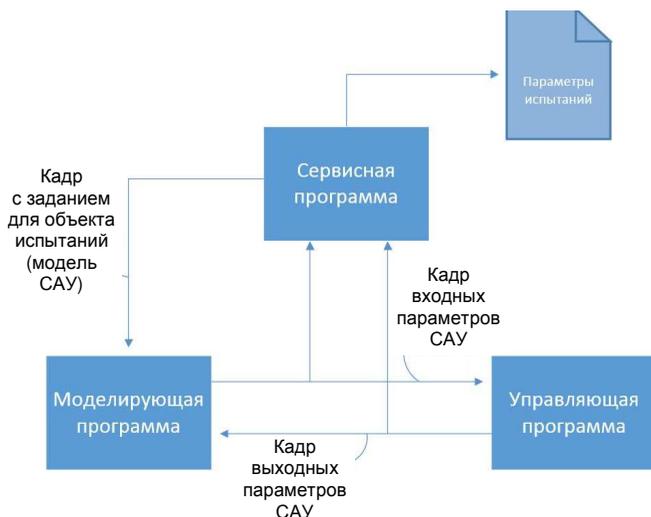


Рис. 1. Функциональная схема системы полунатурного моделирования

Моделирующая программа – это математическая модель, которая описывает реакцию объекта автоматизации на различные управляющие воздействия от системы управления.

Управляющая подсистема формирует управляющие воздействия на объект на основе конкретных алгоритмов, тем самым обеспечивая заданный оператором режим работы. Как правило, в системе полунатурного моделирования управляющая подсистема представляет собой программируемый логический контроллер (ПЛК).

«Сервисная программа» является специальным программным обеспечением, которое позволяет автоматизировать полунатурное испытание. Данная программа включает в себя ряд функций, а именно: формирование управляющих воздействий на моделирующую подсистему при работе в режиме разомкнутого контура, а также осуществление наблюдения за ходом полунатурного испытания с использованием САУ и возможностью записи параметров работы не только объекта управления, но и САУ.

Необходимость быстрого информационного обмена между моделирующей программой, управляющей подсистемой и сервисной программой задает требования к каналу передачи данных. Так как моделирование происходит в режиме реального времени, то предлагается использовать *UDP*-пакеты с вложенными кадрами, что позволит ускорить процесс обмена информационными за счет отсутствия необходимости использования транзакционных механизмов, а также установления предварительного соединения [1]. Обмен данными между всеми подсистемами моделирования является двунаправленным, т.е. работает как на прием, так и на передачу данных.

Программная реализация. Архитектура программы представляет собой машину состояний [2]. Диаграмма состояний отражена на рис. 2. Существуют 3 состояния работы, переход между которых осуществляется посредством переключения кнопок: инициализация («*Initialization*»), наблюдение («*Observation*») и работа («*Work*»).

При старте программы осуществляется переход в состояние инициализации («*Initialization*»).

При нажатии кнопки «*Observation*» осуществляется переход в состояние наблюдения, в котором осуществляется наблюдение за всем процессом испытания, в частности, происходят фиксация и запись управляющих воздействий и параметров математической модели. Если переключатель «*Observation*» не нажат, то выполняется

переход в состояние «*Work*». Данное состояние является основным рабочим режимом сервисной программы. В этом режиме осуществляется выдача управляющих воздействий на модель в разомкнутом контуре, используя данные, полученные во время управления объектом в ручном режиме.

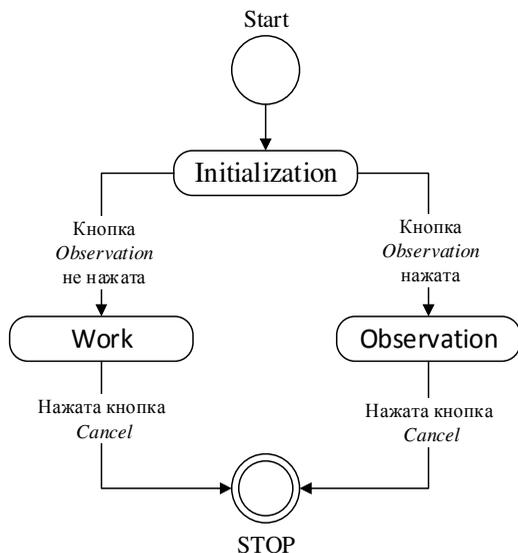


Рис. 2. Диаграммы машины состояний

Помимо этого в любом состоянии программы предусмотрена возможность записи полученных параметров модели в автоматически генерируемый CSV-файл [3].

При нажатии кнопки «*Cancel*» осуществляется завершение работы программы.

Сетевое взаимодействие подсистем. Передача UDP-пакетов происходит между тремя элементами системы. На рис. 3 представлена конфигурация элементов полунатурного испытания с использованием сервисной программы. Подсистемы находятся в одной локальной сети и имеют статические IP-адреса.

Для исключения возникновения ошибки при одновременном использовании сервисной и управляющей программ моделирующая программа использует 2 порта для получения данных, при этом они взаимоисключают друг друга.

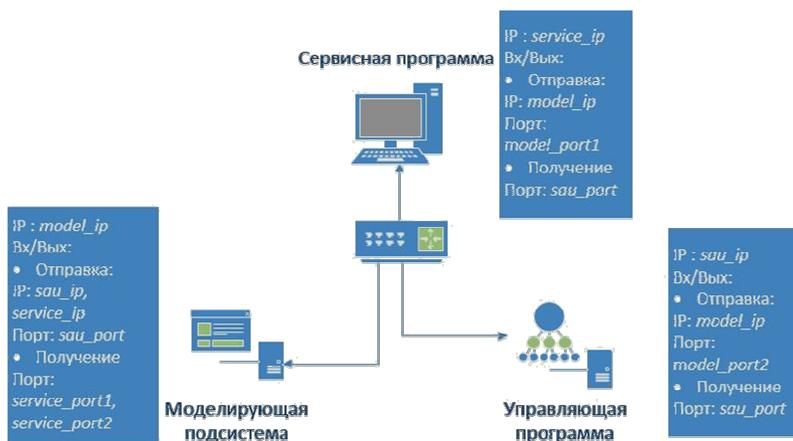


Рис. 3. Конфигурация элементов полунатурного тестирования с использованием сервисной программы

UDP-кадры формируются непосредственно внутри каждой подсистемы по схожему принципу:

Тип кадра	Данные	Контрольные данные
-----------	--------	--------------------

Тип кадра применяется в случае, если требуется передавать несколько форматов кадра, например, значения, установочные параметры или др. Данные – основная часть кадра, в которой находится передаваемая информация. Контрольные данные используются при передаче установочных данных из моделирующей подсистемы в управляющую для различных корректировок испытаний.

Заключение. В качестве дополнительного программного обеспечения была разработана сервисная программа, позволяющая уменьшить трудоемкость проведения полунатурных испытаний, добиться повторяемости результатов, а также исключить человеческий фактор. Данная программа может быть использована в любых полунатурных испытаниях в качестве вспомогательного средства контроля и управления объектом автоматизации.

Библиографический список

1. Васнев Н.В., Шмидт И.А., Чалов М.А. Система регистрации параметров испытаний сложных изделий на основе документно-ориентированной базы данных // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 11-3. – С. 500–504.

2. Описание «машины состояний» [Электронный ресурс]. – URL: <http://popayaem.ru/konechnye-avtomaty-kak-programmirovat-bez-zaparok.html>

3. Шмидт И.А. Хранение данных стендовых испытаний // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – № 4. – С. 222–225.

Сведения об авторах

Шмидт Игорь Альбертович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shmidt@msa.pstu.ac.ru.

Нарбеков Ренат Рашидович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-15-б, г. Пермь, e-mail: redbik2009@yandex.ru.

Монахов Александр Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-15-б, г. Пермь, e-mail: alex.m1996@yandex.ru.

А.А. Поморцев, В.Ф. Беккер

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ МЕТАНОЛА

В данной работе рассмотрены проблемы очистки метанола и способы их решения. Показаны преимущества катионитного и анионитного фильтров перед другими способами очистки.

Ключевые слова: метанол, очистка, фильтр.

A.A. Pomortsev, V.F. Becker

METHANOL PURIFICATION TECHNOLOGY

This paper is about problems of methanol purification and methods for their. The advantages of cation exchanger and anion exchanger filters are shown before other methods of purification.

Keywords: methanol, purification, filter.

Метанол (метиловый спирт, древесный спирт, карбинол, метил-гидрат, гидроксид метила) – CH_3OH , простейший одноатомный спирт, бесцветная ядовитая жидкость. Метанол – это первый представитель гомологического ряда одноатомных спиртов.

Наибольшее его количество идёт на производство формальдегида, который используется для производства карбамидоформальдегидных и фенолформальдегидных смол. Значительные количества CH_3OH используют в лакокрасочной промышленности для изготовления растворителей при производстве лаков. Кроме того, его применяют (ограниченно из-за гигроскопичности и отслаивания) как добавку к жидкому топливу для двигателей внутреннего сгорания. Используется в топливных элементах [1].

В метаноле-сырце содержится большое число разнообразных соединений, которые нельзя разделить обычным способом ректификации. Метанол-сырец разбавляют водой, а затем он проходит очистку в аппаратах непрерывного действия, где и происходит его очистка. А также в процессе очистки участвуют катионитный и анионитный фильтры, которые могут быть установлены как на линии выхода метанола из колонны, так и в процессе перманганатной очистки.

Качество продукта оценивается 12 показателями [2]. Однако исследования подтвердили, что и такое большое число показателей недостаточно для характеристики качества метанола. Это объясняется тем, что стандарт не предусматривает определения индивидуального содержания каждой из многообразных примесей. Кроме того, показатели стандартов дают оценку качества метанола с точки зрения переработки его в определенные продукты.

Вопрос осложняется также выбором методики и условиями проведения анализа. Показано, что в зависимости от избранной методики в одной и той же пробе метанола находят различное содержание альдегидов. Важными факторами, влияющими на конечный результат, являются температура, при которой проводится анализ, соотношение взятых компонентов, pH растворов, защита от света и т.д.

В метаноле-ректификате менее 0,02 % составляют вещества, имеющие температуру кипения ниже температуры кипения метанола. В основном это эфиры и различные соединения, имеющие альдегидную группу, высшие спирты, кроме этанола, в ректификате не обнаруживаются (содержание этанола ~ 0,01–0,03 %). Не контролируются хроматографическим методом анализа органические кислоты (~ 0,001–0,002 %), органические азотистые соединения (без специальной очистки их содержание может достигать 1,5 мг/л), карбонилы железа (до 0,05 мг/л). В ректификате могут присутствовать следы металлов (железо, марганец, медь, цинк, хром и др.), которые попадают в него с водой при разбавлении метанола-сырца за счет уноса частичек катализатора и загрязнений от аппаратуры и трубопроводов. Обычно содержание металлов в пересчете на окислы в ректификате не превышает $1,0 \cdot 10^{-4}$ – $3,0 \cdot 10^{-4}$ %. Удельная электропроводность ректификата при содержании 0,05–0,08 % воды составляет $1 \cdot 10^{-6}$ – $7 \cdot 10^{-7}$ Ом⁻¹ · см⁻¹.

Все примеси, присутствующие в метаноле, можно разделить на четыре группы:

– легкоокисляемые вещества. Об их содержании позволяет судить «перманганатная проба», однако это качественная оценка, так как в определенных условиях и сам метанол может окисляться KMnO_4 ;

– органические примеси (эфиры, альдегиды, кетоны, формалин и др.). Наиболее полные данные о содержании этих примесей могут быть получены хроматографическим анализом, причем в этом случае будут определяться и основные количества легкоокисляемых веществ;

– примеси, увеличивающие электропроводность. К числу таких примесей относятся аммиак, амины, кислоты, металлы; качественные сведения об их наличии дают измерение удельной электропроводности, а также определение «сухого» остатка;

– особой примесью следует считать воду. Ее концентрация определяется по стандартам химическими анализами, однако требования потребителей по ограничению содержания воды ставят вопрос о применении новых, более точных методов анализа. В частности, для определения содержания воды с точностью до тысячных долей процента можно использовать кулонометрический метод [3].

В соответствии с разнообразием примесей столь же различны и пути снижения их содержания в метаноле-ректификате. Большое влияние, если не основное, оказывает состав метанола-сырца. При меньшем содержании примесей в метаноле-сырце их разделение будет осуществляться с минимальными затратами и более полно. Поэтому вопрос улучшения качества ректификата в первую очередь должен быть рассмотрен с точки зрения возможностей улучшения качества метанола-сырца.

С другой стороны, рассматривая качество метанола-ректификата различных производств, можно видеть, что возможности отделения примесей в процессе ректификации используются еще не полностью. Существенную роль играет не только разделяющая способность колонн, но и правильный выбор технологического режима и его строгое соблюдение. Режим работы колонны (количество и место отбора фракций, расход флегмы, нагрузка и др.) не может быть на всех предприятиях одинаковым. Поэтому для каждой колонны необходимо установить режим работы и строго его выдерживать в процессе эксплуатации.

Предложен ряд усовершенствований схемы очистки метанола-сырца [4], касающихся в основном удаления конкретных загрязняющих примесей. Так, для более полного удаления карбониллов железа метанол-сырец предложено обрабатывать молекулярным кислородом или перекисью водорода, или водой, насыщенной кислородом, в присутствии веществ, обладающих большой поверхностью (активированный уголь, силикагель, алюмогель и т.д.). Может быть использован также озон.

Метанол-сырец может быть освобожден от карбониллов железа, формалей и ацеталей обработкой его минеральной кислотой и водным раствором хлоратов, броматов или иодатов щелочных металлов

с последующей ректификацией. Для удаления некоторых органических примесей сырец можно также обрабатывать хлором, бромом, или йодом, проводить ректификацию в присутствии фосфор-содержащей или хромовой кислот.

Большое число усовершенствований направлено на снижение содержания воды в ректifikате. Значительно снизить концентрацию последней можно с помощью ввода в колонну дополнительного компонента, который образует азеотропную смесь с водой. Температура кипения этой смеси должна быть ниже температуры кипения метанола. Обезвоженный спирт получается также при введении металлического натрия (или калия) вместе с газообразной двуокисью серы и метабисульфитом калия. В результате происходит осаждение сульфита и обезвоживание метанола.

Ионитный фильтр может быть установлен на различных стадиях процесса ректификации на линии подачи метанола-сырца, на линии водного метанола после перманганатной очистки или на выходе метанола-ректifikата из колонны основной ректификации. В любом варианте метанол очищается от аммиака и аминов, частично поглощаются альдегиды, карбонилы железа, присутствующие металлы. Однако эффективность очистки будет зависеть от стадии, на которой устанавливают ионитный фильтр. При фильтровании метанола-сырца и водного метанола обменная емкость катионита используется не только по прямому назначению [4]. Одновременно с поглощением аммиака и аминов поглощается большое количество альдегидов и, вероятно, диметилового эфира. Поглощение эфира и альдегидов, а также примесей металлов резко снижает рабочую емкость катионита, что влечет за собой необходимость частой регенерации фильтра. Аналогичная картина наблюдается при фильтровании водного метанола [3].

Катионитный фильтр образует закрытый цилиндрический металлический сосуд со сферическими днищами, заполненный катионитом. Он состоит из дренажных емкостей, слоя катионита, инертных материалов и сополимера дивинилбензола. Процесс смягчения происходит при фильтрации обрабатываемого метанола через слой находящегося в фильтре катионита. Метанол после катионитной очистки пропускают дополнительно в форме и фильтре с силикатным сорбентом. При этом происходит прирост перманганатной пробы [5].

