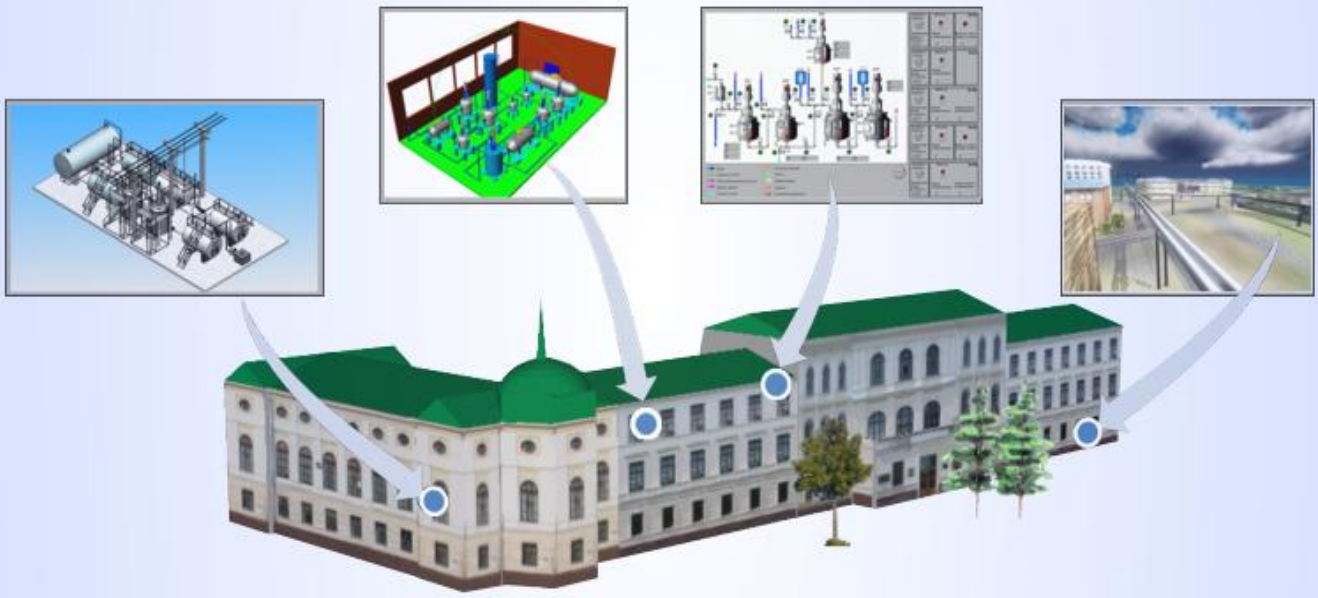
В рамках проведения Фестиваля науки в Тамбовской области

Т·Г·Т·У

Всероссийский Фестиваль науки

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

VIRTUAL SIMULATION, PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN



Тамбов

Издательство ФГБОУ ВПО "ТГТУ"

2015

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

VIRTUAL SIMULATION, PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN

Материалы международной
научно-практической конференции

(г. Тамбов, 17 – 18 декабря 2014 г.)

Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2015

УДК 658.512.2
ББК Ж18я43
В52

Редакционная коллегия:
д-р техн. наук, проф. Владимир Алексеевич Немтинов (общая редакция);
д-р техн. наук, доц. Михаил Владимирович Соколов;
канд. техн. наук, проф. Владимир Григорьевич Мокрозуб;
д-р техн. наук, проф. Сергей Викторович Карпушкин;
канд. экон. наук Юлия Владимировна Немтинова;
канд. техн. наук, доц. Андрей Борисович Борисенко;
канд. техн. наук Сергей Владимирович Карпов

В52 **Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн** : материалы международной научно-практической конференции / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. А. Немтинова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 376 с. – 500 экз. – ISBN 978-5-8265-1379-8.

Опубликованы материалы пленарных и секционных докладов международной научно-практической конференции, которая посвящена проблемам научно-технического и социально-экономического развития регионов. Целью конференции является обсуждение и публикация научных достижений ученных, а также определение возможных путей решения проблем разработки методов и алгоритмов создания и применения виртуальных моделей и прототипов объектов различного назначения и сложности.

В настоящее время виртуальное моделирование и прототипирование технических систем широко используется при решении задач промышленного дизайна, проектирования, модернизации, перепрофилирования производств различных отраслей промышленности. Еще одна популярная сфера применения виртуального моделирования и прототипирования – создание моделей культурно-исторических объектов с целью сохранения первозданного облика памятников архитектуры, в том числе утраченных, мемориальных и культурных сооружений.

Материалы конференции могут быть полезны преподавателям вузов и средних учебных заведений, научным работникам, руководителям и специалистам предприятий, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 658.512.2
ББК Ж18я43

Статьи печатаются в авторской редакции.

ISBN 978-5-8265-1379-8

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ 9

Остроух А. В. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ В СРЕДЕ ILAB 10

Малыгин Е. Н. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ. ПРОБЛЕМЫ 19

Мокрозуб В. Г. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ВИРТУАЛЬНОГО КАБИНЕТА «КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ» 27

Секция I. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ 32

Аносова О. И., Решетникова М. П., Немтинов К. В., Немтинов В. А. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЛИНИЙ 33

Решетникова М. П., Аносова О. И., Немтинов К. В., Немтинов В. А. ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЛИНИЙ 38

Алтунин К. А., Соколов М. В. В ИССЛЕДОВАНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ИЗДЕЛИЙ 44

Щеголев А. В., Сердюк А. И., Сергеев А. И. ПРОБЛЕМА ПЕРЕДАЧИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ЧЕРЕЗ STL-ФОРМАТ 47

Котова Е. А., Столчнев В. К. АВТОЗАПОЛНЕНИЕ КООРДИНАТ СЕТЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ ПОТОЧЕЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ 51

Немтинов В. А., Штурмина Т. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MULTI-DTEXНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТАНЦИИ ПОЛНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД 57

Щавелев Е. В., Черникова Н. Н., Май Ван Хонг КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АНАЛИЗЕ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ 61

Немтинов К. В., Зазуля А. Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ 66

Иванов Д. В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ 70

Жуков Н. П., Майникова Н. Ф., Попов В. Д. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРАХ 73

Зацепин Е. П., Галкин А. В. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА В ШЛАКЕ ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДУГ В ПЕЧАХ 77

Родина А. А., Пестрецов С. И. МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ЦИКЛОГРАММЫ АВТООПЕРАТОРА ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ 82

Немтинов В. А., Гудков С. В., Алексеев С. Ю., Захаров А. Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ГАЗОВОЙ СМЕСИ В ХОЛОДИЛЬНИКЕ УСТАНОВКИ «ИЛ» 85

Шаронин К. А., Егоров С. Я. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПОНОВКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ 94

Немтинов В. А., Новиков В. Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ТРИХЛОРСИЛАНА 98

Манаенков А. М., Немтинов В. А. СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 101

Милов Д. В., Гусева Ю. Е., Горбачева А. Ю. МОНИТОРИНГ И ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ 106

Егоров Ю. С., Тумаринсон А. В., Громова А. А. ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕГРУЗКИ ТОПЛИВА РЕАКТОРА НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ . . . 108

Степанов А. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ 111

Рябинин В. С. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АППАРАТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТИПА 114

Фарахшина И. В., Мокрозуб В. Г. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ТИПА ВЫПАРНЫХ АППАРАТОВ 117

Мокрозуб В. Г., Горшков В. В., Горшкова Т. С. СТРУКТУРА АРХИВА ПРОЕКТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ 122

Егоров Е. С., Туголуков Е. Н. КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ПОДДЕРЖКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 125

Карпушкин С. В., Корнилов К. С., Панкратов В. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЕПЛОВЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК 128

Карпушкин С. В., Глебов А. О., Панкратов В. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОМИЧЕСКИХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 131

Райкин Л. И., Райкин И. Л., Бойтяков А. А. ЦИФРОВОЙ ПРОТОТИП – ЗВЕНО В ЦЕПИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ 136

Фидаров В. Х., Квасова Е. Н., Кондрашин А. Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНО-КОПИРОВАЛЬНОМ СТАНКЕ 139

Скопинцева Т. В., Синельников А. Г., Козачек А. В. УСЛОВИЯ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА 144

Ванин В. А., Колодин А. Н. ОПТИМАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЦЕПЕЙ СТАНКОВ ПО КРИТЕРИЮ ТОЧНОСТИ 147

Секция II. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ 151

Немтинов В. А., Горелов А. А., Немтинова Ю. В., Горелов И. А., Немтинов К. В., Воробьева М. О. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ 152

Бобров Д. А., Деменкова Е. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА AXURERPPRO ПРИ РАЗРАБОТКЕ САЙТА 168

Соснина О. А., Поспелова Н. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ . . . 172

Банщиков Ю. А., Абрамова Л. В. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ОБЪЕКТОВ 177

Химич А. В., Пояркова Е. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ НАДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ 181

Дуранина Н. М., Щигарева М. В. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ТИХВИНСКО-БОГОРОДИЦКОГО МОНАСТЫРЯ 186

Ельчищева Т.Ф. 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОМАНДНОЙ РАБОТЫ АРХИТЕКТОРОВ 190

Ельчищева Т. Ф. 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ARCHICAD ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АРХИТЕКТОРОВ 195

Секция III. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ: СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 200

Елисеев М. Е., Томчинская Т. Н., Репников А. А., Моисеева Е. Н. РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ 201

Вихляев С. Н. О ПЕРСПЕКТИВАХ ФОРМИРОВАНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ОБЛАСТИ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 206

Секция IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМИНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ И СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ 210

Фролова Т. А., Туляков Д. С. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ 211

Печенин В. А., Болотов М. А., Рыжков А. В. МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КОНТАКТНОМ МЕТОДЕ 215

Затонский А. В., Варламова С. А. РАСПОЗНОВАНИЕ КРАЕВ ПУЗЫРЬКОВ ПРИ ПЕННОЙ ФЛОТАЦИИ КАЛИЙНЫХ РУД 220

Дедов Д. Л., Абрамов С. В., Корнилов К. С., Терехов С. М. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРА ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 223

Дедов Д. Л., Абрамов С. В., Корнилов К. С., Терехов С. М. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА 226

Потлов А. Ю., Проскурин С. Г., Фролов С. В. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОГЛОЩАЮЩИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОНФОРМНО-ОТОБРАЖЕННЫХ ВФРТ 229

Жуков Н. П., Майникова Н. Ф., Никулин С. С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГРАНИЦЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ПОЛИМЕРАХ 234

Никулин С. С., Комбарова Е. В., Стромов Б. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В МНОГОСЛОЙНОМ ИЗДЕЛИИ 238

Никулин С. С., Хромый К. С., Ярмизина А. Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ИЗДЕЛИИ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА 242

Фролов С. В., Синдеев С. В., Лищук В. А., Liepsch D., Balasso A. МОДЕЛЬ ГЕМОДИНАМИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВНУТРИЧЕРЕПНЫХ АНЕВРИЗМ 247

Букатов А. А., Гридчина Е. Е., Заставной Д. А. РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПЛАГИНА, РЕАЛИЗУЮЩЕГО МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ, ДЛЯ AUTODESK MAYA 253

Пятко Н. Е. ВИРТУАЛЬНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ 258

Даурова А. А., Будаева А. А., Астахова А. А. К ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНТИВИРУСНЫХ СКАНЕРОВ 260

Фролова Т. А., Ионченко Е. П., Аленичева М. П. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ 264

Баймухамбетова З. С. МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КУЛЬТУРНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ 269

Фролова М. С., Фролов С. В., Толстухин И. А. ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА 273

Немтинов В. А., Манаенков И. М. СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СРЕДЕ VIRTUAL ACADEMIA 279

Воробьев Э. И., Тишуков Б. Н. ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕКРЕСТКОВ С КРУГОВОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ДВИЖЕНИЯ 282

Секция V. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ 286

Гроппен В.О., Будаева А.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАНЖИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ ЧИСТЫХ СТРАТЕГИЙ В АНТАГОНИЧЕСКОЙ ИГРЕ N ЛИЦ 287

Иванов Д. В., Тишуков Б. Н., Тишукова Н. А. РАЗВИТИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 290

Чернопятова В. В., Злобин А. А. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОНЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ . . . 293

Мокрозуб В. Г., Мокрозуб А. В. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ОБОРУДОВАНИЯ 295

Мокрозуб В. Г., Дудышев О. И. АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ 300

Секция VI. ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН 305

Водин Д. В., Соколов М. В. ЦВЕТОВОЕ ОФОРМЛЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ДИЗАЙНА 306

Поспелова Н. В., Соснина О. А. ЦИФРОВОЙ ПРОТОТИП ДЛЯ ЛИТЬЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАССЫ 307

Секция VII. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ 313

Borisenko A., Haidl M., Gorlatch S. A GPU-ACCELERATED BRANCH-AND-BOUND ALGORITHM FOR THE OPTIMAL DESIGN OF MULTI-PRODUCT BATCH PLANTS 314

Алтунин К. А., Соколов М. В., Храмова Н. А. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ 318

Казимирова Л. Д., Абрамова Л. В. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И НАВИГАЦИИ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛОВ ПО ПРЕДОСТАВЛЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ 322

Обухов А. Д., Краснянский М. Н. ФОРМИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ В ORACLE APEX НА ОСНОВЕ HTML ШАБЛОНОВ 326

Немтинов К. В., Зазуля А. Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ 331

Пелихосов А. А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 336

Дедов Д. Л., Карпов С. В., Обухов А. Д., Краснянский М. Н. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ 339

Лукина Д. С., Корзина М. И. РУКОВОДСТВО ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА 342

Некрасова Т. В., Корзина М. И. ЗНАЧЕНИЕ ННТЕРНЕТ-ЖУРНАЛА ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ 346

Голубятников О. О., Дубровин В. В. ФОРМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ АИС ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ 352

Тюшова П. С., Абрамова Л. В. АДАПТАЦИЯ ВЕБ-РЕСУРСОВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 355

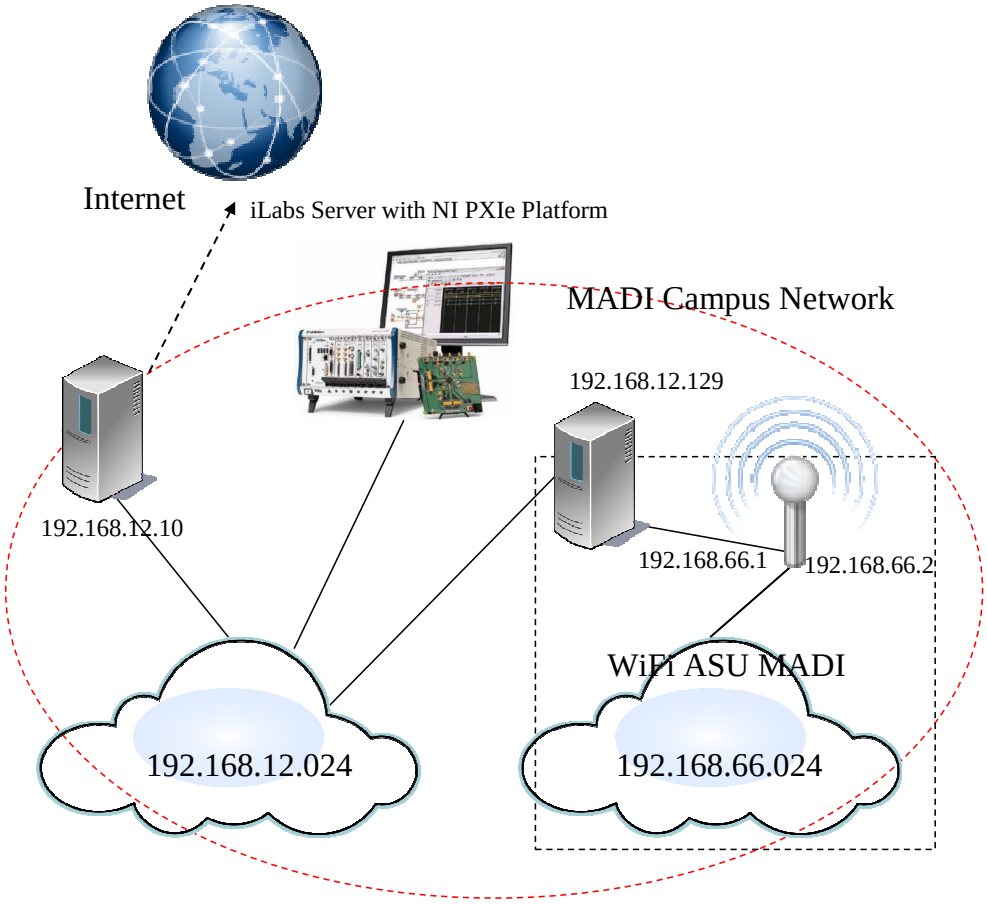
Евтушенко Е. Е., Шкодкина О. В. ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОЙ В ИНФРАСТРУКТУРУ ГОРОДА ВОРОРНЕЖ 359

Немтинов В. А., Горелов И. А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПРИРЕШЕНИИ ВОПРОСОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА МУНИЦИПАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ 362

Борисяк А. А., Мокрозуб В. Г. ОСОБЕНОСТИ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА 368

Немтинов В. А., Терехов С. М. ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОПОТЕРИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ 371

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ



УДК 004.9

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ В СРЕДЕ iLAB

А. В. Остроух

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (*МАДИ*), *Россия*, *Москва*
(*тел.* (*499*)*1550472*, *e-mail: ostroukh@mail.ru*).

Аннотация: В статье предложен подход к разработке лабораторных практикумов для исследования промышленных интерфейсов. Использование гибридных лабораторий в учебном процессе позволяет подключить имеющееся лабораторное оборудование и приборы через интернет, позволяет перевести лабораторную работу на качественно новую ступень, позволяя нескольким студентам одновременно проводить лабораторную работу удалённо и по более гибкому графику, что было бы сложноосуществимо в рамках традиционной лабораторной работы.

Abstract: This paper proposes an approach to development of laboratory research workshops for industrial interfaces. Using hybrid laboratories in the educational process, on the one hand, enables the student to perform experiments with equipment and materials, gain practical skills in conducting experiments and view detailed computer model of a unique object without the risk of costly equipment damage or injury. On the other hand, the connection of existing laboratory equipment and devices via the Internet for hybrid lab allows to perform laboratory work at a new level, allowing multiple students to simultaneously conduct laboratory work remotely and more flexibly, that would be difficult in the traditional laboratory work.

Ключевые слова: виртуальные лабораторные работы, промышленный интерфейсы, лаборатории удаленного доступа, электронное обучение, дистанционные образовательные технологии.

Keywords: virtual labs, industrial interfaces, remote access laboratory, e-learning, distance education technologies.

Введение

Практические и лабораторные занятия играют одну из наиболее важных ролей в современном учебно-образовательном процессе. Зачастую процент усвоенного материала зависит не только от качества учебного материала, но и от проведения самих занятий. Интерактивный способ организации обучения позволяет наглядно представить степень и характер влияния различных физических параметров или начальных и краевых условий при исследовании математических моделей. Практика применения системы виртуальных лабораторий оказывает значительное воздействие на процесс обучения студентов и приводит к повышению его качества [1 – 20]. Хорошо отработанная система виртуальных лабораторий в существенной степени компенсирует отсутствие прямого контакта с лабораторным оборудованием за счет использования широкого спектра возможностей виртуальных установок или приборов.

Для ускорения процесса разработки используются специализированные средства, например, готовые инструменты для тестирования знаний или программы, заявленные разработчиками как среды, специально направленные на создание лабораторий коллективного пользования. Ряд разработок (в том

числе и российских) отличается удобством и простой в работе. Множество полезных функций позволяет сэкономить время при создании соответствующего раздела лабораторий коллективного пользования. С помощью набора предоставляемых в этих программах инструментов можно проектировать практикумы на основе моделей объектов для организации процесса изучения различных дисциплин [1 – 20].

Распределенная архитектура iLab

iLab основывается на следующей концепции (рис. 1). Онлайн лаборатории, то есть лаборатории с реальным оборудованием, доступ к которым осуществляется через интернет, способствуют развитию научного и инженерного образования, значительно расширяя перечень экспериментов, в которых студенты могут поучаствовать во время своего обучения. В отличие от традиционных лабораторий, доступ в онлайн лабораторию можно получить не только в университете, но и из любой точки мира.

Проведение экспериментов мотивирует студентов, благодаря чему обучение проходит более эффективно. Эксперименты позволяют студентам сравнивать реальные эксперименты с симуляцией, работать сообща и самостоятельно находить ответы на возникающие вопросы. Тем не менее, во многих инженерных классах отсутствуют экспериментальные установки из-за высоких затрат, нехватки места или соображений безопасности. Предоставляя онлайн доступ к удалённым лабораториям, iLab даёт возможность студентам выполнять лабораторные работы, в какой бы удаленной точке они не находились [2 – 5].

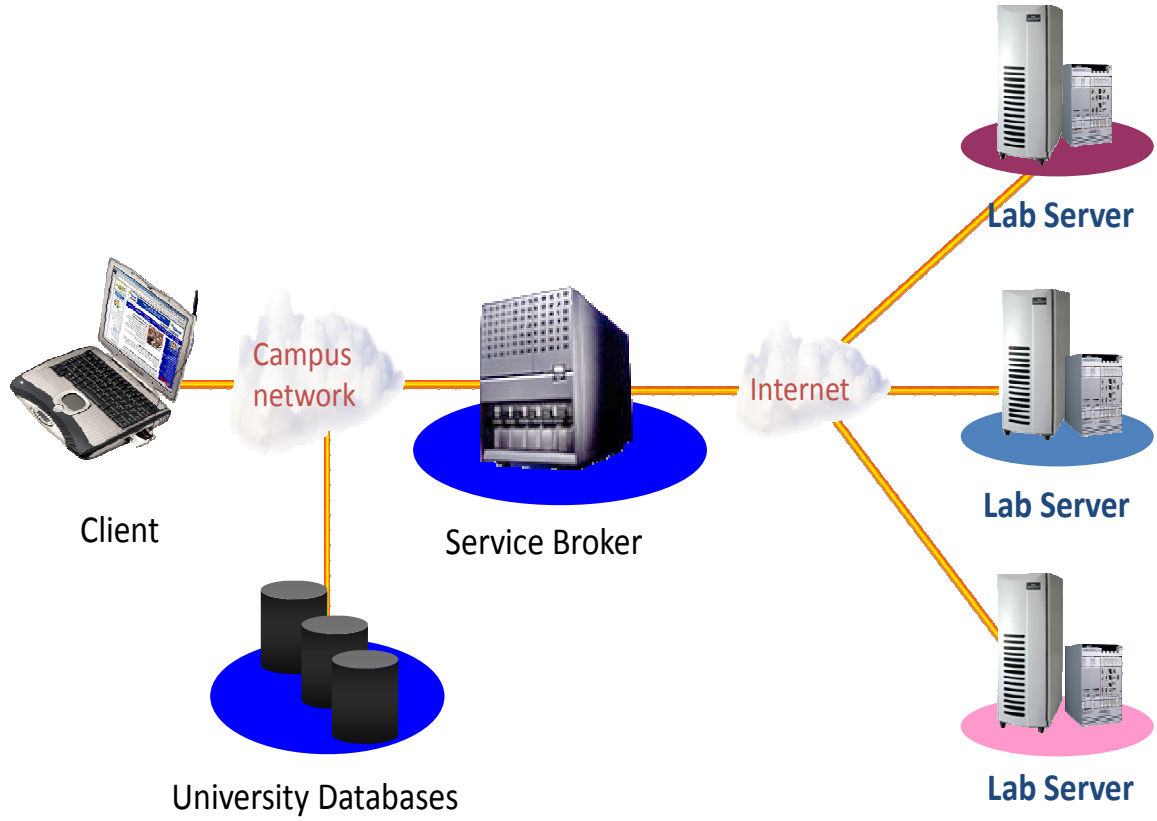


Рис. 1. Распределенная архитектура iLab

Интеграция программного и методического обеспечения кафедры в среду iLab.

При непосредственном участии кафедры «Автоматизированные системы управления» МАДИ создан Центр дистанционного обучения (ЦДО МАДИ). На сайте ЦДО МАДИ (http://cdomadi.ru) размещены разработанные с применением модульно-компетентностного подхода к структуризации электронные образовательные ресурсы (ЭОР) по различным учебным дисциплинам и уровням образования [6 – 20].

Реализация концепции лабораторий удаленного доступа должна быть выполнена на базе хорошо зарекомендовавшего себя сервиса iLab (рис. 2).

Указанный сервис был развернут в 2012 г. силами профессорско-преподавательского состава кафедры «Автоматизированные системы управления» МАДИ. Необходимый опыт по установке и настройке сервиса iLab был приобретен в результате сотрудничества с Университетом прикладных наук Каринтии (г. Виллах, Австрия).

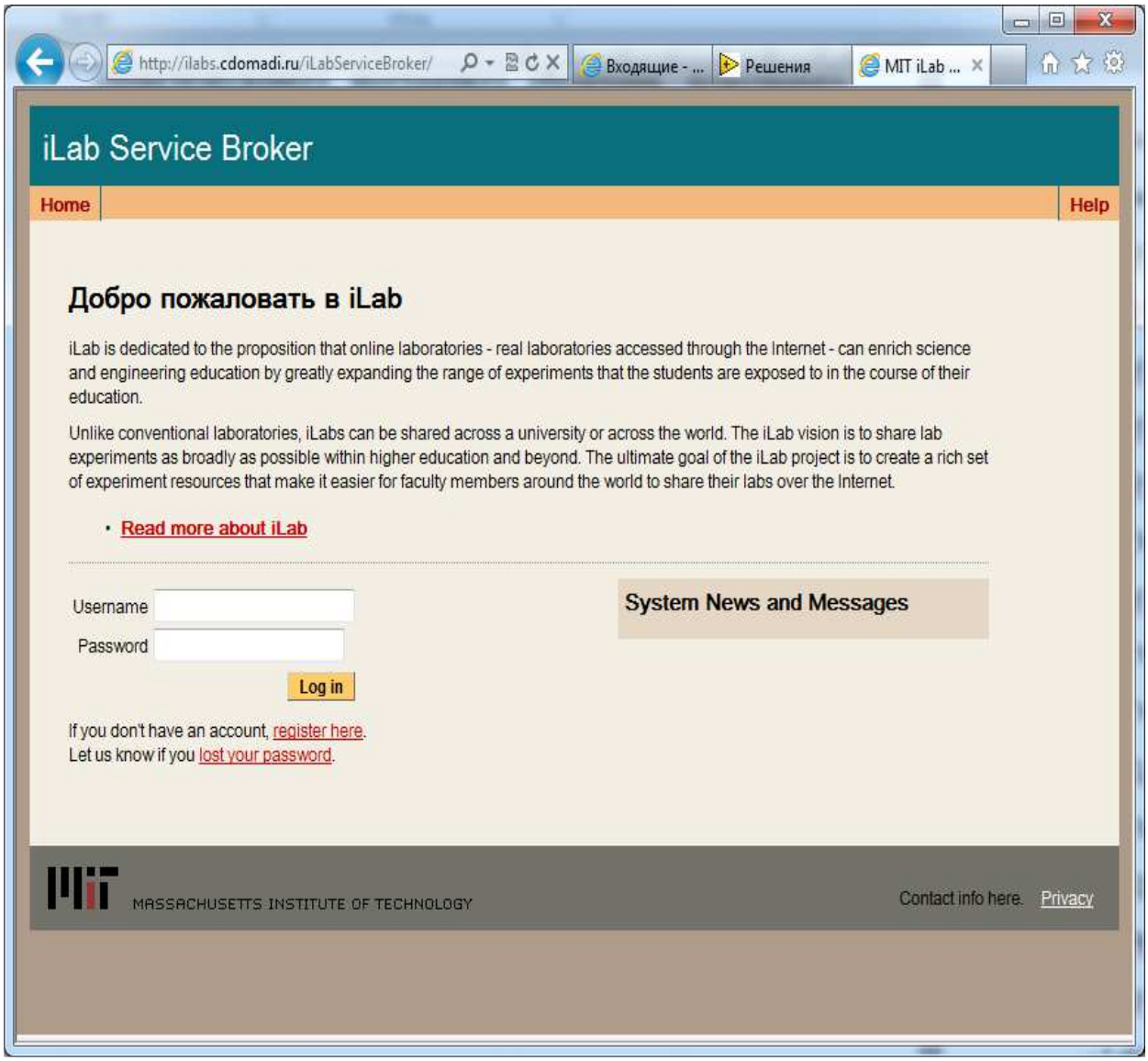


Рис. 2. Пилотный проект iLab в МАДИ

Результаты работ должны быть внедрены в учебный процесс кафедры «Автоматизированные системы управления» по дисциплине «Интерфейсы автоматизированных систем обработки информации и управления». В перспективе планируется развитие и разработка лабораторных практикумов по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации», а также другим дисциплинам МАДИ.

Интерактивный способ организации обучения позволяет наглядно представить степень и характер влияния различных физических параметров или начальных и краевых условий при исследовании математических моделей [6 – 20]. Практика применения системы виртуальных лабораторий оказывает значительное воздействие на процесс обучения студентов и приводит к повышению его качества. Проведенные исследования подтверждают заключение, что хорошо отработанная система виртуальных лабораторий в существенной степени компенсирует отсутствие прямого контакта с лабораторным оборудованием за счет использования широкого спектра возможностей виртуальных установок или приборов.

Разработка и внедрение виртуальных лабораторий позволяет перейти на новую ступень преподавания, существенно расширяя диапазон учебных задач и обогащая их современным содержанием. Использование виртуальных лабораторий вместо традиционных переводит акцент преподавания из области получения экспериментальных данных, их обработки и наглядного представления, в интеллектуальную область научного анализа и детального осмысления полученных результатов.

Принцип, заложенный в основу концепции лабораторий удаленного доступа, уже давно используется в различных областях человеческой деятельности, в особенности в науке и технике. Например, приборы и аппараты, предназначенные для изучения таких объектов, прямой контакт человека с которыми по ряду причин невозможен, всегда управлялись человеком на расстоянии, в том числе и задолго до появления персональных компьютеров и компьютерных сетей.

В этом случае дистанционное управление аппаратурой и проведение с ее помощью удаленных экспериментов осуществлялось с помощью специально создаваемых приспособлений, способных передавать команды оператора на нужное расстояние любым доступным в то время способом – последовательностями электрических сигналов через соединительные кабели, посредством радиосвязи и т.п.

Появление и развитие сети Интернет, приведшее к значительному упрощению электронной связи и давшее возможность легко подключиться с любого персонального компьютера к другому персональному компьютеру или высокопроизводительному серверу в любой точке планеты, позволило сформировать и воплотить в жизнь концепцию удаленного управления оборудованием реальных лабораторий. На начальном этапе своего развития данная концепция подразумевала только интеграцию в обучающий процесс в технических университетах, в том числе в системе дистанционного образования.

Обучаемый пользователь имеет возможность выполнять задачи университетского лабораторного практикума, при помощи своего персонального компьютера, управляя учебной аппаратурой, расположенной в университетской лаборатории.

Вычислительная инфраструктура кафедры в среде iLab

Локальная вычислительная сеть кафедры «Автоматизированные системы управления» МАДИ (ASU MADI) состоит из двух сегментов (рис. 3). 192.168.12.0/24 – проводная сеть. В этой сети расположены аудиторные компьютеры, маршрутизатор связывающий ЛВС кафедры и сеть института, контроллеры домена, файловый сервер, а также маршрутизатор беспроводной сети с IP-адресом 192.168.12.129. В беспроводной сети 192.168.66.0/24 этот маршрутизатор имеет IP-адрес 192.168.66.1 IP-адрес точки доступа – 192.168.66.2. Лабораторная установка на платформе PXIe с установленным сервером iLabs подключена к проводной сети, таким образом, будет обеспечен доступ, как и из локальной сети, так и, при желании, из сети интернет.

Программная реализация лабораторных практикумов (на примере лабораторной работы по исследованию интерфейса GPIB**)**

Главное окно пользовательского интерфейса имеет вид, показанный на рис. 4.