Установка катионитного фильтра на стадии ректификации наиболее эффективна не только с точки зрения экономичности процесса,

но и потому, что дает возможность получать метанол-ректификат очень высокого качества. В этом случае основная масса примесей, в том числе и сорбируемых катионитом, уже отделена при ректификации. На катионите же происходит фактически очистка от микроколичеств примесей, что позволяет резко улучшить качество ректификата. [6] Так, перманганатное число катионитной очистки поднимается до 70–100 мин, а удельная электропроводность его падает до $1,0\text{--}3,0 \cdot 10^{-7} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

Процесс очистки метанола на катионитах может протекать по различным механизмам [7]. Примеси ионного характера поглощаются по обычным схемам ионного обмена, а кислородсодержащие соединения типа альдегидов могут вступать в реакции с катионитом или адсорбироваться поверхностью зерна.

Следует отметить, что если азотистые соединения на катионите поглощаются практически полностью, то эффект повышения перманганатного числа, которое определяется наличием легкоокисляемых органических соединений, в зависимости от качества ректификата может быть различен. Установлено, что катионитом лучше адсорбируются низшие альдегиды, поэтому больший эффект по перманганатному числу наблюдается при очистке метанола, полученного на основе водяного газа, так как в этом случае содержание низших альдегидов больше. Одновременно замечено, что в отдельных случаях пропускание метанола через катионит приводит к незначительному увеличению содержания в нем эфиров, например диметилового. Это явление связывается с проявлением катионитом каталитических свойств по отношению к реакции дегидратации.

Очистка метанола после ректификации возможна не на всяком катионите. Для этой цели следует использовать химически стойкий в метаноле катионит, не содержащий других органических примесей, способных раствориться в метаноле, т.е. загрязнить его. Из отечественных марок пригодны сильнокислотные катиониты КУ-2-8 и КУ-2-8Ч (рабочая емкость по аммиаку составляет 2,7...2,9 мг-экв на 1 г сухого катионита). Обычно скорость фильтрования метанола через катионит КУ-2-8 (размер зерна более 0,5 мм) составляет 10 – 20 ч⁻¹, но она может быть увеличена до 50 – 80 ч⁻¹ без заметного ухудшения качества метанола. Фактором, позволяющим регулировать скорость фильтрования, может являться температура. Скорость поглощения примесей катионитом увеличивается при повышении температуры

с 10 до 50 °С, но даже при 10 °С и скорости 10...20 ч⁻¹ обеспечивается практически полное поглощение азотистых соединений. Это дает возможность широкого выбора как условий очистки, так и места установки фильтра в условиях эксплуатации.

Подготовка катионита. Катиониты могут быть использованы только после предварительной промывки их метанолом для удаления низкомолекулярных соединений, присутствие которых связано с самим процессом получения катионита. Промывка катионита метанолом осуществляется в течение двух суток после обычной его подготовки к работе (набухание в растворе NaCl, обработка 8–10 % раствором NaOH, промывка конденсатом, перевод катионита в Н-форму обработкой одним раствором кислоты, обычно HCl. Несоблюдение этих условий может привести к ухудшению качества метанола за счет вымывания из катионита присутствующих ему примесей.

Регенерация катионита проводится путем обработки любой из сильных минеральных кислот (соляной, азотной, серной). Обычно применяют один раствор кислоты. Во избежание загрязнения метанола кислота для регенерации должна быть возможно более высокой чистоты. Регенерацию проводят в статических условиях путем залива катионита раствором кислоты, выдержки в течение 1,5...2,0 ч и последующей 2...3-кратной замены кислоты. После регенерации фильтр промывают водой от кислоты и затем метанолом от воды. Наибольшая скорость регенерации катионита наблюдается при использовании одним HCl. Однако если перевод катионита в Н-форму проводится в статических условиях, применение других кислот не скажется на экономике процесса вследствие незначительности их расхода.

При последующем улучшении качества метанола может быть использован также анионитный фильтр, который удаляет из метанола анионитные примеси. При этом важную роль играет технология хранения метанола. Он должен быть надежно изолирован от окружающей среды. Невыполнение этого условия приводит к снижению его качества.

При использовании катионитного и анионитного фильтра повышается степень очистки технического метанола, но при этом возрастает его цена, так как данные фильтры имеют высокую стоимость, а также требуют необходимую специальную подготовку для их установки, в связи с чем данная технология не нашла широкого применения на практике в производстве.

Библиографический список

1. Материалы из энциклопедии [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Метанол>
2. Показатели очистки метанола [Электронный ресурс]. – URL: <http://chem21.info/page/126089244223226037073101052033109253243230230208/>
3. Справочник химика [Электронный ресурс]. – URL: <http://chem21.info/page/249092016237027176168215136056036157144143095124/>
4. Схема переработки метанола-сырца [Электронный ресурс]. – URL: <http://msd.com.ua/tehnologiya-i-oborudovanie-lesoximicheskix-proizvodstv/ochistka-i-pererabotka-metanola-syrca/>
5. Пат. СССР № 2548956/23-04, 01.12.1977. Способ очистки синтетического метанола / П.П. Олешко, Ф.А. Олешко, В.Д. Межов.
6. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ngpedia.ru/id270709p2.html>
7. Влияние нестационарности объекта управления на параметры установившихся автоколебаний / М.Н. Ерыпалова, В.Ф. Беккер, А.В. Затонский, Ю.П. Кирин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2008. – № 4. – С. 50–57.

Сведения об авторах

Поморцев Андрей Анатольевич – студент Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

А.А. Попков, В.Ф. Беккер

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЯЩЕГО СЛОЯ В РЕАКТОРЕ ПРОИЗВОДСТВА КАРБОНАТА КАЛИЯ

Разработан алгоритм поддержания температуры кипящего слоя карбоната калия в реакторе на значении 300 °С. Разработана система управления расхода природного газа для поддержания необходимого значения температуры.

Ключевые слова: карбонат калия, производство, управление.

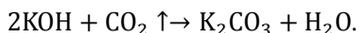
A.A. Popkov, V.F. Becker

BOILED LAYER TEMPERATURE CONTROL IN POTASSIUM CARBONATE PRODUCTION REACTOR

An algorithm of potassium carbonate boiled layer temperature control in a reactor about 300 C is designed. Control system for a natural gas consumption flow is described to maintenance of the temperature value.

Keywords: potassium carbonate, production, control.

Процесс получения калия карбоната гранулированного осуществляется путем химической реакции раствора гидроксида калия и диоксида углерода по следующему уравнению:



Получение калия карбоната гранулированного производится в реакторе псевдооживленного слоя (рис. 1), в котором происходит распыление раствора гидроксида калия над псевдооживленным слоем. Раствор гидроксида калия смачивает частицы псевдооживленного слоя, которые удерживаются в жидком состоянии горячим технологическим газом, содержащим диоксид углерода.

При интенсивном контакте технологического газа и раствора гидроксида калия происходят реакция образования карбоната калия, а также испарение воды, содержащейся в подаваемом растворе [2].

1. Постановка проблемы. К недостатку процесса карбонизации гидроксида калия в реакторе псевдооживленного слоя можно отнести слипание образовавшихся в ходе реакции частиц K_2CO_3 (карбоната калия) на распределительной тарелке. Слипание вызвано тем, что

в процессе экзотермической реакции не происходит полного испарения воды, содержащейся в загружаемом в реактор псевдооживленного слоя растворе 50%-ного КОН (гидроксида калия) [1].

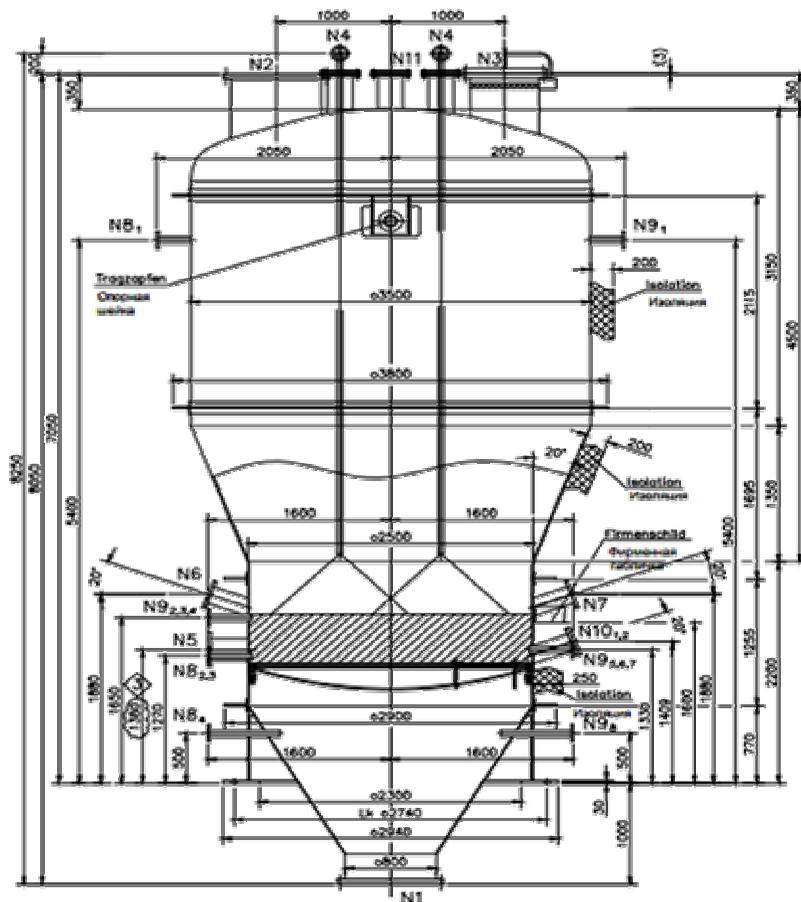


Рис. 1. Реактор псевдооживленного слоя фирмы «Bertrams»

2. Предлагаемое решение. Изучив проблему, я предлагаю следующие способы ее решения:

1. Внедрение в существующую схему контроля технологическим процессом измерительного преобразователя температуры фирмы «Wika» модели TC-10B в комплекте с преобразователем T32.10 с градуировкой NiCr-Ni диапазоном до 1450 °С.

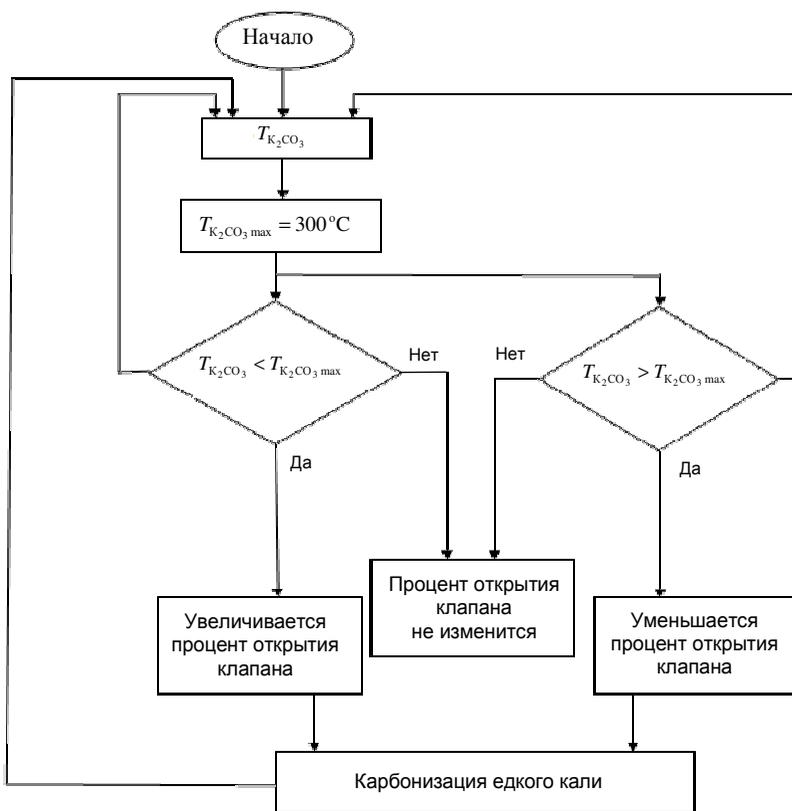


Рис. 2. Алгоритм управления

2. Разработка алгоритма управления расхода природного газа для поддержания необходимого значения температуры (рис. 2). Алгоритм представляет собой замкнутый цикл. Вначале цикла происходит измерение температуры карбоната калия в реакторе над распределительной тарелкой. Проверяется условие: если температура карбоната калия ($T_{K_2CO_3}$), ниже значения $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, то приоткрывается клапан на трубопроводе природного газа перед ступенчатой горелкой, если выше, то клапан на трубопроводе природного газа прикрывается и температура карбоната калия ($T_{K_2CO_3}$) уменьшается. Основные обозначения алгоритма вводим в таблице.

Обозначения

Обозначение	Наименование
$T_{K_2CO_3}$	Температура карбоната калия в реакторе
$T_{K_2CO_3 \max}$	Максимальная, допустимая температура карбоната калия

3. Программная реализация. Сигналы с датчиков расхода природного газа и температуры приходят на модули аналоговых входов UA1 1, UA1 2, затем преобразуются в цифровой вид для дальнейшей обработки (рис. 3). Преобразованный цифровой сигнал поступает на вход PV (регулируемый параметр) ведущего регулятора PID1 1 с именем TIC501 каскадной системы. Задание регулятора TIC501 по температуре должен задавать оператор.

Параметры регулятора TIC501 имеют вид: RSP – задание оператора; AL1 – верхний предел регулирования; AL2 – нижний предел регулирования; PV – вход регулятора; OUT – выход регулятора.

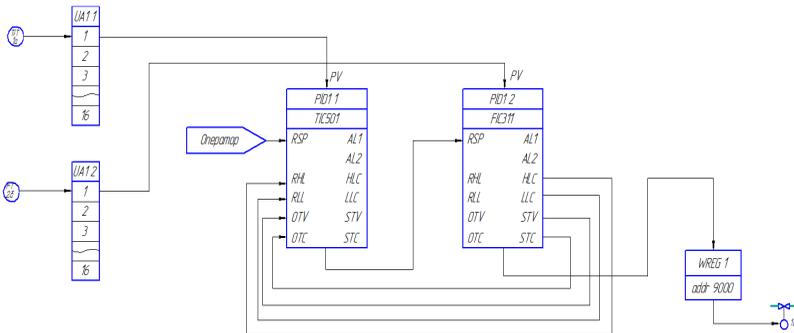


Рис. 3. Программная реализация алгоритма управления

OTV (Output Track Value) – входной параметр ведущего регулятора. STV (Set Point Track Value) – выходной параметр ведомого регулятора. Выход ведущего регулятора соединен с входом задания RSP ведомого регулятора PID1 2 с именем FIC311, который регулирует подачу природного газа на горелку.

Ведомый регулятор вырабатывает управляющее воздействие на клапан природного газа. Параметры ведомого регулятора имеют вид: CONTALG=PIDA,

ACTION=REVERSE – при превышении/уменьшении температуры карбоната калия выход регулятора, влияющий на работу клапана, должен уменьшаться/увеличиваться.

Выход ведомого регулятора преобразуется блоком WREG 1 в код АЦП (0-32765) и передается в программу релейной логики в адрес 9000. Далее вырабатываются аналоговые выходы и формируются рабочие импульсы продолжительностью 2 с. Аналоговые выходы контроллера подают токовый сигнал 4...20 мА на промежуточные реле контроллера, который поступает на позиционер клапана.

Заключение. В результате внедрения программной реализации для автоматизации регулирования расхода природного газа и регулирования температуры кипящего слоя происходит стабилизация технологического процесса и можно проводить данный технологический процесс качественно.

Библиографический список

1. Временный технологический регламент производства хлора и едкого кали методом мембранного электролиза / ООО Сода-Хлорат, 2015.

2. Инструкция по эксплуатации установки по получению карбоната калиягранулированного фирмы «Bertrams», 2014.

3. Пат. РФ 2520487. Реактор с циркулирующим псевдоожиженным слоем с улучшенной циркуляцией, 2014.

4. Пат. СССР 594049. Способы получения поташа (карбонат едкого кали) / Е.М. Зубкова, И.В. Романчиков. – 1978.

5. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – Т. 1. – 312 с.

6. Затонский А.В., Беккер В.Ф., Плехов П.В. Внешние связи информационной модели системы управления техническим состоянием оборудования // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 7. – С. 78–79.

Сведения об авторах

Попков Андрей Андреевич – студент Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

Н.В. Сидоренко, В.Ф. Беккер

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ХЛОРИДА КАЛИЯ НА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ

В качестве объекта управления рассматривается производство гранулирования хлорида калия в составе обогатительной фабрики. Поставлена и решена задача автоматизации процесса. Показаны возможные последствия автоматизации.

Ключевые слова: хлорид калия, производство, грануляция, управление.

N.V. Sidorenko, V.F. Becker

AUTOMATION OF THE PROCESS OF POTASSIUM CHLORIDE GRANULATION IN CONCENTRATING FACTORY

Production of granulation of potassium chloride in the concentrator is considered as an object of control. The problem of process automation is set and solved. The possible consequences of automation are shown.

Keywords: potassium chloride, production, granulation, control.

Хлорид калия флотационный гранулированный (химическая формула KCl) выпускается в виде гранул, получаемых прессованием флотационного продукта с последующим дроблением, классификацией и обработкой модифицирующими реагентами. Хлорид калия гранулированный предназначен для использования внутри страны и за рубежом в качестве удобрения для прямого внесения в почву или сухого тукосмешения.

Перечень систем автоматического регулирования технологического процесса:

- 1) система регулирования расхода орошающей жидкости, регулирующийся клапан на трубопроводе;
- 2) система расхода воды на увлажнение гранулированного хлорида калия, регулирующийся клапан на форсунках;
- 3) система перепада давления отработанного воздуха на фильтрах;
- 4) система регулирования температуры продукта;
- 5) система расхода аминасляной смеси;
- 6) система регулирования охлаждающего воздуха.

Процесс получения хлорида калия флотационного гранулированного состоит из следующих операций.

Термическая обработка флотационного хлорида калия – процесс конвективного теплообмена, происходящего между исходным продуктом – мелким хлористым калием и газообразным теплоносителем (смесь топочных газов с воздухом) при их взаимодействии, т.е. в прямом контакте. В результате термической обработки происходит: удаление остаточной влаги, повышение температуры продукта и, следовательно, его пластичности, а также уменьшение содержания примесей, закрепившихся на поверхности частиц в процессе флотации и сушки (амины, мазут, продукты сгорания мазута). Технологический процесс термической обработки мелкого КСІ включает следующие стадии:

- сжигание попутного газа или мазута для получения топочных газов;

- термическую обработку продукта при взаимодействии с высокотемпературными газами в ГСН-130;

- технологическую и санитарную очистку обработанных газов.

Технологическая и санитарная очистка отработанных дымовых газов проходит три стадии: одну стадию сухой очистки и две мокрой. Сухая стадия очистки проходит в одиночном циклоне СКЦН-3Н, диаметр циклона 2 м. Работа циклона основана на использовании центробежных сил, возникающих при вращении газового потока внутри корпуса циклона. Это вращение достигается путем тангенциального ввода газа в циклон. В результате действия центробежных сил частицы пыли, взвешенные в потоке дымовых газов, отбрасываются на стенки корпуса и выпадают из потока. Дымовые газы, освобожденные от пыли, продолжая вращаться, совершают поворот на 180° и выходят из циклона через расположенную по оси выхлопную трубу. Частицы пыли, достигшие стенок потока, под действием перемещающегося в осевом направлении вращающегося потока и сил тяжести движутся по направлению к выходному отверстию корпуса и выводятся в приемный бункер. После очистки в циклоне газ с температурой не более 105°C поступает на всас дымососа. Температура газа измеряется и регистрируется на щите управления. После дымососа газ поступает на две последовательно расположенные стадии мокрой очистки в центробежный скруббер Вентури и скруббер-каплеуловитель. Затем, за счет лопаточного завихрителя, создается

вращение газового потока, вследствие чего смоченные и укрупненные частицы пыли и отработанная орошающая жидкость отбрасываются на стенки скруббера и непрерывно удаляются из каплеуловителя через гидрозатвор в виде суспензии, которая самотеком по гидрожелобу направляется в зумпф отделения сушки. Дымовые газы после мокрой очистки выбрасываются в атмосферу через выхлопную трубу. Общая эффективность очистки газа от пыли 99,96 %.

Гранулирование хлорида калия осуществляется на трех параллельных технологических нитках. Исходное питание из отделения подогрева распределительными конвейерами подается на технологические нитки. Количество исходной соли контролируется весами. Соль с конвейера через запорные шибера с электроприводом распределяется по работающим прессам и включенным параллельно прессам. Материал с температурой от 115 до 135 °С подается на встречно вращающиеся валки, захватывается ими и спрессовывается в плитку. Спрессованная плитка после валкового пресса поступает на подпрессовую дисковую дробилку, входящую в комплект пресса, где подвергается измельчению до кусков размером не более 100 мм. Измельченная плитка поступает в течку с колосниковой решеткой, где отделяется от просыпи, которая поступает на скребковый конвейер и возвращается на прессование. Затем происходит дробление в грохотах. Далее подается в вибропросеивающие машины. На вибропросеивающих машинах производится классификация дроблёного продукта на три фракции:

- фракция крупностью менее 2 мм поступает на скребковый конвейер, затем возвращается в составе ретура на прессование;
- фракция крупностью более 4 мм поступает на вторую стадию дробления в дробилку;
- фракция крупностью от 2–4 мм (целевой класс) поступает на ленточный конвейер, затем на грохот.

Подрешетный продукт грохота поступает на скребковый конвейер и далее возвращается на прессование, а надрешетный продукт направляется на конвейер, затем на конвейер установки облагораживания и на конвейер, где обрабатывается водой. Затем поступает в двухвальный смеситель, где происходит обработка продукта модифицирующим реагентом – аминомасляной смесью, подаваемой насосами – дозаторами, для улучшения физико-механических свойств гранулята. Из смесителя попадает на склады.

С конвейера попадает в лотковый шнековый транспортер, на пересыпе с которого в двухвалковый смеситель происходит его увлажнение водой, подающейся из бака дозированными насосами через каскад форсунок в зависимости от показаний конвейерных весов, установленных на конвейере. Затем, после обработки водой, подается в сушильно-охладительную установку. В первой части происходит нагрев и сушка гранулята горячим воздухом, который нагревается горелкой. Во второй части происходит охлаждение гранулята. Через вытяжные отверстия осуществляется отвод отходящих газов, насыщенных пылью и водяным паром. Температура холодного воздуха около 40 °С.

Приготовление аминаслярной смеси ведется в баке, снабженном паровой рубашкой. Объем масла контролируется по уровнемеру. Расплавленный амин самотеком стекает в бак, затем включается перемешивающее устройство, готовится в течение 30 мин. После смесь перекачивается в расходный бак. Расход автоматически регулируется в зависимости от показания конвейерных весов. Смесь, попадая в смеситель, равномерно распределяется по поверхности, затем продукт попадает на конвейер, оттуда попадает на склады.

В данный процесс можно привести некоторые изменения. К примеру, так как продукт распределяется на три технологических нитки и работа одной нитки на максимальной скорости невозможна, как и отключение двух других, то можно запустить одну линию на максимальную работу, остальные работают в умеренном режиме, либо одна линия в максимальном, вторая – в умеренном, третья – в шающем режиме. При этом выработка будет больше продукта, а технико-экономические показатели не сильно изменятся, затраты будут практически такими же [5].

Внедрение системы управления позволяет автоматизировать технологический процесс приготовления гранулята, устранить «субъектный фактор» при приготовлении продукции, повышает точность дозирования жидких компонентов, защищает персонал и оборудование от возможных аварий, уменьшает количество обслуживающего персонала. Также автоматизация гарантирует надежность и устойчивость работы, снижает строительную стоимость, расходы тепла и электроэнергии, затраты на обслуживание системы. Достоинства введения автоматизации в производственный процесс:

- полностью автоматизированное управление исполнительными механизмами;
- автоматическая защита и блокировка оборудования;
- отображение информации о ходе технологического процесса на экране монитора оператора;
- создание архива значений технологических параметров;
- создание архива действий оператора;
- это многопользовательская система с разграничением прав доступа.

Библиографический список

1. Постоянный технический регламент № 36 производства гранулированного хлористого калия (утв. зам. дир. по производству, по процессам обогащения Коноплев Е.В.). – 2006.
2. Официальный сайт ПАО «Уралкалий». – URL: <http://www.uralkali.com/>
3. Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений. – М.: Химия, 1975. – С. 30–31.
4. Изобретение СССР №763450 / В.Н. Пашенко, В.А. Бабушкин, А.Ф. Ложкин, В.Д. Фот, Л.Т. Якимов, А.В. Воробьез.
5. Классен П.В. Гранулирование. – М.: Химия, 1991. – С. 221.
6. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – Т. 1. – 312 с.
7. Беккер В.Ф., Плехов П.В., Затонский А.В. Управление средствами производства в системе менеджмента качества химической продукции // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 9. – С. 66–72.

Сведения об авторах

Сидоренко Наталья Витальевна – студентка Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

М.А. Степанова, А.В. Кычкин

СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СВП TESCO 250 EMI 400

В данной статье рассмотрены технологический процесс работы системы верхнего привода Tesco 250 EMI 400 и его автоматизация с использованием человеко-машинного интерфейса.

Ключевые слова: система верхнего привода, визуализация, АСУ ТП.

M.A. Stepanova, A.V. Kychkin

THE OPERATION MODES OF THE IMAGING SYSTEM CDS TESCO 250 EMI 400

In this article describes the technological process of the top drive system Tesco 250 EMI 400 and its automation using human-machine interface.

Keywords: casing drive system, visualization, ACS TP.

Задачей данной работы является автоматизация технологического процесса бурения с использованием системы верхнего привода Tesco 250 EMI 400. Эта задача является актуальной в настоящее время, контроль технологического процесса данного технологического процесса позволяет повысить эффективности процессов управления буровой установкой, выявить аварийные ситуации в течение небольшого промежутка времени, а также сократить время на устранение неисправностей.

Система верхнего привода (СВП) в последнее время становится наиболее популярным способом бурения нефтяных и газовых скважин.

СВП буровых установок получили широкое распространение в мировой практике. СВП обеспечивает выполнение следующих технологических операций:

- вращение бурильной колонны при бурении, проработке и расширении ствола скважины;
- свинчивание, докрепление бурильных труб;
- проведение спуско-подъемных операций с бурильными трубами, в том числе наращивание бурильной колонны свечами и однотрубками;

- проведение операций по спуску обсадных колонн;
- проворачивание буровой колонны при бурении забойным двигателями;
- промывка скважины и проворачивание буровой колонны при СПО [1].

Система верхнего привода 250 Tesco EMI 400 является наиболее универсальной в линейке электрических верхних приводов TESCO и предназначена для применения на морских и наземных буровых установках. СВП 250 EMI 400 имеет эксплуатационные параметры работы с трубами, требуемые для бурения и капитального ремонта скважин.

Модель 250 EMI 400 оснащена асинхронным электродвигателем переменного тока и системой привода. Верхний привод EMI 400 развивает мощность 298 кВт (400 л.с.) [2].

Для автоматизации данной системы использовалось следующее оборудование:

- ПЛК GE Fanuc Series 90-30 – семейство контроллеров, систем ввода/вывода и специальных модулей, разработанных для решения многочисленных промышленных задач. Одной из причин всестороннего применения ПЛК GE Fanuc Series 90-30 является большое разнообразие дискретных и аналоговых модулей ввода/вывода (более 100 устройств), а также специальных модулей;

- RTD – датчик температуры обмоток двигателя;
- Geaebox Mounted Encoder – датчик оборотов энкодера;
- PRESS SWITCH – датчик продувки охлаждения двигателя;
- Switch, Pressure, XP, SPDT, 200-3500psi – датчик давления гидростанции;
- Switch, Level, 1-1/2”NPT – датчик уровня гидравлической жидкости.

Чтобы проводить контроль любого технологического процесса, необходимо создать автоматизированную систему управления технологического процесса. На рис. 1 представлена схема автоматизации системы управления данным технологическим процессом.

Поэтому я решила разработать SCADA-систему, которая позволит собирать и отслеживать всю информацию в режиме реального времени из одной точки, при этом обладать возможностью аналитики. Всё это позволит значительно сократить время на поиск и устранение неисправностей.

В данном эксперименте использовалась ОП Weintek MT8070iH, с помощью которой мы и будем наблюдать за всем технологическим процессом. На рис. 2 представлен проект автоматизированной системы данного технологического процесса.

В результате выполнения данного курсового проекта была спроектирована SCADA-система для наблюдения работы верхнего привода Tesco 250 EMI 400, с помощью которой легко проводить диагностику работы данного объекта автоматизации.

Библиографический список

1. Иванов М.Н. Детали машин: учебник для вузов. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Высшая школа, 1976. – С. 399.
2. Система верхнего привода [Электронный ресурс] // Бюллетень № 20050 ТЕСКО Corporation / December 2008 / POD. – URL: <http://www.ocset.ru/data/file/250-EMI-400.pdf> (дата обращения: 10.05.2018).

Сведения об авторах

Степанова Марина Альфредовна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-14-16, г. Пермь, e-mail: vkontakte1508@rambler.ru.

Кычкин Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com.

М.И. Субаев, Г.Г. Куликов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА УСЛУГ

В данной статье рассматриваются: концепция развития информационной инфраструктуры для цифрового производства услуг; концепция современного перспективного цифрового производства Industry 4.0 в области производства услуг; пример цифровой реализации услуги в туристическом бизнесе с применением облачного продукта amoCRM.

Ключевые слова: цифровое производство, информационная инфраструктура, CRM, Customer Relationship Management, «умное производство».

M.I. Subaev, G.G. Kulikov

AUTOMATED MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM OF DIGITAL PRODUCTION OF SERVICES

In this article are considered: concept of development of information infrastructure; concept of the modern perspective digital production Industry 4.0; amoCRM product example of implementation in travel business.

Keywords: digital production, information infrastructure, CRM, Customer Relationship Management, "smart production", digital production.

Концепция развития индустриальной революции Industry 4 предполагает широкое использование современных информационных коммуникаций и, соответственно, глобальную цифровизацию информации в различных областях деятельности [1]. Это открывает возможность получать, передавать, хранить большие объемы информации в реальном времени.

Реализация такой тенденции в Российской Федерации определяется рядом программ, в частности, программами правительства по цифровой экономике [2].

Можно отметить, что на уровне государственного управления в банковской сфере и других достигнуты определенные успехи, в рамках программ «электронное правительство», «электронные государственные услуги» и других [3].

Проблема же цифровизации непосредственно промышленных предприятий остается актуальной и нерешенной, хотя есть успехи в организации виртуального производства, умных предприятий и пр. [4].

Анализ применения современных технологий промышленности показывает, что для решения этих задач необходимым условием является уровень зрелости информационной инфраструктуры и далее цифрового управления.

Можно отметить, что существуют различные критерия оценки зрелости информационной инфраструктуры, и наиболее применяемыми системами оценок является методика корпорации IBM [5]. Поэтому выбор критериев зрелости и их анализ являются необходимой задачей при решении указанной проблемы.

Можно также отметить, что создание необходимой информационной инфраструктуры является дорогим инвестиционным проектом и под силу сегодня, прежде всего, только крупным предприятиям. Для малого и среднего бизнеса стоимость этих проектов являлась ограничением.

Однако развитие электронных коммуникаций и информационных технологий крупными информационными корпорациями (Google, IBM, Apple, Facebook и т.п.) в направлении создания облачных технологий, big data, grid-технологий и других, которые разрабатываются по принципу открытых систем, предоставляющих как информацию, так и сервисные технологии их обработки, открывает возможность решать задачи создания информационных инфраструктур для малого и среднего бизнеса.

Можно также отметить, что основная продукция малого и среднего бизнеса – это прежде всего производство УСЛУГ (рис. 1).