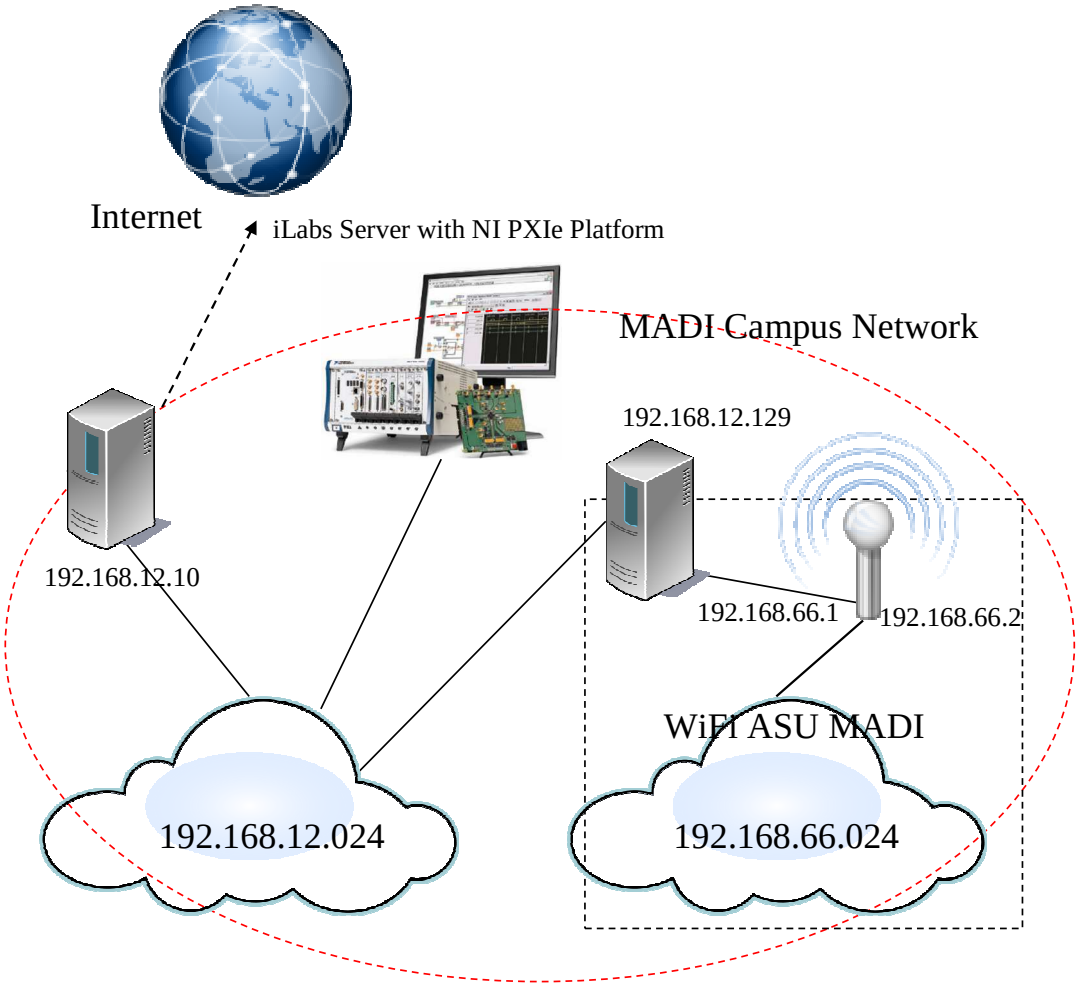


Рис. 3. Топология сети кафедры АСУ МАДИ

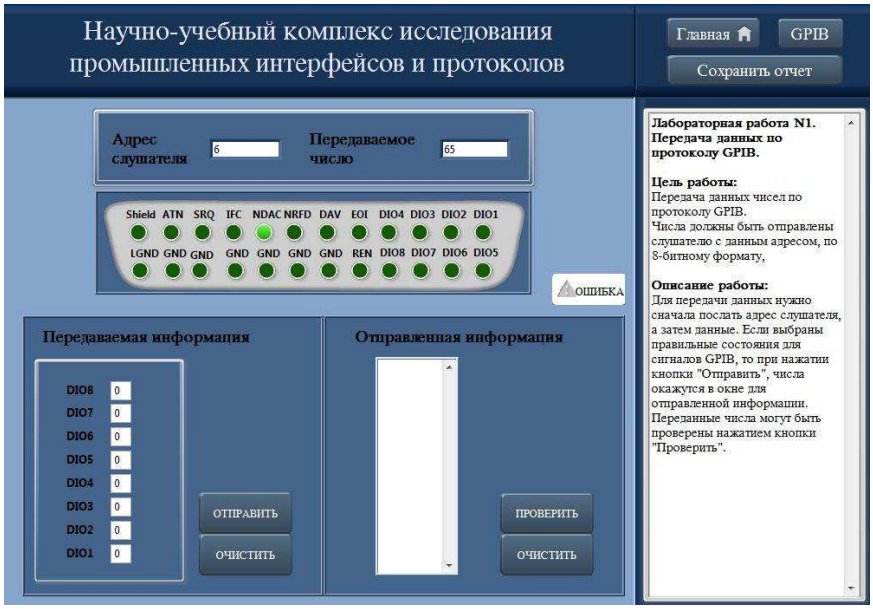


Рис. 4. Лабораторная работа по исследованию интерфейса GPIB

В правой части окна представлена цель лабораторной работы, а также краткое описание и порядок выполнения работы.

В верхней части окна представлен Адрес «слушателя» принимающего устройства. Программа автоматически генерирует числа, которые необходимо отправить. Эти числа выводятся в поле Передаваемое число в верхней части окна.

Левая часть окна выполнения лабораторной работы состоит из трех частей (рис. 5): параметры сигнала; команды GPIB для симулятора NI Instrument Simulator; график.

Для демонстрации команд используется NI Instrument Simulator, который сконфигурирован в режиме генератора сигналов. Для генерации сигналов необходимо указать параметры генерируемых сигналов:

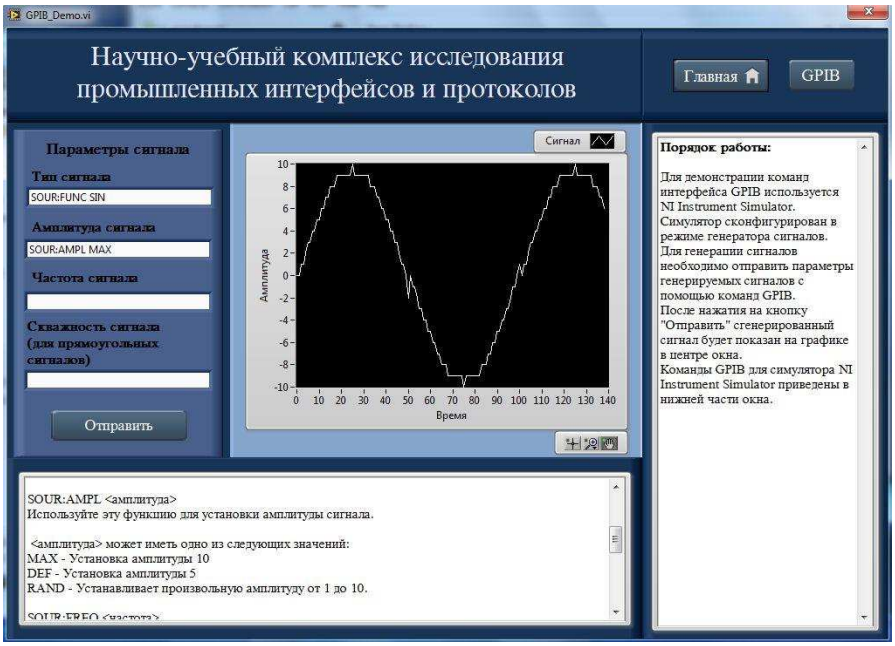


Рис. 5. Сгенерированный сигнал

– тип сигнала;
– амплитуда сигнала;
– частота сигнала;
– скважность сигнала (для прямоугольных сигналов).

При нажатии на кнопку [Отправить] на графике будет показан сгенерированный сигнал (рис. 5).

Заключение

Создание интеллектуальной интегрированной интернет лаборатории по инженерным дисциплинам на базе программного продукта для систем сбора данных, их анализа, обработки и визуализации – LabVIEW существенно повышает эффективность образовательного процесса по инженерным дисциплинам.

Интеграция хорошо развитого и реально используемого в учебном процессе аппаратно-программного, методического и технологического обеспечений для создания интернет лабораторий с распределенной образовательной платформой, предполагающей использование стандартной системы управления дистанционным образовательным процессом, а также мультимедийных компьютерных тренажеров и системы гетерогенного тестирования, позволит повысить доступность и качество образования.

Включение в общий контур многоролевых деловых игр и систем поддержки принятия решений при их проведении позволит создать уникальный интеллектуальный интегрированный интернет лабораторный практикум для распределенного дистанционного обучения по инженерным направлениям подготовки.

Библиографический список

1. Баринов К.А., Николаев А.Б., Остроух А.В. Аппаратно-программные средства создания виртуальных лабораторных работ // Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. – 2013. – № 1; URL: eodot.esrae.ru/1-1 (дата обращения: 11.12.2014).

2. Баринов К.А., Николаев А.Б., Остроух А.В. Концепция разработки и использования виртуальной учебной лаборатории на кафедре «АСУ» МАДИ // Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. – 2013. – № 1; URL: eodot.esrae.ru/1-2 (дата обращения: 11.12.2014).

3. Сальный А.Г., Николаев А.Б., Остроух А.В., Оуер М.Е. Концепция интеграции программного и методического обеспечения кафедры АСУ МАДИ в среду iLAB // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2. – С. 3-8.

4. Сальный А.Г., Збавитель П.Ю., Николаев А.Б., Остроух А.В. Описание унифицированных программных модулей для лаборатории коллективного пользования // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2. – С. 12-17.

5. Остроух А.В., Николаев А.Б. Проект разработки виртуальных лабораторных работ в среде iLABS // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 11. – С. 36-38.

6. Баринов К.А., Николаев А.Б., Остроух А.В. Концепция разработки программного обеспечения виртуальных лабораторных работ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 3-2. – С. 68-70.

7. Остроух А.В. Разработка лабораторных практикумов для специализированной лаборатории удаленного доступа в среде iLab // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – №4. – С. 15-23.

8. Петриков П.А. Применение дистанционных образовательных технологий при автоматизации процесса управления подготовкой персонала промышленных предприятий / П.А. Петриков, А.В. Остроух, М.И. Исмоилов, Н.Е. Суркова // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2013. – №5. – С. 22-30.

9. Карташев М.И. Инструментальная среда интеграции программных приложений для организации обучения персонала предприятий / М.И. Карташев, А.Б. Николаев, А.В. Остроух, В.Ю. Строганов, Д.В. Строганов // Промышленные АСУ и контроллеры. – М.: «Научтехлитиздат», 2013. – №7. – С. 13-21.

10. Остроух А.В., Петриков П.А. Использование дистанционных образовательных технологий для подготовки и переподготовки персонала промышленных предприятий // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 1. – С. 94-100.

11. Остроух А.В., Исмоилов М.И., Меркулов А.М. Использование концепции грид-архитектуры в процессе подготовки и переподготовки персонала промышленных предприятий // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 1. – С. 100-108.

12. Остроух А.В., Хромов Н.С. Сравнительный анализ программных сред для электронного обучения // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 1. – С. 115-124.

13. Остроух А.В. Разработка автоматизированной системы дистанционного обучения на основе программного обеспечения с открытым кодом / А.В. Остроух, М.Н. Краснянский, П.А. Петриков, Н.В. Михайлова // В мире научных открытий. Серия «Проблемы науки и образования». – 2012. – №12. – С.76-86.

14. Краснянский М.Н. Виртуальные тренажерные комплексы для обучения и тренинга персонала химических и машиностроительных производств / М.Н. Краснянский, А.В. Остроух, К.А. Баринов, Д.Л. Дедов, А.А. Руднев // Вестник ТГТУ. – 2011. – Т.17. – № 2. - С.497-501.

15. Чурин В.В. Сравнительный анализ компьютерных тренажеров для подготовки рабочих дорожно-строительных профессий / В.В. Чурин, А.В. Остроух // В мире научных открытий. – 2011. – №9 (21). – С.131-149.

16. Краснянский М.Н. Технология интерактивного 3D-моделирования для разработки виртуальных тренажерных комплексов / М.Н. Краснянский, С.В. Карпушкин, А.В. Остроух, А.А. Руднев, Д.Л. Дедов // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2011. – №10. – С. 4-12.

17. Ostroukh A.V., Barinov K.A., Surkova N.E. Formulation of business games for training and retraining of industrial enterprises // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 2. – С. 75-78.

18. Ostroukh A.V., Barinov K.A., Surkova N.E. Computer scenarios of business games for personnel training at industrial enterprises // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 2. – С. 79-83.

19. Ostroukh A.V., Nikolaev A.B. Development of virtual laboratory experiments in iLabs. International Journal of Online Engineering (IJOE). 2013. Vol. 9, No 6. pp. 41-44. DOI: 10.3991/ijoe.v9i6.3176.

20. Ostroukh A.V., Surkova N.E., Krasnyanskiy M.N. Development of Laboratory Courses for Specialized Remote Access Laboratory in iLab // Journal of Applied Sciences (JAS). 2014. Vol. 14, No 19. pp. 2350-2358. DOI: 10.3923/jas.2014.2350-2358.

References

1. Barinov K.A., Nikolaev A.B., Ostrouh A.V. Apparatno-programmnyie sredstva sozdaniya virtualnyih aboratornyih rabot // Elektronnoe obuchenie I distantsionnyie obrazovatelьnyie tehnologii. – 2013. – № 1; URL: eodot.esrae.ru/1-1 (data obrascheniya: 11.12.2014).

2. Barinov K.A., Nikolaev A.B., Ostrouh A.V. Kontseptsiya razrabotki i ispolzovaniya virtualnoy uchebnoy laboratorii na kafedre «ASU» MADI // Elektronnoe obuchenie I distantsionnyie obrazovatelьnyie tehnologii. – 2013. – № 1; URL: eodot.esrae.ru/1-2 (data obrascheniya: 11.12.2014).

3. Salnyiy A.G., Nikolaev A.B., Ostrouh A.V., Ouer M.E. Kontseptsiya integratsii programmnogo i metodicheskogo obespecheniya kafedryi ASU MADI v sredu iLAB // Avtomatizatsiya i upravlenie v tehnicheskih sistemah. – 2013. – № 2. – S. 3-8.

4. Salnyiy A.G., Zbavitel P.Yu., Nikolaev A.B., Ostrouh A.V. Opisanie unifitsirovannyih programmnyih moduley dlya laboratorii kollektivnogo polzovaniya // Avtomatizatsiya i upravlenie v tehnicheskih sistemah. – 2013. – № 2. – S. 12-17.

5. Ostrouh A.V., Nikolaev A.B. Proekt razrabotki virtualnyih laboratornyih rabot v srede iLABS // Mezhdunarodnyiy zhurnal prikladnyih i fundamentalnyih issledovaniy. – 2013. – № 11. – S. 36-38.

6. Barinov K.A., Nikolaev A.B., Ostrouh A.V. Kontseptsiya razrabotki programmnogo obespecheniya virtualnyih laboratornyih rabot // Mezhdunarodnyiy zhurnal prikladnyih i fundamentalnyih issledovaniy. – 2014. – № 3-2. – C. 68-70.

7. Ostrouh A.V. Razrabotka laboratornyih praktikumov dlya spetsializirovannoy laboratorii udalennogo dostupa v srede iLab // Promyishlennyie ASU i kontrolleryi. – 2014. – №4. – S. 15-23.

8. Petrikov P.A. Primenenie distantsionnyih obrazovatelnyih tehnologiy pri avtomatizatsii protsessa upravleniya podgotovkoy personala promyishlennyih predpriyatiy / P.A. Petrikov, A.V. Ostrouh, M.I. Ismoilov, N.E. Surkova // Promyishlennyie ASU i kontrolleryi. – 2013. – №5. – S. 22-30.

9. Kartashev M.I. Instrumentalnaya sreda integratsii programmnyih prilozheniy dlya organizatsii obucheniya personala predpriyatiy / M.I. Kartashev, A.B. Nikolaev, A.V. Ostrouh, V.Yu. Stroganov, D.V. Stroganov // Promyishlennyie ASU i kontrolleryi. – M.: «Nauchtehlitizdat», 2013. – №7. – S. 13-21.

10. Ostrouh A.V., Petrikov P.A. Ispolzovanie distantsionnyih obrazovatelnyih tehnologiy dlya podgotovki i perepodgotovki personala promyishlennyih predpriyatiy // Avtomatizatsiya i upravlenie v tehnicheskih sistemah. – 2012. – № 1. – S. 94-100.

11. Ostrouh A.V., Ismoilov M.I., Merkulov A.M. Ispolzovanie kontseptsii grid-arhitekturyi v protsesse podgotovki i perepodgotovki personala promyishlennyih predpriyatiy // Avtomatizatsiya i upravlenie v tehnicheskih sistemah. – 2012. – № 1. – S. 100-108.

12. Ostrouh A.V., Hromov N.S. Sravnitelnyiy analiz programmnyih sred dlya elektronnogo obucheniya // Avtomatizatsiya i upravlenie v tehnicheskih sistemah. – 2012. – № 1. – S. 115-124.

13. Ostrouh A.V. Razrabotka avtomatizirovannoy sistemyi distantsionnogo obucheniya na osnove programmnogo obespecheniya s otkryityim kodom / A.V. Ostrouh, M.N. Krasnyanskiy, P.A. Petrikov, N.V. Mihaylova // V mire nauchnyih otkryitiy. Seriya «Problemyi nauki i obrazovaniya». – 2012. – №12. – S.76-86.

14. Krasnyanskiy M.N. Virtualnyie trenazhernyie kompleksyi dlya obucheniya i treninga personala himicheskih i mashinostroitelnyih proizvodstv / M.N. Krasnyanskiy, A.V. Ostrouh, K.A. Barinov, D.L. Dedov, A.A. Rudnev // Vestnik TGTU. – 2011. – T.17. – № 2. - S.497-501.

15. Churin V.V. Sravnitelnyiy analiz kompyuternyih trenazherov dlya podgotovki rabochih dorozhno-stroitelnyih professiy / V.V. Churin, A.V. Ostrouh // V mire nauchnyih otkryitiy. – 2011. – №9 (21). – S.131-149.

16. Krasnyanskiy M.N. Tehnologiya interaktivnogo 3D-modelirovaniya dlya razrabotki virtualnyih trenazhernyih kompleksov / M.N. Krasnyanskiy, S.V. Karpushkin, A.V. Ostrouh, A.A. Rudnev, D.L. Dedov // Distantsionnoe i virtualnoe obuchenie. – 2011. – №10. – S. 4-12.

17. Ostroukh A.V., Barinov K.A., Surkova N.E. Formulation of business games for training and retraining of industrial enterprises // Mezhdunarodnyiy zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. – 2014. – № 2. – S. 75-78.

18. Ostroukh A.V., Barinov K.A., Surkova N.E. Computer scenarios of business games for personnel training at industrial enterprises // Mezhdunarodnyiy zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. – 2014. – № 2. – S. 79-83.

19. Ostroukh A.V., Nikolaev A.B. Development of virtual laboratory experiments in iLabs. International Journal of Online Engineering (IJOE). 2013. Vol. 9, No 6. pp. 41-44. DOI: 10.3991/ijoe.v9i6.3176.

20. Ostroukh A.V., Surkova N.E., Krasnyanskiy M.N. Development of Laboratory Courses for Specialized Remote Access Laboratory in iLab // Journal of Applied Sciences (JAS). 2014. Vol. 14, No 19. pp. 2350-2358. DOI: 10.3923/jas.2014.2350-2358.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ. ПРОБЛЕМЫ

Е. Н. Малыгин

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,
(*тел.* (*4752*)*630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru*)

Аннотация: В работе рассматривается методология применения математических методов при разработке технических систем

Abstract: This parer considers the methodology of using mathematical methods in technical systems' development.

Ключевые слова: Математическое моделирование, системный анализ, экстремальные задачи, численные методы.

Keywords: Mathematical modeling, system analysis, extremum problems, numerical methods.

Современный уровень создания технических систем требует от разработчика умения формулировать (ставить) задачу исследования и осуществлять разработку такой системы, которая отвечала бы высоким техническим показателям, должна быть экономически обоснована, конкурентноспособна на рынке аналогичной технической продукции.

Решение подобной задачи невозможно без использования современных достижений в области классической математики, математического моделирования, теории оптимального управления, системного анализа, современных информационных технологий и средств вычислительной техники.

При создании (проектировании) технической системы необходимы знания фундаментальных основ процессов,протекающих в объекте исследования, в тех прикладных областях, для которых разрабатывается техническая система. Без ясного и четкого понимания процессов, которые протекают в технической системе ее создание невозможно. Кроме этого, разработка технической системы должна отвечать требованиям минимума материалоемкости и энергозатрат, заданным требованиям эксплуатационных характеристик, включая техническое обслуживание, и, наконец, утилизацию после выработки заданного срока эксплуатации.

Сократить время исследования и разработки технических систем в настоящее время можно только одним способом – уходом в область протекания технологических процессов в технической системе, представленных в форме математических отношений и реализуемых (решаемых) на быстродействующих средствах вычислительной техники. Другими словами – если время про-

текания конкретного процесса в технической системе составляет часы, то решение уравнения, описывающего такой процесс на компьютере, составляет доли секунды, т.е. анализ и синтез технической системы может осуществляться в другом, более скоротечном и удобном для разработчика временном масштабе.

Однако при этом разработчик должен иметь значительно большую «науковооруженность» и, в первую, очередь это касается использования математических методов общего и специального назначения, о которых ниже и пойдет речь.

Анализ литературных источников позволяет сделать ряд выводов о некорректном применении классических и специальных математических методов при разработке и исследовании технических систем. В первую очередь это связано с неумением или нежеланием корректно осуществить постановку задачи исследования, а именно этот этап определяет, какие конструктивные и режимные характеристики объекта исследования подлежат определению, что является мерой оптимальности этих величин, какие процессы, протекающие в объекте исследования, необходимо учитывать, есть ли основания для описания таких процессов известными и проверенными зависимостями или есть необходимость изучения процессов на специальных лабораторных стендах, какие требования предъявляются к математической модели объекта исследования, которая в дальнейшем будет использоваться для поиска режимных и конструктивных характеристик объекта и т.д.

Зачастую в публикуемых работах предлагается математическая модель объекта исследования и не объясняется, для какой постановки задачи она пригодна, не уточняется область определения модели, ее адекватность объекту исследования, а при тщательном анализе выявляется, что исследователь искажает понятие самого объекта исследования.

Если объект исследования (техническая система) достаточно сложен, то необходима декомпозиция поставленной задачи на систему взаимосвязанных задач, для которых также необходимы постановки задачи , выбор метода ее решения и обоснование сходимости решения системы локальных задач к решению глобальной (исходной) задачи.

Современное состояние теории оптимального управления и средств вычислительной техники позволяет осуществлять постановку задач в экстремальной форме, что позволяет исследователю находить единственное, лучшее в смысле выбранного критерия оптимальности, решение.

Подобный подход правомерен, если в конкретной прикладной области есть необходимый минимум знаний для построения математической модели объекта исследования для конкретной постановки задачи. Однако такая ситуация бывает далеко не всегда. Может быть так, что отдельные процессы в объекте исследования недостаточно изучены и не могут быть с требуемой для практики точностью формализованы, т.е. описаны в математической форме. При этом появляются специфические особенности постановки таких задач и методов их решения. В этом случае постановка задачи изменяется – в алго-

ритм ее решения вводится лицо, принимающее решение (ЛПР), т.е. эксперт, который компенсирует отсутствие необходимых для решения задачи знаний. В этом случае мы говорим об интеллектуальной системе поддержки принятия решения. Получаемое при этом решение носит условно-оптимальный характер.

Принципы, на которых базируется применение математических методов при разработке и исследовании технических систем, заключается в следующем:

- декомпозиция исходной задачи на систему взаимосвязанных задач, с применением в дальнейшем методов системного анализа;
- применение методов математического моделирования для описания процессов в технических системах;
- применение теории оптимального управления и имитационного моделирования на завершающем этапе исследования;
- применение современного информационного обеспечения и средств вычислительной техники для реализации решения задач разработки и исследования технических систем.

Применение указанных выше принципов при разработке и исследовании технической системы в конкретной прикладной области дает возможность на современном уровне проводить как изучение поведения процессов в объекте исследования при различном его конструктивном оформлении, так и определять его оптимальные режимные и конструктивные характеристики.

Математическая постановка задачи исследования. Любое творческие начало в деятельности человека в любой сфере его деятельности должно начинаться с определения целей исследования и способов их достижения. Чем яснее и четче исследователь ведет себя на этом этапе, тем качественнее получаемые результаты и меньше вероятность получения неточных, а зачастую ошибочных результатов.

Цель исследования и способ ее достижения формулируется в постановке задачи исследования. Очевидно, что одномоментно сформулировать постановку задачи невозможно. Вначале постановка задачи формулируется в простейшем варианте, далее происходит уточнение различных факторов, определяющих решение задачи, анализ имеющихся статистических данных, принятие допущений и т.п.

Однако даже формулировка задачи в простейшей вербальной форме, требует от исследователя мобилизации всех знаний, используемых в дальнейшем для решения поставленной задачи. Словесная (вербальная) постановка задачи может звучать так: «… необходимо разработать техническую систему для реализации технологического регламента (системы технологических процессов) так, чтобы обеспечивались заданная производительность, качество производимой продукции, удобство эксплуатации, безопасность для окружающей среды и обслуживающего персонала, минимальные капитальные, эксплуатационные расходы и себестоимость получаемой продукции. При этом процесс исследования, проектирования, монтажа и выхода на проектную мощность не должен превышать заданных сроков».

Так может формулироваться постановка задачи на ее начальной стадии. Далее требуется уточнять, что представляет собой технологический процесс, который будет реализован в технической системе, насколько он отвечает тем знаниям в конкретной предметной области, на основании которых можно будет получить желаемые результаты, какие будут приняты допущения, в каком виде будут представлены конструктивные и режимные характеристики технической системы, обеспечивающие наилучшее протекание технологического процесса, в каких интервалах будет осуществляться поиск конструктивных и режимных характеристик технической системы, как будут оцениваться капитальные и эксплуатационные затраты, какие методы будут применяться при решении поставленной задачи и т.п.

Если рассматривать решение задачи проектирования «с конца», то завершающей стадией получения проектных решений будут средства вычислительной техники – компьютер. Представить информацию для компьютера можно только в строгой математической формулировке, т.е. задача должна быть формализована. Это формализованное математическое представление решаемой задачи и будет завершающим этапом постановки задачи, когда процесс сбора, анализа и представления информации завершен и можно начинать собственно вычислительные операции.

Этапу окончательной постановки задачи предшествует этап разработки математической модели объекта исследования, когда в соответствии с постановкой задачи осуществляется формализация процессов, протекающих в объекте с требуемой для практического использования точностью.

Последнее предопределяет адекватность математической модели исследуемому объекту в области ее использования (определения) в соответствии с постановкой задачи.

Отсюда следует важный вывод – применение компьютера до окончательной постановки задачи в формализованном виде не требуется. Исключением является этап реализации метода решения уравнений математической модели и проверки ее адекватности.

До окончательной постановки задачи действия исследователя должны быть сосредоточены на анализе постановки задачи исследования, обосновании искомых параметров объекта, допущениях, которые принимает исследователь, изучении процессов, протекающих в объекте, выбора метода их описания и на основании этого, разработке адекватной модели объекта. На этих этапах исследователь должен максимально мобилизовать свои мыслительные способности и отдавать себе отчет в том, что компьютер позволяет только ускорить процесс принятия решения по той программе, которую заложит в него исследователь.

Еще один вывод, который можно сделать, заключается в том, что постановка задачи однозначно определяет структуру математической модели и область ее определения. Другими словами, постановка задачи является техническим заданием на разработку математической модели объекта.

Таким образом, постановка задачи исследования сводится к процедуре последовательного уточнения формулировки задачи до тех пор, пока задачу

можно будет решать. Можно сделать вывод о целесообразности осуществлять постановку задачи в терминах теории оптимального управления, т.е. в терминах экстремальных задач. В этом случае научно-исследовательская задача в любой предметной области может быть сведена к следующей постановке: необходимо найти такие варьируемые параметры, чтобы критерий оптимальности (зависящий от этих параметров) достигал своего экстремума (максимума или минимума) при ограничениях в форме равенств и неравенств.

Под выражением «равенства и неравенства» будем понимать совокупность уравнений (алгебраических, дифференциальных с обыкновенными или частными производными, интегральных, логических условий и т.п.), описывающих объект исследования при принятых исследователем допущениях, а также неравенств, ограничивающих интервально, как варьируемые переменные, так и ряд переменных, входящих в уравнения.

Декомпозиция глобальной задачи исследования. Постановка и решение достаточно сложных задач исследования и проектирования технической системы осуществляется с применением метода декомпозиции и использования в дальнейшем методологии системного анализа.

Процесс декомпозиции основан на разделении исходной (глобальной) задачи исследования на множество взаимосвязанных локальных задач, совместное решение которых должно обеспечивать экстремальное значение критерия оптимальности глобальной задачи.

Декомпозиция глобальной задачи целиком зависит от исследователя, основывается на опыте предшественников, функциональной завершенности, получаемых в результате декомпозиции задач, наличия исполнителей и ряда других факторов.

При этом каждая из рассмотренных задач может быть поставлена как экстремальная, однако на входе каждой задачи будет фиксированный сигнал (сигналы), значение которого нужно будет всегда учитывать при решении экстремальной задачи. Этот сигнал передает информацию о том, что решаемая задача является зависимой от других задач системы. Наиболее наглядно этот факт просматривается в системе задач, получаемых после декомпозиции, когда ее результат представлен в виде иерархической многоуровневой системы.

Следует отметить, что правомерность декомпозиции не может быть получена путем строгого доказательства. Доказательством правомерности принятой декомпозиции является получение согласованных между собой решений локальных задач системы, обеспечивающих экстремальное значение глобального критерия оптимизации.

Совершенно не обязательно, что все локальные задачи системы, получаемой после декомпозиции, будут поставлены в форме экстремальных задач.

Еще раз подчеркивая, что декомпозиция полностью определяется исследователем, можно предположить о наличии задач, которые при подаче на ее вход исходных данных однозначно выдают конечный результат.

Математическое моделирование технической системы. Итак, исследователю известно, какие входные координаты объекта исследования он будет изменять (варьировать) и в каких пределах, а также какие выходные координаты будут зависеть от изменения выходных.

Кроме этого исследователю известно, как он будет оценивать интересующую его по постановке задачи исследования совокупность выходных координат численно, используя критерий оптимальности.

Основной отличительной чертой математического моделирования является перевод моделируемых в объекте исследования процессов в другое временное пространство, где скорость протекания реальных процессов в объекте исследования соизмерима со скоростью решения математических форм (уравнений, неравенств, логических условий и т.п.), составляющих математическую модель объекта.

Уход в другое временное пространство и, как следствие, получение значительного количества «свободного» времени, которое исследователь использует для анализа различных ситуаций по режимному и конструктивному оформлению протекания процессов в технической системе является основным достоинством метода математического моделирования. Кроме этого, применение математического моделирования не требует материальных, сырьевых, энергетических затрат, как это бывает при реализации (физическом моделировании) процессов в объекте исследования.

И вот тут встает вопрос – если все так хорошо при реализации метода математического моделирования, почему этот метод применяется в полной мере не так уж часто, почему при применении этого метода выявляется множество некорректных действий исследователя и почему результаты, получаемые с «благими» намерениями, зачастую являются ошибочными.

И выясняется следующая ситуация. Ответ на перечисленные выше вопросы прост и однозначен – у исследователя нет необходимых для применения метода математического моделирования знаний (всех или части). Ситуация осложняется еще и тем, что глубина проработки кинетических закономерностей процессов в объекте исследования в конкретной прикладной области для конкретной постановки задачи может быть недостаточной или отсутствовать вообще. В этом случае этап построения математической модели объекта совмещается с изучением (уточнением) кинетических закономерностей процессов, протекающих в объекте - кинетического механизма, выражений для скоростей протекания процессов по маршрутам кинетического механизма, в которые в явной форме входят режимные и конструктивные характеристики исследуемой (проектируемой) технической системы. В идеале в кинетические уравнения должны входить только режимные характеристики. Примером тому может служить химия, где в соответствии с законом действующих масс и уравнением Аррениуса скорость химической реакции зависит только от температуры и концентрации реагентов и инвариантна к конструкции технологического оборудования.