Особенностью производства услуг является то, что моделью услуг является функция [10].

Анализ известной классификации промышленных предприятий показывает, что существует класс предприятий, производящих услуги. Можно отметить, что этот класс расширяется. Так, университеты Российской Федерации начали предоставлять образовательные услуги. Таким образом, решение задачи цифрового производства услуг является актуальным и своевременным. Особенно это важно для малого бизнеса, например туризма. Еще следует отметить, что на рынке

программных инструментариев (технологий) существует определенная конкуренция и среди открытых систем. Поэтому формирование структуры и выбор необходимого программного обеспечения для поддержки определенного уровня зрелости информационной инфраструктуры являются тоже актуальной и своевременной задачей. (таблица). Указанные задачи поставлены и решаются в данной работе.

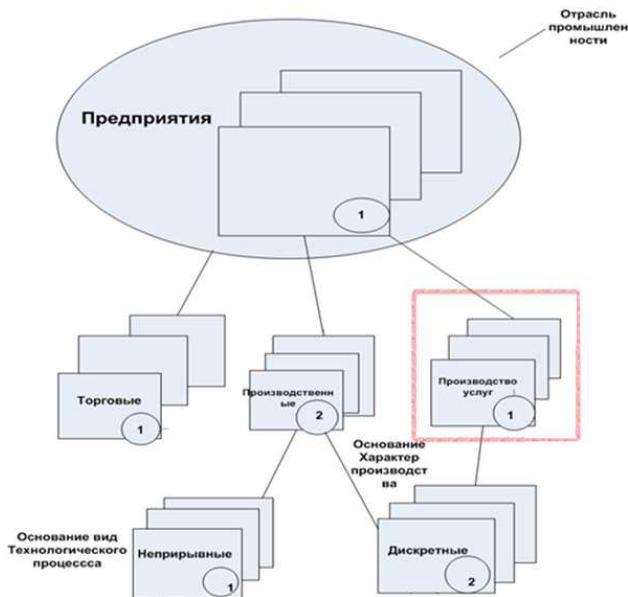


Рис. 1. Классификация производственных предприятий

Программные компоненты

Программные компоненты	Права доступа	Возможности синхронизации	Требования к ПК
Интернет-среда			
Браузеры Google Chrome/Яндекс	Открытые	Синхронизация с мобильным устройством/планшетом	ОС Windows/Mac
WhatsApp	Открытые	Синхронизация с мобильным устройством/планшетом	ОС Windows/Mac
Программные компоненты	Права доступа	Возможности синхронизации	Требования к ПК

Программные компоненты	Права доступа	Возможности синхронизации	Требования к ПК
Trello	Открытые/коммерческие	Синхронизация с мобильным устройством/планшетом	ОС Windows/Mac
Системные модели			
IDEF	Открытые	–	ОС Windows/Mac
Программные компоненты	Права доступа	Возможности синхронизации	Требования к ПК
SQL	Открытые	–	ОС Windows/Mac
Специализированные системы			
AmoCRM	Коммерческие	Синхронизация с мобильным устройством/планшетом	ОС Windows/Mac
MailChimp	Открытые/коммерческие	–	ОС Windows/Mac
Сервисные системы			
MS Office	Открытые	–	ОС Windows/Mac
Visio	Открытые	–	ОС Windows/Mac

Целевая стратегия обеспечения цифровизации предприятия на основе концепции «умного производства». В соответствии с моделью инфраструктуры Infrastructure Optimization Model от Microsoft можно оценить уровень зрелости предприятия между 3-м и 4-м уровнями [5].

Уровень 3 – рационализированный (Rationalized)

На этом уровне зрелости ИТ-инфраструктуры предприятия затраты на управление настольными компьютерами и серверами сводятся к минимуму, а процессы и политики начинают играть важную роль в поддержке и расширении бизнеса. В защите основное внимание уделяется профилактическим мерам, и на любые угрозы безопасности организация реагирует быстро и предсказуемо. В организации создана база данных с исчерпывающей информацией об аппаратно-программном обеспечении, поэтому закупаются лишь те лицензии и компьютеры, которые действительно нужны.

Уровень 4 – динамический (Dynamic)

На предприятии с ИТ-инфраструктурой, достигшей динамического уровня зрелости, существует полное понимание стратегической ценности этой инфраструктуры, которая помогает эффективно вести бизнес и постоянно опережать конкурентов, вести постоянный мониторинг транзакций. Все расходы под полным контролем, пользователям доступны необходимые в их работе данные, на каких бы серверах они ни находились, организована эффективная совместная работа на уровне как сотрудников, так и отделов, а мобильные пользователи получают практически тот же уровень обслуживания, что и в офисах.

В соответствии с концепцией современного перспективного производства Industry 4.0 для цифрового производства необходимым условием является зрелость информационной структуры не ниже 3-го уровня.

Пример проектирования цифровой ИУС в туристическом бизнесе. В современном мире основная задача бизнеса строится на взаимодействии с клиентом (рис. 2).

НЕРАЗОБРАННОЕ Зашито: 59	ПОИНТЕРЕСОВАЛСЯ 12 сделок: 49 100 руб	ПРИНИМАЮТ РЕШЕНИЕ 3 сделки: 28 500 руб	ПРИНЯЛ РЕШЕНИЕ 0 сделок: 0 руб
<p>от: Uzi Airlines кому: liveyou@life.dgroup2... Только 3 дня! Скидка 10%! Скидки 10% на самые популярные н...</p>	<p>быстрое добавление</p>	<p>Анна Ясильева Новый год 2018 11 000 руб (новый год 2018) Нет задач</p>	
<p>от: RussiaRunning кому: liveyou@life.dgroup2... RussiaRunning рекомендует Се... Серия спортивной термотриггер в Р...</p>	<p>Елена Николаевна Гуляри 15.01.2018 Нет задач</p>	<p>Эльвина Лапина Новый год 2018 6 000 руб + Нет задач</p>	
<p>от: RussiaRunning кому: liveyou@life.dgroup2... Всего 2 дня! Специальное пред... Преле, ален! Веловой сезон уже на ...</p>	<p>Ренат Миншубаев Сделка #8090765 Нет задач</p>	<p>Фирруз Новый год 2018 7 500 руб (новый год 2018) 48 руб</p>	
<p>от: Uzi Airlines кому: liveyou@life.dgroup2... Выгодные цены на любимые на... Любимые направления со скидкой д...</p>	<p>Елена Михайлова Гуляри 27.12.2017 Нет задач</p>		
<p>от: amoCRM кому: liveyou@life.dgroup2... Юрий Дудь – новый спикер АМ... Добрый день! 4 агента в СК «Оннит...</p>	<p>Екатерина Осипкина Зюдагаль 11.01.2018 Нет задач</p>		
<p>от: YouTube кому: liveyou@life.dgroup2... Пользователь Игорь Перемедет... Пользователь Игорь Перемедет...</p>	<p>Кирилл Никитин Сделка #7475561 Нет задач</p>		
	<p>Эльвира Савинова Сделка #7475581 Нет задач</p>		

Рис. 2. Пример реализации продукта amoCRM в туристическом бизнесе

Для туристического бизнеса особо важно поддержание своевременных актуальных отношений с клиентом, прежде всего сохранить собранную годами базу, связь-переписки с клиентом и для поддержания информацией о новых выгодных поездках. Для выполнения данных условий и поддержания контакта с клиентами многие туристические компании используют систему [9], которая называется CRM (Customer Relationship Management).

Системы CRM приобрели большую популярность и становятся необходимостью в использовании на конкурентном рынке, где на первом месте стоит клиент [6].

Идея CRM-системы – быть на одной волне с клиентом: понимать всей боли, быть в курсе предпочтений клиента и, конечно же, уведомление о необходимом для него продукте или услуге [7].

Управлять взаимоотношениями – это значит искать новых клиентов, тех, кто ранее покупал, привлечь новыми заманчивыми предложениями, постоянных клиентов делать фанатами. Такого рода схема является постоянной на рынке: с самого начала привлекается новый клиент, далее выстраиваются новые отношения с этим клиентом, после чего они становятся постоянными клиентами и, следовательно, являются фанатами компании [8].

В работе приводятся результаты разработки и применения ИУС на основе CRM amoCRM в туристическом бизнесе.

Библиографический список

1. Четвёртая промышленная революция. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Четвёртая_промышленная_революция (дата обращения: 20.04.2018).

2. Реализация программы «Цифровая экономика». – URL: <http://ac.gov.ru/projects/otherprojects/014091.html> (дата обращения: 2.05.2018).

3. Электронное правительство. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электронное_правительство (дата обращения: 3.05.2018).

4. Виртуальное предприятие как эффективная форма организации внешнеэкономической деятельности компании. – URL: http://vasilieva.narod.ru/16_4_03.htm (дата обращения: 5.05.2018).

5. Обзор управления: руководство и оценка организаций по разработке с целью согласования с бизнес-стратегией. – URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ericsson/> (дата обращения: 2.05.2018).

6. Кудинов Алексей. CRM: Практика эффективного бизнеса. – М., 2012. – 463 с.

7. Шиффман Стивен. Управление ключевыми клиентами. Эффективное сотрудничество, стратегическое партнерство и рост продаж. – М., 2009. – 320 с.

8. Райхельд Фред, Марки Роб. Искренняя лояльность. Ключ к завоеванию клиентов на всю жизнь. – М., 2012. – 352 с.

9. Бейсова В.Е. Клиенты – тоже люди! Современные технологии и приемы работы с клиентом. – М.: Феникс, 2006. – 208 с.

10. Автоматизированные информационные системы в экономике / Г.Г. Куликов, Е.А. Дронь, М.А. Шилина, Ю.О. Багаева; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2013. – 186 с.

Сведения об авторах

Субаев Марсель Ильдусович – аспирант кафедры «Автоматизированные системы управления» Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа, e-mail: marselsubaev@gmail.com.

Куликов Геннадий Григорьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления» Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа, e-mail: gennadyg.16@gmail.com.

В.Н. Уфимцева

ОБЪЕКТНЫЕ СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНА

Сформулирована проблема совместного управления участками восстановления и электролиза на производстве титановой губки. Проведен системный анализ участков электролиза и восстановления губчатого титана, позволяющий проанализировать системные связи и исследовать методы совместного управления ими. Определены параметры всех внутренних процессов. Разработан набор классов C++, позволяющих создавать имитационные (и потенциально многоагентные) системы промышленных процессов, отличающийся отсутствием структурно предопределенных связей между объектами (связи возникают по мере исполнения модели и поэтому могут гибко меняться).

Ключевые слова: титан, управление, имитационное моделирование, многоагентные системы.

V.N. Ufimtseva

OBJECT ORIENTED SOFTWARE TO QUEUING MODELING OF TITANIUM SPONGE PRODUCTION

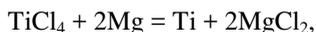
A problem of jointly control of titanium sponge recovery and magnesium electrolysis stages is formulated. A system analysis of stages is made; as a result system links are determined and methods of jointly control of them are researched. All internal parameters of processes are determined. A set of C++ classes is created to obtain possibility of design of queuing, multi-agency and active system's models. The set is differ from traditional queuing systems modeling tools because no links between objects are predefined, these links arises in a process of modeling. So the set is very flexible to wide sphere of tasks.

Keywords: titanium, control, imitation modeling, multi-agency systems.

Титан и его сплавы являются важными конструкционными материалами. Титановые сплавы имеют высокую удельную прочность, высокую жаропрочность и коррозионную стойкость. Они широко применяются в космической технике, авиа и автомобилестроении, строительстве, медицине и других отраслях промышленности [1, 2]. Россия является крупным производителем титана, который производится в ПАО «Корпорация ВСППО-АВИСМА», единственной

в мире титановая компанией, осуществляющей полный цикл производства от переработки сырья до выпуска конечной продукции. В составе корпорации две промышленные площадки: «ВСМПО» в городе Верхняя Салда Свердловской области и «АВИСМА», филиал в городе Березники Пермского края, которые связаны между собой единой технологической цепочкой. От поставок титана из России зависят крупные машиностроительные компании. Так, Boeing получает от ВСМПО около 35 % титана, необходимого для производства гражданских самолетов, а самолет Airbus A380 на 60 % сделан из уральского титана [3]. Следовательно, повышение эффективности и решение проблем титанового производства в России являются важной задачей общегосударственного уровня.

Производство губчатого титана осуществляется химической реакцией:



определяющей круговорот магния в производстве. Металлический магний в расплаве вакуумными ковшами подается из основного производственного участка № 3 (ОПУ-3) на восстановление тетрахлорида титана на ОПУ-2. В ходе восстановления образуется хлорид магния, который порционно возвращается на электролиз в ОПУ-3. При этом из-за ошибок в планировании процессов возникает необходимость слива хлорида магния в короба с последующей длительной и дорогостоящей переработкой в ОПУ-1, что приводит к удорожанию производства (рис. 1).

Процессы восстановления и электролиза в производстве титана можно отнести к классу сложных объектов управления [7, 8]. Одним из возможных инструментов исследования таких производственных систем является имитационное моделирование систем массового обслуживания (СМО, queuing system) [4]. Многочисленные зарубежные [9, 10] и российские [11, 12 и др.] источники показывают эффективность применения имитационного моделирования при изучении и оптимизации деятельности предприятий и их подразделений. В частности, показано, что мультиагентное моделирование, являющееся развитием моделей массового обслуживания, является эффективным средством поддержки принятия решений по управлению производством [13]. Напомним, что мультиагентная система (МАС), по сути, это

веществ. В этой ситуации не слишком понятно, что выбрать в качестве «классического» канала, а также каким образом совместить модель СМО и модель технологического процесса, в ходе которого вырабатываются требуемые вещества. Тем более, что выборка веществ из десятков реакторов осуществляется по довольно сложному алгоритму.

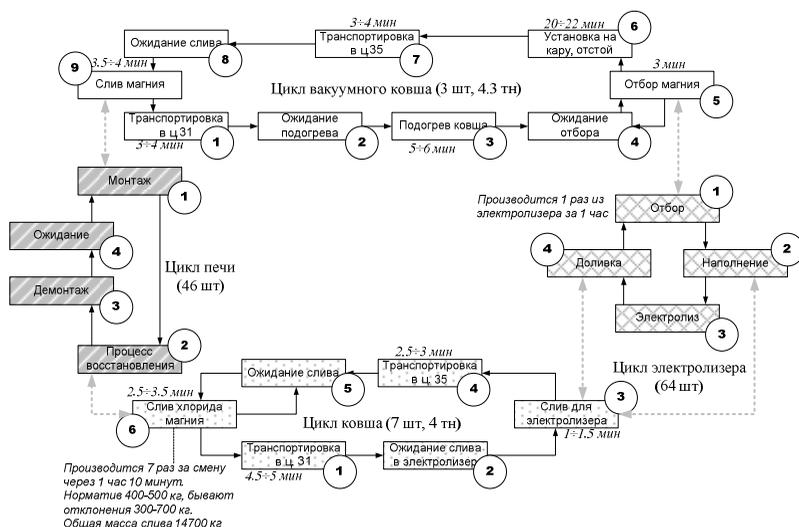


Рис. 2. Имитационная модель взаимодействия участков электролиза и восстановления губчатого титана

Таким образом, в данной системе не возникает постоянной связи между реакторами и средствами транспортировки. В то же время набор реакторов нельзя рассматривать как обычную многоканальную СМО, так как реакторы несколько отличаются производительностью и необходимо будет моделировать каждый отдельно.

Подобная модель может быть создана средствами среды AnyLogic. Однако она предназначена по большей части для моделирования систем с одинаковыми транзактами, неразличимыми по сути задачи, – например, пассажиропотока в аэропорту. Также она ограничена по времени моделирования и количеству транзактов и устройств в модели. А по условию задачи требуется очень продолжительное моделирование совместной работы участков (недели и месяцы непрерывно).