В ряде других прикладных областей оценку кинетических процессов, протекающих в объекте исследования, осуществляют на экспериментальных установках, с фиксированными конструктивными характеристиками, которые в явной или неявной форме входят в кинетические уравнения. Естественно, что такие кинетические выражения сужают область определения разрабатываемой математической модели и должны четко отслеживаться исследователем.

Следует отметить, что процесс построения математической модели объекта исследования наиболее трудоемок и ответственен при исследовании и проектировании технических систем. Именно на этом этапе исследователем допускаются просчеты, которые могут существенно исказить искомые характеристики технической системы.

Решение задач определения режимных и конструктивных характеристик технической системы. Как было указано в предыдущих разделах, под технической системой применительно к области химической технологии будем понимать систему технологического оборудования, установку (основной аппарат и вспомогательное оборудование), отдельный технологический аппарат, его узел. Конструктивные и режимные характеристики технической системы определяются исходя из оптимальных условий протекания технологического процесса, который осуществляется в технической системе. Технологический процесс, как правило, состоит из совокупности локальных процессов, порождающих распределение концентраций, температур, напряжений, скоростей движения сред и т.п. по пространственным координатам элементов технической системы и изменения этих характеристик во времени. Естественно, что протекание таких процессов ограничивается допустимыми интервальными оценками, число сочетаний допустимых конструктивных и режимных характеристик технической системы при этом огромно. А проектировщику необходимо получение только одного, зато самого лучшего сочетания. Очевидно, что получение такого результата возможно только в случае решения задачи совместного поиска режимных и конструктивных характеристик технической системы в форме экстремальной задачи с применением методов математического моделирования, системного анализа, современных информационных технологий и средств вычислительной техники.

Аналогичный подход применяется и для других объектов химической технологии – пространственного размещения оборудования и технологических трубопроводов в производственном помещении, размещение цехов и вспомогательных объектов на генплане предприятия, расписании работы технологического оборудования с определением графика планово-предупредительного ремонта и др. В объектах этой группы также присутствуют процессы, которые необходимо представить в математической модели в формализованном виде. Объект проектирования (исследования) также характеризуется набором режимных и конструктивных характеристик. Так при размещении оборудования и трубопроводов в производственном помещении в качестве конструктивных параметров используются координаты размещенных аппаратов и трубопроводов, в качестве режимных характеристик – воздействие массы аппарата и рабочей среды на элементы строительной конструкции и т.п.

Следует отметить, что в объектах этой группы, понятия «процесс» и тем более, «скорость его протекания», выделяются редко, чаще всего об этом просто умалчивают, что приводит к многочисленным методическим погрешностям. Понятия «процесс» и «скорость его протекания» в объекте моделирования должны быть едиными для любых объектов в любой прикладной области. Только с использованием таких понятий удается методически правильно осуществлять разработку математической модели для конкретной постановки задачи и получить с ее помощью решение экстремальных задач.

Исходя из вышеизложенного, принципы определения конструктивных и режимных характеристик технической системы сводятся к следующему:

- поиск конструктивных и режимных характеристик технической системы должен осуществляться совместно;
- постановка исходной (глобальной) задачи поиска режимных и конструктивных характеристик технической системы должна быть сформулирована в терминах экстремальных задач;
- поиск оптимальных режимных и конструктивных характеристик объекта проектирования должен осуществляться с применением метода математического моделирования;
- исходная (глобальная) задача поиска режимных и конструктивных характеристик, за исключением простейших случаев, должна быть декомпозирована в систему взаимосвязанных локальных задач, при этом декомпозиция целиком зависит от проектировщика (главного инженера проекта);
- системный подход, используемый при поиске режимных и конструктивных характеристик технической системы, по желанию проектировщика может быть реализован или в форме многоуровневой иерархической системы, или в форме блок-схемы;
- постановка каждой локальной задачи полученной системы должна (по крайней мере крайне желательно) быть осуществлена в форме экстремальной задачи;
- при постановке каждой локальной задачи системы следует выяснить: какие процессы в локальном объекте нужно учитывать при построении его математической модели, какова область определения математической модели объекта, какие режимные и конструктивные характеристики объекта находятся в результате решения задачи, какой вид критерия оптимальности;
- формирование исходной информации для каждой локальной задачи в соответствии с принятой системой декомпозиции, осуществляется с использованием современных информационных технологий.

Реализация перечисленных выше принципов определения конструктивных и режимных характеристик технических систем в области химической технологии позволяет учесть опыт проектировщиков, современное состояние науки и технические возможности проведения расчетов.

УДК 004.9

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ВИРТУАЛЬНОГО КАБИНЕТА «КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

В. Г. Мокрозуб

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,
(*тел.* (*4752*)*630706, mokrozubv@yandex.ru*)

Аннотация: Виртуальный кабинет, предназначенный для студентов, изучающих специализированные учебные курсы по устройству, методам расчета и методам конструирования технологического оборудования. Описаны структура и функции кабинета.

Abstract: This paper describes a virtual classroom designed for students, who study in specialized training courses on organization, methods of calculation and methods of engineering equipment design. The structure and function of a virtual classroom are considered.

Ключевые слова: технологическое оборудование, автоматизированное проектирование, электронное обучение.

Keywords: engineering equipment, computer-aided design, e-learning

Под виртуальным кабинетом понимаются компоненты информационной системы, предназначенные для студентов, изучающих специализированные учебные курсы по устройству, методам расчета и методам конструирования технологического оборудования (ТО) [1].

Функции системы определены тем, что должны знать и уметь студенты для того, чтобы выполнять проекты, максимально приближенные к реальным, а именно:

– проводить механические расчеты технологического оборудования. Механические (прочностные) расчеты являются обязательными при конструировании технологического (химического) оборудования, так как оно представляет собой объекты повышенной опасности;

– выбирать типоразмеры отдельных элементов ТО. ТО состоит из стандартных или типовых элементов и узлов (обечайки, крышки, днища, опорные и строповые устройства, фланцы и др.);

– получать справочные данные, необходимые для разработки конструкции (механические свойства материалов, коррозионная стойкость материалов, виды сварных швов и др.);

– по 3D моделям ознакомиться с типовыми конструкциями элементов. Современные графические средства позволяют создавать 3D модели элементов и узлов максимально приближенные к реальным;

– создавать чертежи 3D модели по типовым конструкциям ТО.

Кроме того, система должна содержать расчетные и курсовые задания по курсу «Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли».

Описанные функции системы определяют ее структуру. Система состоит из следующих элементов: модуль механических расчетов элементов технологического оборудования; база применяемости и свойств сталей; база типоразмеров элементов ТО; каталоги типового ТО; 3D модели типовых элементов ТО; расчетные и курсовые задания.

Виртуальный кабинет представлен программами и информационными ресурсами, работающими в сети Internet и в локальной сети (включая монопольное использование).

Адрес виртуального кабинета в сети Internet www.gaps.tstu.ru/kir, рис. 1.

База для локальной сети предназначена для организаций, конструирующих технологическое оборудование, а также для обучения студентов. В последнем случае она работает в рамках сети кафедры или университета.

База для монопольного использования (физически она не отличается от базы для локальной сети) предназначена для использования студентами в домашних условиях.

База для глобальной сети разрабатывается в первую очередь для обучения в дистанционных условиях, но может быть использована и организациями, занимающимися проектированием технологических объектов.

База для локальной сети предназначена для организаций, конструирующих технологическое оборудование, а также для обучения студентов. В последнем случае она работает в рамках сети кафедры или университета.

Представленное разделение обусловлено тем, что база для глобальной сети разрабатывается для Unix WEB сервера (требование Internet провайдера Тамбовского государственного технического университета), среда хранения данных MySQL (выбрана потому, что является свободно распространяемой). Использование этой базы в домашних условиях требует дополнительной

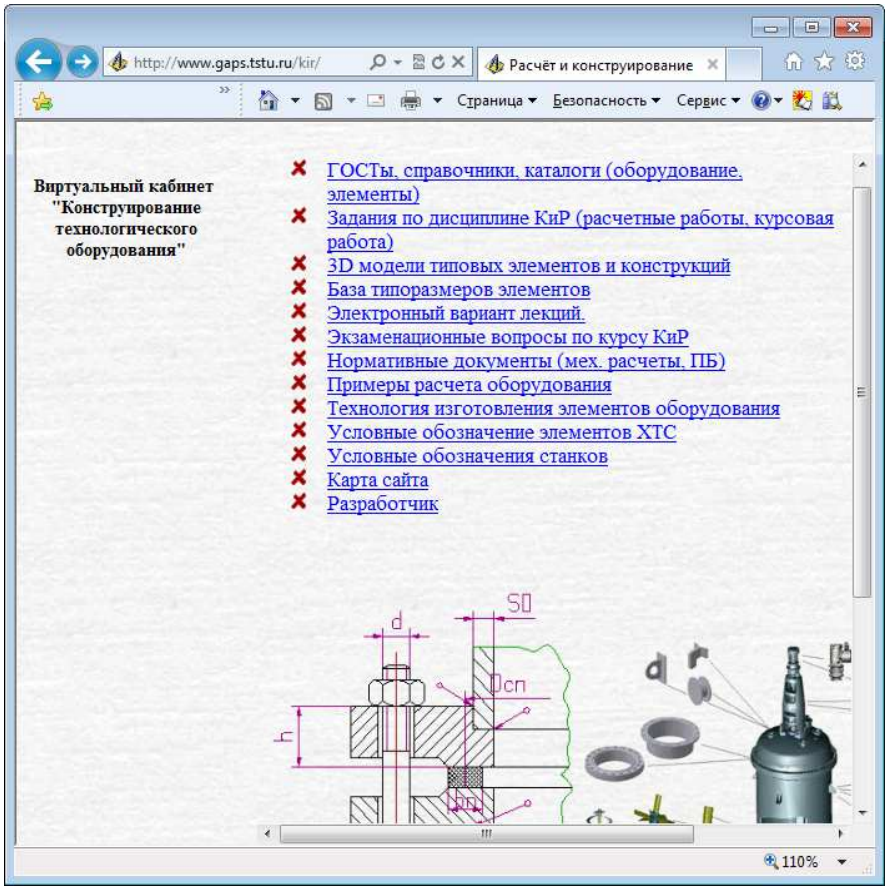


Рис. 1. Главная страница виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования»

установки указанных программных сред, что в реальных практических условиях (сотни студентов разной компьютерной подготовки) невозможно.

В качестве среды хранения данных в базе для локальной сети и монопольного использования используется MS Access, так как эта программная среда, как составляющая MS Office, имеется практически на всех компьютерах, работающих в среде Windows.

Основными составляющими базы элементов технологического оборудования являются управляющая программа, дерево типоразмеров, таблицы типоразмеров и библиотека графических элементов [2,3,4], рис. 2.

В каталогах типового технологического оборудования представлена информация о существующем оборудовании и его элементах. Эта информация необходима для подбора оборудования при решения задачи определения размеров аппаратов для выпуска заданного объема продукции в заданный период времени, кроме того, она служить отправной точкой при выполнении курсового и дипломного проекта (как аналог задания на курсовой и дипломный проект).

3D модели типовых элементов технологического оборудования являются одним из эффективных способов изучения конструкций химического оборудования является использование 3D моделей этих конструкций. Современные средства создания 3D моделей позволяют создавать очень реалистические виртуальные образы конструкций, рис.3. Имеются так же свободно распространяемые средства визуализации 3D моделей, в том числе и в глобальной сети Internet. В качестве формата хранения 3D моделей, предназначенных для визуализации в сети Internet, выбран формат easm. Для визуализации используется свободно распространяемая программа EDrawing, которую можно установит с сайта фирмы SolidWorks www.solidworks.com.

Описанный виртуальный кабинет курсового и дипломного проектирования является частью системы автоматизированного проектирования техноло-

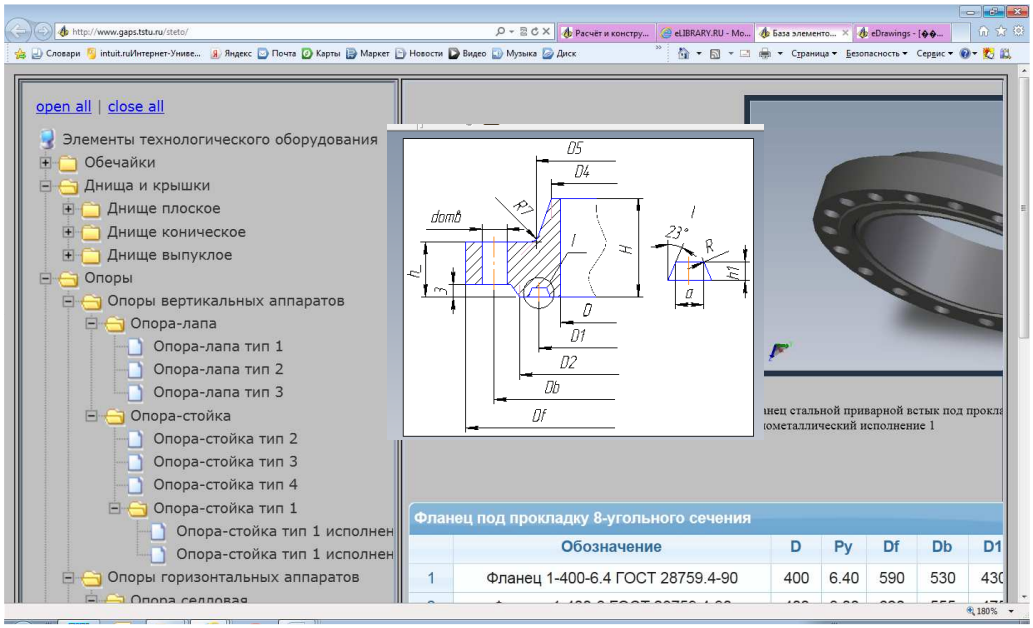


Рис. 2. База типовых элементов

гического оборудования [5, 6] и используется при обучении студентов специальности «Машины и аппараты химических производств» и магистров направления «Информационные системы технологического оборудования» на кафедре Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении Тамбовского государственного технического университета.

Авторы готовы рассмотреть вопрос о бесплатной передаче представленного программного обеспечения по принципу «как есть» заинтересованным организациям при условии получения акта внедрения в учебный процесс или производство.

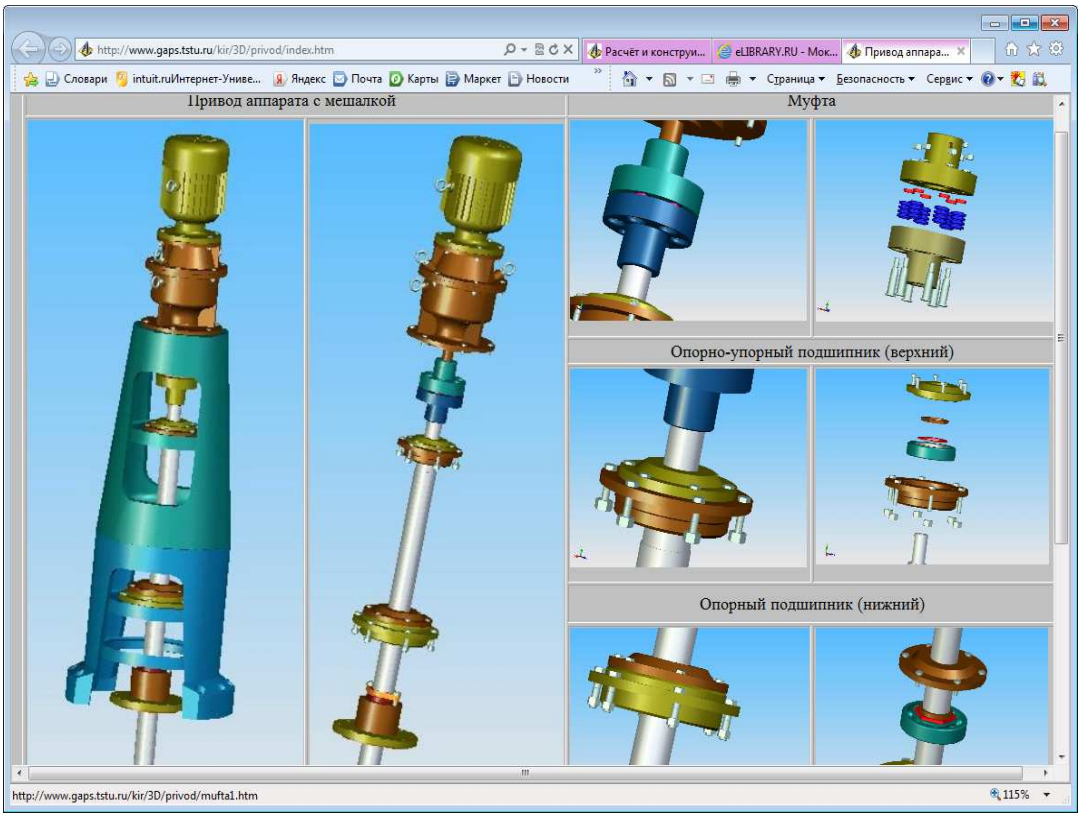


Рис. 3. Пример 3D моделей элементов технологического оборудования

Библиографический список

1. Мокрозуб В.Г., Борисяк А.А., Егоров Е.С. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2011. №10. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (дата обращения 01.12.2014).

2. Егоров С.Я., Немтинов В.А., Мокрозуб В.Г., Милованов И.В. Опыт разработки электронной графической справочной системы по технологическому оборудованию и ее использование в учебном процессе // Информационные технологии. 1999. № 8. С. 35–37.

3. Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Морозов С.В., Коновалова А.С. База данных стандартных и типовых элементов технических объектов // Радиотехника. 2010. № 12. С. 29–32.

4. Мокрозуб В.Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов. // Информационные технологии. 2009. № 11. С. 18-22.

5. Мокрозуб В.Г., Красильников В.Е., Мариковская М.П. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4.2 (30). С. 264-267.

6. Мокрозуб В.Г., Мариковская М.П., Красильников В.Е. Методологические основы построения автоматизированной информационной системы проектирования технологического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. Т. 27. № 1.2. С. 259-262.

References

1. Mokrozub V.G., Borisyak A.A., Egorov E.S. 77-30569/227902 Virtualnyiy kabinet «Konstruirovanie tehnologicheskogo oborudovaniya» // Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn. 2011. №10. Rezhim dostupa: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (data obrascheniya 01.12.2014).

2. Egorov S.Ya., Nemtinov V.A., Mokrozub V.G., Milovanov I.V. Opyit razrabotki elektronnoy graficheskoy spravochnoy sistemyi po tehnologicheskomu oborudovaniyu i ee ispolzovanie v uchebnom protsesse // Informatsionnyie tehnologii. 1999. № 8. S. 35–37.

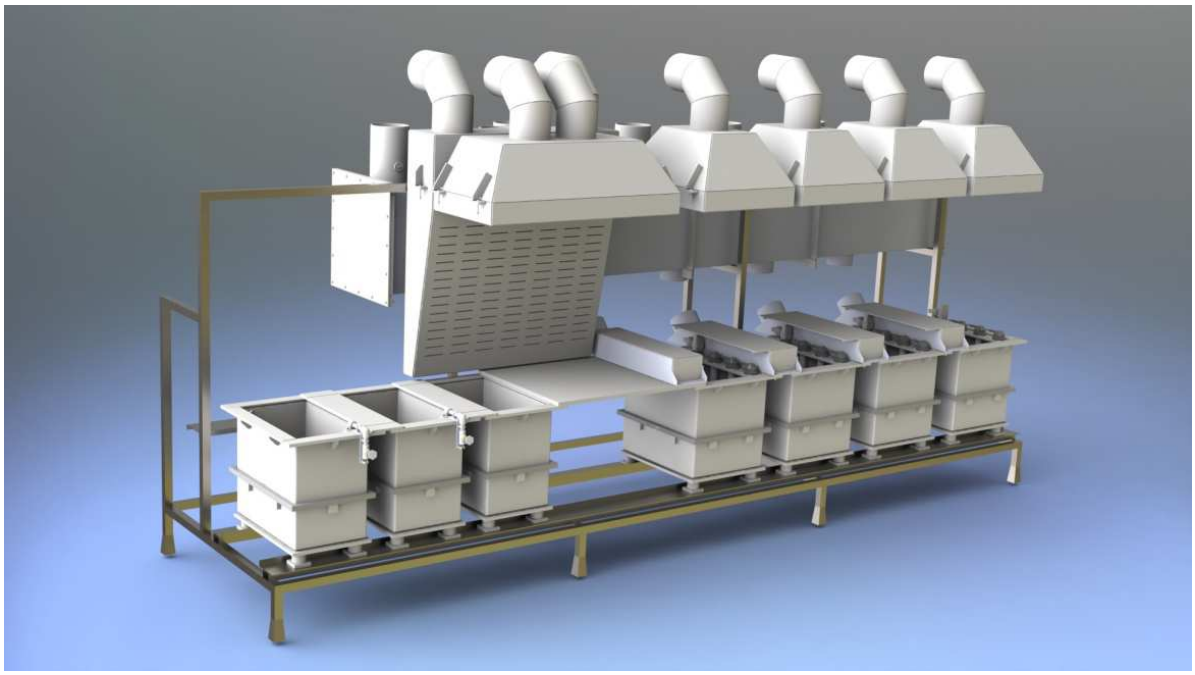
3. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Morozov S.V., Konovalova A.S. Baza dannyih standartnyih i tipovyih elementov tehnicheskih ob'ektov // Radiotehnika. 2010. № 12. S. 29–32.

4. Mokrozub V.G. Taksonomiya v baze dannyih standartnyih elementov tehnicheskih ob'ektov. // Informatsionnyie tehnologii. 2009. № 11. S. 18-22.

5. Mokrozub V.G., Krasilnikov V.E., Marikovskaya M.P. Intellektualnaya avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema proektirovaniya himicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. № 4.2 (30). S. 264-267.

6. Mokrozub V.G., Marikovskaya M.P., Krasilnikov V.E. Metodologicheskie osnovyi postroeniya avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi proektirovaniya tehnologicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. T. 27. № 1.2. S. 259-262.

Секция I
ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ



УДК 621 357.7(031)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

О. И. Аносова*, М. П. Решетникова*, К. В. Немтинов, В. А. Немтинов***

** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*630706*, *e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru*).
*** Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Россия, Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*446414*, *e-mail: kir155@mail.ru*)

Аннотация: Описывается технология автоматизированного проектирования гальванических линий, включающая формирование вариантов структурной схемы комплекса и выбора оптимального варианта с позиций множества критериев; формирование множества вариантов типовых элементов и оптимального выбора варианта, удовлетворяющего их эксплуатационным показателям; конструкторская разработка оригинальных узлов и механизмов.

Abstract: This paper describes the technology of computer-aided design of galvanic lines, including the formation of strucrual schemes' variants and selection of the best option based on the set of criteria: forming the variants of elements' set and optimal choice of the variant, which meets the performance indicators; development of the original components and mechanisms.

Ключевые слова: проектирование гальванических ванн, информационно-логические модели, продукционные модели, поддержка принятия решения, виртуальные модели.

Keywords: design of electroplating baths, information and logical models, production models, decision-making support, virtual model.

В последние десятилетия гальванохимическая обработка являлась и на ближайшую перспективу будет являться одним из самых распространенных способов придания поверхности защитных, защитно-декоративных и специальных (паяемость, износостойкость, отражательная способность и др.) свойств.

В области нанесения элетрохимических, химических и анодизационных покрытий наметилась устойчивая тенденция по разработке и внедрения малоотходных, бессточных и высокопроизводительных комплексных автоматических линий гальванопокрытий и технологий, обеспечивающих частичное или полное улавливание токсичных компонентов и возврат их в производство.

Реализация этого направления значительно усложняется в условиях многономенклатурного и мелкосерийного гальванического производства, характерного для более 70% предприятий приборо- и машиностроения России. Проблема усугубляется относительно высокой стоимостью производственной площади, повышенными требованиями к концентрации вредных выделений гальванических ванн в атмосфере цеха и т.д. А в условиях функционирования автоматических линий гальванопокрытий, в том числе и многопроцессорных, пути решения этой задачи, по данным открытых отечественных и зарубежных публикаций, практически не рассматривались, поэтому было необходимо проведение углубленных исследований.

В этой связи весьма актуальными и своевременными становятся вопросы, связанные с разработкой принципов и методов построения, конструктивно-компоновочных и технологических решений, математического описания систем управления и процессов функционирования ресурсосберегающего, малоэнергоёмкого и высокопроизводительного гальванического оборудования ,обеспечивающего экологически безопасную гальванохимическую обработку деталей различной группы сложности, и максимальную степень рекуперации обрабатывающей среды а автоматическом режиме при минимальных затратах времени и средств. В настоящее время решение этих и других задач практически невозможно выполнить без использования современных информационных технологий.

Анализ литературных источников, связанных с технологией проектирования гальванических линий (технологических комплексов) показал, что в большей степени, в них основное внимание уделяется вопросам конструкторской разработки отдельных узлов, и меньшей степени – выбору наиболее подходящей структурной схемы комплекса для конкретных исходных данных: производительность, назначение обработки, вид обработки, внутренние размеры ванны и критериев, заданных потребителем.

В связи с этим целью данной работы является разработка процедуры автоматизированного проектирования гальванических линий на примере технологического комплекса для цинкования стальных деталей в зависимости от вышеперечисленных требований. В качестве ее прототипа авторы использовали результаты работы [1].

В целом задача автоматизированного проектирования гальванической линии для множества конкретных исходных данных: производительности, времени операций, внутренних размеров ванн, вид и назначения обработки, и критериев, заданных потребителем предусматривает: разработку структурной схемы узлов и механизмов, выбор типовых элементов, их компоновку, а также конструкторскую разработку оригинальных узлов и механизмов.

При такой постановке ее решение невозможно получить в связи с высокой размерностью пространства переменных для гальванической линии, сложностью построения математических моделей поддержки принятия решений, конструкторских особенностей отдельных элементов комплекса и т.д. Поэтому технология проектирования гальванической линии состоит из последовательного рассмотрения трех подзадач меньшей размерности, имеющих, кроме того, самостоятельное значение в процессе проектирования:

– формирование вариантов структурной схемы комплекса и выбора оптимального варианта с позиций множества критериев;

– формирование множества вариантов типовых элементов и оптимального выбора варианта, удовлетворяющего их потребительско-эксплуатационным показателям;

– конструкторская разработка оригинальных узлов и механизмов.

В случае отсутствия решения на следующем этапе проектирования комплекса лицо, принимающее решение, выбирает другой вариант решения задачи предыдущего этапа.

Задача выбора структурной схемы узлов линии из множества вариантов на основании математических критериев оптимальности решается, как правило, редко вследствие сложности накладываемых на комплекс условий, а также большого множества критериев оценки. Наиболее прогрессивным методом решения этой задачи является применение экспертных систем.

Используя опыт, накопленный при проектировании гальванических линий в виде базы данных и задавая цель – например, высокое качество оцинкованных деталей, при помощи механизма принятия решения можно найти совокупность узлов комплекса, обеспечивающих достижение этой цели. В базе собраны правила, эмпирические знания и общие данные, которыми обладают специалисты.

В настоящее время база содержит более 50 продукционных правил, с помощью которых может быть сформирована оптимальная структурная схема гальванической линии для конкретных исходных данных.

Выбор компоновки линии зависит от размеров производственного участка, и направления потока обработки изделий.

Однорядная прямолинейная автооператорная линия выгодна при экономично занимаемой площади, при малотоннажном производстве. Двухрядная прямолинейная автооператорная линия применяется при недостаточной длине производственных помещений, а двухрядная овальная используется только для подвесных и консольных автооператоров [2, 3].

Выбор ванн определяется типоразмерами, согласно заданных габаритов обрабатываемых деталей по:

– длине: 1120, 1600, 2240;
– ширине: 630, 800, 1000,1120;
– высоте: 900, 1000, 1250,1600.

Внутреннее оборудование предусмотренно для каждой из технологических стадий. В промывочных ваннах необходимо наличие для:

– холодной промывки: барботера, трубы наливной;
– горячей промывки: нагревателя, электронагревателя, трубы наливной;
– электрозимических ванн: устройства очистки зеркала, блока электронагревателя, медных шин (анализаторов), устройств очистки зеркала.

Время нахождения обрабатываемых деталей, типа электролизаторов, определяется технологическим заданием.

Комбинируя несколько вариантов структурных схем конструкций узлов линии, обладающих разной эффективностью, формируют целостную конструкцию линии. Поскольку размерность множества комбинаций не превышает 10^3, учитывая быстродействие современных персональных компьютеров, решение сводится к последовательному перебору всех возможных комбинаций схем.

Следующим этапом процедуры автоматизированного проектирования гальванической линии является выбор типовых узлов и механизмов, выпускаемых промышленностью и их предварительное распределение в ее общей конструкции. Большинство элементов гальванических линий имеет стандар-

тизованный типоразмер (например, ванны, автооператоры, металлоконструкции, площадки обслуживания, ванночное оборудование). Барабанные, колольныеванныизготовливаются по индивидуальному заказу.

Вследствие значительного количества критериев оценки (более 10 – 15, например, ремонтопригодность, простота в обслуживании, высокий КПД и т.п.), которые могут быть использованы конструктором при выборе детали или узла, авторами использована процедурная модель автоматизированного выбора детали или узла, характеризующихся наилучшими заданными потребительскими показателями для каждого конкретного случая [4].

Следующим этапом процедуры автоматизированного проектирования гальванической линии является конструкционная разработка оригинальных узлов и механизмов, окончательная компоновка всей линии, а также создание конструкторской документации (чертежей, эскизов, расчетов и т.д.).

Апробация процедуры автоматизированного проектирования гальванической линии осуществлена при проектировании линии для цинкования стальных деталей.

На рисунке 1 представлен 3D-вид модели гальванической линии для цинкования стальных деталей, а рис. 2 и 3 – модели ее отдельных узлов.

Среди достоинств разработанной конструкции линии следует отметить: уменьшение времени на разработку технологической схемы, выбор ванн универсальных размеров, подбор правильного сопутствующего оборудования в короткие сроки и т.д.