Поэтому в данном конкретном случае представляется разумной разработка специального средства имитационного моделирования на одном из общецелевых языков программирования. Выбор языка не-существенен, для этой реализации был выбран C++ (freeware реализация TDM GCC). Создан базовый класс obj, путем наследования из которого создаются все необходимые объекты модели. Для них переопределяются генераторы случайных чисел, создаются конструкторы и т.п. В классе obj есть чистая виртуальная функция obj::run(), которая переопределяется для каждого наследного объекта и циклически вызывается функцией продвижения времени. Кроме всего прочего в переопределенной функции реализуются все связи между объектами, что позволяет на одном шаге по времени неограниченно изменять состояния связанных объектов. Так, в поставленной выше задаче изменение состояния печи восстановления может вызвать изменение состояния монтажного участка; состояния донного ковша; состояния сливного короба.

Предусмотреть это в терминах GPSS на этапе составления модели достаточно сложно, эти связи возникают и прерываются именно в ходе моделирования.

Для проверки на этой основе реализована элементарная ячейка СМО с неограниченной очередью и производительностью канала 11 ± 2 единицы модельного времени на транзакт, которая нагружена потоком транзактов, поступающих каждые 12 ± 5 единицы модельного времени (ЕМВ). Моделирование такой ячейки в течение 1 млн ЕМВ производится очевидной программой GPSS.

Для моделирования в C++ созданы классы, производные от класса obj: генератор, транзакт, очередь, канал. Терминатор, собственно, не нужен, так как время моделирования будут задано непосредственно в main(), а функцию удаления из памяти транзактов назначим каналу в момент окончания обработки транзакта.

Результатом моделирования является обработка в канале 83356 транзактов, загрузка канала 0,916 (что близко к очевидному теоретическому значению $11/12 = 0,91666\dots$), максимальное количество транзактов в очереди – 5, среднее время пребывания в очереди 3,268 ЕМВ.

Созданный программный инструмент имитационного моделирования достаточно сложен в применении, так как в наследных функциях run() требуется трудоемкое описание всех возможных

случаев использования объекта. Большинство из них в традиционных средствах моделирования реализовано в составе среды и не требуют трудозатрат программиста. Однако он позволяет в функции run() реализовать алгоритмы любой сложности, в том числе для моделирования сложных СМО, многоагентных и активных систем.

Библиографический список

1. Производство цветных металлов. – URL: <http://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/proizvodstvo-tsvetnykh-metallov/542-proizvodstvo-titana.html>
2. Seagle S.R. Titanium processing. – URL: <https://www.britannica.com/technology/titanium-processing#accordion-article-history>
3. Полунин А. «Титановые санкции»: «Боинг» и «Аэробус» устроят России жесткую посадку. – URL: <http://svpressa.ru/economy/article/179910/>.
4. Application of queuing theory in production-inventory optimization / R. Rashid, S.F. Hoseini, M.R. Gholamian, M. Feizabadi // Journal of Industrial Engineering International. – 2015. – Vol. 11. – P. 485–494.
5. Синтез и анализ оптимального позиционного управления технологическими процессами производства губчатого титана / Ю.П. Кирин, А.В. Затонский, В.Ф. Беккер, Н.В. Бильфельд // Автоматизация и современные технологии. – 2010. – № 9. – С. 18–21.
6. Тимочкина В.А., Уфимцева В.Н. Технологические проблемы в процессе восстановления губчатого титана // Решение. – 2017. – С. 333–335.
7. Идентификация технологических процессов производства губчатого титана / Ю.П. Кирин, А.В. Затонский, В.Ф. Беккер, С.Л. Краев // Проблемы управления. – 2008. – № 4. – С. 71–77.
8. Современные направления совершенствования и развития производства губчатого титана / Ю.П. Кирин, А.В. Затонский, В.Ф. Беккер, Н.В. Бильфельд // Титан. – 2003. – № 2.
9. Brown A.J. A study of queuing theory in low to high rework environments with process availability // Theses and Dissertations--Manufacturing Systems Engineering. – 2015. – URL: https://uknowledge.uky.edu/ms_etds/.
10. Bitran G.R., Dasu S. A Review of the Open Queueing Network Models of Manufacturing Systems // WP #3229-90-MSA, – 1990. – 64 p.

11. Мультиагентные системы для управления производством в реальном времени. – URL: http://www.iki.rssi.ru/seminar/2011030204/presentation/20110303_04.pdf

12. Затонский А.В. Моделирование технологического участка обогатительной фабрики в пакете MatLab // Обогащение руд. – 2014. – № 4(352). – С. 49–54.

13. Скобелев П.О. Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания самарской научной школы мультиагентных систем // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2010. – № 12. – С. 33–46.

14. Многоагентная система. – URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Многоагентная_система

Сведения об авторе

Уфимцева Валентина Никитична – аспирантка Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: nuf_13@mail.ru.

А.В. Фадеев, В.Ф. Беккер

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ В РЕАКТОРЕ БЕСПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ

Приведены сведения о производстве соляной кислоты в реакторе беспламенного горения. Рассмотрены пирометры, применяемые для управления процессом.

Ключевые слова: соляная кислота, производство, управление.

A.V. Fadeev, V.F. Bekker

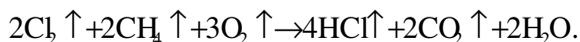
AUTOMATION OF SALT ACID PRODUCTION IN FREE-FLAMMABLE REACTOR

Some information about a salt acid production in free-flammable reactor is provided. Pyrometers used for process control are considered.

Keywords: salt acid, production, control.

В компании ООО «Сода-Хлорат» г. Березники Пермского края в цехе мембранного электролиза на стадии 12,2, осуществляется получение синтетической соляной кислоты с применением природного газа. При получении соляной кислоты общеизвестным способом – сжиганием водорода в хлоре – содержание кислорода в хлоре строго регламентируется. В то же время на ряде электрохимических производств получают абгазы, содержащие наряду с хлором значительные количества кислорода [4]. Патент №175045 гласит, что с целью получения дешевой соляной кислоты и обеззараживания газа в абгазе, содержащем хлор и кислород, сжигают газ, например природный.

На установке типа «реактор беспламенного горения» (рисунок) газообразный влажный хлор-газ с природным газом, реакционным воздухом и паром реагирует с образованием газообразного хлористого водорода (HCl), двуокиси углерода (CO₂), окиси углерода (CO) и воды (H₂O) [3]. Технологический процесс на установке типа «реактор беспламенного горения» проводится сверху вниз. Образовавшийся газообразный хлористый водород в дальнейшем абсорбируется деминерализованной водой с образованием 32%-ной соляной кислоты:



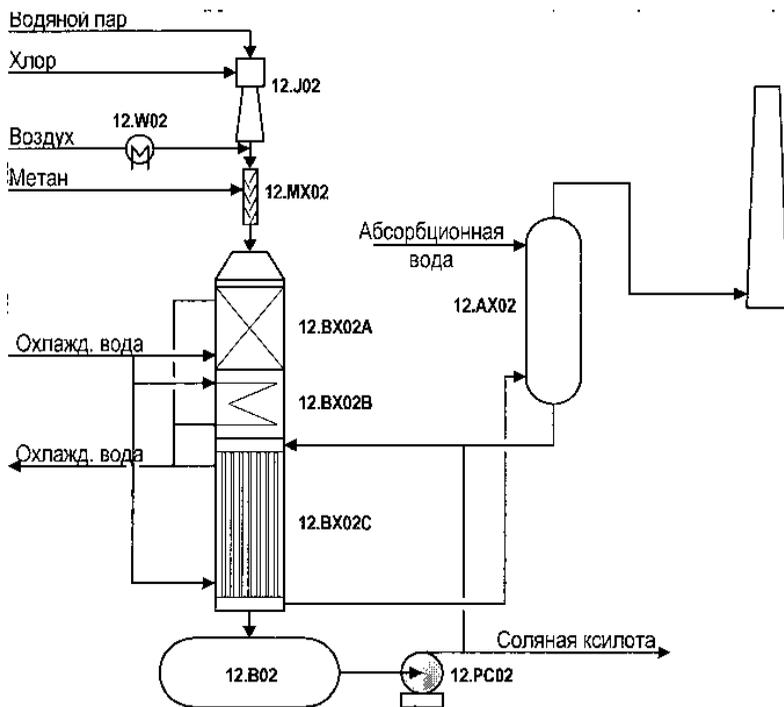


Рис. Установка типа «Реактор беспламенного горения»

Установка типа «Реактор беспламенного горения» подразделяется на следующие зоны:

- зона предварительного перемешивания (зона А);
- зона стабилизации (зона В);
- зона реакции (зона С).

За зоной стабилизации (зоной В) следует зона реакции (зона С), которая располагается в камере сгорания реактора беспламенного горения

Для эффективного протекания реакции в зоне реакции С синтез хлористого водорода в камере сгорания реактора беспламенного горения проводится при температуре около 1350–1400 °С.

Пирометры [6] контролируют температуры в средней и в нижней частях камеры сгорания, их расхождение не должно превышать 10–20 °С. Рассмотрим для сравнения два пирометра измерения температуры и их параметры (таблица).

Сравнительные характеристики пирометров

Параметры	Thermalert TX модель GP [1]	Marathon FibreOptic FR [2]
Погрешность	±1 %	±0,3 %
Воспроизводимость	±1 %	±0,5 %
Разрешение	±1 %	±1 %
Коэффициент излучения	0,1...1 с шагом 0,01	0,1...1 с шагом 0,01
Прицел	Нет	Светоуказка
Спектральная чувствительность	1 мкм	5 мкм
Время отклика	10 мс	165 мс
Выходы	Аналоговый 4...20 мА цифровой RS232 или HART реле 24 В	Аналоговый 4...20 мА цифровой RS482/485 с возможностью подклю- чения до 32 датчиков или реле 24 В

На данный момент на производстве используется пирометр *Thermalert TX* модель GP. Как видно из таблицы, предел допускаемой погрешности у прибора 1 %. Из-за повышения температуры страдает качество выпускаемой продукции.

Пирометр *Marathon FibreOptic FR* имеет допустимую погрешность 0,3 %, поэтому целесообразно использовать его при производстве соляной кислоты [5], так как он позволит улучшить качество выпускаемой продукции.

Библиографический список

1. Датчики Thermalert [Электронный ресурс]. – URL: <http://raytek.nt-rt.ru/index.php/sitemap/124-datchiki-thermalert>.
2. Пирометры стационарные серии Marathon (FA1/FA2, FA1G, FR1, CABFR1) [Электронный ресурс]. – URL: <https://nkprom.ru/shop/pirometr/pirometry-statsionarnye-serii-marathon-fa1-fa2-fa1g-fr1-cabfr1/>.
3. СГЛ КАРБОН ГмбХ. Регламент автоматического управления и технологии. Установка типа реактора беспламенного горения с асорбционной колонной, 2008. – 27 с.
4. Способ получения соляной кислоты из абгазов – SU 175045 [Электронный ресурс]. – URL: <http://patents.su/1-175045-sposob-polucheniya-solyanojj-kisloty-iz-abgazov.html>.

5. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – Т. 1. – 312 с.

6. Затонский А.В. Программные средства глобальной оптимизации систем автоматического регулирования. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 136 с.

Сведения об авторах

Фадеев Александр Валерьевич – студент Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

В.В. Федосеева, В.Ф. Беккер

УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫХОДА НИТРИТА НАТРИЯ ПРИ АБСОРБЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА СОДОВЫМ РАСТВОРОМ

Рассматривается проблема управления абсорбцией оксидов азота с максимизацией выхода нитрита натрия в продуктах абсорбции. Проанализированы популярные и известные технологические способы решения этой проблемы.

Ключевые слова: нитрит натрия, производство, оптимизация.

V.V. Fedoseeva, V.F. Becker

INCREASING THE OUTPUT OF SODIUM NITRITE IN ABSORPTION OF NITRIC OXIDES BY USING OF SODA SOLUTION

The problem of controlling the absorption of nitrogen oxides with the maximization of the yield of sodium nitrite in absorption products is considered. Popular and known technological ways of solving this problem are analyzed.

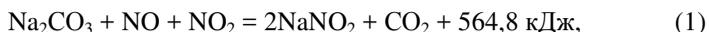
Keywords: sodium nitrite, production, optimization.

Абсорбцией называют процесс поглощения газа жидким поглотителем, в котором газ растворим в той или иной степени. Обратный процесс – выделение растворённого газа из раствора носит название десорбция. В абсорбционных процессах участвуют две фазы – жидкая и газовая, и происходит переход вещества из газовой фазы в жидкую (при абсорбции) или, наоборот, из жидкой фазы в газовую (при десорбции). Таким образом, абсорбционные процессы являются одним из видов процессов массопередачи.

Протекание абсорбционных процессов характеризуется статикой и кинетикой. Статика абсорбции, т.е. равновесие между жидкой и газовой фазами, определяет состояние, которое устанавливается при весьма продолжительном соприкосновении фаз. Равновесие между фазами определяется термодинамическими свойствами компонента и поглотителя и зависит от состава одной из фаз, температуры и давления. Кинетика абсорбции, т.е. скорость процесса массообмена, определяется движущей силой процесса (т.е. степенью отклонения системы от равновесного состояния), свойствами поглотителя, компонента и инертного газа, а также способом соприкосновения фаз (устройством абсорбционного аппарата и гидродинамическим режимом его работы) [1].

Абсорбция оксидов азота из нитрозного газа на филиале «Азот» АО ОХК «УРАЛХИМ» осуществляется раствором кальцинированной соды в абсорбционных башнях. Охлажденные нитрозные газы из котла-утилизатора подаются в абсорбционную башню. Раствор кальцинированной соды поступает в хранилища из отделения калиевой селитры. Из хранилищ насосом содовый раствор подается в напорный бак, а затем в абсорбционную башню. Нитрозные газы после первой ступени абсорбции поступают в промыватель, где они очищаются от капель раствора, уносимых газом из абсорбционных башен. После промывателя нитрозные газы подаются на всас нагнетателя. Для получения 50 % окисленности нитрозного газа перед 2-й ступенью абсорбции требуется подача дополнительного кислорода, который поступает на всас нагнетателя с воздухом из атмосферы. Сжатый в нагнетателе нитрозный газ поступает в подогреватели, а затем в абсорбционную колонну для санитарной очистки газов. После чего хвостовые нитрозные газы поступают в промыватель, где освобождаются от капель циркулирующего раствора. После промывателя они перемещаются в трубную часть подогревателя, после которого попадают в смеситель перед реакторами, где смешиваются с газообразным аммиаком для следующей стадии производства каталитической очистки хвостовых нитрозных газов.

Поглощение идет по двум реакциям:



Стремятся обычно к тому, чтобы параллельно с NaNO_2 образовалось как можно меньше NaNO_3 , особенно это важно в отдельных случаях, например, если растворы нитрита натрия используются в производстве капролактама или при получении нитрита натрия высшего качества. Установлено, что для достижения этой цели необходимо поддерживать соотношение $\text{NO}:\text{NO}_2$ в газе на всем протяжении процесса абсорбции оксидов щелочным раствором не выше 1:1 [2].

Когда производство нитрита натрия базировалось на щелочном поглощении оксидов азота из низкоконцентрированных нитрозных газов под атмосферным давлением после кислотного поглощения в производстве азотной кислоты, поддержание такой степени окисленности нитрозных газов не представляло особого труда.

Однако в современных производствах азотной кислоты щелочная очистка выхлопных газов от оксидов азота не практикуется. Поэтому целевые установки по производству нитрита натрия базируются на переработке концентрированных нитрозных газов, причем с целью достижения глубокой очистки выхлопных газов от оксидов азота, по крайней мере, на последней стадии абсорбции используют повышенное давление.

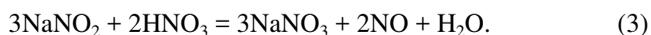
В наиболее совершенном производстве нитрита натрия окисление аммиака осуществляют под атмосферным давлением. При этом поглощают раствором соды из горячих нитрозных газов 90 об. % всех оксидов азота, затем охлажденный газ компримируют до 4 ата, и оставшиеся оксиды азота (10 об. % от общего количества полученных конверсией аммиака оксидов азота) поглощают раствором соды под этим давлением в санитарной абсорбционной колонне, на выходе из которой газ содержит до 0,3 об. % оксидов азота, поэтому дальнейшая очистка осуществляется при помощи аммиака на специальном катализаторе.

Существенным недостатком этого производства является то, что затруднено регулирование соотношения NO:NO₂ в оптимальном соотношении с точки зрения минимального образования NaNO₃, особенно на стадии абсорбции оксидов азота под повышенным давлением.

Опыт эксплуатации производства нитрита натрия показал, что по прототипу на 2-й ступени щелочной абсорбции под давлением перерабатывается всего 10 % от общего количества оксидов азота. При этом количество образующегося нитрата натрия на этой ступени по абсолютному количеству близко к количеству нитрата натрия, образующегося на 1-й ступени абсорбции.

Образование значительных количеств нитрата натрия обусловлено высокой окисленностью газа; переокисление газа на этой стадии усугубляется тем, что на всас нитрозного компрессора подается дополнительный воздух, а инверсию нитрит-нитратных растворов ведут при атмосферном давлении и отдувку оксида азота осуществляют воздухом, а нитрозный газ со стадии инверсии поступает на 1-ю ступень абсорбции.

Процесс инверсии нитрит-нитратных растворов заключается в переводе остатка нитрита натрия в нитрат натрия по реакции:



Процесс ведут при температуре 90...110 °С и в кислой среде. В процессе инверсии в газовую фазу выделяется оксид азота. Так как оксид азота перенасыщает раствор, необходимо отдувать NO из раствора. Обычно для этого используется воздух, а процесс инверсии ведут при атмосферном давлении, чтобы осуществить отдувку NO небольшим количеством воздуха. Обычно содержание NO в инверсионном газе составляет 50...70 %. Повышение давления на стадии инверсии не влияет на протекание реакции (3), так как она идет в жидкой фазе, но затрудняет отдувку оксида азота.

Задача заявляемого технического решения заключается в снижении степени переработки оксидов азота, поступающих на 2-ю ступень абсорбции, в нитрат натрия с 34 до 5 %. Это возможно если обеспечить окисленность нитрозных газов на входе в зону щелочной абсорбции 2-й ступени близкую к 50 % (мольное соотношение NO:NO₂1:1).

По заявляемому способу это достигается путем проведения инверсии нитрит-нитратного раствора (после высаждения из него основной массы нитрита натрия) под давлением, равным давлению на 2-й ступени абсорбции (в данном случае, при 4 ата), с отдувкой оксида азота из раствора нитрозным газом, поступающим на 2-ю ступень абсорбции.

Подача малоокисленных газов инверсии (окисленность 25 %) в нитрозный газ непосредственно перед щелочной колонной 2-й ступени абсорбции позволяет обеспечить окисленность NO 45 % при которой достигаются оптимальные условия для перевода оксидов азота в нитрит натрия.

По предлагаемому способу для отдувки NO используется нитрозный газ, что позволяет не ограничивать его количество и обеспечить отдувку NO под повышенным давлением. Нитрозный газ перед 2-й ступенью абсорбции содержит N₂ 80,6 об. %, O₂ 2,6 об. %, NO₂ 0,01 об. %, NO 1,22 об. %, CO₂ 6,1 об. % остальное пары H₂O.

Чтобы обеспечить парциальное давление оксидов азота в инверсионном газе не выше, чем в обычном процессе при атмосферном давлении (0,5 ... 7 ата), при 4 ата содержание оксидов азота в инверсионном газе достаточно снизить до 14 об. % нитрозного газа указанного выше состава требуется примерно в 6,7 раза больше, чем воздуха при атмосферном давлении, в абсолютном исчислении 300 нм³ в расчете на 1 т NaNO₂ или 7,5 % от общего количества нитрозного газа.

При этом нет принципиальных ограничений по количеству нитрозного газа, отбираемого из общего потока на отдувку NO из инверсионного раствора, так как при отказе от использования воздуха дополнительный кислород в систему не вводится, поэтому оно может быть значительно выше минимально необходимого, т.е. отдувка NO из инверсионного раствора при повышенном давлении надежно обеспечивается. Давление в системе 4 ата, принято как преимущественное, но оно не ограничивается.

Учитывая, что по аналогии с [3], в отдельных случаях возможна подача инверсионных газов, богатых NO, в основной поток нитрозных газов дробными порциями по высоте щелочного абсорбера. Например, когда нитрозный газ богат оксидами азота и кислородом, и окисление NO в NO₂ в самом щелочном абсорбере идет быстро (преимущественно для систем под единым давлением).

В этом случае обеспечение окисленности газа 50 % не гарантирует оптимального соотношения NO и NO₂ далее по высоте колонны, так как из-за высокого содержания в газе кислорода и оксидов азота может происходить переокисление NO в NO₂. Подача части инверсионных газов с низкой окисленностью NO в переокисленный газ по высоте колонны оптимизирует окисленность.

Когда давление в системе выше, т.е. и на стадии инверсии, (например, 6...8 ата) или нитрозный газ, которым ведут отдувку NO, содержит оксидов азота более 2 об. %, инверсионные растворы перед выдачей на стадию выделения NaNO₃ можно отдувать от остатков растворенных окислов азота небольшим количеством выхлопных газов, очищенных от оксидов азота, и вернуть их в систему. По способу [3], такая отдувка производится не воздухом, а выхлопными газами, содержащими мало кислорода (0,3 об. %). Выхлопные газы отбираются до промывной колонны и возвращаются в систему перед реактором каталитической очистки (в системе с единым давлением) или на всас нитрозного нагнетателя (в системе с двумя давлениями).

Такой прием предназначен не только для системы с двумя ступенями щелочной абсорбции под разными давлениями, но может быть использован и в системах щелочной абсорбции под одним давлением. Причем с большей эффективностью, поскольку позволяет не вводить в систему дополнительный кислород. Это предотвращает переокисление NO в NO₂, дает возможность дробной подачей малоокисленных инверсионных газов регулировать соотношение NO:NO₂ на уровне оптимального (1:1) по высоте абсорбера.

Предлагаемое техническое решение позволяет уменьшить долю оксидов азота, перерабатываемых в NaNO_3 , и соответственно увеличить выход целевого продукта нитрита натрия (NaNO_2). По сравнению с действующим производством количество оксидов азота, превращаемых в NaNO_3 , можно уменьшить с 8,4 до 5,5 об. %. Снижение содержания NaNO_3 в исходных растворах позволяет более глубоко высадить чистый нитрит натрия, уменьшить инверсию NaNO_2 в NaNO_3 , а в результате увеличить соотношение вырабатываемого нитрита натрия и нитрата натрия с 2:1 до 2,7:1.

Библиографический список

1. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1976. – 656 с.
2. Регламент цеха ННС на филиале «Азот» АО ОХК «УРАЛ-ХИМ». – 181 с.
3. Пат. РФ № 2069173. Способ производства нитрита натрия / М.Ю. Александрова, А.В. Воронова, М.Л. Ферд, И.Н. Яшугин; заявл. 07.09.1993; опубл. 20.11.1996; патентооблад. ГИАП.
4. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – Т. 1. – 312 с.
5. Кирин Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф. Построение моделей динамики сложных технологических объектов в позиционных системах управления // Вестник Магнитогор. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2009. – № 3. – С. 25–28.

Сведения об авторах

Федосеева Виктория Викторовна – студентка Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

В.В. Федосеева, В.Ф. Беккер

СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА В ОТХОДЯЩИХ ГАЗАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены существующие методы устранения концентрации оксидов азота в отходящих газах промышленных предприятий. Предложено поглощать оксиды азота из нитрозного газа с высокой степенью окисленности концентрированными растворами аммиачной селитры.

Ключевые слова: газоочистка, оксид азота, оптимизация.

V.V. Fedoseeva, V.F. Becker

REDUCTION OF THE CONCENTRATION OF NITRIC OXIDES IN THE WASTE GASES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Existing methods for eliminating the concentration of nitrogen oxides in the exhaust gases of industrial enterprises are considered. It is proposed to absorb nitrogen oxides from a nitrous gas with a high degree of oxidation by concentrated solutions of ammonium nitrate.

Keywords: gas cleaning, nitric oxide, optimization.

Оксиды азота являются основными загрязнителями атмосферы. Следует знать, что азот с кислородом образует следующие соединения: N_2O , NO , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_3 , N_2O_5 .

Источниками оксидов азота, поступающих в атмосферу, служат газы:

- образующиеся при сжигании топлив в стационарных установках;
- выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания;
- отходящие газы производства азотной кислоты;
- газы, образующиеся при получении катализаторов и различных солей, а также при травлении металлов и проведении ряда других процессов.

Существующие методы устранения концентрации оксидов азота в отходящих газах промышленных предприятий подразделяются на первичные и вторичные методы. Первичные методы снижения образования оксидов азота – совершение технологии, при осуществлении которых происходит эмиссия загрязнителей в окружающую среду.

К вторичным методам относятся методы удаления оксидов азота из отходящих газов [1].

В работе [2] исследован процесс абсорбции оксидов азота содовым раствором в филиале «Азот» АО ОХК «УРАЛХИМ», который относится к первичным методам снижения образования оксидов азота.

Целью данной исследовательской работы являются рассмотрение и изучение других существующих методов извлечения оксидов азота в отходящих газах.

Повышение требований к чистоте окружающей среды явилось стимулом для развития способов очистки. В настоящее время известно огромное число различных методов снижения оксидов азота в абгазах, основанных как на физических, так и на химических принципах.

В физических способах используют, например, охлаждение оксидов азота до температуры замерзания диоксида азота и с последующим отделением выделившихся кристаллов [3].

Часто очистка достигается комбинированным воздействием. Плазменный способ очистки включает введение NH_3 и одновременное действие сверхвысокочастотного разряда [4].

Для очистки отходящих газов от токсичных оксидов может быть использована плазма [5]. К сожалению, способ требует больших энергетических затрат.

По способу [6] очистку отходящих газов от примесей осуществляют, пропуская их через реактор, в который вводят струю углеводородной низкотемпературной неравновесной плазмы.

Для химической очистки в газовую фазу вводят реагент, который взаимодействует с оксидами азота, например, раствор мочевины [7].

Кроме плазмохимической обработки для извлечения оксидов азота предложены и электрохимические методы [8].

В ходе проведенных патентных исследований выявлено, что в условиях Березниковского филиала «Азот» целесообразно использовать предложения, содержащиеся в патенте [9]. Изобретение относится к области производства азотной кислоты и касается стадии поглощения оксидов азота. Известны различные способы поглощения оксидов азота с целью увеличения концентрации кислоты на выходе из абсорбционной колонны. Эта кислота в дальнейшем используется для производства аммиачной селитры. Однако эти способы связаны со значительными капитальными затратами.

Рассмотрен способ увеличения концентрации кислоты с небольшими капитальными затратами [10]. Сущность этого способа заключается в поглощении оксидов азота из 8...10 % нитрозного газа со степенью окисленности $\alpha = 90...95$ % концентрированными растворами аммиачной селитры. В результате образуется смесь из 40 % селитры и 60 % кислоты.

Недостатком этого способа является разложение 1...1,5 % количества селитры, которое зависит от времени контакта, температуры и концентрации оксидов. Предлагаемое техническое решение существенно снижает разложение селитры в агрегатах, производящих кислоту под давлением не менее 0,5 МПа.

Данная задача решается тем, что поглощение окислов ведут последовательно, вначале 35...55%-ной азотной кислотой, а затем концентрированным раствором аммиачной селитры, причем содержание окислов азота в газе при поглощении концентрированными растворами селитры составляет 3...8 %, и поглощение ведут под давлением не менее 0,5 МПа.

Проведенные исследования на промышленных агрегатах под давлением 0,5 и 0,62 МПа позволили собрать данные, сведенные в таблице.

Примеры реализации

Параметры	База	Последовательное поглощение			
	Раствор селитры				
	40 %	40 %	50 %	40 %	50 %
Давление, МПа	0,5	0,5	0,5	0,5	0,62
Содержание оксидов азота на входе поглощения раствором, %	9	7	7	7	6,4
Время контакта с раствором селитры, мин.	20	16	16	16	16
Температура на нижней тарелке контакта, °С	45	35	35	35	35
Концентрация кислоты после кислотного поглощения	–	52	52	52	56
Содержание раствора после поглощения раствором селитры, %					
NH_4NO_3	26,6	26	33	40	32
HNO_3	52	49	49	49	53
H_2O	22,4	35	17,5	11	15
Общая концентрация кислоты, %	68	62	68	76	74

Такое производство азотной кислоты позволит уменьшить время контакта с концентрированными окислами азота, концентрация которых снизится при их поглощении 35...55%-ной кислотой. Кроме того, уменьшатся время и температура контакта, так как на верхних тарелках в абсорбционных колоннах происходит меньшее тепловыделение. При давлении менее 0,5 МПа и концентрации оксидов менее 3 % процесс становится экономически нецелесообразным, так как в холодильниках-конденсаторах получается слабая кислота, которая даже после поглощения концентрированных оксидов сильно разбавляет кислоту в общем растворе, а оставшихся оксидов не хватает для обеспечения существенного прироста концентрации кислоты. Такая последовательность поглощения и параметры процесса приводят к уменьшению разложения селитры [9].

Библиографический список

1. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: учеб. пособие. – Барнаул: Алтай, 2012. – 456 с.
2. Федосеева В.В. Увеличение выхода нитрита натрия при абсорбции оксидов азота содовым раствором // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы Всерос. науч.-техн. конф. (г. Пермь, 17 мая 2018 г.): в 2 т. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – Т. 1. – 4 с.
3. А.с. СССР 412913. Способ очистки газов; опубл. 30.01.1974.
4. Теплофизика высоких температур. – 1980. – Т. 28. – № 5. – С. 995–1008.
5. Пат. 1258441 СА. Plasma treatment of flue gases / E.S. Fox, T.G. Barton; опубл. 15.08.1989.
6. Пат. РФ 2033247. Способ очистки дымовых газов от газообразных серосодержащих примесей и устройство для его осуществления; опубл. 20.04.1995.
7. Пат. РФ 2350378. Способ обработки топочного газа, образованного продуктами; опубл. 27.03.2009.
8. Пат. РФ 1197705. Способ очистки газов от оксидов азота; опубл. 15.12.1985.

9. Пат. РФ № 2069173. Способ абсорбции оксидов азота / В.М. Зарубин, Н.Б. Губа, А.А. Рябчиков, Н.П. Перепадья; опубл. 11.07.1995.

10. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – Т. 1. – 312 с.

Сведения об авторах

Федосеева Виктория Викторовна – студентка Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники.

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Березники, e-mail: bekker@bf.pstu.ru.

Е.Ю. Данилова

СИСТЕМА «ТАДИС» ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПЛИС

В статье кратко описывается работа системы для тестирования алгоритмов диагностирования ПЛИС «Тадис» на примере диагностирования единичных константных отказов. «Тадис» предназначена для упрощения процесса тестирования алгоритмов и в целом упрощает процесс разработки алгоритмов диагностирования ПЛИС.

Ключевые слова: ПЛИС, диагностирование, сравнение алгоритмов, среда, единичные константные отказы.

E.Yu. Danilova

FPGA DIAGNOSTIC ALGORITHMS TESTING SYSTEM "TADIS"

The article shortly describes the work of the system "Tadis" for testing FPGA diagnostics algorithms by an example a diagnostic for detecting single constant failures. The system is designed to simplify the testing algorithms process, and generally simplify the development of diagnostic algorithms.

Keywords: FPGA, diagnostic, algorithms compare, environment, single constant failures.