Предложенная в настоящей работе процедура автоматизированного проектирования гальванических линий с использованием теории построения экспертных систем позволяет в условиях большой размерности возможных вариантов выбрать оптимальный вариант совокупности узлов и механизмов

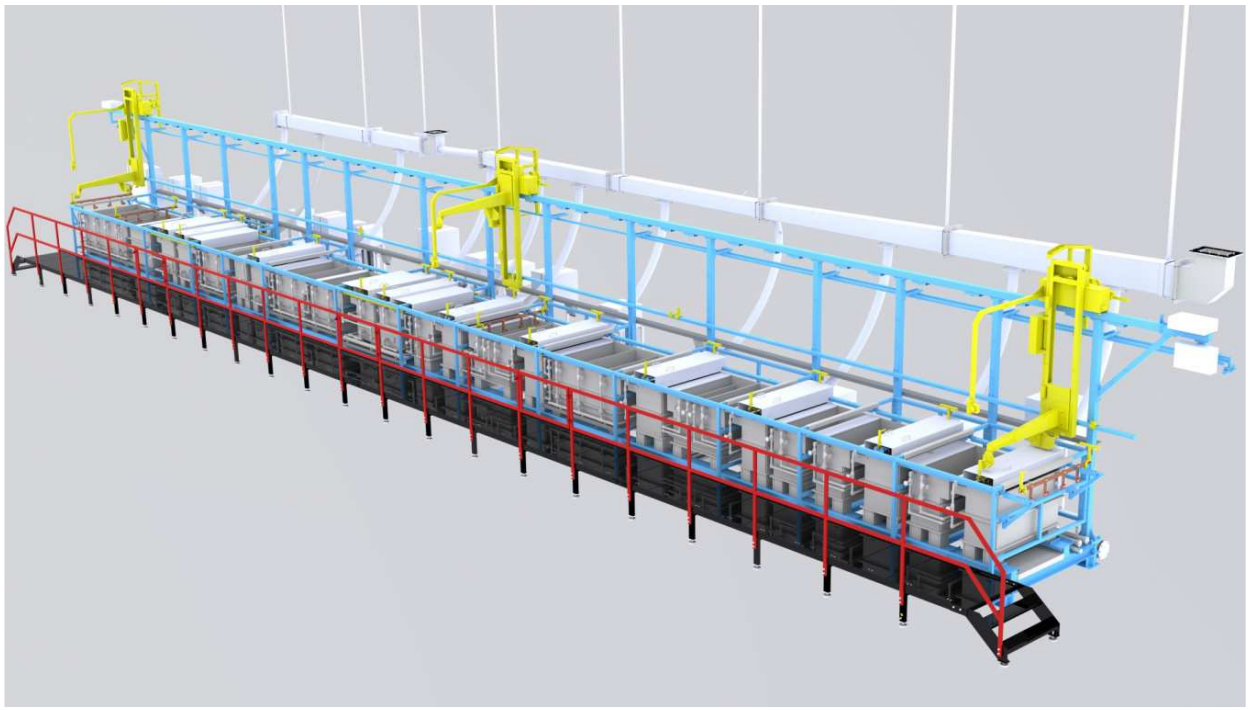


Рис. 1. 3D-вид модели гальванической линии для цинкования стальных деталей

Рис. 2. 3D-вид модели автооператора гальванической линии для цинкования стальных деталей

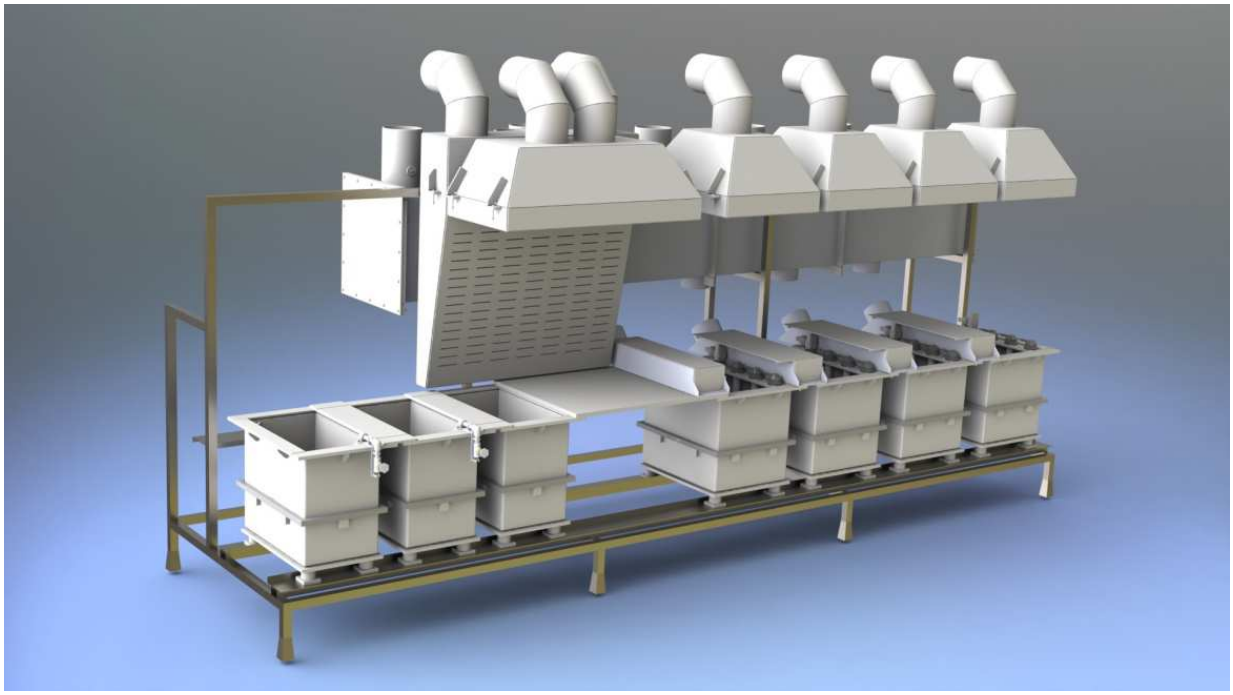


Рис. 3. 3D-вид модели комплекта ванн ручного обслуживания гальванической линии для цинкования стальных деталей

линии для заданных обрабатываемых деталей, технологического процесса и критериев, заданных потребителем, а также реализовать его конструкторское решение.

Библиографический список

1. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Немтинов В.А. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов. // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 1. С. 72 – 83.

2. Алексеев А.Н. Повышение эффективности технологических операций и функционирования оборудования гальванохимической обработки в условиях автоматизированного гальванического производства. 1997. 245 с.

3. Александров В.М., Антонов Б.В., Гендлер Б.И. Оборудование цехов электрохимических покрытий. 1987. 309 с.

4. Немтинов К.В., Зазуля А.Н., Ерусланов А.К. Автоматизация процесса выбора узла сельскохозяйственной техники. // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 10. С. 9 – 15.

References

1. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Nemtinov V.A. Tehnologiya avtomatizirovannogo sinteza slozhnyih tehnologicheskih kompleksov. // Informatsionnyie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2014. № 1. S. 72 – 83.

2. Alekseev A.N. Povyishenie effektivnosti tehnologicheskih operatsiy i funktsionirovaniya oborudovaniya galvanohimicheskoy obrabotki v usloviyah avtomatizirovannogo galvanicheskogo proizvodstva. 1997. 245 s.

3. Aleksandrov V.M., Antonov B.V., Gendler B.I. Oborudovanie tsehov elektrohimicheskih pokryitiy. 1987. 309 s.

4. Nemtinov K.V., Zazulya A.N., Eruslanov A.K. Avtomatizatsiya protsessa vyibora uzla selskohozyaystvennoy tehniki. // Vestnik kompyuternyih i informatsionnyih tehnologiy. 2014. № 10. S. 9 – 15.

УДК 62-1/-9

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

М. П. Решетникова*, О. И. Аносова*, К. В. Немтинов, В. А. Немтинов***

** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*630706, e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru*).
*** Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Россия, Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*446414, e-mail: kir155@mail.ru*)

Аннотация: Для решения задачи автоматизированного проектирования комплекса очистки сточных вод гальванических линий авторами адаптирована технология автоматизированного проектирования сложных технологических комплексов, которая одновременно учитывает: представление комплекса задач проектирования комплексов очистки сточных гальванических линий в виде единой системы с использованием теории сложных систем и наличие единой информационной базы, комплексное оценивание (с экономических и технологических позиций) конструкторских решений; а также обеспечивает повышение интеллектуализации обработки информации в области проводимых исследований, значительное снижение сроков и затрат на проектирование комплексов.

Abstract: In order to solve the problem of computer-aided designing of wastewater treatment for galvanic lines, the authors have adapted the technology of computer-aided design of complex technological systems, which simultaneously takes into account the following aspects: representation of the problems of wastewater theratment complex for galvanic lines in a single system using the theory of complex systems, presence of a common information base and comprehensive evaluation of design solutions (from economic and technological viewpoint). It also provides an increased intellectualization of information processing in the given research area and significant reduction in timing and design costs.

Ключевые слова: проектирование очистных комплексов гальванических линий, поддержка принятия решения, виртуальные модели.
Keywords: design of treatment systems for galvanic lines, decision support, virtual models.

В настоящее время в Российской Федерации в области нанесения электрохимических, химических и анодизационных покрытий наметилась устойчивая тенденция по разработке и внедрения малоотходных, бессточных и высокопроизводительных комплексных автоматических линий гальванопокрытий и технологий, обеспечивающих частичное или полное улавливание токсичных компонентов и возврат их в производство. Реализация этого направления значительно усложняется в условиях многономенклатурного и мелкосерийного гальванического производства, характерного для более 70% предприятий приборо- и машиностроения России. Проблема усугубляется относительно высокой стоимостью производственной площади, повышенными требованиями к концентрации вредных выделений гальванических ванн в атмосфере цеха и т.д.

Производства, связанные с химической и электрохимической обработкой металлов, являются одними из наиболее вредных для окружающей среды. Особенно опасными являются тяжелые металлы, под действием которых у человека могут возникать тяжелых заболевания центральной нервной системы, кровеносных сосудов, сердца, печени и других органов. Кроме того, тяжелые металлы обладают мутагенным действием, приводят к тяжелым заболеваниям и т.д. Попадание очищенных или плохо очищенных сточных вод и других отходов, содержащих соединения тяжелых металлов, в природную среду приводит к большому экологическому ущербу. Поэтому вопросы эффективной очистки сточных вод в процессах обработки металлов в настоящее время остаются весьма актуальными.

Хотя количества сточных вод, в частности на небольших и средних предприятиях, относительно не велики, затраты на строительство локальных очистных сооружений нередко бывают сопоставимы с капитальными затратами на создание основных производств. Это объясняется достаточной сложностью технологических процессов обработки сточных вод, довольно высокой стоимостью технологического оборудования, а также затратами на создание автоматизированных систем регулирования и управления этими процессами.

Сточные воды при химической и электрохимической обработке металлов образуется в основном в промывочных операциях, имеющих целью удаление с поверхности металлоизделий пленок и капель растворов электролитов (в более редких случаях – налета затвердевших минеральных солей).

В этой связи весьма актуальными и своевременными становятся вопросы, связанные с разработкой конструктивно-компоновочных и технологических решений, малоэнергоёмкого и высокопроизводительного гальванического оборудования, обеспечивающего экологически безопасную гальванохимическую обработку деталей различной группы сложности и максимальную степень рекуперации обрабатывающей среды при минимальных затратах времени и средств. В настоящее время решение этих и других задач практи-

чески невозможно выполнить без использования современных информационных технологий.

В связи с этим целью данной работы является разработка процедуры автоматизированного проектирования комплекса очистки сточных вод гальванических линий. В качестве ее прототипа авторы использовали результаты работы [1].

Для решения этой проблемы авторами адаптирована технология автоматизированного проектирования сложных технологических комплексов [2, 3], которая:

1) одновременно учитывает:

– представление комплекса задач проектирования комплексов очистки сточных гальванических линий (автоматизированного выбора структурной схемы комплекса, типовых узлов и механизмов, а также конструкторской разработки оригинальных узлов и компоновка всех узлов комплекса) в виде единой системы с использованием теории сложных систем и наличие единой информационной базы;

– комплексное оценивание (с экономических и технологических позиций) конструкторских решений;

2) обеспечивает:

– повышение интеллектуализации обработки информации в области проводимых исследований;

– значительное снижение сроков и затрат на проектирование комплексов;

– резкое уменьшение количества ошибок проектировщиков и их устранение на ранних этапах проектирования, обеспечение технологичности - удобства и легкости реализации процесса функционирования отдельных узлов и всего комплекса в целом.

Апробация технологии выполнена на примере комплекса, предназначенного для очистки стоков линий цеха гальванопокрытий с возвратом очищенной воды (~95%) на промывочные операции гальванических линий и со сбросом очищенной до ПДК загрязняющих компонентов воды (до ~5%) в канализацию.

Исходными данными для проектирования являются: механизированная линия обработки алюминия и его сплавов; механизированная линия оксидирования; механизированная линия химического пассивирования нержавеющих сталей; автоматизированная барабанно-подвесочная линия цианистых покрытий; автоматизированная линия электрохимического полирования; механизированная линия фосфатирования; механизированная линия хромирования; автоматизированная 2-х рядная многопроцессная линия; линия обработки меди и ее сплавов (ручного обслуживания); линия химического никелирования; механизированная линия травления и снятия альфированного слоя с титановых элементов; линия алмазирования; линия серебрения и палладирования; линия подготовки и дубления. Расчетная номинальная производительность комплекса по промывной воде – 1,5 м^3/ч.

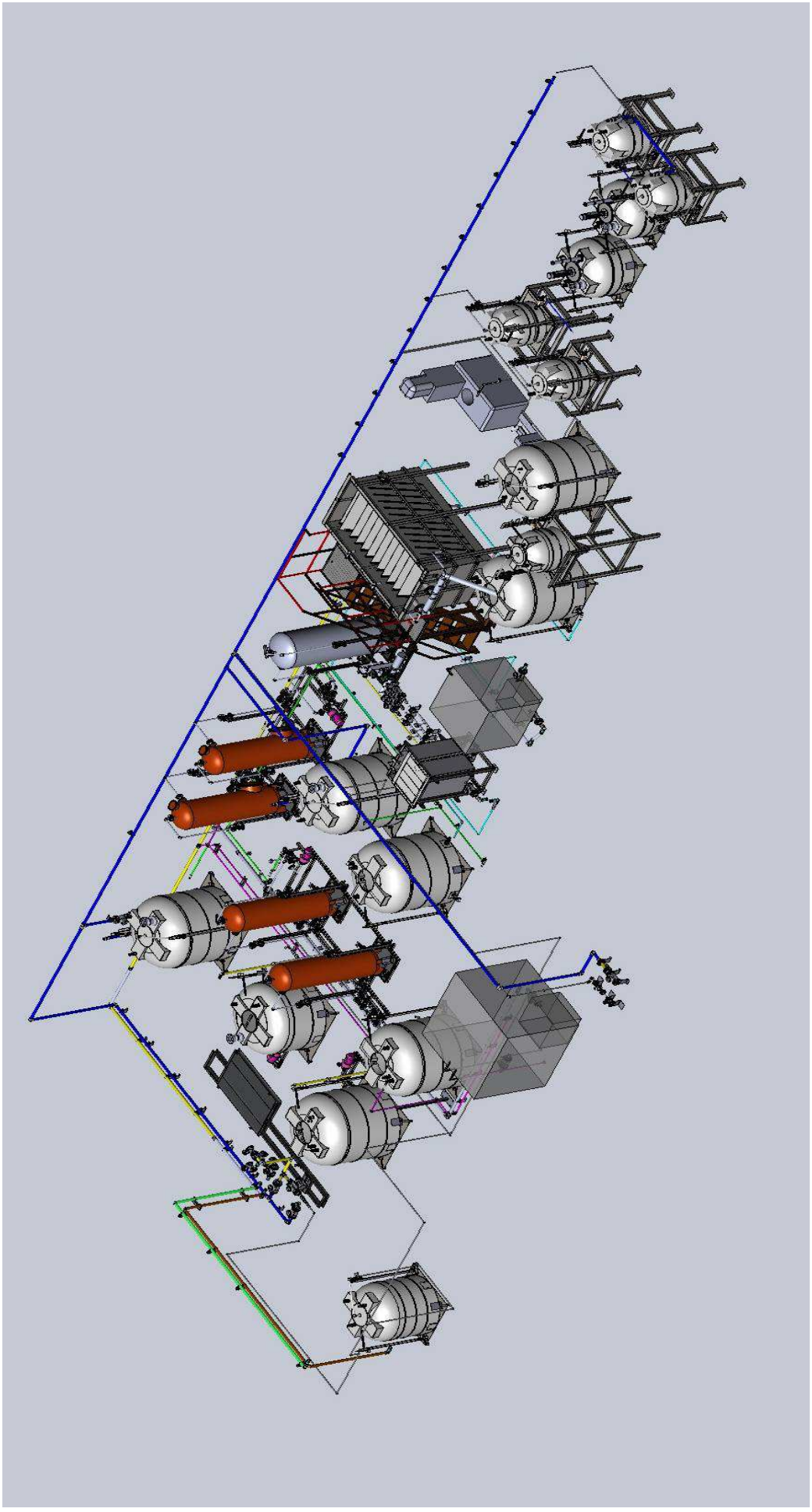


Рис. 1. 3D-вид модели комплекса очистки сточных вод гальванических линий

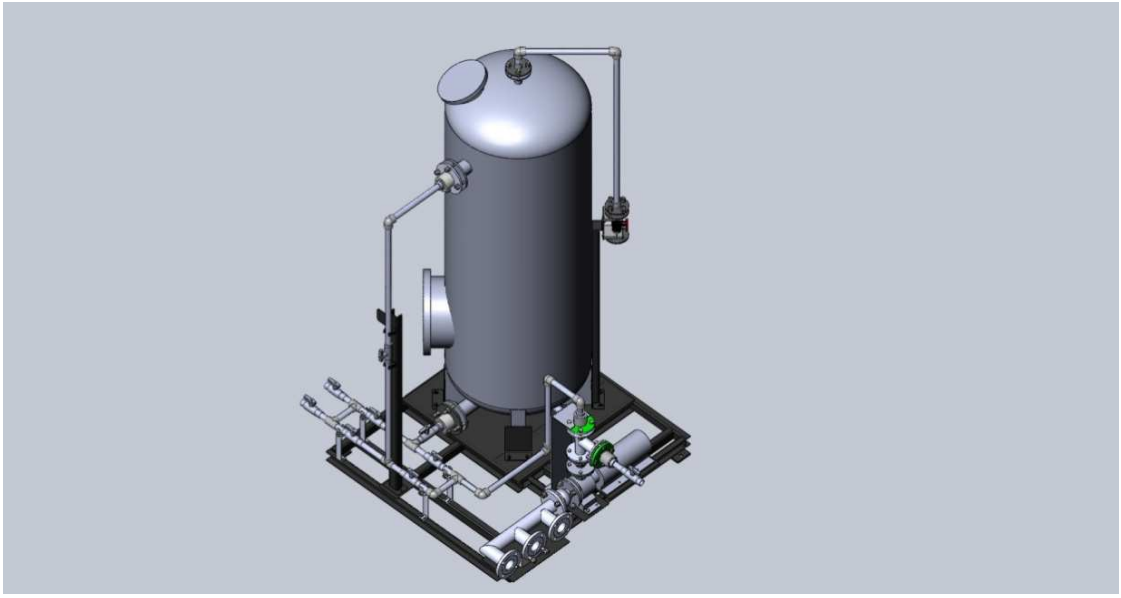


Рис. 2. 3D-вид модели установки фильтра для сорбционной очистки стоков

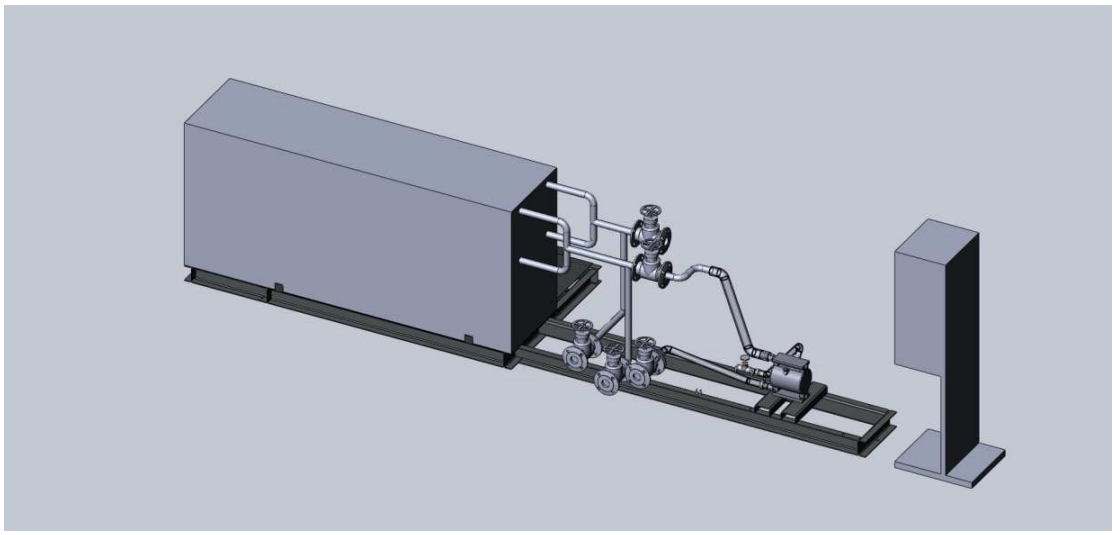


Рис. 3. 3D-вид модели установки обезвоживания для разделения твердых и жидких фаз

Рис. 4. 3D-вид модели колонны ионообменной для доочистки стоков

Ориентировочные исходные концентрации основных загрязняющих компонентов в промывной воде: цинк – 7; медь – 2; свинец – 0,8; никель – 3; хром шестивалентный – 22; цианиды – 2; нитраты – 110; хлориды – 70; сульфаты – 150 мг/л.

Остаточные концентрации основных загрязняющих компонентов в очищенной воде при сбросе в канализацию не должны превышать следующие значения: цинк – 0,01; медь – 0,001; свинец – 0,006; хром шестивалентный – 0,02 мг/л; хром трехвалентный – 0,07; цианиды – отсутствуют; нитраты – 40,27; хлориды – 300; сульфаты – 100 мг/л.

В результате использования приведенной выше технологии автоматизированного проектирования сложных технологических комплексов была разработана виртуальная модель технологического комплекса очистки сточных вод гальванических линий.

На рисунке 1 представлен 3D-вид модели комплекса очистки сточных вод, а рис. 2, 3 – модели его отдельных элементов.

Среди достоинств разработанной конструкции комплекса очистки сточных вод гальванических линий следует отметить: применение современных материалов, конструкций, деталей, реагентов; сокращение сроков очистных работ - нет разрыва между подготовкой и самим процессом; наиболее оптимальная степень очистки, где остаточные концентрации загрязненных компонентов в очищенной воде при подаче ее на промывочные операции гальванических линии не должны превышать значений для воды категории 2 (ГОСТ 9.314-90); успешно используется для очистки от тяжелых металлов, нефтепродуктов, органики, части анионов.

Библиографический список

1. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Немтинов В.А. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов. // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 1. С. 75 – 83.

2. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Зазуля А.Н. Автоматизация процесса выбора узла сельскохозяйственной техники комплексов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 10. С. 9–15.

3. Немтинов К.В. Применение теории сложных систем при проектировании технологических комплексов // Управление большими системами: Материалы X Всероссийской школы-конф., 5-7 июля 2013 года, г. Уфа. Том 1 / Уфим. гос. авиац. ун-т. - Уфа: УГАТУ, 2013. С. 267 – 270.

References

1. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Nemtinov V.A. Tehnologiya avtomatizirovannogo sinteza slozhnyih tehnologicheskih kompleksov. // Informatsionnyie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2014. № 1. S. 75 – 83.

2. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Zazulya A.N. Avtomatizatsiya protsessa vyibora uzla selskohozyaystvennoy tehniki kompleksov // Vestnik kompyuternyih i informatsionnyih tehnologiy. 2014. № 10. S. 9–15.

3. Nemtinov K.V. Primenenie teorii slozhnyih sistem pri proektirovanii tehnologicheskih kompleksov // Upravlenie bolshimi sistemami: Materialyi H Vserossiyskoy shkolyi-konf., 5-7 iyulya 2013 goda, g. Ufa. Tom 1 / Ufim. gos. aviats. un-t. - Ufa: UGATU, 2013. S. 267 – 270.

УДК 004.94

В ИССЛЕДОВАНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ИЗДЕЛИЙ

К. А. Алтунин*, М. В. Соколов**

** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (89622)341517, e-mail: costjaaltunin@yandex.ru).*

*** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (89106)582725, e-mail: msok68@mail.ru)*

Аннотация: Рассматриваются методики исследования напряженно-деформированного состояния изделий в программах твердотельного моделирования. Предоставлен обзор основных возможностей CAD-системы среднего уровня и даны примеры моделирования процессов резания.

Abstract: This paper examine the research methods of the stress-strain state of products in solid modeling programs. We provide an overview of the main features for CAD-system of the middle level and examples of cutting processes modeling.

Ключевые слова: метод конечных элементов, CAD/CAM/CAE – системы, моделирование напряженно-деформированного состояния деталей.

Keywords: finite elements method, CAD/CAM/CAE-systems, modeling of the stress-strain state of details.

Применение комплексных CAD/CAM/CAE-систем позволяет существенно сократить сроки проектирования и изготовления нового оборудования, ускорить внедрение его в производство. Отдельные CAE-модули этих систем позволяют осуществлять инженерные расчеты, анализ, моделирование и оптимизацию проектных решений. Подобный анализ может дать данные, которые в дальнейшем могут быть использованы при математическом моделировании различных механических процессов (например, процессов резания металлов), и изучить внутреннюю механику рассматриваемых процессов.

Основным методом для проведения различных видов анализа является метод конечных элементов (МКЭ). Сущность МКЭ заключается в том, что область, занимаемая телом, разбивается на конечные элементы (треугольники в плоском случае и тетраэдры в пространственном). Внутри каждого элемента задаются некоторые функции формы, позволяющие определить перемещения внутри элемента по перемещениям в узлах (в местах стыков конечных элементов).

На данный момент существует широкий выбор системами автоматизированного проектирования (САПР) среднего уровня, позволяющих проводить различные виды инженерных расчетов (который чаще всего выполняет в соответствии с МКЭ), благодаря встроенным в них CAE-модулям. Среди данных программ можно выделить AutodeskInventor и SolidWorks как наиболее распространенные и простые в применении. Рассмотрим их возможности.

AutodeskInventor – это инженерный пакет для конструирования машин и механизмов, использующий возможности операционной системы Microsoft

Windows. Инструментальные средства AutodeskInventor обеспечивают полный цикл конструирования и создания конструкторской документации. В продукте имеются удобные средства моделирования движения и расчета напряжений. Autodesk Inventor может осуществлять динамическое моделирование и параметрический расчет напряженно-деформированного состояния деталей и сборок. Среда динамического анализа поддерживает моделирование движения и статичного состояния, а также позволяет выполнять расчеты методом конечных элементов на уровне детали и на уровне изделия. Функция расчет статики позволяет исследовать деформацию деталей и изделий под статическими нагрузками для определения максимальных и минимальных напряжений и прогиба.

Программа Solid Works – это САПР, использующая привычный графический интерфейс пользователя Microsoft Windows. Для проектируемых трехмерных деталей и сборок можно создавать двухмерные чертежи. Детали, сборки и чертежи являются связанными документами; при внесении любых изменений в детали или сборки документ чертежа изменяется. Используя различные модули, SolidWorks может проводить разнообразные виды инженерных расчетов. В частности такие как: расчет на прочность и устойчивость, определение теплопередачи, частотный анализ, моделирование динамики механизмов, электромагнитные и гидродинамические расчеты, анализ размерных цепей.

Отметим, что перечисленные выше, программные продукты построены на едином программном ядре, что позволяет осуществлять передачу твердотельных моделей из одной системы в другую без потери ее качества. Это позволит осуществлять междисциплинарный анализ и сквозное проектирование процесса, который необходимо смоделировать.

Таким образом, рассматриваемые CAD-системы обладают достаточным набором средств для моделирования и анализа различных механических процессов.

Примером подобного использования программ твердотельного моделирования может служить анализ нагрузок, действующих на режущий инструмент во время резания [1]. Для моделирования применялся инженерный пакет AutodeskInventor 2011. Сначала была создана твердотельная модель резца. С целью приближения моделирования к реальным условиям обработки была построена трехмерная модель четырехпозиционной резцовой головки. Также был создан файл сборки (рис. 1), в котором имитируется закрепление резца в резцовой головке. Для этой сборки и был произведен анализ напряжений.

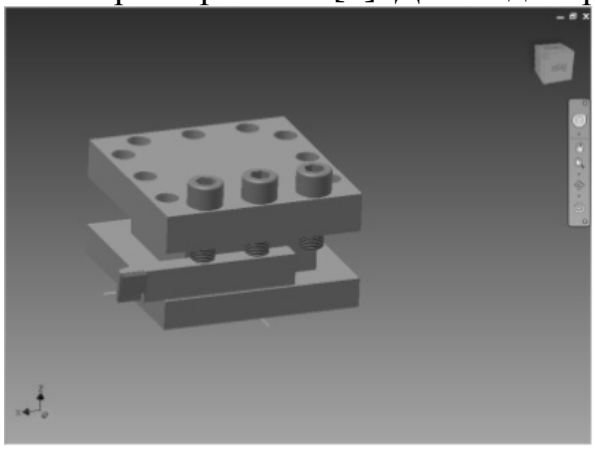


Рис. 1. Закрепление резца в резцовой головке

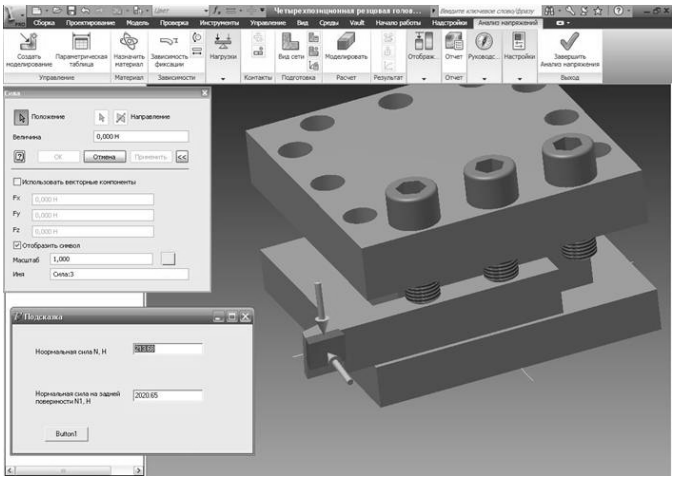


Рис. 2. Приложение нагрузки к режущей кромке

По математической модели токарной обработки, описанной в работе [2] были рассчитаны нормальные составляющие силы резания, действующие на переднюю и заднюю поверхность резца.

Полученные силы были приложены к соответствующим поверхностям режущего инструмента с целью моделирования нагрузок (рис. 2). Так же на конструкцию были наложены зависимости фиксации, имитирующие закрепление резца на станке.

При расчете в среде Autodesk Inventor Professional в качестве выходных параметров получаем напряжение по Мизесу, 1-е основное напряжение, коэффициент запаса прочности и разложение смещений по осям X, Y и Z. Пользователь можете анимировать результаты и наблюдать смещение и концентрации напряжений в последовательности изображений.

Это позволяет исследовать деформацию инструмента под статическими нагрузками для определения максимальных и минимальных напряжений и прогиба. Таким способом проверяется устойчивость резца к нагрузкам, возникающим при резании, проверяется его прочность. В результате данного моделирования появляется возможность рассмотреть поведение режущего инструмента в процессе резания. Выдаваемый инженерным пакетом набор выходных данных может быть использован для дальнейшего исследования процесса резания, определения его параметров и выявления способов его оптимизации. Так смещение резца по оси X и Z может быть применено для вычисления ошибки погрешности обработки, как это показано в работе [1].

Моделирование процесса резания можно производить и в среде SolidWorks. В качестве примера можно привести имитирование нагрузок, действующих на заготовку, осуществленное в работе [3]. Моделирование проводилось в среде SolidWorks 2008, с использованием модуля COSMOS Xpress. Результатами анализа являются опасные сечения заготовки, распределение напряжений, распределение смещений и деформированная форма заготовки. Благодаря этим данным появляется возможность сделать вывод о допустимости принятых режимов резания в зависимости, например, от требуемых показателей к качеству изготавливаемой детали или жесткости системы станок – приспособление – инструмент – деталь (СПИД).

Рассматриваемые методики моделирования процессов резания показывают огромный потенциал CAD/CAM/CAE-систем в исследовании механической обработки материалов. Они позволяют наглядно изучить процессы, происходящие во время резания, не прибегая к дорогостоящим экспериментам. Совместное моделирование напряженно-деформированного состояния заго-

товки и режущего инструмента дает возможность визуализировать процесс математического моделирования процесса резания.

Библиографический список

1. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С.И. Пестрецов, К.А. Алтунин, М.В. Соколов, В. Г. Однолько. – М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.
2. Силин, С.С. Метод подобия при резании материалов. / С.С. Силин – М.: Машиностроение, 1979. – 152 с.
3. Компьютерное моделирование и оптимизация процессов резания: учеб.пособие / С.И. Пестрецов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009 – 104 с.

References

1. Kontseptsiya sozdaniya sistemyi avtomatizirovannogo proektirovaniya protsessov rezaniya v tehnologii mashinostroeniya / S.I. Pestretsov, K.A. Altunin, M.V. Sokolov, V. G. Odnolko. – M.: Izdatelskiy dom «Spektr», 2012. – 221 s.
2. Silin, S.S. Metod podobiya pri rezanii materialov. / S.S. Silin – M.: Mashinostroenie, 1979. – 152 s.
3. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya protsessov rezaniya: ucheb.posobie / S.I. Pestretsov. – Tambov : Izd-vo Tamb. gos. tehn. un-ta, 2009 – 104 s.