ПЛИС (Программируемые логические интегральные схемы) широко используются в различных областях человеческой деятельности. Широкое использование, в том числе в критических отраслях, приводит к необходимости выявлять и устранять ошибки в работе устройств на базе ПЛИС, обусловленных возникновением отказов. Для исправления этих отказов прежде всего необходимо выявить их место возникновения и характер. Эта процедура называется диагностированием ПЛИС.

Задача диагностирования ПЛИС возникает в двух случаях: при производстве (или приёмке) ПЛИС и во время её работы. В первом случае задачей диагностирования является проверка того, что все элементы ПЛИС правильно функционируют; во втором – что ПЛИС правильно реализует заданную функцию. Разумеется, каждая из этих двух задач может быть сведена к другой, но подобное сведение не является оптимальным способом решения задачи, поэтому, как правило, для их решения используют разные алгоритмы диагностирования.

Для диагностирования на данный момент существует множество различных алгоритмов, и каждый год их количество растёт [1–9]. Это приводит к проблеме выбора наиболее подходящего, оптимального для каждой из двух описанных задач при диагностировании конкретных плат. Традиционные алгоритмы на данный момент становятся малоэффективными: стремительное увеличение количества входных сигналов и используемых транзисторов приводит к тому, что время, затрачиваемое этими алгоритмами, становится неприемлемо большим. Приходится или получать неточные (недостаточно точные) решения, или дорабатывать алгоритмы и разрабатывать новые.

Разработка алгоритмов диагностирования сопряжена с определёнными трудностями, в том числе в плане тестирования самих алгоритмов и сравнения их друг с другом. На данный момент не существует платформы, позволяющей протестировать непосредственно алгоритм диагностирования без привязки к конкретной схеме и/или функции. Существующие решения позволяют в лучшем случае проверить работоспособность конкретной платы и корректность построенной на ней функции, но не позволяют в целом оценить, насколько хорошо тот или иной алгоритм справляется с диагностированием отказов, сколько времени тратится на его работу.

Отсюда возникает необходимость в создании среды для простого и эффективного тестирования алгоритмов диагностирования ПЛИС. Среда предназначена для разработчиков алгоритмов диагностирования. Пользователь среды подключает программу, реализующую его алгоритм, к среде в виде модуля; выбирает виды отказа, для обнаружения которых разработан алгоритм и при желании входные тесты. В общем случае входные тесты генерируются автоматически, используя настройки среды. Выбираются отслеживаемые показатели.

При автоматическом генерировании тестов используется специальный генератор. Подробное описание генератора тестов для единичных константных отказов дано в [10].

Дальнейшая работа проходит автоматически. Программа тестируется, собираются статистические данные о её работе. По результатам тестирования формируется группа файлов с результатами работы по каждому отдельному тесту, агрегированные результаты, строятся графики эффективности и времени работы.

В целом алгоритмы диагностирования ПЛИС можно разделить на две группы: алгоритмы построения диагностической последовательности и алгоритмы, непосредственно проводящие диагностирование [7].

В первом случае непосредственного диагностирования ПЛИС не происходит и сравнение алгоритмов можно проводить по результату их работы – полученным диагностическим последовательностям. При этом возникает вопрос проверки корректности и оптимальности построенных последовательностей: диагностическая последовательность должна удовлетворять, как минимум, двум требованиям: распознавать все выбранные виды отказов и быть минимальной по длине.

Сравнение длин последовательностей – тривиальная задача, но проверка распознавания отказов может быть не столь простой. Сложность этой задачи зависит от количества и видов отказов, которые должны быть распознаны. Рассмотрим случай определения только единичных константных отказов. В этом случае для тестирования алгоритма используется набор тестов, каждый из которых соответствует проверке реализации некоторой функции f_0 . Тогда будет достаточно построить вспомогательные функции $f_1 - f_{2n}$, полученные из f_0 при моделировании того или иного отказа, и проверить, что полученная алгоритмом диагностическая последовательность позволяет однозначно идентифицировать полученные $2n + 1$ функции.

Таким образом, для проверки работы алгоритма построения диагностической последовательности для определения единичных константных отказов нет необходимости в подключении и диагностировании непосредственно физической схемы. То же самое можно сказать и про другие виды отказов.

Кроме того, отдельный интерес вызывают алгоритмы, строящие не просто диагностическую последовательность, а диагностическое дерево, особенно если в этом дереве учитывается обратная связь.

Во-первых, для таких алгоритмов может быть актуальным сравнение не по длине диагностической последовательности, а по высоте диагностического дерева, т.е. насколько быстро последовательность проводит разделение функций $f_0 - f_{2n}$, по классам эквивалентности.

Во-вторых, учёт обратной связи, т.е. выбор следующего элемента диагностической последовательности в зависимости от того, какие выходы были получены на предыдущих шагах, не даёт сравнения диагностических последовательностей непосредственно по длине, поскольку более короткая последовательность может в результате дать дерево с большей высотой.

На рисунке видно, что высота дерева по наиболее длинной ветви равна 4, в четырёх случаях из девяти высота ветвей равна 3, а в одном случае – 2. При использовании тех же входных наборов в построении

дерева без учёта обратной связи его высота будет лежать в промежутке от 5 в случае выбора «правильных» наборов до 8, если будут использованы все наборы.

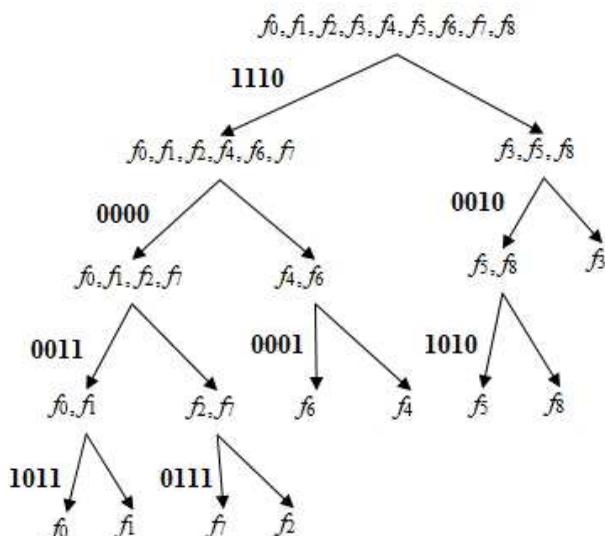


Рис. Дерево с обратной связью

Для данного примера дерево с высотой 5 будет оптимальным. Но даже в этом случае, как видно, высота дерева с обратной связью меньше высоты дерева без обратной связи. При этом в общем случае нет гарантии нахождения оптимальной диагностической последовательности или оптимального диагностического дерева, что приведёт к ещё большей разнице между высотами этих деревьев.

Исходя из этого, можно утверждать, что сравнение алгоритмов диагностирования даже для такой частной задачи, как выявление единичных константных отказов, является в действительности задачей нетривиальной, трудоёмкой и требующей настройки сравниваемых параметров.

Таким образом, среда «Тадис» позволит существенно сократить время на организацию тестирования алгоритма диагностирования ПЛИС. На данный момент среда находится на этапе разработки. Бета-тестирование среды будет проходить в ПГНИУ для упрощения разработки алгоритмов диагностирования ПЛИС, проводимой студентами и аспирантами.

Библиографический список

1. Gorodilov, A. Automatic synthesis of combinational circuits set for the purposes of FPGA reconfiguration within the model of partial failures of logic elements // Proceedings of the 2015 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (2015 ElConRusNW). – IEEE, 2015. – P. 196–197.
2. Тюрин С.Ф., Городилов А.Ю., Данилова Е.Ю. Диагностирование логического элемента DC LUT FPGA // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2.
3. Tyurin, S.F., Gromov O.A. A residual basis search algorithm of fault-tolerant programmable logic integrated circuits // Russian Electrical Engineering. DOI: 10.3103/S1068371213110163
4. Городилов А.Ю. Генетический алгоритм диагностирования цифровых устройств // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2013. – № 7. – 54–62.
5. Аксенова Г.П. Increasing resolvability for the matrix fault localization method // Automation and Remote Control. – 2016. – Vol. 77, № 8. – P. 1447–1452.
6. Аксенова Г.П. A matrix method for PLD failure localization // Automation and Remote Control. – 2013. – Vol. 74, № 9. – P. 1525–1529.
7. Иванов Д.Е. Генетические алгоритм построения входных идентифицирующих последовательностей цифровых устройств: монография / Ин-т приклад. математики и механики НАН Украины. – Донецк, 2012. – 241 с.
8. Скобцов Ю.А., Скобцов В.Ю. Логическое моделирование и тестирование цифровых устройств / ИПММ НАН Украины. – Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2005. – 436 с.
9. E. Chmelar. The test and diagnosis of FPGAs: PhD dissertation. Stanford University, 2004. – 98 p.
10. Никифорова К.В., Данилова Е.Ю. Генерирование тестов для диагностирования ПЛИС // Математика и междисциплинарные исследования. – 2017. – Т. 1. – С. 157–161.

Сведения об авторе

Данилова Екатерина Юрьевна – старший преподаватель кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, e-mail: ket-eref@yandex.ru.

М.А. Работников, А.С. Александрова

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Представлены результаты тестирования разработанного приложения для аппроксимации экспериментально полученной КЧХ передаточной функцией на промышленном объекте – сепараторе низкого давления. По результатам определения передаточной функции объекта составлена его имитационная модель, выдающая значение регулируемой величины с СКО от реальных значений, не превышающим 4 %.

Ключевые слова: оптимизация, комплексная частотная характеристика, передаточная функция, метод наименьших квадратов, метод сканирования, метод Гаусса–Зейделя, симплекс-метод, метод наискорейшего спуска, метод BFGS.

M.A. Rabotnikov, A.S. Aleksandrova

PROGRAM IMPLEMENTATION OF FREQUENCY IDENTIFICATION OF CONTROLLED TECHNOLOGICAL OBJECT

This article presents the results of testing the developed applications for approximating the experimentally obtained CFR by transfer function of the technical object – low pressure separator. The imitation model of a object was produced based on the identification results, which gives the controllable parametr with the root-mean-square deviation from its actual values not exceeding 4 %.

Keywords: optimization, complex frequency response, transfer function, least-squares method, scan method, Gauss-Seidel method, Nelder-Mead method, gradient method, BFGS.

Частотные методы идентификации отличаются высокой эффективностью и активно используются для идентификации реальных объектов управления. Существуют активные методы определения частотных характеристик объекта или его динамической модели методом последовательного воздействия испытательным сигналом с различной частотой. Также известны методы пассивного анализа, в основе которых лежит использование корреляционных функций на входе и выходе исследуемого объекта с последующим определением частотной характеристики объекта. В обоих случаях результатом эксперимента является комплексная частотная характеристика для определенного набора частот.

Для упрощения обработки результатов подобных измерений разработано приложение, позволяющее идентифицировать объект по экспериментально полученной комплексной частотной характеристике передаточной функции соответствующего канала*.

Разработанное приложение протестировано на промышленном объекте – сепараторе низкого давления Е-102, схема которого представлена на рис. 1.

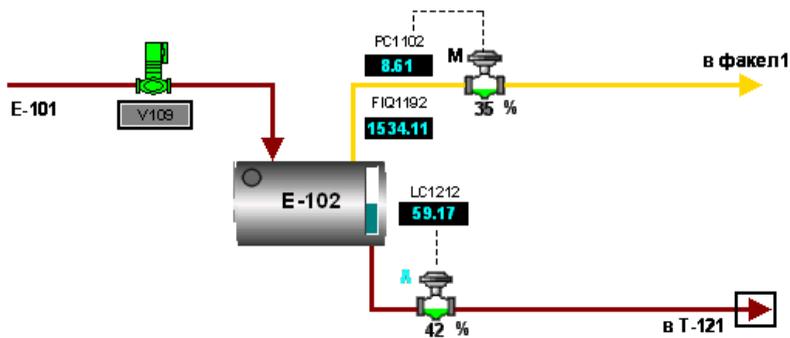


Рис. 1. Сепаратор низкого давления

Из емкости Е-101 в сепаратор низкого давления Е-102 поступают продукты гидроформилирования с целью дальнейшего отделения растворенного в них топливного газа. Для поддержания процесса сепарации осуществляется непрерывное регулирование уровня жидкой фазы в сепараторе. Также на выходе осуществляется измерение расхода отделившегося топливного газа.

Данный сепаратор работает в режиме автоматического регулирования. Для проведения идентификации объекта взяты тренды расхода газа, уровня в сепараторе и степень открытия регулирующего клапана. Полученные данные использовались для построения модели сепаратора с последующим определением комплексной частотной характеристики по каналу «расход топливного газа – уровень жидкой фазы в сепараторе» в замкнутом контуре.

* Работников М.А., Александрова А.С., Шумихин А.Г. Автоматизация обработки экспериментальной комплексной частотной характеристики при идентификации управляемого объекта // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2018. – № 1. – С. 21–33.

Полученная КЧХ с набором соответствующих ей частот была загружена в разработанное приложение с целью определения параметров передаточных функций сепаратора Е-102 по каналам «расход топливного газа – уровень жидкой фазы в сепараторе» и «управляющее воздействие – уровень жидкой фазы в сепараторе».

В таблице представлены результаты идентификации, которая производилась методами сканирования, Гаусса–Зейделя, наискорейшего спуска, симплекс-методом и BFGS с помощью разработанного приложения, а также методом SQP – последовательного квадратичного программирования в расширении MatLab – Optimization Toolbox для проверки полученных в приложении результатов.

Идентификация параметров

Канал Параметр	Возмущения			Управления		
	$k_{y\lambda}$	$a_{y\lambda}$	$\tau_{y\lambda}$	$k_{y\mu}$	$a_{y\mu}$	$\tau_{y\mu}$
Разработанное приложение						
Сканирование	0,007	13	6	6,6	36	31
Гаусса-Зейделя	0,006	6	8	5,27	29	35
Симплекс-метод	0,008	18,98	2,068	5,8	28,737	34,553
Наискорейшего спуска	0,006	14,038	8,72	6,504	31,002	32,688
BFGS	0,007	12,621	2,814	5,392	28,55	35,064
MatLab						
SQP	0,007	16,238	0,149	5,405	29,183	35,008

Для каждого из полученных вариантов передаточной функции объекта составлены имитационные модели в графической среде моделирования Simulink, структура которых представлена на рис. 2.

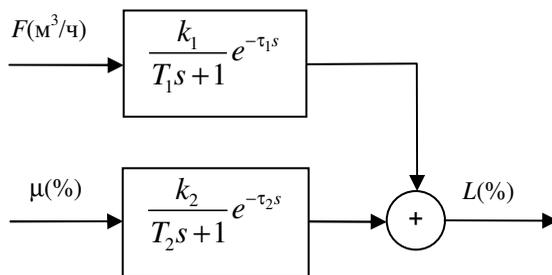


Рис. 2. Имитационная модель сепаратора

Входными воздействиями являются расход топливного газа и управляющее воздействие регулятора, выходным значением имитационной модели является уровень жидкой фазы в сепараторе.

На рис. 3 представлены тренды реального значения уровня жидкой фазы в сепараторе Е-102 и значения, выдаваемые имитационными моделями.

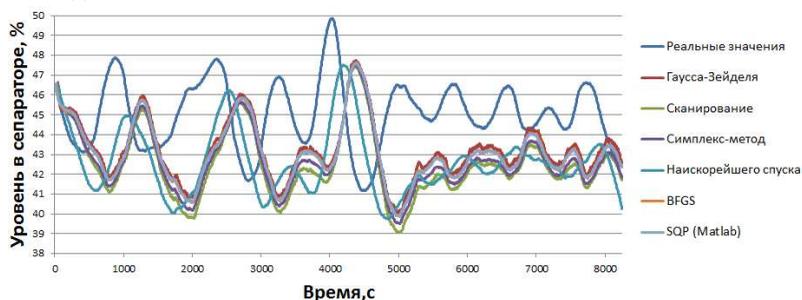


Рис. 3. Уровень в сепараторе

По представленным трендам получено СКО реального значения уровня жидкой фазы в сепараторе от значений, выдаваемых имитационными моделями. Рассчитанные отклонения не превышают 4 %.

Заключение. Результаты тестирования показали, что разработанное программное приложение позволяет идентифицировать технологический объект по его экспериментальной комплексной частотной характеристике.

Полученные по результатам идентификации с помощью приложения имитационные модели сепаратора низкого давления выдают значение регулируемого уровня жидкой фазы с СКО от реальных значений, не превышающим 4 %.

Сведения об авторах

Работников Михаил Алексеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТП-14-1б, г. Пермь, e-mail: robotnikovma@gmail.com.

Александрова Анна Сергеевна – старший преподаватель кафедры «Автоматизация технологических процессов» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: boyarshinovaann@gmail.com.

П.А. Стасюк, А.И. Сергеев

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ РЕВЕРСНОГО ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА

В данной статье рассматриваются пути и способы реализации автоматизации и телемеханизации в рамках проекта реконструкции магистрального газопровода Домбаровка – Оренбург.

Ключевые слова: газоизмерительная станция, система автоматического управления, автоматизированное рабочее место, программное обеспечение.

P.A. Stasyuk. A.I. Sergeev

AUTOMATED REVERSE GAS FLOW AUTOMATION SYSTEM

This article looks at ways and means of implementing automation and telemechanization within the framework of the reconstruction project for the Dombrovka-Orenburg gas main.

Keywords: gas measuring station, automatic control system, workstation; software.

Существующие магистральные газопроводы (МГ), построенные еще в советское время, не предусматривают реверса, что ведет за собой их реконструкцию на отдельных участках. Один из таких проектов реализуется на участке газопровода Домбаровка–Оренбург.

Реконструкция такого рода является объемным и трудоемким инженерным проектом, затрагивающим как линейную часть с крановой обвязкой, так и сложные системы автоматического управления. Все составные части такой реконструкции должны быть реализованы в строгом соответствии с федеральными законами, нормами, правилами и стандартами серии ГОСТ.

Проектируемая автоматизация и телемеханизация (АиТ) реверса МГ Домбаровка–Оренбург предназначена для дистанционного автоматического сбора, обработки, хранения технологической информации, оперативного контроля и управления технологическими объектами площадки газоизмерительной станции (ГИС) компрессорной станции (КС) «Саракташ».

В результате проведенного анализа целей, функций и технических параметров реализуемой в рамках реконструкции системы была разра-

ботана и предложена для реализации структурная схема технических средств, рассмотренная в источнике^{*}, которая представляет собой:

на нижнем уровне:

- полевое и технологическое оборудование площадки ГИС, включающей в себя измерительные линии, блок контроля качества, краны на измерительных линиях и магистральные краны ГИС;

- контроллер ГИС (локальная интеллектуальная станция (ЛИС) ГИС) на базе Octagon Systems;

- контроллер (шкаф) управления блоком контроля качества (БКК);
- вычислители расхода и блок обработки информации;

на верхнем уровне:

- АРМ ГИС;

- АРМ БКК.

Выбранные средства обеспечивают круглосуточное, бесперебойное функционирование газопровода Домбаровка–Оренбург с обеспечением реверсивной работы.

Система работает в следующих режимах функционирования:

- автоматическом;

- автоматизированном;

- местного управления.

В автоматическом режиме выполняются следующие функции:

- сбор и первичная обработка сигналов с аналоговых и дискретных датчиков;

- контроль и управление телемеханизируемыми объектами;

- предупредительная и аварийная сигнализация, регистрация и протоколирование отклонений заданных параметров от регламентных норм;

- обмен информацией между уровнями системы;

- архивирование информации;

- формирование и отображение видеокладов (мнемосхемы, тренды, таблицы);

- вывод на печать отчетных документов.

В автоматизированном режиме, т.е. при участии человека, выполняются следующие функции:

- отображение оперативной, архивной и регламентной информации с телемеханизированных объектов и режимах работы оборудования;

^{*} Сергеев, А.И., Стасюк П.А. Анализ систем автоматизации реверсного движения газового потока // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы всерос. науч.-метод. конф.; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2018. – С. 812–816.

- дистанционное управление исполнительными механизмами;
- ручной ввод информации в базу данных, которая не может быть получена автоматически;
- вывод на печать отчетных документов.

В режиме местного управления осуществляется ручное управление исполнительными механизмами непосредственно на объекте управления, при этом другие режимы управления блокированы.

Все функции, возложенные на систему, реализуются программно-техническими комплексами автоматизации и телемеханизации.

Программное обеспечение(ПО) проектируемой системы включает в свой состав: системное ПО; прикладное ПО; сервисное ПО.

Системное ПО обеспечивает работоспособность программируемых технических средств и предоставляет рабочую среду для других частей программного обеспечения. Прикладное ПО представляет собой средства, необходимые для непосредственного функционирования разрабатываемой системы. Сервисное ПО представляет собой средства, необходимые для сопровождения системы, а также создающие рабочую среду для прикладного ПО.

На основе описанного функционала (таблица), разработанной структурной схемы, режимов функционирования была разработана схема программного обеспечения (рисунок).

Функции частей программного обеспечения

Расположение ПО	Выполняемые функции
ГИС Саракташ ЛИС ГИС	Взаимодействие с полевым оборудованием ГИС Саракташ: <ul style="list-style-type: none"> – опрос и обработка входных сигналов от полевого оборудования ГИС (краны, задвижки); – выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы (краны) в автоматическом и дистанционном режимах; – формирование сигналов аварийной ситуации, блокировок и сигналов выхода за предупредительные и аварийные уставки технологического регламента; – диагностика/контроль состояния оборудования
ГИС Саракташ АРМ ГИС (АРМ оператора)	Интерфейс оператора ГИС: <ul style="list-style-type: none"> – отображение в реальном времени хода технологического процесса в виде мнемосхем, таблиц, графиков (трендов), с возможностью вывода на печать; – просмотр и формирование отчетов, журналов, сводок; – отображение аварийных и нештатных ситуаций (тревог и событий) в виде световой и звуковой сигнализации; – ручной контроль за состоянием оборудования; – передача команд управления контроллеру ЛИС ГИС; – отображение информации о состоянии оборудования, линий и сетей связи; – защита информации от несанкционированного доступа

Окончание таблицы

Расположение ПО	Выполняемые функции
ГИС Саракташ АРМ БКК (АРМ блока контроля качества)	Интерфейс оператора БКК: – отображение информации о расходе, давлении, температуре и других физико-химических параметрах газа; – корректировка настроек и блока контроля качества; – просмотр и формирование отчетов, журналов, сводок; – отображение аварийных и нештатных ситуаций (тревог и событий) в виде световой и звуковой сигнализации; – передача информации на АРМ ГИС и верхний уровень (АРМ САУ КС); – защита информации от несанкционированного доступа
ГИС Саракташ БОИ (блок обработки ин- формации)	Обработка информации о расходе и физико-химических параметрах газа: – опрос и обработка входных сигналов от полевого оборудования (корректоров и вычислителей) проектируемой крановой площадки; – формирование расчетных параметров; архивирование параметров в локальную историческую базу данных



Рис. Схема программного обеспечения

В дальнейшем на основе разработанных схем, описанных функций системы, тщательно подобранной аппаратной части и программного обеспечения будет реализована АиТ в рамках проекта реверса МГ Домбаровка–Оренбург, что, в свою очередь, позволит обеспечить энергетическую безопасность и бесперебойные поставки газа для значительной площади Российской Федерации.

Сведения об авторах

Стасюк Павел Александрович – студент Оренбургского государственного университета, гр. 17АТП(м)АТП, г. Оренбург, e-mail: stasyuk.p.a@mail.ru.

Сергеев Александр Иванович – доктор технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизации производства» Оренбургского государственного университета. Аэрокосмического института, г. Оренбург, e-mail: alexandr_sergeew@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ	3
Ахметзянов Д.И., Файзрахманов Р.А. Обзор современных подходов интеграции данных в промышленных автоматизированных системах	4
Бондарев В.Ю., Полевщиков И.С. Автоматизация оценки качества проектирования объектно-ориентированных программных систем при обучении студентов	11
Бузилова О.А., Курушин Д.С. Квазиреферирование текста в формате Latex	17
Ерискина Е.В., Курушин Д.С. Извлечение отношений типа «быть–являться» из текстов на русском языке	24
Зобнина О.А., Каменских А.Н., Тюрин С.Ф. Синтез конечного автомата с использованием отечественной САПР «Ковчег»	28
Калин М.В., Полевщиков И.С. Автоматизация контроля выполнения практических заданий при обучении методам тестирования программного обеспечения	33
Капышев Э.Р., Курушин Д.С. Опорно-поворотное устройство многофункционального роботизированного комплекса с системой дополненной реальности	38
Касьянова Е.А., Курушин Д.С., Швецов В.В., Шоломова А.И. О применении модели Р. Плутчика для создания эмоционального андроидного робота	43
Костарев С.Н., Парицкая А.А. Разработка системы автоматизированного контроля обеспечения безопасности работы автопогрузчика при погрузке и разгрузке боеприпасов на военных базах войск национальной гвардии Российской Федерации	50
Кузьминых К.П., Полевщиков И.С. Разработка и программная реализация математической модели распределения учебной нагрузки на кафедре	55
Макаров А.В., Федоров А.Б. Учебно-развлекательный микроробот на гусеничной платформе	61

Михеев Г.М., Монахов В.И. Моделирование бизнес-процессов мониторинга печатных изданий СМИ средствами проектирования UML	64
Мухаматулин Р.Ф., Полевщиков И.С. Автоматизация процессов тестирования и информационной поддержки создания парсеров (на примере системы поиска тендеров)	69
Нагаев Р.А., Полевщиков И.С. Анализ данных о процессе согласования рабочих программ дисциплин на основе многомерной модели	75
Полевщиков И.С., Файзрахманов Р.А. Применение компьютерных тренажеров для управления процессом обучения операторов технологических установок сенсомоторным навыкам	81
Соловьева Н.В., Долгова Е.В. Семантические сети для описания взаимосвязей объектов с целью принятия эффективных решений роботизированной системы	87
Стругов М.В., Полевщиков И.С. Методика оценки выполнения индивидуального плана работ преподавателем вуза с применением средств автоматизации	92
Тур А.И., Кокоулин А.Н. Применение каскадов Хаара для распознавания объекта	98
Тютюных А.А., Полевщиков И.С. Разработка автоматизированной системы управления процессом тестирования программного обеспечения	104
Харламов М.И., Гончаровский О.В. Навигация автономного мобильного робота с помощью системы позиционирования для помещений	110
Хохлова А.Ю., Сергеев А.И. Система автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления термоупрочняющихся изделий из алюминиевого металлопроката	113
Чусовлянкин А.А., Морозенко В.В. Разработка мобильного приложения для расчета дозировки инсулина	117
Ямаев М.И., Тюрин С.Ф. Методы реализации интерфейсного устройства мозг-компьютер	123
Аношкин А.Н., Писарев П.В., Кирова Ю.С. Численное моделирование прогрева образцов из термопластичных композиционных материалов в процессе изготовления	130

Боброва И.А., Полевщиков И.С. Разработка программной системы сбора и анализа данных об успеваемости студентов	136
Бортник Д.А., Масич Г.Ф. Конфигурирование сетей передачи данных с использованием технологии SDN	142
Еловиков А.И., Каримова М.О., Гончаровский О.В. Отказоустойчивая распределённая система управления двигателем	147
Килин Г.А., Ждановский Е.О. Преимущества использования обучения с подкреплением для обучения нейронных сетей	152
Леонов Е.Р., Курушин Д.С., Шоломова А.И. Прокладка маршрута по карте для роботизированной платформы	159
Мороз М.В., Тюрин С.Ф. Модифицированный алгоритм контроля и диагностирования логических элементов LUT FPGA	164
Рыков В.А., Лекомцева Д.П., Файзрахманов Р.А. Применение искусственной нейронной сети Хэмминга для решения задач подбора лекарственных веществ	169
Селищев Д.Н., Федулаев Е.В., Сергеев А.И. Автоматизация процесса трёхмерного сканирования	175
Тюрин С.Ф., Евстафьев Е.О. Проблема изолированности и согласованности распределенных данных в современных СУБД в составе ТЭК России	179
Чистогов М.Д., Файзрахманов Р.А. Разработка системы предварительной классификации эндоскопических снимков для обучения искусственных нейронных сетей	185
Секция II. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ	191
Берсенева Н.И., Стафейчук Б.Г., Шумихин А.Г. Анализ корреляционных функций реальных возмущающих воздействий в системе управления мощностью турбины энергоблока 800 МВт	192
Братчиков М.А., Орехов М.С. Разработка системы автоматизации процесса вентиляции уклонного блока 3Т-9 нефтешахты №1 «Яреганефть»	198
Бурганов Р.З., Беккер В.Ф. Производство хлора и едкого калия методом мембранного электролиза	204

Воскресенский Я.В., Беккер В.Ф. Управление расходом титаносодержащей шихты из бункера в хлоратор	209
Гатилова М.Н., Гончаровский О.В. Навигация автономного робота в трубопроводе	216
Гуньков С.А., Дудоров В.Б. Программное обеспечение типовой системы диспетчеризации на основе шаблона проекта	220
Давлетбаев А.С., Куликов Г.Г., Старцев Ю.В. Интеллектуальная сетевая система помощи в настройке станков электрохимической обработки	225
Дубинкин М.В., Беккер В.Ф. Управление температурным режимом обжига в производстве мелкодисперсной извести	232
Даденков В.Ю. Зверев Д.А. Разработка системы автоматизированного управления шахтных подъемных установок	236
Кривцов И.В., Русяев А.С. Разработка системы автоматизации поддержания микроклимата в помещениях высокотехнологичного производства в среде программирования CoDeSys	242
Лобаев Л.А. Система управления газотурбинной установкой	248
Лукичев Н.А. Система телеметрии гоночной машины «Болид»	253
Макгупова Э.Ф., Лыков А.Н., Казанцев В.П. Модернизация узла измерения объемного расхода природного газа	256
Малышева А.В. Быстрый алгоритм распознавания бликов пенного слоя калийной флотации	260
Мартюшев Г.В., Беккер В.Ф. Процесс ультрафильтрации	266
Шмидт И.А., Нарбеков Р.Р., Монахов А.С. Разработка сервисной программы для автоматизации полунатурных испытаний	271
Поморцев А.А. Беккер В.Ф. Технология очистки метанола	277
Попков А.А., Беккер В.Ф. Регулирование температуры кипящего слоя в реакторе производства карбоната калия	284
Сидоренко Н.В., Беккер В.Ф. Автоматизация процесса гранулирования хлорида калия на обогатительной фабрике	289
Степанова М.А., Кычкин А.В. Система визуализации режимов работы СВП Tesco 250 EMI 400	294
Субаев М.И., Куликов Г.Г. Автоматизированная информационно-управляющая система цифрового производства услуг	298

Уфимцева В.Н. Объектные средства имитационного моделирования процессов производства титана	305
Фадеев А.В., Беккер В.Ф. Автоматизация получения соляной кислоты в реакторе беспламенного горения	312
Федосеева В.В., Беккер В.Ф. Увеличение выхода нитрита натрия при абсорбции оксидов азота содовым раствором	316
Федосеева В.В., Беккер В.Ф. Снижение концентрации оксидов азота в отходящих газах промышленных предприятий	322
Данилова Е.Ю. Система «Тадис» для тестирования алгоритмов диагностирования ПЛИС	327
Работников М.А., Александрова А.С. Программная реализация частотной идентификации управляемого технологического объекта	332
Стасюк П.А., Сергеев А.И. Система автоматизации реверсного движения газового потока	336

Научное издание

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Материалы всероссийской научно-технической
конференции

(г. Пермь, 17 мая 2018 г.)

В двух томах
Том 1

Корректор *И.Н. Жеганина*

Подписано в печать 12.11.2018
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 21,6.
Тираж 100 экз. Заказ 236/2018.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.