УДК 62-5

ПРОБЛЕМА ПЕРЕДАЧИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ЧЕРЕЗ STL-ФОРМАТ

А. В. Щеголев*, А. И. Сердюк, А. И. Сергеев****

** ЗАО «Механический завод», Россия, Орск*
(*тел (83537)450200, e-mail: office@mz-orsk.ru*).
*** Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург*
(*тел. (83532)372510, e-mail:sap@mail.osu.ru*)

Аннотация: Отмечается проблема преобразования трехмерных моделей, выполненных в САПР КОМПАС-3D в формат STL для последующей работы в других автоматизированных системах. Описывается подход к формированию геометрических объектов в данном формате с возможностью управления количеством и расположением полигонов.

Abstract: This article points out the problem of transformation of three-dimensional models, which are developed in CAD KOMPAS-3D in STL format for further processing in other automated systems. We describe an approach to formation of geometrical objects in the given format with the option to control the amoun and location of the polygons.

Ключевые слова: формат данных STL, геометрическая модель, точность модели, количество полигонов, GeomagicStudio, САПР КОМПАС-3D.

Keywords: STL data format, a geometric model, accuracy of the model, the number of polygons, Geomagic Studio, CAD KOMPAS-3D.

На производстве часто используется набор систем автоматизации инженерной деятельности (CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM) различного функционального назначения от разных производителей программного обеспече-

ния. Это объясняется тем, что не всегда один поставщик охватывает весь спектр задач предприятия. Так, например, при работе в одной CAD-системе может потребоваться передача данных в различные CAM-системы [1]. Второй причиной является наличие специфических задач, решаемых с помощью специально предназначенных систем. Одной из подобных специфических задач является анализ процессов обработки металлов давлением (ОМД), для которых часто используются специальные программные средства (ПС). Как правило, такие ПС обладают широкими возможностями в области ОМД, однако характеризуются ограниченным функционалом в части построения геометрических моделей. Проблема передачи сложной геометрии из CAD-систем в специализированные ПС решается при помощи обменных форматов. Так, например, популярным ПС для анализа процессов ОМД служит программный комплекс DEFORM, геометрический модуль которого позволяет создавать лишь несложные формы. Для передачи геометрии в DEFORM выбран формат STL, поскольку на предприятии используется САПР КОМПАС, в экспортных возможностях которой только формат STL совпадает с возможностями импорта в DEFORM.

STL – это «мозаичный» формат, в котором для представления формы цифровой 3D-модели используется последовательность треугольников (фасетов). Трехмерная геометрия в ведущих 3D CAD-системах описывается поверхностями высокого порядка, а при триангуляции поверхность модели разбивается на маленькие треугольники [2].

Для моделирования операций изготовления стальных баллонов высокого давления по конструкторской документации ОАО «Механический завод» в САПР КОМПАС разработаны трехмерные модели технологического инструмента, использующегося в производстве.

При экспорте моделей в формат STL оказалось, что КОМПАС даже при максимальных настройках точности отрисовки формирует достаточно грубую версию модели в «мозаичном формате». При открытии экспортированной модели матрицы операции свертки в программе Geomagic Studio (рис. 1) видно, что детализация выполнена грубо, поверхности скругления имеют ярко выраженные «ступени». При моделировании с таким уровнем детализации контакт поверхности заготовки будет рассчитываться по ребрам полученных «ступеней», что приведет к существенным погрешностям результатов моделирования вплоть до разрыва материала заготовки.

Чтобы снизить погрешность результатов моделирования, необходимо получить более точные модели инструмента, особенно поверхности скругления, по которым осуществляется свертка. После анализа возможных путей решения данной проблемы предложено использовать для формирования STL-моделей демонстрационную версию ПС GeomagicStudio. Данное ПС предназначено для преобразования отсканированных трехмерных моделей в высокоточные полигональные модели [3]. В GeomagicStudio реализована возможность работы с обменными форматами данных, используемыми в отрасли

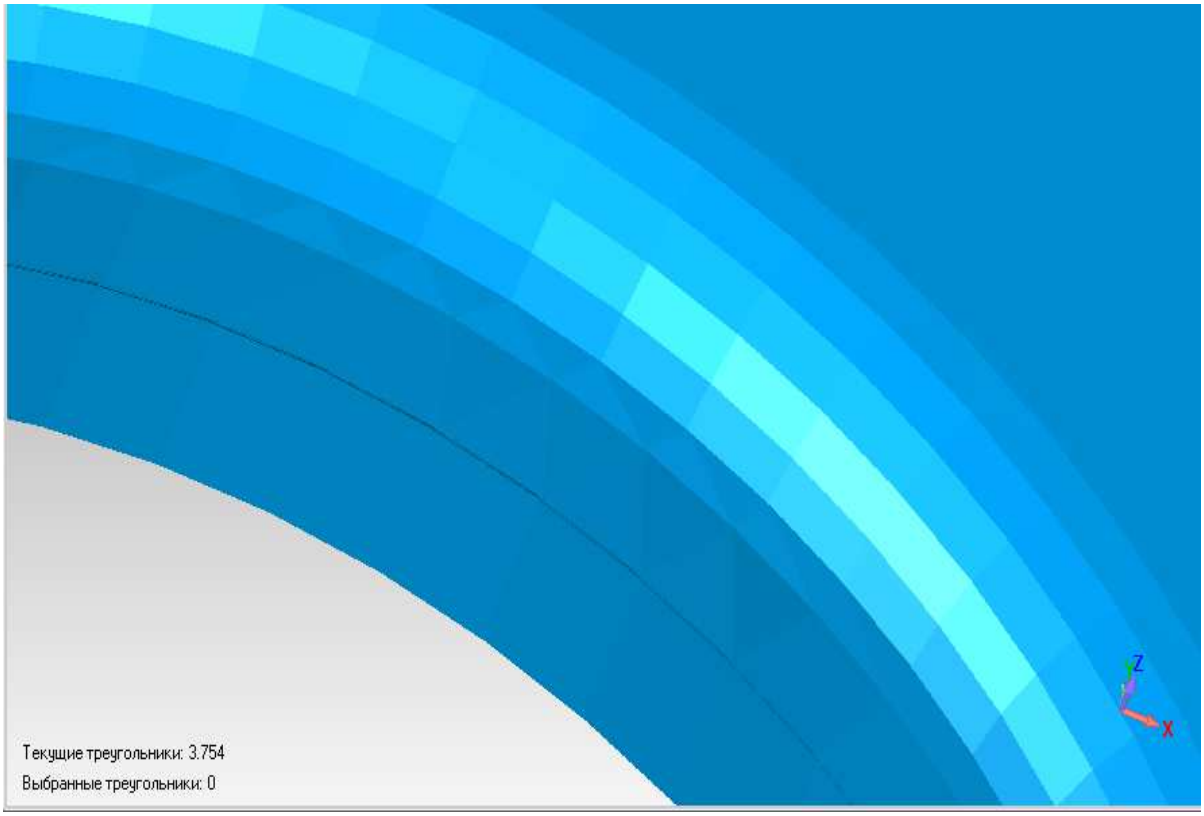


Рис. 1. STL-модель матрицы операции свертки

САПР. Для передачи геометрии был использован формат STEP. По умолчанию, в разделе настройки параметров входной (выходной) информации GeomagicStudio установлено максимальное количество треугольников (400 000), что позволяет получать высокоточные модели, практически неотличимые от оригинальных твердотельных. Однако, такое количество треугольников приведет к существенному увеличению времени расчета. Использование команды «Уменьшить количество треугольников» приводит к формированию элементов скругления, состоящих в большинстве своем из хаотично расположенных треугольников (рис. 2), что с одной стороны снижает равномерность поверхности, а с другой – увеличивает количество вершин, поверхность получается более «остроконечная».

Использование при моделировании подобной поверхности также приведет к погрешностям расчета и увеличению длительности вычислений.

Для того, чтобы получить более равномерную поверхность, необходимо в настройках программы «Опции → Файл I/O → CAD» установить требуемое максимальное количество треугольников. Данное значение зависит от размера и формы модели, поэтому в каждом конкретном случае подбирается индивидуально. При невозможности построить модель из заданного количества треугольников GeomagicStudio формирует модель из минимально возможных треугольников с заданной точностью. Так для матрицы операции свертки было установлено количество треугольников, равное 40 000 (рис. 3). Полученная поверхность состоит из более равномерно распределенных элементов, которые с большей степенью точности отражают геометрию инструмента.

Рис. 2. Поверхность скругления матрицы свертки после применения операции «Уменьшить количество треугольников»

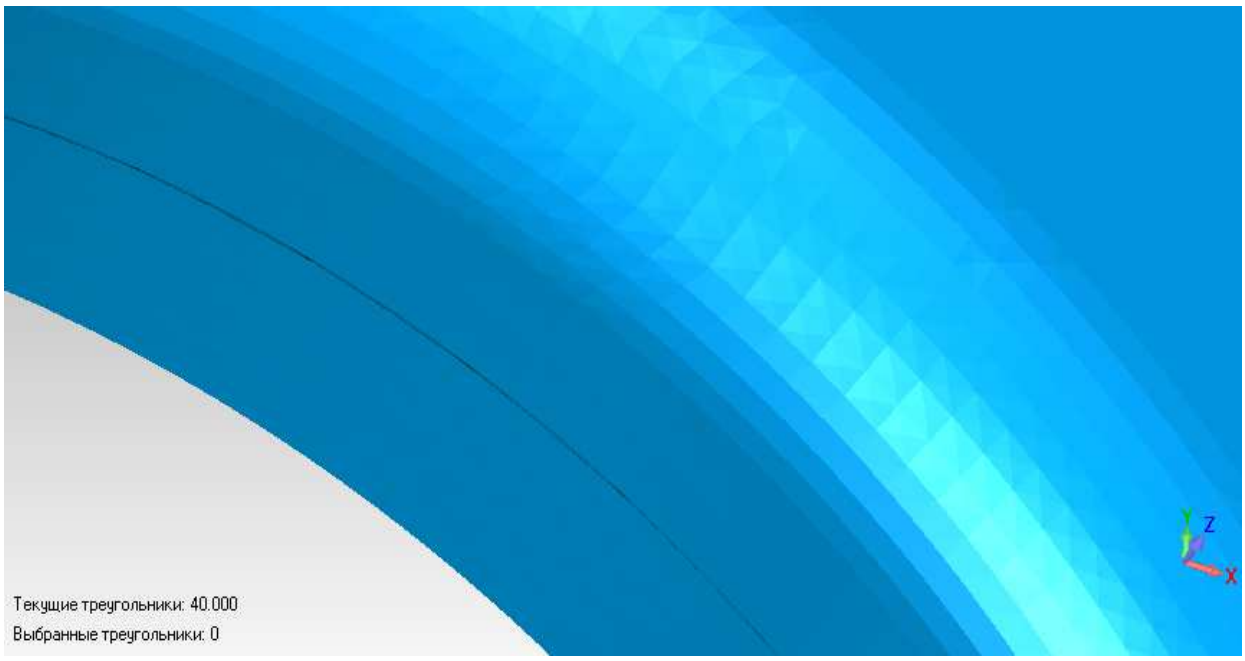


Рис. 3. Поверхность скругления матрицы свертки, полученная после уменьшения максимально количества треугольников в настройках программы

При построении пуансона при заданном максимальном количестве треугольников 4000 GeomagicStudio сформирована модель, состоящую из 7888 треугольников, что вполне достаточно для расчета (рис. 4).

Таким образом, предложенный подход формирования моделей в формате STL позволяет получить достаточно точную геометрию вытяжного инструмента, с одной стороны, а с другой стороны – регулировать количество конечных элементов для сокращения длительности расчетов.

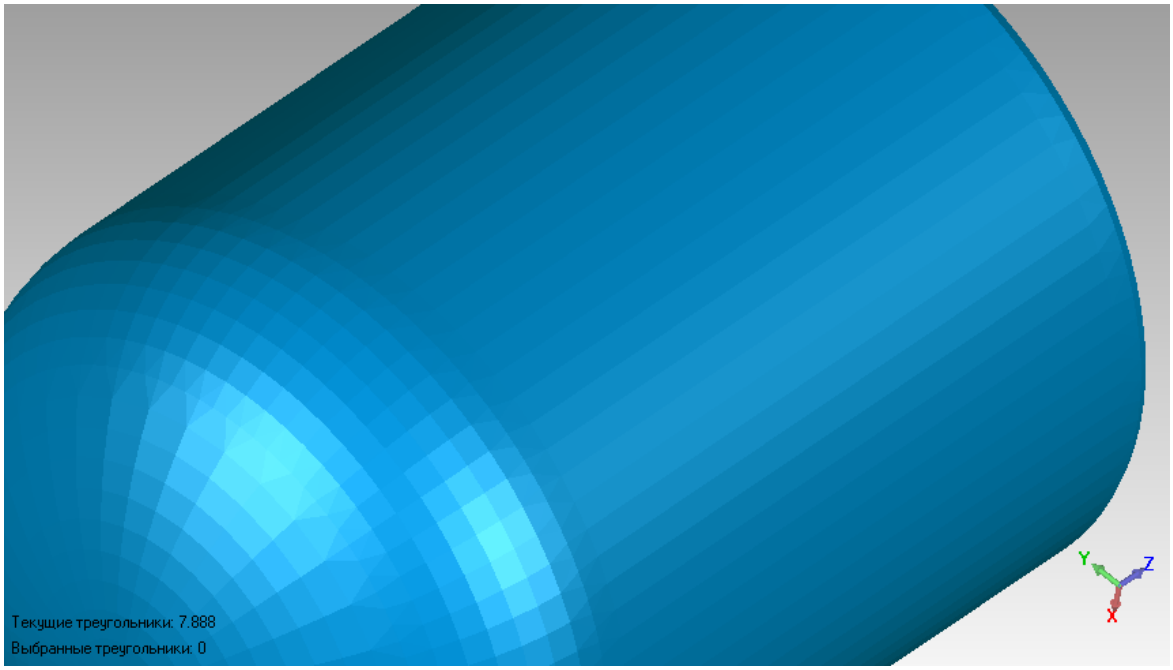


Рис. 4. Модель пуансона операции свертки в формате STL

Библиографический список

1. Султанов, Н.З. Обзор возможностей верификации управляющих программ / Н.З. Султанов, А.И. Сергеев, П.В. Иванов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. –С. 211.
2. Standard Data Format for Fabbers [Электронный ресурс] URL: http://www.ennex. com/~ fabbers/StL.asp (дата обращения: 17.04.07).
3. Geomagic Studio / Официальный сайт разработчика. – URL: http://www.geomagic. com/ru/products/studio/ overview (дата обращения 25.11.2014).

References

1. Sultanov, N.Z. Obzor vozmozhnostey verifikatsii upravlyayuschih programm / N.Z. Sultanov, A.I. Sergeev, P.V. Ivanov // Sovremennyie problemyi nauki i obrazovaniya. 2014. № 4. –S. 211.
2. StandardDataFormatforFabbers [Elektronnyiy resurs] URL: http://www.ennex. com/~fabbers/StL.asp (data obrascheniya: 17.04.07).
3. GeomagicStudio / Ofitsialnyiy sayt razrabotchika. – URL: http://www.geomagic.com/ ru/products/studio/ overview (data obrascheniya 25.11.2014).

УДК 658.512.011.56:519.87

АВТОЗАПОЛНЕНИЕ КООРДИНАТ СЕТЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ ПОТОЧЕЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Е. А. Котова*, В. К. Столчнев**

** Рязанский государственный радиотехнический университет, Россия, Рязань* (*e-mail: katekotova_86@mail.ru*).
*** Рязанский государственный радиотехнический университет, Россия, Рязань* (*e-mail: vstolchnev@gmail.com*)

Аннотация: Предложено решение проблемы автоматизации заполнения неуказанных координат точек сетчатой поверхности в условиях нефункционального поточечного представления исходных данных. С помощью описанного алгоритма производится вычисление неизвестных координат контрольных точек, при соединении которых образуются прямоугольные сегменты, в результате чего получаются сетчатые поверхности с рельефными пиками. Эти поверхности используются для проведения экспериментов с помощью интерактивной компьютерной модели бицентрическогомоноокусного полупространства (БМП).

Abstract: This article considers the solution to the problem of automatic filling of the unknown coordinates of the points of the gridded surface in a non-functional pointwise representation of the initial data. By the means of this algorithm the computation of the unknown coordinates of control points is performed. After these points are connected into the rectangular segments, the gridded surfaces with relief peaks are obtained. These surfaces are used in the experiments, which include the interactive computer model of the bicentricmonofocal half-space (BMHS).

Ключевые слова: бицентрическоемонофокусное полупространство (БМП), интерактивная модель, сетчатая поверхность, автоматическое заполнение координат точек, точечное представление поверхности.

Keywords: bicentricmonofocal half-space (BMHS), interactive model, gridded surface, automatic filling of the points coordinates, point representation of a surface.

Введение. Бицентрическоемонофокусное полупространство (БМП) есть субъективная модель представления традиционного трёхмерного пространства человеческим сознанием [1]. Для визуализации парадигмы БМП-подхода была разработана интерактивная трёхмерная компьютерная модель Glance [2], используемая для проведения экспериментов над поверхностями: они строятся по контрольным точкам [3], при соединении которых образуются прямоугольные сегменты, в результате чего получаются сетчатые поверхности (рис. 1) [4].

Постановка задачи. Необходимо найти оптимальный способ построения сетчатой поверхности при минимальном количестве известных координат её точек.

Подход к решению задачи. Простейшей невырожденной экспериментальной поверхностью является прямоугольная сетчатая поверхность [4] (часть плоскости, ограниченная невырожденным в точку или отрезок прямоугольником). Для её построения достаточно задать координаты вершин прямоугольника в пространстве, а также число вертикальных и горизонтальных каркасных линий – на их пересечении легко определяются остальные контрольные точки [3].

Возьмём произвольный каркасный отрезок [5], направленный горизонтально или вертикально. Он, как и любой другой каркасный отрезок в этом направлении, будет пересечён заданным числом каркасных отрезков противоположного направления (n). У выбранного отрезка будет начальная (T_1) и конечная точка (T_n). Каждая точка имеет тройку координат

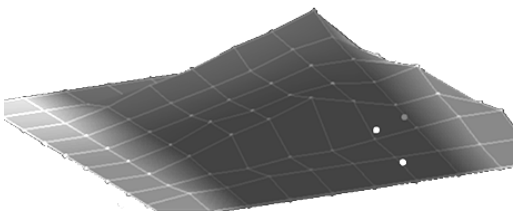


Рис. 1. Сетчатая поверхность

(x; y; z). Тогда координата произвольной точки на рассматриваемом отрезке рассчитывается по формуле (1) [3];

$$T_{k_v} = T_{1_v} + (k-1)\cdot(T_{n_v} - T_{1_v})/(n-1), \quad (1)$$

где n – количество точек каркасного отрезка ($n \in \mathrm{N}$, $\mathrm{n} \geq 2$); k – индекс произвольной точки каркасного отрезка ($k \in \mathrm{N}, k \in [1; n]$); v – координата x, y или z; T_{1_v} – координата начала каркасного отрезка; T_{n_v} – координата конца каркасного отрезка; T_{k_v} – координата k-й точки каркасного отрезка.

Построение сетчатых поверхностей [4] других форм можно упростить при помощи формул вида, подобного (1) [3]. Тогда достаточно задавать крайние 4 точки и вершины рельефных пиков (см. рис. 1) [5].

Недостаток этого метода состоит в необходимости задания большого числа контрольных точек [3] для достижения сглаженности при построении скруглённых поверхностей, например, параболоидов и гиперболоидов. Однако для экспериментов с помощью компьютерной модели БМП [2] прямоугольная сетчатая поверхность [4], как и поверхности с рельефными пиками (см. рис. 1) [5], более наглядна для изучения поведения её точек в результате искажения их после преобразования параллельного переноса в БМП [6, 7].

Тем не менее, применение формулы (1) с округлением величин координат точек трёхмерного пространства до заданной точности может ощутимо увеличить значение погрешности [7]. Это особенно проявится в очевидной асимметрии [8] таких элементарных объектов, как прямоугольные сетчатые поверхности.

Решить эту проблему помогла модернизация самого построения поверхностей, реализующая иной способ автоматического заполнения [6] неуказанных вручную точек сетчатой поверхности [4]. Условие определённости четырёх краевых точек при этом остаётся неизменным. Также следует помнить, что известными могут оказаться любые другие точки, поэтому при автозаполнении необходимо опираться в том числе и на них.

Для автоматизации заполнения неуказанных координат точек сетчатых поверхностей [6] в условиях нефункционального поточечного представления исходных данных разработан алгоритм «Центростремительные колоски» (рис. 2, 3).

Пример применения алгоритма показан на рис. 2: поверхность представлена точками, расположенными в 7 строках и 9 столбцах; для соблюдения начальных условий известны координаты краевых точек, обозначенных как «11», «19», «71» и «79».

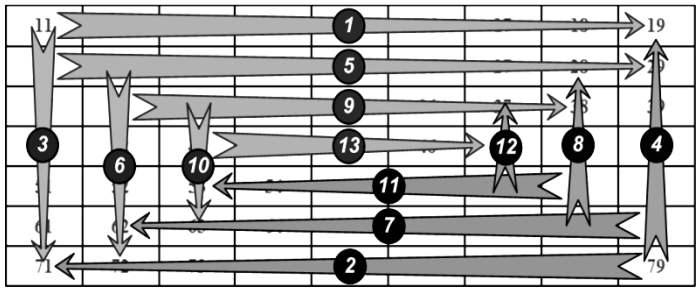


Рис. 2. Поверхность, строящаяся по точкам в 7 строках и 9 столбцах

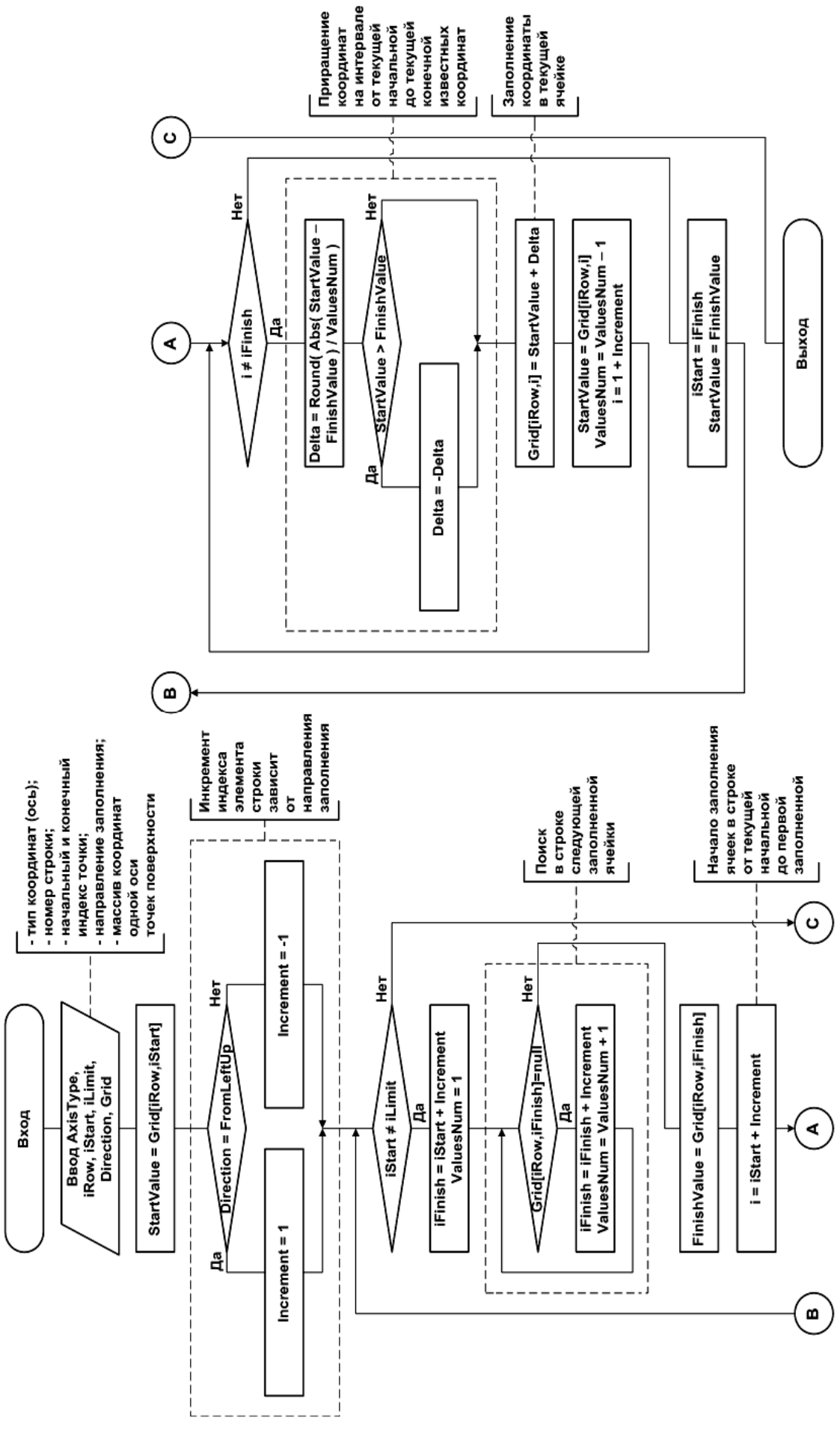


Рис. 3. Схема алгоритма заполнения точек поверхности в строке координат одной оси

Сначала заполняется периметр [9]: крайние строки и столбцы (1 – 4 на рис. 2). Затем выбираются две диагонали, вдоль которых происходит заполнение точек поверхности: от меньших индексов строк и столбцов (от точки «11» на рис. 2) к центру и от больших индексов строк и столбцов (от точки «79» на рис. 2) также к центру [9].

Когда поверхность имеет одинаковое число строк и столбцов точек, эти диагонали совпадают. Стрелки, выходящие из углов (из «11» и «79» на рис. 2), образуют подобия колосков [9], стремящихся к центру прямоугольника.

Каждый набор координат (абсцисс, ординат и аппликат) в пределах ряда (строки или столбца) [3] заполняется отдельно, поскольку пользователем могут быть выборочно заданы неполные координаты некоторых точек, например, при заранее известной абсциссе определённой точки её ординату и аппликату следует вычислять. В целях удобства и разделения вычислений поверхности для разных типов координат [8] созданы три двумерных массива, ассоциированных с точками сетчатого каркаса [4], для абсцисс, ординат и аппликат.

Для увеличения быстродействия строки и столбцы сетчатой поверхности [4] заполняются в разных подпрограммах (FillRow и FillColumn) [2], имеющих практически одинаковый алгоритм и предназначенных для вычисления заданного вида компонент координат. Схема алгоритма FillRow приведена на рис. 3. Алгоритм FillColumn аналогичен.

Заключение. Таким образом, рассмотренный алгоритм «Центростремительные колоски» является универсальным для автоматического заполнения неуказанных координат точек сетчатой поверхности в условиях нефункционального поточечного представления исходных данных. Получается, что формула (1), рассмотренная выше, применяется локально для каждого незаполненного отрезка координат точек одной оси на сетчатой поверхности.

Библиографический список

1. Котова Е.А. Моделирование искажения трёхмерного пространства при параллельном переносе поверхности относительно радиус-вектора фокуса в направлении начала координат в бицентрическоммонофокусном полупространстве, реализованное на языке программирования Delphi 6 с использованием ресурсов OpenGL / Под ред. С.С. Гаврюшина // Студенческий научный вестник: сб. ст. Международного молодежного науч. форума-олимпиады по приоритетным направлениям развития Российской Федерации / МГТУ им. Н.Э. Баумана. М. : НТА «АПФН», 2010. С. 31 – 38.

2. Свидетельство № 2014617719 Российская Федерация. Glance: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Е.А. Котова; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанский государственный радиотехнический университет». № 2014615257;заявл. 03.06.2014;зарегистр.31.07.2014. 1с.

3. Демидова Л.А., Пылькин А.Н. Методы и алгоритмы принятия решений в задачах многокритериального анализа. М. : Горячая линия-Телеком, 2007. 232 с.

4. Демидова Л.А., Мятов Г.Н. Методика оценки уникальности фрагментов электронной карты с использованием нечеткой линейной регрессии // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2013. № 4 (40). С. 14-26.

5. Котова Е.А., Пылькин А.Н. Алгоритм кадрирования изображения по крайним точкам объекта // Научно-техническая международная молодёжная конференция «Системы, методы, техника и технологии обработки медиаконтента»: сб. тез. М. : МГУП им. Ивана Фёдорова, 2011. С. 55.

6. Демидова Л.А., Мятов Г.Н. Подход к оценке уникальности кусочно-линейных объектов с использованием нечеткой линейной регрессии // Системы управления и информационные технологии. 2013. Т. 51. № 1. С. 85-89.

7. Котова Е.А., Пылькин А.Н. Математическое и компьютерное моделирование человеческого зрительного восприятия объектов // Сборник работ победителей отборочного тура Всероссийского смотра-конкурса научно-технического творчества студентов вузов «ЭВРИКА». Новочеркасск : ЛИК, 2012. С.7–10.

8. Столчнев В.К., Котова Е.А., Пылькин А.Н. Анализ результатов экспериментов по искажению смещённой поверхности, получаемых с помощью компьютерной модели бицентрическогомонофокусного полупространства [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: www.science-education.ru/118-14456 (дата обращения: 01.09.2014).

9. Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н. Принятие решений в условиях неопределенности. М.: Горячая линия-Телеком, 2012. 288 с.

References

1. Kotova E.A. Modelirovanie iskazheniya trYohmernogo prostranstva pri parallelnom perenose poverhnosti otnositelno radius-vektora fokusa v napravlenii nachala koordinat v bitsentricheskommonofokusnom poluprostranstve, realizovannoe na yazyike programmirovaniya Delphi 6 s ispolzovaniem resursov OpenGL / Pod red. S.S. Gavryushina // Studencheskiy nauchnyiy vestnik: sb. st. Mezhdunarodnogo molodezhnogo nauch. foruma-olimpiadyi po prioritetnyim napravleniyam razvitiya Rossiyskoy Federatsii / MGTU im. N.E. Baumana. M. : NTA «APFN», 2010. S. 31

2. Svidetelstvo № 2014617719 Rossiyskaya Federatsiya. Glance: svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmyi dlya EVM / E.A. Kotova; zayavitel i pravoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vyisshego professionalnogo obrazovaniya «Ryazanskiy gosudarstvennyiy radiotehnicheskiy universitet». № 2014615257; zayavl. 03.06.2014; zaregistr.31.07.2014. 1s.

3. Demidova L.A., Pyilkin A.N. Metodyi i algoritmyi prinyatiya resheniy v zadachah mnogokriterialnogo analiza. M. : Goryachaya liniya-Telekom, 2007. 232 s.

4. Demidova L.A., Myatov G.N. Metodika otsenki unikalnosti fragmentov elektronnoy kartyi s ispolzovaniem nechetkoy lineynoy regressii // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. Seriya: Tehnicheskie nauki. 2013. № 4 (40). S. 14-26.

5. Kotova E.A., Pyilkin A.N. Algoritm kadrirovaniya izobrazheniya po kraynim tochkam ob'ekta // Nauchno-tehnicheskaya mezhdunarodnaya molodYozhnaya konferentsiya «Sistemyi, metodyi, tehnika i tehnologii obrabotki mediakontenta»: sb. tez. M. : MGUP im. Ivana FYodorova, 2011. S. 55.

6. Demidova L.A., Myatov G.N. Podhod k otsenke unikalnosti kusochno-lineynyih ob'ektov s ispolzovaniem nechetkoy lineynoy regressii // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2013. T. 51. № 1. S. 85-89.

7. Kotova E.A., Pyilkin A.N. Matematicheskoe i kompyuternoe modelirovanie chelovecheskogo zritelnogo vospriyatiya ob'ektov // Sbornik rabot pobediteley otborochnogo tura Vserossiyskogo smotra-konkursa nauchno-tehnicheskogo tvorchestva studentov vuzov «EVRIKA». Novocherkassk : LIK, 2012. S.7

8. Stolchnev V.K., Kotova E.A., Pyilkin A.N. Analiz rezultatov eksperimentov po iskazheniyu smeschYonnoy poverhnosti, poluchaemyih s pomoschyu kompyuternoy modeli bitsentricheskogomonofokusnogo poluprostranstva [Elektronnyiy resurs] // Sovremennyie problemyi

nauki i obrazovaniya. 2014. № 4. URL: www.science-education.ru/118-14456 (data obrascheniya: 01.09.2014).

9. Demidova L.A., Kirakovskiy V.V., Pyilkin A.N. Prinyatie resheniy v usloviyah neopredelennosti. M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2012. 288 s.

УДК 004.946

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MULTI-DТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТАНЦИИ ПОЛНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В. А. Немтинов, Т. В. Штурмина

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел. 8(920)4773115, e-mail: kolkova09@rambler.ru*)

Аннотация: в основу работы легли принципы технологии использования современных средств 3D-визуализации процессов сооружения станций полной биологической очистки сточных вод и формирования единого информационного пространства, объединяющего процессы проектирования.

Abstract: This work is based on modern 3D-visualization principles for the processes of complete biological wastewater treatment plants and formation of a single information space for design process.

Ключевые слова: Multi-D технология, 3D-модель, биологическая очистка.

Keywords: Multi-D technology, 3D-model, biological treatment.

В связи с всеобщим загрязнением природных источников для достижения современного уровня качества воды встает проблема очистки воды [1]. Каждый тип воды характеризуется своим типом загрязнений и как следствие, своей технологией водоочистки [2, 3]. О выборе оптимальной технологической схемы очистки воды и необходимых для ее реализации типах аппаратурного оформления следует позаботиться еще на стадии проектирования. В дальнейшем это позволит сэкономить немалое количество времени и средств.

В данной работе рассматриваются вопросы использования Multi-D технологии на всех этапах проектирования систем очистки сточных вод. Ценность представленного подхода заключается в том, что он позволяет полностью описать проектную стадию создания документации для станции биологической очистки сточных вод на всех стадиях проектирования. В настоящее время технология Multi-D при управлении жизненным циклом сложного объекта в России находится только на ранних стадиях развития, но ее применение позволит создать действительно эффективный механизм управления проектными стадиями, тем самым создав конкурентные преимущества российских технологий на мировом рынке инжиниринга.

В настоящее время 3D-моделирование внедрилось в различные отрасли промышленного производства. Сокращение издержек в современном строительстве, уменьшение стоимости и сроков производства требует оптимизации

организационных, строительных процессов с использованием информационных технологий (именуемых в настоящее время как Multi-D технологии) и системы управления жизненным циклом сложных инженерных объектов [4, 5]. Для создания полноценной системы управления инженерными объектами необходимо, в первую очередь, разработать 3D-модель объекта управления.

Рассмотрим подробнее использование технологии Multi-D при проектировании станции полной биологической очистки. Основным результатом решения задачи проектирования является: выпуск рабочей документации.

Применение технологии Multi-D при проектировании станции очистки сточных вод влечет за собой изменение классической схемы управления проектом, что позволяет:

– сформировать актуальный динамический каталог элементов строительной части;

– выявить коллизии на проектной стадии;

– сократить сроки проектирования на 10 – 15%.

Технология Multi-D позволяет создавать 3D-модели объектов любой сложности с уровнем детализации, соответствующим реальному объекту. Пример 3D-модели станции полной биологической очистки сточных вод производительностью 12 000 м^3/сут. представлен на рис. 1.

В состав станции полной биологической очистки «Биоресурс» (БР-12000) входят следующие узлы и системы: модульное здание; резервуар – усреднитель; узел предварительной механической очистки сточных вод; аэротенк – отстойник; биореактор доочистки; узел обезвоживания осадка; узел обеззараживания очищенных сточных вод; компрессорное и насосное оборудование; система вентиляции и система отопления.

Технология Multi-D предполагает планирование проектирования объекта с нижнего уровня формирования объекта проектирования к верхнему (рис. 2), т.е. на самом нижнем уровне проектирования станции полной биологической очистки «БР-12000» с производительностью 12 000 м^3/сут используются данные отраслевого каталога оборудования и материалов, которые разработаны ОАО «НИИ ВКОВ». Отраслевой каталог представляет собой упорядоченную информацию о продукции, которая используется при монтаже станции. База данных отраслевого каталога «привязана» к 3D-модели станции «БР-12000». Характеристики материала, свойства и цена отражены в свойствах элемента библиотеки Solid Works–2013. Это позволяет в конкурентной среде выбрать оборудование с лучшими свойствами по качеству и цене.

Рис. 1. 3D-модель станции полной биологической очистки сточных вод БР-12000

Рис. 2. Алгоритм реализации Multi-D - технологии при проектировании станции

На втором уровне проектирования станции для каждого монтируемого элемента формируется набор работ (ведомость объема работ на основании ТП 704-1-1-167.84), выбираются средства механизации, инструменты для осуществления работ, определяются численные составы бригад и трудозатраты на выполнение работ. И на третьем уровне проектирования на основании полученных данных выполняется автоматизированный расчет длительности по каждой работе. Для осуществления данного уровня проектирования авторами выбрана среда MicrosoftOfficeProject 2007 (рис. 3).

Система управления всех стадий проектирования станций полной биологической очистки сточных вод позволяет осуществлять разработку графиков 1-го, 2-го и 3-го уровней из сформированной и оптимизированной 3D-модели станции. Графики синхронизируются на стадии проектирования, что позволяет осуществить проверку сроков графиков на предмет отклонения от директивных графиков на создание проектной документации, заложенных в договорных обязательствах [6].

Ценность представленной технологии заключается в том, что она позволяет полностью описать проектную стадию создания документации для станции биологической очистки сточных вод на всех стадиях проектирования и создать действительно эффективный механизм управления проектными стадиями, тем самым создав конкурентные преимущества российских технологий на мировом рынке инжиниринга.

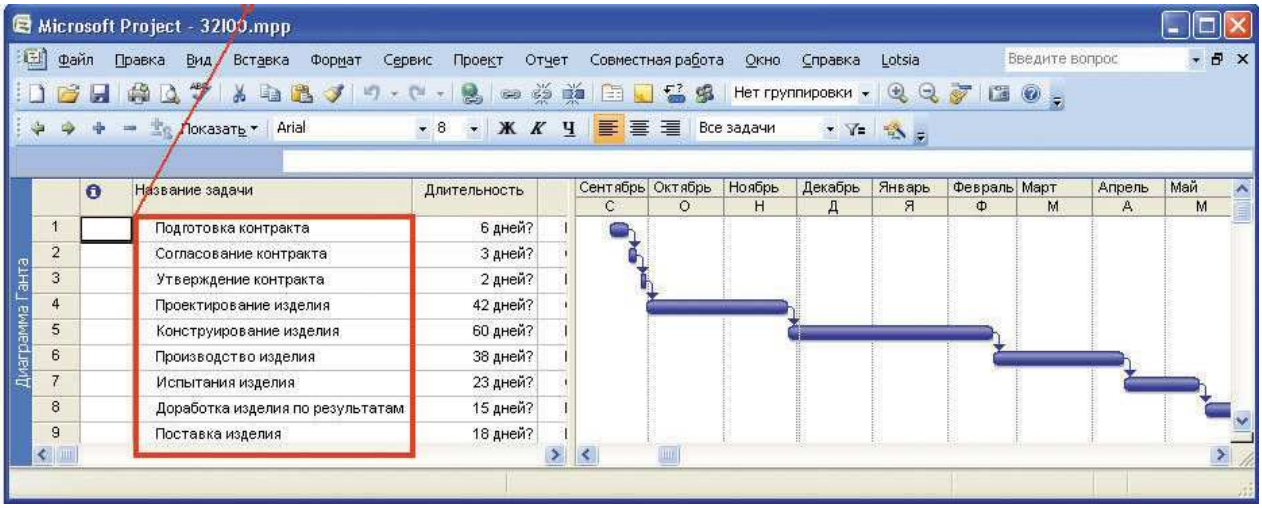


Рис. 3. Использование календарно-сетевого графика в Mutli-D технологии

Библиографический список

1. Попов Н.С., Немтинов В.А., Мокрозуб В.Г. Методика автоматизированного моделирования процессовсамоочищения реки с малым расходом воды в условиях неопределенности // Химическая промышленность. 1992. № 9. С. 545 - 550.

2. Немтинов В.А. Методологические основы построения информационной системы принятия решений по обеспечению экологической безопасности // Научно-техническая. Сер. 1. 2005. № 10. С. 1–7.

3. Немтинов В.А. Информационный анализ и моделирование объектов природно-промышленной системыМ.: Машиностроение-1, 2005. 112 с.

4. Зяблова А.И. Технология Multi-d в проекте «ВВЭР-ТОИ»//РОСЭНЕРГОАТОМ. 2012. № 12. С. 5–10.

5. Егоров С.Я. Немтинов В.А., Мокрозуб В.Г., Милованов И.В. Опыт разработки электронной графической справочной системы по технологическому оборудованию и ее использование в учебном процессе // Информационные технологии. 1999. № 8. С. 35-37.

6. Об экологической экспертизе: федер. закон от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ (с изм. и доп.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://base.garant.ru/10108595/. Загл. с экрана.

References

1. Popov N.S., Nemtinov V.A., Mokrozub V.G. Metodika avtomatizirovannogo modelirovaniya protsessovsamoochischeniya reki s malyim rashodom vodyi v usloviyah neopredelennosti // Himicheskaya promyishlennost. 1992. № 9. S. 545 - 550.

2. Nemtinov V.A. Metodologicheskie osnovyi postroeniya informatsionnoy sistemyi prinyatiya resheniy po obespecheniyu ekologicheskoy bezopasnosti // Nauchno-tehnicheskaya. Ser. 1. 2005. № 10. S. 1–7.

3. Nemtinov V.A. Informatsionnyiy analiz i modelirovanie ob'ektov prirodno-promyishlennoy sistemyiM.: Mashinostroenie-1, 2005. 112 c.

4. Zyablova A.I. Tehnologiya Multi-d v proekte «VVER-TOI»//ROSENERGOATOM. 2012. № 12. S. 5–10.

5. Egorov S.Ya. Nemtinov V.A., Mokrozub V.G., Milovanov I.V. Opyit razrabotki elektronnoy graficheskoy spravochnoy sistemyi po tehnologicheskomu oborudovaniyu i ee ispolzovanie v uchebnom protsesse // Informatsionnyie tehnologii. 1999. № 8. S. 35-37.

6. Ob ekologicheskoy ekspertize: feder. zakon ot 23.11.1995 g. № 174-FZ (s izm. i dop.) [Elektronnyiy resurs]. Rezhim dostupa: http://base.garant.ru/10108595/. Zagl. s ekrana.

УДК 621:681.5

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АНАЛИЗЕ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Е. В. Щавелев, Н. Н. Черникова, Май Ван Хонг

Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург
(*тел.* (*3532*)*961900, e-mail: sap@mail.osu.ru*)

Аннотация: Описывается система компьютерного моделирования процессов функционирования многоцелевых станков и состоящих из них производственных участков. Система включает программные модули для автоматизированной разработки и размерного анализа технологических процессов, для многовариантного расчета режимов резания и трудоемкости выполнения технологических переходов, для моделирования работы многоцелевого станка при выполнении технологических переходов. Производится автоматизированный расчет точности технологических процессов и эффективности их выполнения по критериям себестоимости, производительности и загрузки оборудования.

Ключевые слова: машиностроение, механическая обработка, многоцелевые станки, компьютерное моделирование, эффективность.

Annotation: This paper describes computer simulation of functioning processes of multi-task machines and formed production sites. The system includes software modules for automated development and dimensional analysis of manufacturing processes for multivariate calculation of cutting speed and complexity of technological transitions, for simulating a multi-purpose machine during execution of technological transitions. We also provide automated calculation of technological processes' accuracy and their performance according to the criteria of cost, performance, and equipment load.

Keywords: mechanical engineering, mechanical treatment, multi-task machines, computer simulation, efficiency.

Разработка технологических процессов (ТП) механической обработки деталей традиционно представляется набором типовых процедур, связанных с выбором технологических баз для первой и последующих операций, назначением количества и содержания технологических переходов, а также их распределения между технологическими операциями, выбором геометрии и материала режущих инструментов, назначением режимов резания [1, 2]. Формой визуализации ТП служат размерные схемы, поддерживаемые математическим аппаратом размерного анализа технологических размерных цепей (рис. 1).

Размерный анализ позволяет разрабатывать ТП, гарантирующий требуемую точность изготавливаемых деталей. Однако для современного производства этого оказывается недостаточным: помимо размерной (пространственной) проработки ТП необходима еще и временная. Дело в том, что высокая стоимость современных многоцелевых станков (МЦС) и режущих инструментов, варьирующиеся номенклатура и объемы выпуска изделий, необходимость минимизации издержек производства – все это требует глубокой проработки технологических процессов во времени [3].

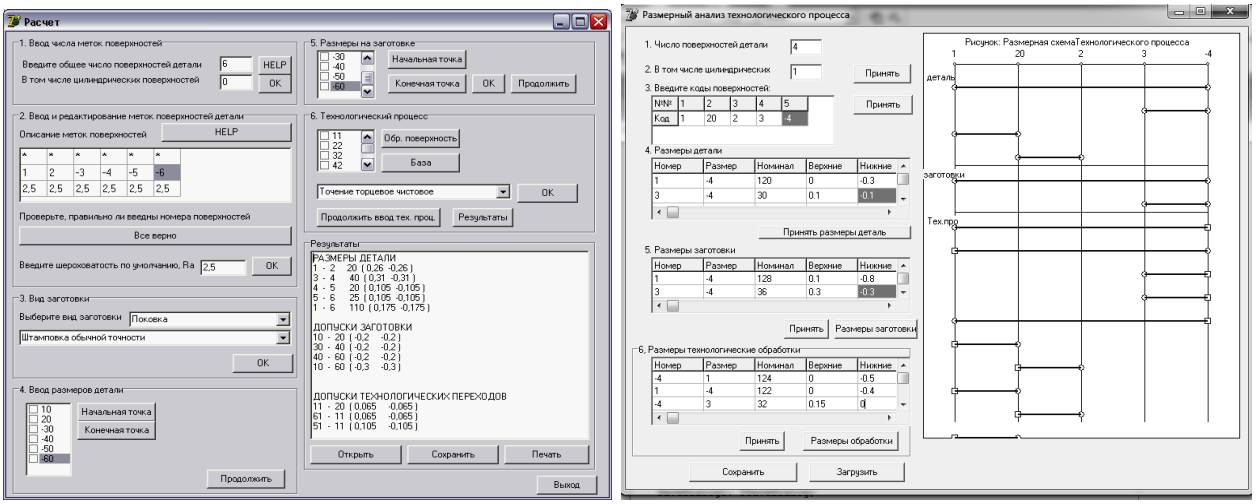


Рис. 1. Экранные формы САПР ТП

Это возможно путем разработки компьютерной модели процесса функционирования многоцелевого станка, учитывающей а) последовательность запуска заготовок в обработку; б) содержание технологических операций изготовления заготовок; в) последовательность и содержание элементарных циклов работы технологических и сервисных узлов станка. Результатом использования модели должен стать расчет показателей эффективности функционирования МЦС, как функционала технических параметров станка, конструктивно-геометрических параметров изделий и реализуемых технологических процессов [4].

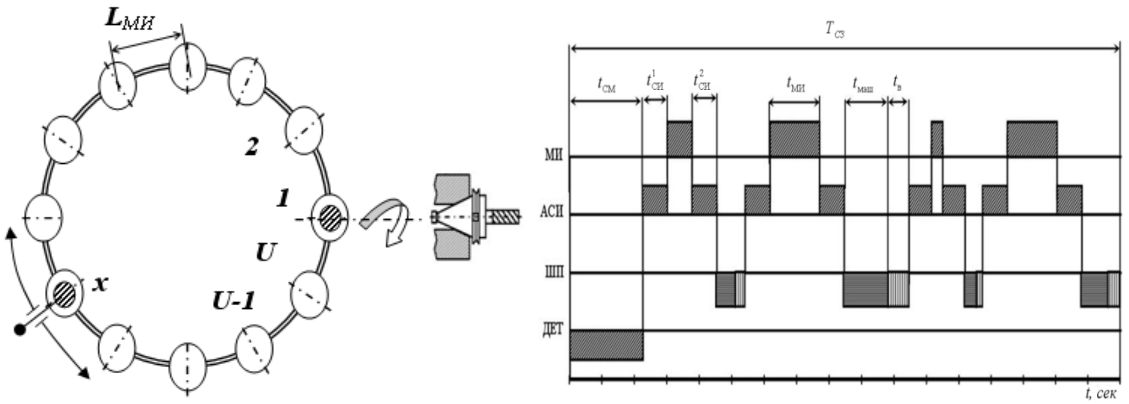
Суть разработанной компьютерной модели функционирования МЦС заключается в автоматизированном построении цепочки последовательных взаимообусловленных отрезков машинного $t_{\text{маш}}$ и вспомогательного $t_{в}$ времени выполнения технологических переходов, а также элементарных составляющих циклов смены заготовок $t_{\text{СМ}}$, инструментов ($t^{1}_{\text{СИ}}$, $t^{2}_{\text{СИ}}$), поворота магазина инструментов $t_{\text{МИ}}$ (рис. 2). Каждый технологический переход дополнительно описывается стойкостью используемого режущего инструмента $T^{\text{i}}_{\text{РИ}}$, а элементарные составляющие цикла работы станка – его техническими параметрами (рис. 3).

Машинное время на технологическом переходе $t_{\text{маш}}$ и стойкость режущего инструмента $T^{\text{i}}_{\text{РИ}}$ есть взаимосвязанные функции режимов резания вида:

$$n = \frac{S_{\text{м}}}{S_o};\ n = \frac{S_{\text{м}}}{S_z \times z};\ V_{\text{рез}} = \frac{\pi \times d \times n}{1000};\ \overline{T}_{PИ} = \left(\frac{C_v}{V_{\text{рез}}}\right)^{\frac{1}{m}};\ t_{\text{рез}} = \frac{L_{\text{рез}}}{S_{\text{м}}};\ S_{\text{м}} \in \{S_{\text{м}}^{\min},...,S_{\text{м}}^{\max}\};$$

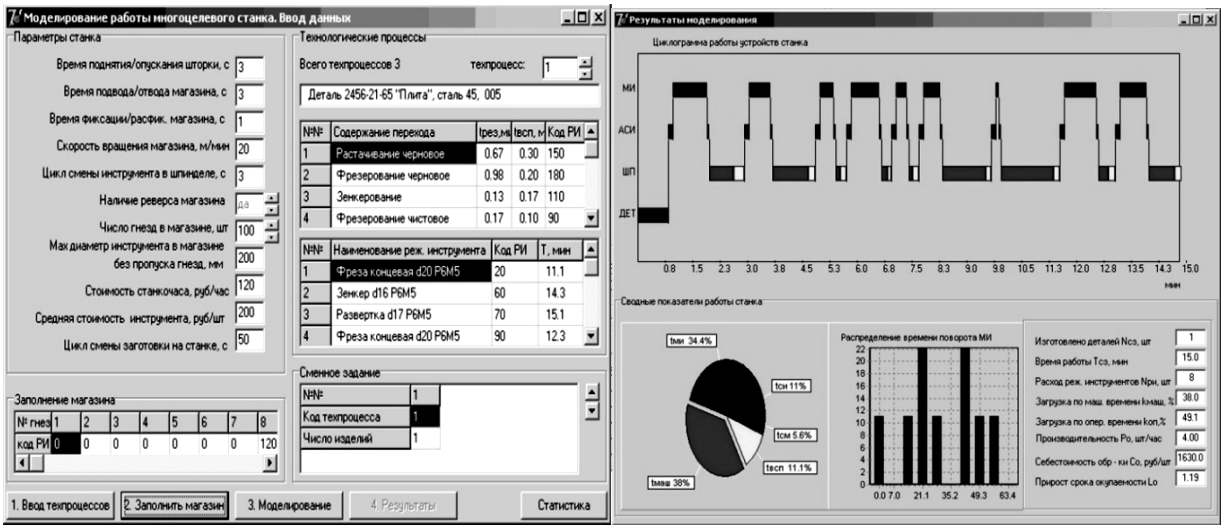
$$S_o, S_z = const;$$

где n – частота вращения шпинделя, об$^{-1}$; z – число зубьев фрезы, шт; d – диаметр обработки, мм; m – безразмерный коэффициент относительной стойкости инструмента.



а) *б*)

Рис. 2. Расчетная схема (*а*) и формальное описание циклограммы работы многоцелевого станка (*б*):
МИ – магазин инструментов; АСИ – устройства автоматической смены инструментов;
ШП – шпиндель (выполнение технологического перехода);
ДЕТ – смена детали в рабочей зоне

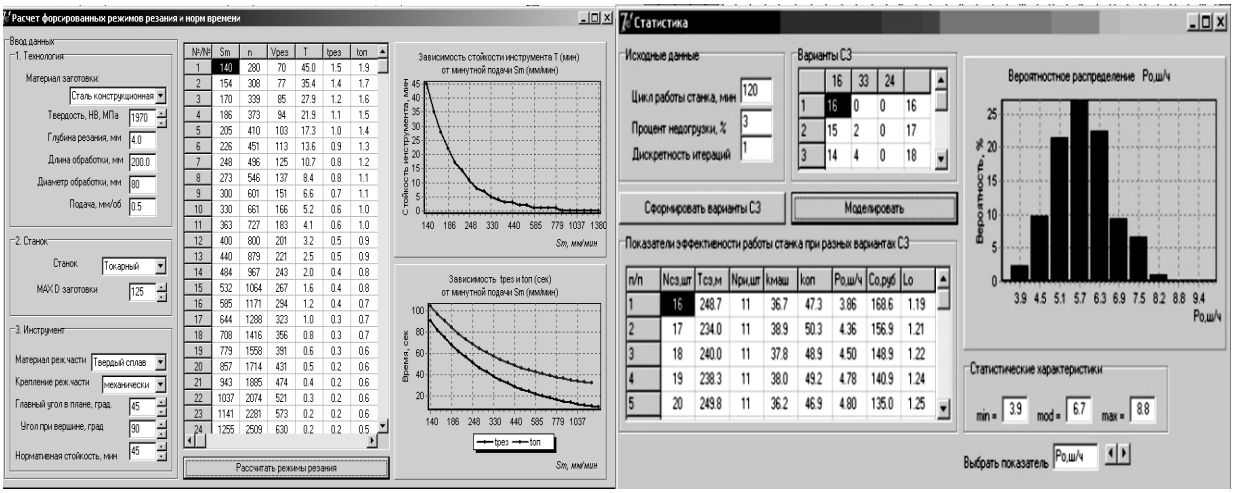


а) *б*)

Рис. 3. Экранные формы ввода данных (*а*) и построения циклограммы работы многоцелевого станка (*б*)

Данный факт позволил использовать в разработанной компьютерной модели различные варианты форсирования режимов резания [5 – 7], различающиеся значениями $t_{маш}$ и $T^{i}_{РИ}$.

Режим статистики (рис.4) применяется для анализа множества техпроцессов или сменных заданий. Оценка результатов выполняется на основе статистически рассчитанных параметров вероятностного распределения значений выбранного критерия эффективности: себестоимости обработки и расхода режущих инструментов производительности работы и коэффициента загрузки МЦС, соответствия моментов выпуска изделий плановому заданию [8].



а) *б*)

Рис. 4. Экранные формы выбора режимов резания (*а*) и статистической оценки работы многоцелевого станка (*б*)

Таким образом, разработана компьютерная модель процесса функционирования многоцелевого станка, учитывающая технические параметры МЦС, параметры выполняемых технологических процессов и диспетчерские решения по составлению сменно-суточных заданий. Программная реализация модели предполагает однократный ввод информации с последующим сквозным использованием в функциональных программных модулях.

Ожидается, что разрабатываемая компьютерная среда станет унифицированным инструментом специалистов смежных профилей предприятия:

а) технологам, связанным с разработкой технологических процессов изготовления изделий с требуемой точностью и себестоимостью;

б) диспетчерам (организаторам производства), связанным с планированием работы производственного оборудования;

в) специалистам, связанным с формированием технических требований к закупаемому оборудованию.

Библиографический список

1. Сердюк А. И., Рахматуллин Р.Р., Зеленин А.П. Метод циклограмм в исследовании гибких производственных ячеек. Модели и алгоритмы : монография. - Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – 215 с. - ISBN 978-5-7410-0999-4.

2. Практические расчеты гибких производственных ячеек. Модели, алгоритмы, приложения : монография / Р. Р. Рахматуллин, А. И. Сердюк, А. М. Черноусова и др. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2010. - 237 с. - ISBN 978-7410-1118-8.

3. Сердюк А. И., Рахматуллин Р.Р., Зеленин А.П. Предпроектный анализ гибких производственных ячеек и средства поддержки принятия решений / Вестник машиностроения. - 2010. - № 10. - С. 86-91

4. Свидетельство №2011618836, Российская Федерация. Программа моделирования работы многоцелевого станка «Mdlst» : свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Р.Р. Рахматуллин, А.О. Казаков, В.А. Кузьмин; заявитель и правообла-

датель Гос. образоват. учреждение Оренб. гос. ун-т. - №2011617034; заявл. 21.09.2011; зарегистр. 14.11.2011. - 1 с.

5. Свидетельство №2012611338, Российская Федерация. Оперативная разработка управляющих программ для многоцелевых станков с ЧПУ: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Р.Р. Рахматуллин, А.О. Казаков, В.А. Кузьмин; заявитель и правообладатель Гос. образоват. учреждение Оренб. гос. ун-т. - 2011619204; заявл. 02.12.2011; зарегистр. 02.02.2012. - 1 с.

6. Оперативный синтез режимов резания по текущим критериям системы оперативно-производственного планирования / Р. Р. Рахматуллин, М. А. Корнипаев, А. О. Казаков и др. // СТИН. - 2012. - № 1. - С. 2 - 6.

7. Автоматизация проектирования режимов резания на многоцелевых станках/ Р.Р. Рахматуллин, А.И. Сердюк, А.О. Казаков и др. // Программные продукты и системы. – 2013.- № 1 – С. 114 – 118

8. Рахматуллин Р.Р. Использование метода циклограмм в предпроектных исследованиях гибких производственных систем/ А.И. Сердюк, Р.Р. Рахматуллин, Е.В. Кузнецова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2013. – №1(3). – С. 68-76

References

1. Serdyuk A. I., Rahmatullin R.R., Zelenin A.P. Metod tsiklogramm v issledovanii gibkih proizvodst¬vennyih yacheek. Mo¬deli i algoritmyi : monografiya. - Oren¬burg : IPK GOU OGU, 2009. – 215 s. - ISBN 978-5-7410-0999-4.

2. Prakticheskie raschetyi gibkih proizvodstvennyih yacheek. Modeli, algoritmyi, prilozheniya : monografiya / R. R. Rahmatullin, A. I. Serdyuk, A. M. Chernousova i dr. – Orenburg: IPK GOU OGU, 2010. - 237 s. - ISBN 978-7410-1118-8.

3. Serdyuk A. I., Rahmatullin R.R., Zelenin A.P. Predproektnyiy analiz gibkih proizvodstvennyih yacheek i sredstva podderzhki prinyatiya resheniy / Vestnik mashinostroeniya. - 2010. - № 10. - S. 86-91

4. Svidetelstvo №2011618836, Rossiyskaya Federatsiya. Programma modelirovaniya rabotyi mnogotselevogo stanka «Mdlst» : svidetelstvo ob ofitsialnoy regist¬ratsii programmyi dlya EVM / R.R. Rahmatullin, A.O. Kazakov, V.A. Kuzmin; zayavitel i pravoob¬ladatel Gos. obrazovat. uchrezhde¬nie Orenb. gos. un-t. - №2011617034; zayavl. 21.09.2011; zaregistr. 14.11.2011. - 1 s.

5. Svidetelstvo №2012611338, Rossiyskaya Federatsiya. Operativnaya razrabotka upravlyayuschih programm dlya mnogotselevyih stankov s ChPU: svidetelstvo ob ofitsialnoy regist¬ratsii programmyi dlya EVM / R.R. Rahmatullin, A.O. Kazakov, V.A. Kuzmin; zayavitel i pravoob¬ladatel Gos. obrazovat. uchrezhde¬nie Orenb. gos. un-t. - 2011619204; zayavl. 02.12.2011; zaregistr. 02.02.2012. - 1 s.

6. Operativnyiy sintez rezhimov rezaniya po tekuschim kri¬teriyam sistemyi operativno-proizvodstvennogo planirovaniya / R. R. Rahmatul¬lin, M. A. Kornipaev, A. O. Kazakov i dr. // STIN. - 2012. - № 1. - S. 2 - 6.

7. Avtomatizatsiya proektirovaniya rezhimov rezaniya na mnogotselevyih stankah/ R.R. Rahmatullin, A.I. Serdyuk, A.O. Kazakov i dr. // Programmnyie produktyi i sistemyi. – 2013.- № 1 – S. 114 – 118

8. Rahmatullin R.R. Ispolzovanie metoda tsiklogramm v predproektnyih is sledovaniyah gibkih proizvodstvennyih sistem/ A.I. Serdyuk, R.R. Rahmatullin, E.V. Kuznetsova // Matematicheskoe i programmnoe obespechenie sistem v promyishlennoy i sotsialnoy sferah. – 2013. – №1(3). – C. 68-76

УДК 004.946

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

К. В. Немтинов, А. Н. Зазуля

ГНУ ВНИИТиНРоссельхозакадемии, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*446414*, *e-mail: viitin@mail.ru*)

Аннотация: Описаны результаты конструирования перспективного образца посевного комплекса для мелких зерновых культур. Перечислены достоинства комплекса по сравнению с предшествующими аналогами.

Abstract: The design results of a perspective seeding complex for small grains are described. The advantages of the seeding complex compared with the previous analogs are listed.

Ключевые слова: посевной комплекс для мелких зерновых культур, конструкторская разработка.

Keywords: seeding complex for small grains, engineering development.

Стадия конструкторских работ играет важную роль в формировании технического уровня будущей сельскохозяйственной технике, так как на этом этапе закладываются основные технические параметры и конструкторские решения создания новых сельскохозяйственных машин, недостатки которых трудно, а зачастую невозможно исправить на последующих стадиях. В настоящее время широко применяются интегрированные системы компьютерного проектирования технологических агрокомплексов. Применение их значительно повышает эффективность труда конструктора, автоматизируя рутинные операции проектирования и оформления документации для конкретно принятого варианта проектного решения. Однако при этом остается нерешенной задача получения оптимального варианта (или нескольких близких к оптимальному вариантов) для реальных условий эксплуатации сельскохозяйственной техники.

Решение данной задачи возможно на основе использования автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений для проектирования сельскохозяйственной техники, основной функцией которой является исследование основных параметров технологических процессов при ее использовании в сельском хозяйстве, включая системный, информационный, экономический и технологический анализ.

Для решения этой проблемы авторами в работах [1 – 3] предложена технология автоматизированного проектирования перспективных посевных комплексов, которая:

1) одновременно учитывает:

– представление комплекса задач проектирования технологических агрокомплексов (автоматизированного выбора структурной схемы посевного комплекса, типовых узлов и механизмов, а также конструкторской разработки оригинальных узлов и компоновка всех узлов комплекса) в виде единой системы с использованием теории сложных систем и наличие единой информационной базы;

– комплексное оценивание (с экономических и технологических позиций) конструкторских решений;

2) обеспечивает:

– повышение интеллектуализации обработки информации в области проводимых исследований;

– значительное снижение сроков и затрат на проектирование посевных комплексов;

– резкое уменьшение количества ошибок проектировщиков и их устранение на ранних этапах проектирования, обеспечение технологичности - удобства и легкости реализации процесса функционирования отдельных узлов и всего комплекса в целом.

Настоящая работа посвящена вопросам реализации стадии разработки виртуальной модели посевного комплекса.

При разработке модели комплекса, предназначенного для прямого посева без предварительной подготовки почвы по нулевой технологии No-Till для мелких зерновых культур, всех типов почв, тягового класса трактора 1,4 в ООО «КБ ЕРУСЛАН-М» авторами использована база элементов посевных комплексов, которая в настоящее время включает более 120 наименований деталей и узлов.

Структурная схема проектируемого комплекса с учетом результатов работ [4, 5], включает следующие основные узлы и механизмы: рама = цельная», тип бункера = общий бункер», прикатывающее устройство = «пневматические шины», высевающий аппарат = «дисковые ножи», дозирующий узел = «катушечный тип», транспортирующее устройство = «ковшовый элеватор».

Для компоновки посевного комплекса были выбраны следующие узлы, выпускаемые промышленностью: пневматические шины марки = «диски от автомобиля УАЗ452, шины 235/65/R16» в количестве 15 шт.; дисковые ножи = «диск БДТ гладкий диаметром 560 мм» в количестве 42 шт.; дозирующий аппарат марки «СЗП».

Конструкторская разработка была проведена для следующих оригинальных узлов: рамы, зернового бункера, и ковшового элеватора. При этом были использованы 2D-3D чертежные системы (AutoCAD и КОМПАС), а также система высокого уровня САПР для единого цикла «проектирование-производство» – программный комплекс Pro/ENGINEER. При этом авторы использовали практический опыт, отраженный в работах [6 – 8].

Исходя из заданных требований потребителей была выполнена компоновка всех узлов комплекса для мелких зерновых культур. Изображение общего 3D-вида модели спроектированного посевного комплекса представлено на рис. 1.

Полученные результаты позволили выделить следующие достоинства разработанной конструкции посевного комплекса:

– сокращение расхода энергоресурсов за счет совмещения операций подготовки почвы, обработки, высева и прикатки почвы в одном устройстве (расход дизельного топлива на весь цикл посевных работ составляет не более

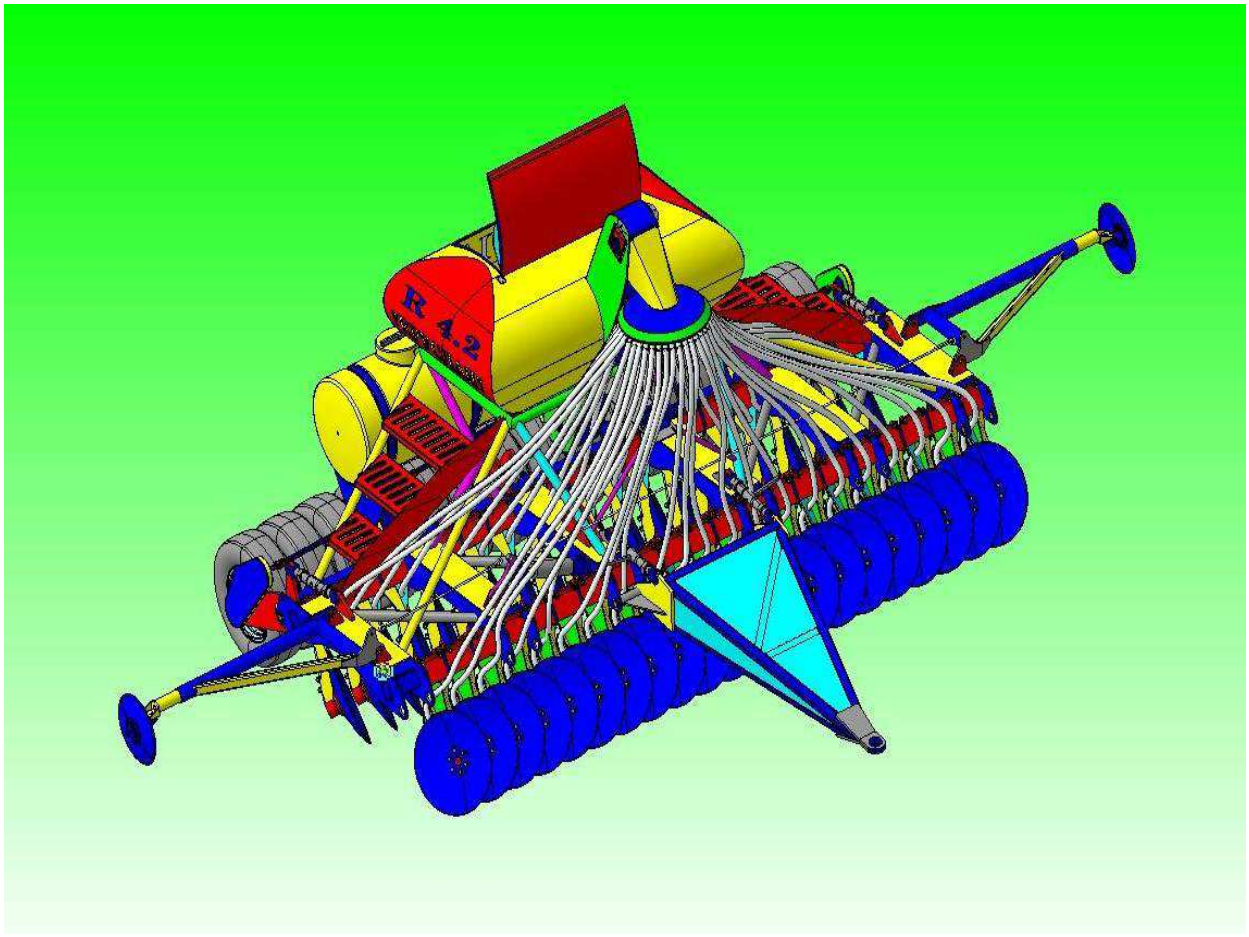


Рис. 1. 3D-вид модели посевного комплекса для зерновых культур

4 л/га по сравнению с затратами на реализацию всех операций раздельно – 50 – 60 л/га;

– сокращение сроков посевных работ - нет разрыва между подготовкой и самим посевом;

– укладка семян на наиболее оптимальную глубину заделки семян, где формируется точка росы, сохранение исходных состояний капилляров, сохраняя природный подвод влаги из земли;

– применение современных высоконадежных подшипников и уменьшение вдвое их количества по сравнению с аналогами;

– возможность замены сальниковых уплотнений без разборки подшипника;

– использование в качестве тягового устройства – маломощного трактора типа «МТЗ-82»;

– использование большого количества типовых отечественных узлов и механизмов, выпускаемых промышленностью.

Библиографический список

1. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Немтинов В.А. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 1. С. 75–83.

2. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Зазуля А.Н. Автоматизация процесса выбора узла сельскохозяйственной техники комплексов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 10. С. 9–15.

3. Немтинов К.В. Применение теории сложных систем при проектировании технологических комплексов // Управление большими системами: Материалы X Всероссийской школы-конф., 5-7 июля 2013 года, г. Уфа. Том 1 / Уфим. гос. авиац. ун-т. - Уфа: УГАТУ, 2013. С. 267 – 270.

4. Руденко Н.Е., Кулаев Е.В., Горбачев С.П. Анализ технологических схем заделки семян в почву при посеве // Вестник АПК Ставрополья. 2011. № 4. С. 46-47.

5. Горбачев С.П., Руденко Н.Е. Ширина семявдавливающего диска комбинированного дискового сошника зерновой сеялки // Вестник АПК Ставрополья. 2012. № 1. С. 42-43.

6. Технология создания пространственных моделей территориально распределенных объектов с использованием геоинформационных систем / В.А. Немтинов, А.М. Манаенков, К.В. Немтинов и др. // Информационные технологии. 2008. № 8. С. 23-25.

7. Опыт разработки электронной графической справочной системы по технологическому оборудованию и ее использование в учебном процессе / С.Я. Егоров, В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб и др. // Информационные технологии. 1999. № 8. С. 35.

8. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов Часть 2. Структура и функционирование системы (часть 1 см. в ИТПП № 4, 2009 г.) / С.Я. Егоров, В.Г. Мокрозуб, Немтинов В.А. и др. // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 1. С. 33-39

9. ГОСТ 26711-89: Сеялки тракторные. Общие технические требования. URL: https://standartgost.ru/b/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_26711-89

References

1. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Nemtinov V.A. Tehnologiya avtomatizirovannogo sinteza slozhnyih tehnologicheskih kompleksov // Informatsionnyie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2014. № 1. S. 75–83.

2. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Zazulya A.N. Avtomatizatsiya protsessa vyibora uzla selskohozyaystvennoy tehniki kompleksov // Vestnik kompyuternyih i informatsionnyih tehnologiy. 2014. № 10. S. 9–15.

3. Nemtinov K.V. Primenenie teorii slozhnyih sistem pri proektirovanii tehnologicheskih kompleksov // Upravlenie bolshimi sistemami: Materialyi H Vserossiyskoy shkolyi-konf., 5-7 iyulya 2013 goda, g. Ufa. Tom 1 / Ufim. gos. aviats. un-t. - Ufa: UGATU, 2013. S. 267 – 270.

4. Rudenko N.E., Kulaev E.V., Gorbachev S.P. Analiz tehnologicheskih shem zadelki semyan v pochvu pri poseve // Vestnik APK Stavropolya. 2011. № 4. S. 46-47.

5. Gorbachev S.P., Rudenko N.E. Shirina semyavdavlivayuschego diska kombinirovannogo diskovogo soshnika zernovoy seyalki // Vestnik APK Stavropolya. 2012. № 1. S. 42-43.

6. Tehnologiya sozdaniya prostranstvennyih modeley territorialno raspredelennyih ob'ektov s ispolzovaniem geoinformatsionnyih sistem / V.A. Nemtinov, A.M. Manaenkov, K.V. Nemtinov i dr. // Informatsionnyie tehnologii. 2008. № 8. S. 23-25.

7. Opyit razrabotki elektronnoy graficheskoy spravochnoy sistemyi po tehnologicheskomu oborudovaniyu i ee ispolzovanie v uchebnom protsesse / S.Ya. Egorov, V.A. Nemtinov, V.G. Mokrozub i dr. // Informatsionnyie tehnologii. 1999. № 8. S. 35.

8. Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema podderzhki proektnyih resheniy po komponovke promyishlennyih ob'ektov Chast 2. Struktura i funktsionirovanie sistemyi (chast 1 sm. v ITPP № 4, 2009 g.) / S.Ya. Egorov, V.G. Mokrozub, Nemtinov V.A. i dr. // Informatsionnyie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2010. № 1. S. 33-39

9. GOST 26711-89: Seyalki traktornyie. Obschie tehnicheskie trebovaniya. URL: https://standartgost.ru/b/GOST_26711-89

УДК 681.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

Д. В. Иванов

Воронежский государственный технический университет, Россия, Воронеж
(*тел.* (*473*)*2437704 e-mail: ivanov.sapris@mail.ru*)

Аннотация: рассматриваются вопросы и технические особенности прототипа программного модуля, позволяющего создавать структуру и имитировать процессы, происходящие в мультиагентных системах, где целью имитации является получение равновесия в системе. Предложена организационная структура применения программного обеспечения.

Abstract: The article deals with questions and technical features of the prototype software module allows you to create the structure and simulate the processes occurring in multi-agent systems, where the goal is to obtain a simulation of equilibrium in the system. Proposed organizational structure of the application software.

Ключевые слова: организационные системы, мультиагентные системы, моделирование, теория игр, автоматизация, интеллектуализация, рефакторинг.

Keywords: organizational systems, multi-agent systems, modeling, game theory, automation, intellectualization, refactoring.

В основе обработки информации лежит идея создания идеальной адекватной модели, на выходе которой можно было бы получить идеальные данные, то есть выход расчетный совпадал бы с фактическими данными. Конечно, на практике дело обстоит иначе и существует определенная величина погрешности. С развитием методов обработки информации, вычислительной техники и методов интеллектуализации появилась возможность рассмотрения мультиагентных систем (МАС).

Развитие мультиагентных систем – это современная страница в области обработки информации с целью проектирования более адекватных моделей. В основе моделирования МАС лежат математические аппараты, позволяющие найти равновесие между всеми субъектами системы. К инструментальным средствам моделирования можно отнести классическую теорию игр, алгоритмическую теорию игр, методы оптимизации в том числе эволюционные.

Необходимо учитывать конфликтную природу процессов в МАС, когда интересы одних агентов не совпадают в полной мере с интересами других агентов или условиями среды, в которой принимается решение. Для описания конфликтных ситуаций наилучшим образом подходит математический аппарат иерархических игр, организационного управления в условиях конфликта. Ведущими учеными в этой области являются М.В. Губко, Д.А. Новиков и др.

Проблема моделирования заключается в большой трудоемкости определения целевой функции субъектов МАС, ограничений, а также вычисления процессов внутри МАС в силу сложности целевых функций субъектов (игроков).

Возникает необходимость в создании специальных автоматизированных интеллектуальных систем моделирования процессов, имеющих место быть в мультиагентных системах. Как правило, речь идет об организационных системах, что дает нам определенное представление о задачах, субъектах, процессах и альтернативах в поведении субъектов. К еще одной задаче построения модели МАС относится выбор дискретного или непрерывного моделирования в случае с организационными системами. В классической интерпретации это дискретные модели. Непрерывные модели (в том числе дифференциальные игры) имеют необоснованно высокую вычислительную мощность. С развитием вычислительной техники, языков и методов программирования, алгоритмов обработки информации появляется возможность подойти к решению данной задачи с точки зрения интеллектуализации.

Суть заключается в создании прототипа программного модуля, позволяющего добавлять субъекты МАС с известными характеристиками и альтернативами поведения, задавать ограничения оптимизационной модели и определять внутреннее тактовое время, позволяющее представить модель в виде некого приращения времени (или хода) субъекта МАС, что сопоставимо с системами массового обслуживания. Интерфейс прототипа программного модуля должен позволять добавлять участников МАС и создавать связи между ними.

Рассмотрим способы построения архитектуры программного обеспечения, представляющие собой практическую значимость при реализации автоматизированной интеллектуальной системы. В программировании существует понятие рефакторинга. Другими словами, существующий программный код заменяется на другой, более понятный, адаптированный код. Рефакторинг применяется тогда, когда проект становится все больше и управление им, в том числе техническое, становится сложнее. Таким образом, рефакторинг призван упросить существующую работу объекта с сохранением его свойств и функционала. В более широком смысле рефакторинг помогает нам описать модель функционирования объекта на качественно новом уровне, то есть с сохранением имеющихся свойств объекта, но более эффективными методами. Таким образом, подобный подход позволит нам постепенно наращивать свои возможности в моделировании функционала объекта: начинать с малого и переходить к более сложному описанию по мере необходимости.

С учетом принципов рефакторинга была разработана концептуальная модель операции, которая заложена в основе имитационной модели (рис. 1). В основу данной модели заложен стандарт IDEF0.

Здесь вектор R представляет собой вектор ресурсов, которыми оперирует имитационная модель, например, финансовые активы проекта, нематериальные активы, время, персонал и т.д. Вектор R’ представляет собой дополнительные ресурсы для выполнения операции. Кроме того, требуется метод (модель, алгоритм), с помощью которого будет произведено моделирование операции.

Таким образом для каждого типа операции можно подобрать схожие ресурсы и методы построения моделей. Назовем этот тип классом операции (рис. 2).

Применяя принципы объектно-ориентированного программирования, мы получаем класс операции, а также объект операции, как конкретную реализацию класса. Данный подход позволит построить простую архитектуру прикладного ПО, с помощью которого будет производится имитационное моделировании.

Далее приведем общую упрощенную схему построения двухуровневой системы принятия оптимальных управленческих решений в МАС (рис. 3), где представлен Центр и Агент в проектируемой теоретико-игровой модели, объект управления (ОУ), база знаний (БЗ) и прикладное ПО для имитационного моделирования операций процессов МАС, а так вычислительная сеть (ВС) для обмена информацией между субъектами системы.

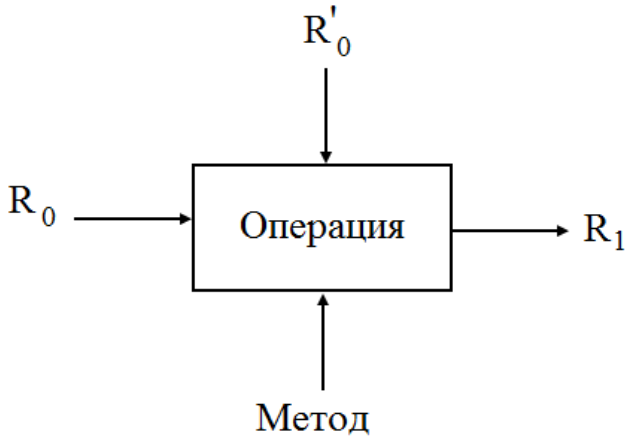


Рис. 1. Концептуальная модель операции

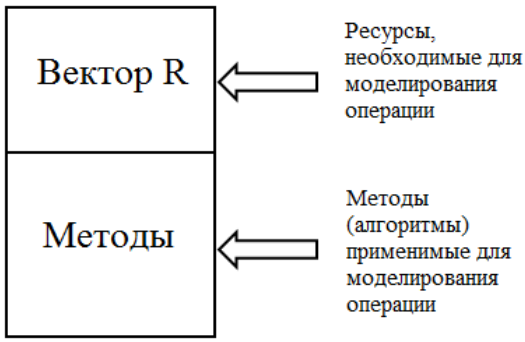


Рис. 2. Класс операции

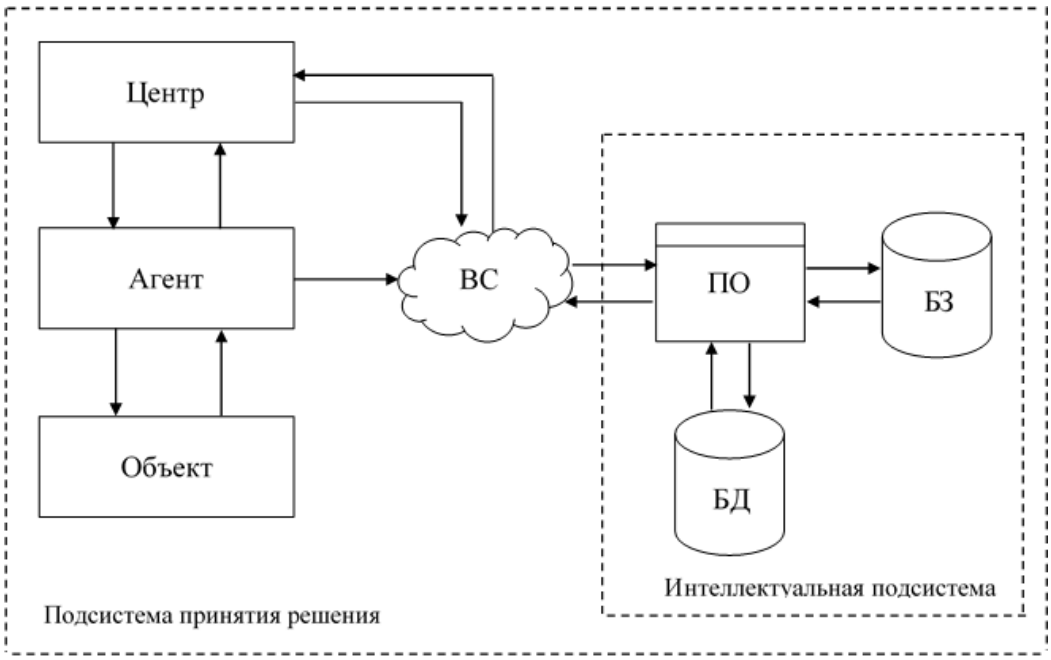


Рис. 3. Подсистема принятия решений

Проектируемая подсистема призвана моделировать принятие решений в предметной области с учетом неопределенности на основе теоретико-игровых и когнитивных моделей. Большое внимание в рассматриваемом проекте отводится разработке имитационной модели с помощью прикладного ПО, архитектура которого основа на принципах виртуализации классов и объектов. Разработка имитационной модели основана на принципах рефакторинга, т.е. постепенного усложнения применяемых моделей по мере накопления опыта.

В случае иерархической мультиагентной системы появляется возможность управлять ограничениями модели посредством управления альтернативами центра. Равновесие представляет собой вероятности применения субъектами МАС (игроков) своих стратегий, что легко получить методом Монте-Карло, исходя из результатов моделирования предлагаемого прототипа.

УДК 536.42

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРАХ

Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, В. Д. Попов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630363, e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru*)

Аннотация: Рассматривается тепловой метод неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах. Численное исследование показало, что структурные переходы, сопровождающиеся тепловыми эффектами, могут быть зафиксированы разработанным методом по изменениям скорости нагрева.

Abstract: We consider the thermal method of nondestructive determination of the temperature characteristics of structural transitions in polymeric materials. Numerical study showed that structural transitions accompanied by thermal effects, can be fixed develop methods to change the rate of heating.

Ключевые слова: тепловой метод, структурный переход, измерительная схема, полимерные материалы, неразрушающий контроль.

Keywords: thermal method, the structural transition, the measuring circuit, polymeric materials, non-destructive testing.

Совершенствование методов и средств контроля и диагностики состояний изделий из полимерных материалов актуально. Изучение суперпозиций состояний и переходов полимерных материалов необходимо для назначения технологических режимов их переработки в изделия и последующей эксплуатации.

Для изучения полимерных материалов применяются традиционные методы: ренгеновскийж; дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия и др. Перечисленные методы требуют изготовления специальных образцов, длительного времени испытания, использования дорогостоящего оборудования.

В данной работе рассматривается тепловой метод неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов (твердофазных, релаксационных) в полимерах и композиционных полимерных материалах на их основе, сопровождающихся тепловыми эффектами [1, 2].

В качестве объекта исследования выбран полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), занимающих одно из ведущих мест по объему производства и применения.

Согласно измерительной схеме, представленой на рис. 1, тепловое воздействие на исследуемое полимерное тело, имеющее равномерное начальное температурное распределение, осуществляется с помощью двух линейных нагревателей постоянной мощности, встроенных в подложку измерительного зонда. Начальное температурное распределение контролируется одновременно пятью термоэлектрическими преобразователями, расположенными на поверхности подложки измерительного зонда (ИЗ) [2, 3].

Нагреватели, выполненные в виде полос шириной $2h$ = 2,2 мм, расположены на расстояниях 2,7 мм по обе стороны от центральной оси измерительного зонда. Один термоприемник расположен на линии центральной оси зонда, остальные термоприемники находятся по обе стороны от нее на расстояниях 4,3 и 4,8 мм [2].

Реализация метода осуществляется измерительной системой (ИС), детальное описание которой представлено в работе [4].

Возможен расчет первой производной по времени от температуры, выражающей скорость (V) изменения этой величины на кривых температурных зависимостей от времени, что позволяет осуществлять неразрушающий контроль значений температуры структурных переходов в полимерных материалах без дополнительной калибровки ИС [4].

В результате проведенного численного моделирования теплопереноса методом конечных элементов в соответствии с измерительной схемой (рис. 1) получены термограммы в заданных точках контроля (рис. 2). Моделирование проводилось при следующих условиях: подложка измерительного зонда выполнена из пенополиуретана марки «Рипор» (λ = 0,028 Вт/(м·К),

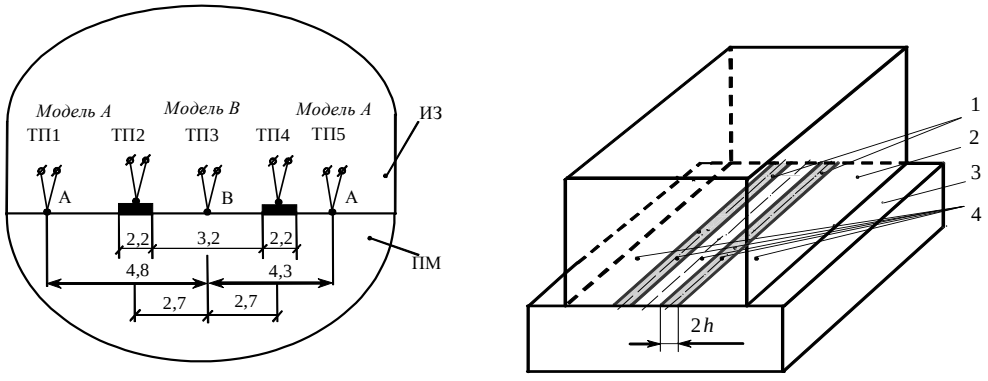


Рис. 1. Схема расположения термоприемников и нагревателей в подложке зонда (слева) и измерительная схема (справа):
1 – нагреватель; *2* – подложка измерительного зонда; *3* – исследуемое тело; *4* – термоприемники

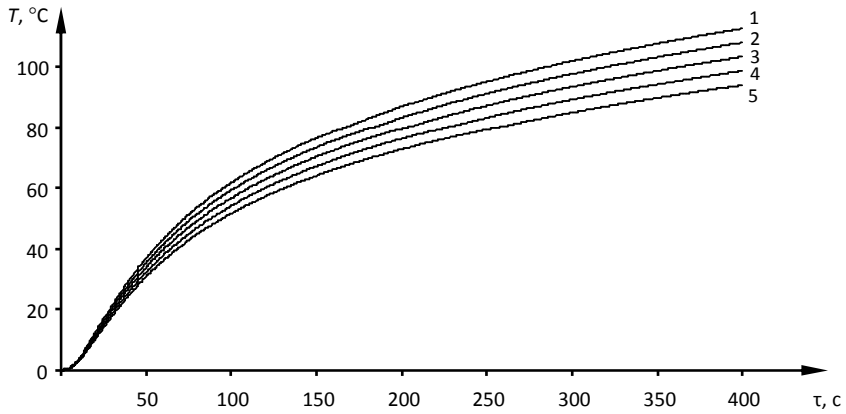


Рис. 2 Термограммы в точке (0;0):
1 – q = 24000 Вт/м^2; 2 – q = 23000 Вт/м^2; 3 – q = 22000 Вт/м^2;
4 – q = 21000 Вт/м^2; 5 – q = 20000 Вт/м^2

с = 1050 Вт/(м·К), ρ = 50 кг/м^3); объект исследования – полиэтилен низкой плотности, ПЭНП (λ = 0,3 Вт/(м·К), с = 1750 Вт/(м·К), ρ = 1550 кг/м^3). Режимные характеристики: тепловая мощность на нагревателе задавалась в интервале от 20 до 24 Вт; частота дискретизации Δτ = 0,5 с.

Твердофазный структурный переход в ПЭНП, сопровождающийся эндотермическим тепловым эффектом, моделировали скачком теплоемкости при температуре 81 °С.

На рисунке 2 представлены термограммы, полученные в точке контроля, расположенной на линии центральной оси измерительного зонда, при различных значениях теплового потока: 1) q_1 = 24000 Вт/м^2; 2) q_2 = 23000 Вт/м^2; 3) q_3 = 22000 Вт/м^2; 4) q_4 = 21000 Вт/м^2; 5) q_5 = 20000 Вт/м^2.

На рисунке 3 представлены зависимости скорости нагрева материала локальной области объекта (в исследуемой точке поверхности изделия) от времени (рис. 3, *а*) и от температуры (рис. 3, *б*).

Из представленных данных видно, что твердофазное превращение в ПЭНП, сопровождающееся поглощением тепла, проявилось на зависимостях $V = f(\tau)$; $V = f(T)$.

На рис. 3, *а* твердофазное структурное превращение в ПЭНП явно проявилось на всех зависимостях при достижении значения температуры структурного перехода в исследуемой точке поверхности полимерного объекта (на линии центральной оси измерительного зонда) по мере нагревания в соответствующее время.

На зависимостях $V = f(T)$ (рис. 3, *б*) твердофазное структурное превращение в ПЭНП проявилось в узком интервале значений температуры 81±1°С, что соответствует априорным ожиданиям.

Полученные результаты численного моделирования подтверждают, что структурные превращения в полимерных материалах, сопровождающиеся тепловыми эффектами, могут быть зафиксированы разработанным методом по изменениям скорости нагрева.

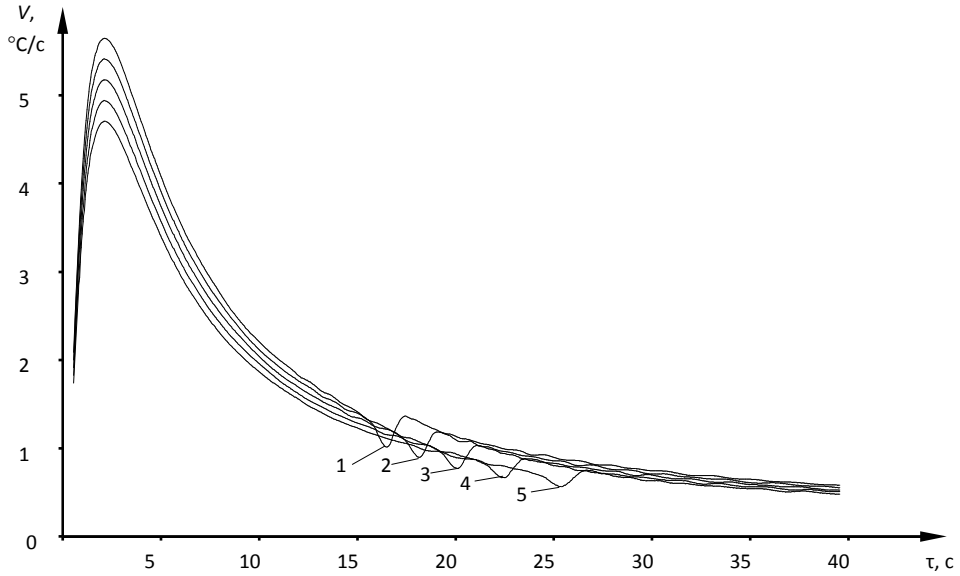


Рис. 3, *а.* Зависимости $V = f(\tau)$, полученные по термограммам, представленным на рис. 2 в точке с координатами (0;0):
1 – q = 24000 Вт/м^2; 2 – q = 23000 Вт/м^2; 3 – q = 22000 Вт/м^2;
4 – q = 21000 Вт/м^2; 5– q = 20000 Вт/м^2

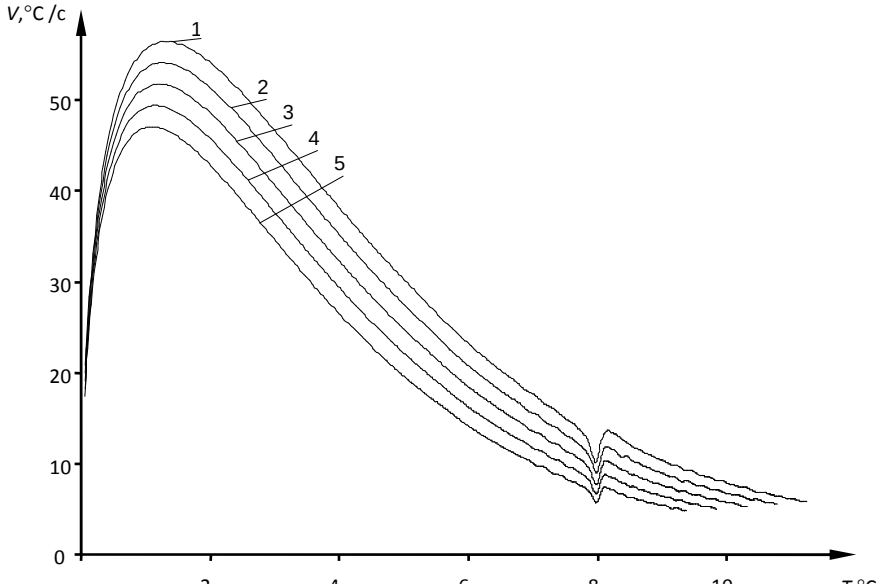


Рис. 3, *б.* Зависимость $V = f(T)$, полученная по термограммам, представленным на рисунке 2 в точке с координатами (0;0):
1 – q = 24000 Вт/м^2; 2 – q = 23000 Вт/м^2; 3 – q = 22000 Вт/м^2;
4 – q = 21000 Вт/м^2; 5 – q = 20000 Вт/м^2

Библиографический список

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов / С.В. Мищенко, Ю.Л. Муромцев, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, О.Н. Попов // Учебное пособие. Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов. – 2012. – 112 с.

2. Теоретическое обоснование метода неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, О.Н. Попов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, №2. – С. 296 – 302.

3. Математическое моделирование теплопереноса от двух нагревателей в полуограниченном теле / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, №2. – С. 327 – 322.

4. Измерительная система неразрушающего контроля структурных превращений в полимерных материалах / Н.Ф. Майникова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. – №9. – С. 45 – 48.

References

1. Mnogomodelnyie metodyi v mikroprotsessornyih sistemah nerazrushayuschego kontrolya teplofizicheskih harakteristik materialov / S.V. Mischenko, Yu.L. Muromtsev, N.P. Zhukov, N.F. Maynikova, I.V. Rogov, O.N. Popov // Uchebnoe posobie. Izdatelstvo FGBOU VPO «TGTU». – Tambov. – 2012. – 112 s.

2. Teoreticheskoe obosnovanie metoda nerazrushayuschego kontrolya teplofizicheskih svoystv materialov / N.P. Zhukov, N.F. Maynikova, I.V. Rogov, O.N. Popov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – 2010. – T. 16, №2. – S. 296 – 302.

3. Matematicheskoe modelirovanie teploperenosa ot dvuh nagrevateley v poluogranichennom tele / N.P. Zhukov, N.F. Maynikova // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – 2012. – T. 18, №2. – S. 327 – 322.

4. Izmeritelnaya sistema nerazrushayuschego kontrolya strukturnyih prevrascheniy v polimernyih materialah / N.F. Maynikova // Priboryi i sistemyi. Upravlenie, kontrol, diagnostika. – 2006. – №9. – S. 45 – 48.

УДК 621.365

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА В ШЛАКЕ ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДУГ В ПЕЧАХ

Е. П. Зацепин*, А. В. Галкин**

* *Липецкий государственный технический университет, Россия, Липецк*
(*тел.* (*4742*)*328049, e-mail: ezats@mail.ru*).
** *Липецкий государственный технический университет, Россия, Липецк*
(*тел.* (*4742*)*328150, e-mail: avgalkin82@mail.ru*)

Аннотация: В статье рассматривается вопрос моделирования распределения электромагнитного поля в слое рафинировочного шлака для уточнения рационального электрического режима работы агрегатов «печь-ковш».

Abstract: The paper discusses the modeling of electromagnetic field distribution in the conductor layer of slag to clarify the rational electric mode of the electric arc furnace.

Ключевые слова: электрический режим, моделирование, дифференциальное уравнение, разностные схемы, электродуговая печь переменного тока.

Keywords: electric mode, modeling, differential equation, finite difference schemes, AC electric arc furnace.

Регулирование электрического режима дуговой сталеплавильной печи (ДСП) ведется по напряжению и току дуги. Наиболее рациональным режи-

мом работы для этих агрегатов является режим максимальной интенсивности нагрева металла. Для агрегатов печь-ковш (АПК) регулирование режима по току дуги сопряжено с трудностями, т.к. часто эти агрегаты работают с дугой, экранированной шлаком. В этом случае, при перекрытии электродов проводящим шлаком в последнем протекают токи, шунтирующие электрические дуги. При этом для определения рациональных значений токов дуг, соответствующих максимальной интенсивности нагрева металла и не опасных для футеровки необходимо учитывать токи в слое рафинировочного шлака. Для эффективного функционирования АПК на первом этапе при формировании рафинировочного шлака определенного для группы сталей состава обеспечивается заданная толщина слоя шлака на зеркале металла, которая соответствует установленной длине дуги. Это позволяет достичь оптимальной скорости нагрева металла. Слой рафинировочного шлака должен быть на 20 – 30% больше длины дуги, чтобы обеспечить эффективное экранирование открытой дуги шлаком. В случае, когда толщина шлака превысит этот показатель в 2,5 – 3 раза из-за высокой электропроводности шлака дуги могут быть полностью шунтированы, что резко ухудшает нагрев металла и вызывает нежелательное разложение фторида кальция с образованием карбида кальция. При толщине слоя шлака меньше длины дуги растут потери подаваемой мощности, перегревается крышка ковша-печи. В случае работы с дугой, длина которой на 10 мм не закрыта шлаком, потери составляют 2 ~ 3% проводимой мощности. Поскольку температура столба дуги составляет 4500 – 6000 °С, а передача тепла излучением пропорциональна четвертой степени от температуры. Практика показывает, что для эффективной работы агрегата ковш-печь средней мощности (100 – 150 т ковш) длина дуги составляет 60 – 90 мм, в этом случае при оптимальной толщине слоя шлака дуги замыкаются через металл, обеспечивая оптимальный нагрев (рис. 1). Геометрические параметры АПК в конвертерном цехе № 1 ОАО НЛМК, для которого проводился расчет следующие $D_K = 3$ м, $D_P = 0{,}9$ м, $D_Э = 0{,}457$ м. Однако при расчете оптимального электрического режима необходимо учитывать шунтирование шлаком дуг, что можно получить при анализе распределения тока в слое шлака. Для определения сопротивления слоя рафинировочного шлака необходимо последний рассматривать как массивный проводник. В соответствии с основами теории электромагнитного поля при исследовании распределения токов в проводящей среде можно пренебречь токами смещения в силу их малости в сравнении с токами проводимости, т.е. приняв $\frac{\partial D}{\partial t} = 0$. С учетом того, что H это вектор напряженности магнитного поля, E - вектор напряженности электрического поля; γ – удельная электрическая проводимость среды; μа – магнитная проницаемость среды [1]. В этом случае уравнения Максвелла принимают вид:

$$\mathrm{rot}H = J = \gamma E, \quad \mathrm{rot}E = -\mu_a \frac{\partial H}{\partial t}. \qquad (1)$$

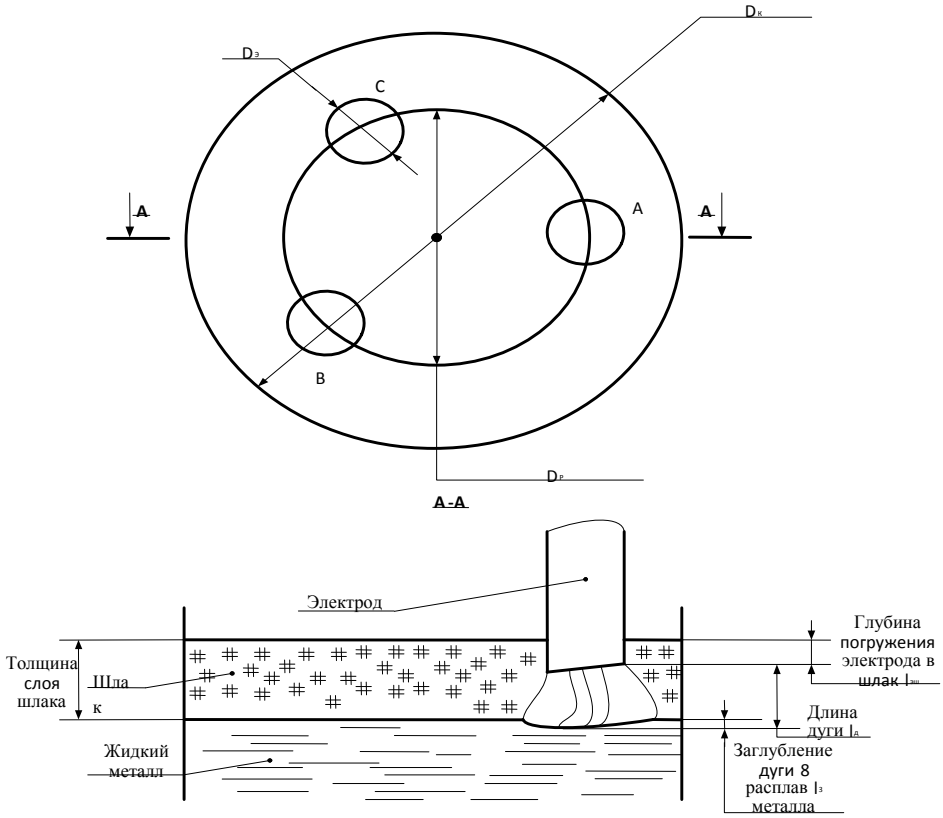


Рис. 1. Схема горения дуги в АПК при экранировании ее лаком

Если рассматривать плоскую электромагнитную волну, распространяющуюся в декартовой системе координат вдоль оси 0z, направив при этом вектор E по оси 0x, а вектор H по оси 0y с учетом того, что напряженности электрического и магнитного полей будет изменяться по синусоидальным законам с угловой частотой ω Ex = Emsin(ωt+φe); Hy = Hmsin(ωt+φн), то первое и второе уравнения Максвелла могут быть записаны в символической форме записи

$$\text{rot}\dot{H} = \gamma\dot{E},\ \ \text{rot}\dot{E} = -j\omega\omega_a\dot{H}. \qquad (2)$$

Для совместного решения уравнений (2) возьмем ротор от первого уравнения в системе (2) с учетом того, что $\text{div}\dot{E} = 0$ и $\text{div}\dot{H} = 0$ получим $\text{rot rot}\dot{H} = \text{grad div}\dot{H} - \nabla^2\dot{H} = \gamma\ \text{rot}\dot{E}$. Подставив вместо $\text{rot}\dot{E}$ $-j\omega\omega_a\dot{H}$ получим

$$\nabla^2\dot{H} - j\omega\gamma\mu_a\dot{H} = 0. \qquad (3)$$

Аналогичную запись получится для напряженности электрического поля

$$\nabla^2\dot{E} - j\omega\gamma\mu_a\dot{E} = 0. \qquad (4)$$

Распределение тока в массивном проводнике будет подчиняться закону Ома в интегрально-дифференциальной форме J = γE. Поскольку питание аг-

регата печь-ковш осуществляется трехфазным переменным напряжением, а система электродов строго симметрична, то при решении уравнения (4) в качестве граничных условий можно перейти от напряженности электрического поля к напряжению в расчетных точках рассматриваемого массивного проводника с учетом того, что расстояние между центрами электродов для рассматриваемых агрегатов составляет один метр, тогда в качестве граничных условий задаются функции напряжений на электродах от времени. Для численного решения поставленной задачи необходимо знать удельную электрическую проводимость слоя шлака и его магнитную проницаемость. Поскольку шлак не является ферромагнитным веществом, то его магнитную проницаемость с достаточной для инженерных расчетов точностью можно принять равной магнитной проницаемости вакуума, которая равна единице. Электропроводность слоя шлака определяется его химическим составом и температурой. На АПК рафинирование производится двумя видами шлаков: известково-глиноземистым и известково-силикатным, химический состав которых приведен в табл. 1.

Увеличение основности шлака, которое соответствует увеличению концентрации основных оксидов (CaO, FeO, MgO) по сравнению с концентрацией кислотных оксидов (SiO_2) снижается сопротивление шлака и уменьшается градиент напряжения столба дуги [2]. В приведены [3] изотермы удельной электропроводности известково-силикатных расплавов в зависимости от процентного содержания негашеной извести в расплаве. При пересчете этих изотерм в зависимости удельного сопротивления от основности шлака получено семейство кривых, которые были аппроксимированы зависимостями. Ошибка интерполирования составила величину менее 4 %. В результате была получена зависимость удельного сопротивления металлургических шлаков от их

1. Химический состав применяемых в АПК шлаков

Компонент шлака	Тип шлака	
	Известково-глиноземистый	Известково-силикатный
	Массовая доля компонента в шлаке, %	
CaO	55 – 65	55 – 65
Al_2O_3	20 – 30	8 – 10
SiO_2	8 – 10	20 – 30
MgO	5 – 8	5 – 8
MnO +FeO	н. б. 1	н. б. 1
CaF_2	–	6 – 8

основности и температуры расплава, представленная на рис. 2. Для решения уравнения (4), представляющего собой эллиптическое уравнение, была построена разностная схема, которая включает в себя дискретизацию исходного диффуравнения (5)

$$\frac{U_{i+1,j,k}-2U_{i,j,k}+U_{i-1,j,k}}{h_1^2}+\frac{U_{i,j+1,k}-2U_{i,j,k}+U_{i-1,j-1,k}}{h_2^2}+\frac{U_{i,j,k+1}-2U_{i,j,k}+U_{i,j,k-1}}{h_1^2}-j\omega\gamma\mu_a U_{i,j,k}=0. \quad (5)$$

Получаемая из (5) система линейных уравнений в связи с большой размерностью (исходная область была разбита на 15 376 точек) решалась итерационным методом по формуле (6)

$$U_{i,j,k}^{(n+1)}=\left(\frac{U_{i+1,j,k}^{(n)}+U_{i-1,j,k}^{(n)}+U_{i,j+1,k}^{(n)}+U_{i,j-1,k}^{(n)}}{2(2h_1^2+h^2)}h_1^2+\frac{U_{i,j,k+1}^{(n)}+U_{i,j,k-1}^{(n)}}{2(2h_1^2+h^2)}h^2\right)\Big/\left(1-j\omega\gamma\mu\frac{h^2h_1^2}{2(2h_1^2+h^2)}\right). \quad (6)$$

Шаг по осям 0x и 0y составил h = 0,1 м., по оси 0z h_1 = 0,01 м. Полученные решения для времени 0,1 с представлены на рис. 3.

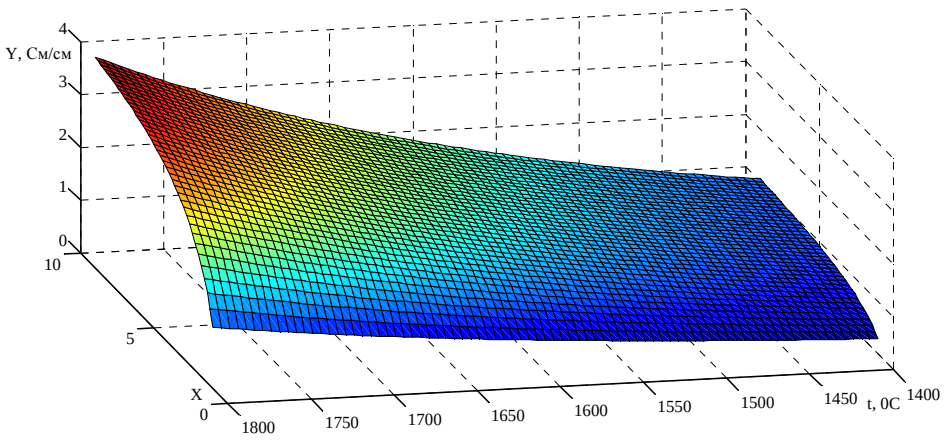
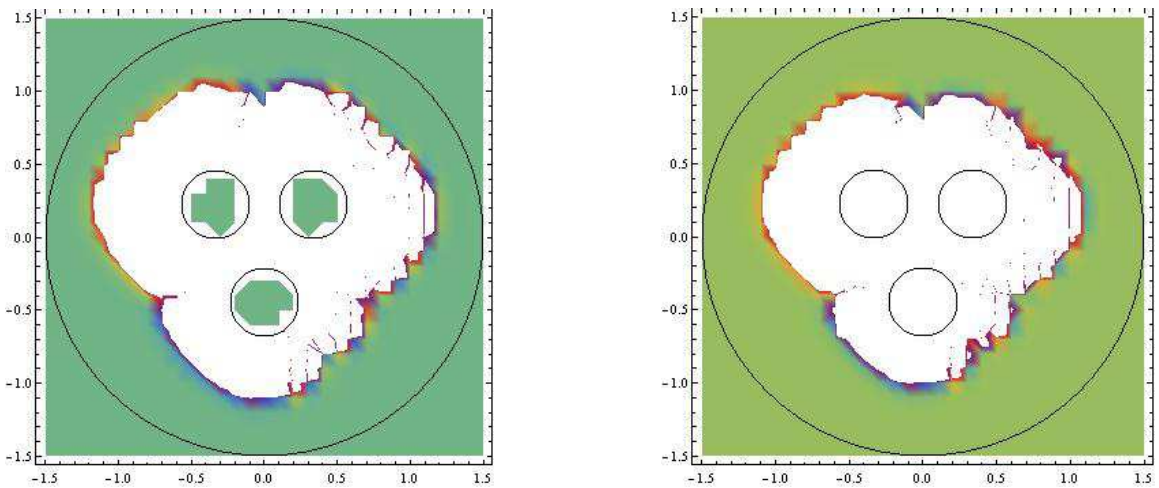


Рис. 2. Зависимость удельной проводимости шлака от его основности и температуры расплава



а) б)

Рис. 3. Распределение напряжений на различных высотах от зеркала металла: *а* – 5 см; *б* – 10 см

Библиографический список

1. Бессонов, Л. А., Теоретические основы электротехники. Ээлектромагнитное поле. Учебник. – 10-е изд. / Л.А. Бессонов. М.: Гардарики, 2003. -317 с.
2. Дюкин, Д.А., Производство стали на агрегате печь-ковш / Д.А. Дюдкин, С.Ю. Бать, С.Е. Гринберг, С.Н. Маринцев. Донецк: ООО «Юго-Восток Лтд», 2003. 300 с.
3. Микулинский, А.С. Процессы рудной электротермии./ А.С. Микулинский. М.: Металлургия, 1966. 280 с.
4. Петров Г.А., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов/ Г.А. Петров, А.С. Тумарев. М.: Высшая школа, 1977. 392 с.

References

4. 1. Bessonov, L. A., Teoreticheskie osnovyi elektrotehniki. Eelektromagnitnoe pole. Uchebnik. – 10-e izd. / L.A. Bessonov. M.: Gardariki, 2003. -317 s.
5. 2. Dyukin, D.A., Proizvodstvo stali na agregate pech-kovsh / D.A. Dyudkin, S.Yu. Bat, S.E. Grinberg, S.N. Marintsev. Donetsk: OOO «Yugo-Vostok Ltd», 2003. 300 s.
6. 3. Mikulinskiy, A.S. Protsessyi rudnoy elektrotermii./ A.S. Mikulinskiy. M.: Metallurgiya, 1966. 280 s.
7. 4. Petrov G.A., Tumarev A.S. Teoriya svarochnyih protsessov/ G.A. Petrov, A.S. Tumarev. M.: Vyisshaya shkola, 1977. 392 s.

УДК 621.365

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ЦИКЛОГРАММЫ АВТООПЕРАТОРА ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

А. А. Родина, С. И. Пестрецов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630618, e-mail: ant.rodina1209@yandex.ru*)

Аннотация: Приводится оценка возможности применения метода имитационного моделирования по составлению циклограмм работы автооператора гальванической линии.

*Abstract:*The paper presents an evaluating the possibility of simulation work on drawing up cyclograms autooperator galvanic line.

Ключевые слова: Гальваническая линия, циклограмма, автооператор, имитационное моделирование.

*Keywords:*Galvanic lines, patterns, automated attendant, simulation.

Технологические процессы гальванического производства являются одними из наиболее ресурсо- и энергоемких видов технологических процессов металлообрабатывающих отраслей промышленности.

В настоящее время, на отечественных предприятиях металлообрабатывающей отрасли эффективность использования поточных линий гальванической обработки снизилась до критического уровня, а доля затрат на указанные виды обработки существенно возросла.

В силу своей технологической специфики и установившегося традиционного подхода сформировались перечисленные ниже особые признаки, присущие только гальваническому производству:

1. Номенклатура деталей на гальванических участках весьма обширна.

2. Процессы, протекающие при нанесении гальванических покрытий очень вредны для здоровья рабочих. Традиционные меры, принимаемые в настоящее время для обеспечения безопасности персонала, не могут оградить работающих от отрицательного воздействия этого производства.

3. В настоящее время уровень автоматизации гальванического производства низок.

4. Обработка деталей в гальваническом производстве осуществляется с помощью технологических спутников, представляющих транспортные кассеты различных конструкций с держателями обрабатываемых деталей.

5. Необходимость непрерывного выполнения технологических операций в строго заданной последовательности обуславливает отсутствие образования межоперационных заделов.

6. К гальваническому оборудованию предъявляются высокие требования к надежности и помехоустойчивости систем управления, так как при отказах возможна остановка работы гальванической линии, что приводит к браку.

7. Главной же специфической особенностью гальванического производства является применение сугубо химических технологий на предприятиях машиностроения, приборостроения и металлообработки.

Перечисленные выше особенности гальванического производства определяют требования, предъявляемые к создаваемым в настоящее время гибким автоматизированным гальваническим линиям [1].

Одним из путей, обеспечивающих качество наносимых гальванопокрытий, является составление оптимального расписания (циклограммы) работы манипуляторов гальванической линии. Традиционный процесс построения циклограмм основан на эвристических алгоритмах, долог, трудоемок и требует от технолога опыта и специальных знаний. В этом случае возникает задача не только выбора оптимальных движений манипулятора, но и выбора их количества с учетом возможных зон перекрытия при работе. Так как составление расписания работы гальванической линии является достаточно сложной в математическом отношении задачей, оказалось целесообразно применение метода имитационного моделирования, реализованного с помощью языка GPSS (General Purpose Simulating System), интерпретатор которого встраивается в АС. Оптимизация циклограмм осуществляется оператором путем варьирования параметрами линии, технологического процесса и интенсивности запуска деталей [2].

Для переналадки линии на другой технологический процесс могут быть использованы элементы нечеткой логики и нейронных сетей. Автооператор может быть так же снабжен бортовым контролером, который управляется от программы автоматического построения циклограмм.

В рамках решения задачи по повышению эффективности использования рабочего времени основного оборудования, ключевым вопросом является создание автоматизированной системы для построения схемы движения автооператоров гальванических линий. Таким образом, необходимо провести формализацию задачи по снижению времени простоя автооператоров. Цель заключается в том, чтобы при заданных свойствах заданий и ресурсов и на-

ложенных на них ограничениях найти эффективный алгоритм, оптимизирующий или стремящийся оптимизировать требуемую меру эффективности [3]. Для решения поставленной задачи был разработан алгоритм для автоматизированного создания схемы движения двух автооператоров на гальванической линии.

Суть реализации алгоритма заключается в следующем.

1. Данные, полученные при изучении технологического процесса, обрабатываются, при этом выбирается позиция для передачи подвески с деталями от первого автооператора второму. Позиция выбирается такимобразом, чтобы время работы первого и второго автооператоров примерно были одинаковы. В зависимости от того, на сколько удастся сократить разницу во времени полезной работы первого и второго автооператоров на столько сократится время простоев и холостых пробегов автооператоров.

2. Строится примерная схема работы первого автооператора до зоны перехода, при этом учитываются холостые пробеги (холостые пробеги – движение автооператора без подвески), а так же время, затраченное на подъем и опускание подвески в гальваническую ванну, и время движения между ваннами.

3. Строится примерная схема движения второго автооператора от зоны перехода до позиции выхода (выгрузка).

4. Объединение, суммирование схем движения автооператоров и проверка на выполнение условий технологического процесса (длительность обработки, темп выхода и т.д.).

Если построенные примерные схемы движения удовлетворяют заданным условиям, циклограмма считается построенной.

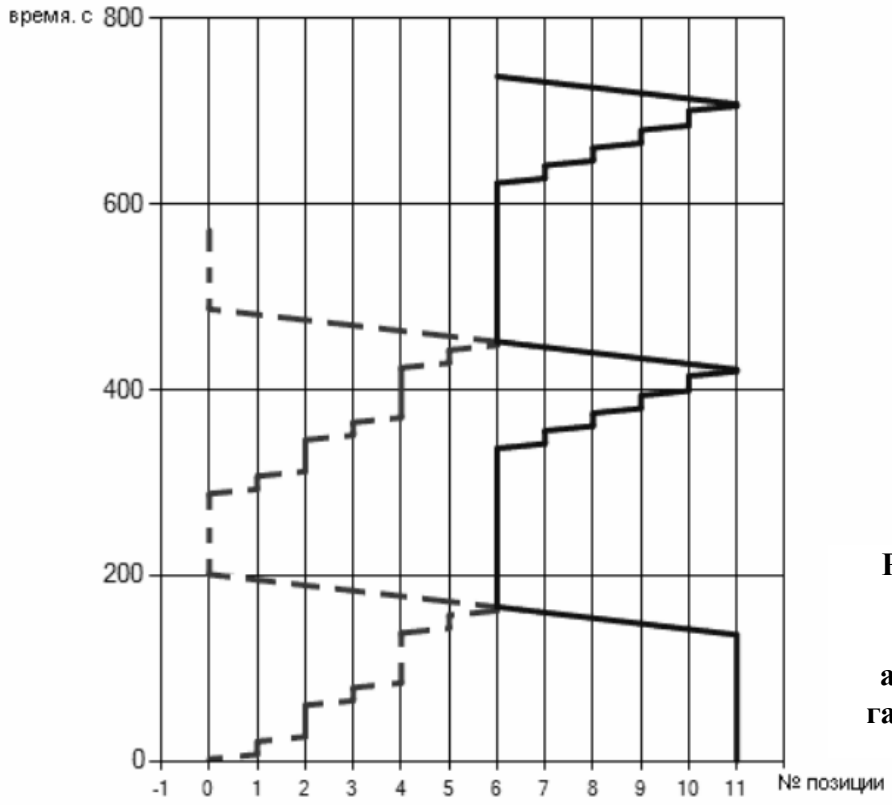


Рис. 1. Циклограмма работы двух автооператоров автоматизированной гальванической линии

Пунктиром обозначена зона действия первого автооператора, сплошная линия обозначает зону действия второго автооператора, позиция 6 является зоной передачей подвески с деталями между автооператорами.

Библиографический список

1. Гибкие автоматизированные гальванические линии: хрестоматия / сост.:А.Е. Новиков, А .Б Даринцева. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006. – 221 с.

2. Елтышев, Б.К. Опыт применения пакета GPSS/PC для создания системы проектирования циклограмм автоматизированных гальванических линий для ГП «Адмиралтейские верфи» // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сборник докладов первой всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2003. Том 2. СПб.: ЦНИИТС. 2003. – с. 45-47.

3. Родина, А.А. «Структура блочно-модульной САПР гальванической линии»/ Актуальные проблемы в машиностроении: материалы первой международной научно - практической конференции / под ред. В.Ю. Скибы. – Новосибирск: Изд- во НГТУ, 2014. – 269 – 274 с.

References

1. Gibkie avtomatizirovannyie galvanicheskie linii: hrestomatiya / sost.:A.E. Novikov, A.B Darintseva. – Ekaterinburg: GOU VPO UGTU – UPI, 2006. – 221 s.

2. Eltyishev, B.K. Opyit primeneniya paketa GPSS/PC dlya sozdaniya sistemyi proektirovaniya tsiklogramm avtomatizirovannyih galvanicheskih liniy dlya GP «Admiralteyskie verfi» // Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika: Sbornik dokladov pervoy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii IMMOD-2003. Tom 2. SPb.: TsNIITS. 2003. – c. 45-47.

3. Rodina, A.A. «Struktura blochno-modulnoy SAPR galvanicheskoy linii»/ Aktualnyie problemyi v mashinostroenii: materialyi pervoy mezhdunarodnoy nauchno -prakticheskoy konferentsii / pod red. V.Yu. Skibyi. – Novosibirsk: Izd- vo NGTU, 2014. – 269 – 274 s.

УДК 621.365

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ГАЗОВОЙ СМЕСИ В ХОЛОДИЛЬНИКЕ УСТАНОВКИ «ИЛ»

В. А. Немтинов, С. В. Гудков, С. Ю. Алексеев, А. Ю. Захаров

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*e-mail: zasha111@yandex.ru*)

Аннотация: Этот документ является результатом исследования движения газовой смеси внутри холодильника, установленного на линии вдоха установки, моделирующей дыхание человека. Поток рабочего агента рассматривается как набор элементарных областей с фиксированными свойствами и состоянием.

Abstract: This paper is the result of research work on the movement of gas mixture inside the fridge installed in the inhale line of the installation, which simulates human respiration. The flow of the working agent is considered as a set of elementary regions with fixed properties and condition.

Ключевые слова: математическое моделирование, газовые смеси, установка.

Keywords: mathematical modeling, gas mixtures, installation.

Развитие новых технологий обеспечения дыхания людей в токсичной атмосфере, разработка и совершенствование изолирующих дыхательных аппаратов (ИДА) невозможны без изучения особенностей их работы при раз-

личных режимах функционирования. Изучение процессов, протекающих в рабочих частях ИДА, производятся при помощи систем имитации дыхания человека – установок «Искусственные легкие» (ИЛ).

Во время работы ИДА на установке ИЛ определяются следующие параметры: объемная доля диоксида углерода на вдохе и выдохе, объемная доля кислорода на вдохе, температура газовой смеси на вдохе и сопротивление дыханию, продуцируемое ИДА. Для повышения точности измерения эксплуатационных параметров ИДА линии вдоха и выдоха на установке ИЛ разделены. На линии вдоха предусмотрен холодильник, охлаждающий поступающую из ИДА газовую смесь, который представляет собой цилиндр с расположенным внутри змеевиком, в который подается вода для охлаждения.

В холодильнике помимо процессов охлаждения происходят процессы перемешивания газовой смеси состоящей из объемов с отличающимися объемными долями целевых газов. Учет степени перемешивания позволяет обеспечивать точный анализ состава газовой смеси, циркулирующей в установке ИЛ и тем самым обеспечить точное воспроизведение заданных режимов дыхания.

Движение газа через металлическую обечайку холодильника может быть описано как движение вязкой сжимаемой жидкости уравнением Навье-Стокса. В общем виде, записанное отдельно по каждой координате оно выглядит следующим образом:

$$\rho\frac{Dw_x}{D\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu\left(\nabla^2 w_x + \frac{1}{3}\frac{\partial \Theta}{\partial x}\right),$$

$$\rho\frac{Dw_y}{D\tau} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu\left(\nabla^2 w_y + \frac{1}{3}\frac{\partial \Theta}{\partial y}\right), \qquad (1)$$

$$\rho\frac{Dw_z}{D\tau} = -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu\left(\nabla^2 w_z + \frac{1}{3}\frac{\partial \Theta}{\partial z}\right).$$

Здесь $\rho\frac{Dw_{x,y,z}}{D\tau}$ – конвективная производная (производная Лагранжа), показывающая изменение скорости потока вдоль одной из координат – *x*, *y*, *z* при переходе выделенного фрагмента потока от одной точке пространства к другой

$$\frac{Dw_i}{D\tau} = \frac{dw_i}{d\tau} + \frac{dw_i}{dx}w_x + \frac{dw_i}{dy}w_y + \frac{dw_i}{dz}w_z, \qquad (2)$$

где $i = \{x, y, z\}$ – вектор координат пространства; *wx*, *wy*, *wz* – скорости выделенного фрагмента потока жидкости вдоль соответствующих координат, рассчитываются как $w_i + \frac{dx_i}{d\tau}$ – элемент вектора координат; $p(x, y, z)$ – гидростатическое давление внутри жидкости вдоль соответствующих координат.

Слагаемое $\mu\left(\nabla^2 w_x + \frac{1}{3}\frac{\partial\Theta}{\partial x}\right)$ описывает влияние сил трения и вызываемых трением сил сжатия и растяжения в вязкой жидкости; $\Theta(x, y, z)$ – дивергенция векторного поля скорости, привносимого силами сжатия и растяжения, возникающими в жидкости в процессе ее течения, здесь

$$\Theta(x, y, z) = \frac{dw_x}{dx} + \frac{dw_y}{dy} + \frac{dw_z}{dz}. \quad (3)$$

Произведение производной этой суммы на коэффициент вязкости μ дает силу, отнесенную к 1 м^3 жидкости, вызываемую ее растяжением и сжатием.

Для рассматриваемого случая уравнение Навье–Стокса примет следующий вид. Жидкость течет в прямом цилиндре с круглым основанием, поэтому можно предположить, что для него как для тела вращения составляющие скорости вдоль двух осей, перпендикулярных направлению потока будут равны $wy = wz$. В этом случае скорость жидкости $w(\tau, x, y)$ будет представлена как функция трех переменных – времени (τ) и координат $xi = \{x, z\}$.

$$\rho\frac{Dw_x}{D\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu\left(\nabla^2 w_x + \frac{1}{3}\frac{\partial\Theta}{\partial x}\right),$$
$$\rho\frac{Dw_x}{D\tau} = -pg - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu\left(\nabla^2 w_z + \frac{1}{3}\frac{\partial\Theta}{\partial z}\right). \quad (4)$$

Расположенный внутри цилиндрической обечайки змеевик выступает в роли дополнительного турбулизатора. Поэтому при развитых турбулентных режимах, которые возможны в этих условиях, составляющей силой тяжести pg во втором уравнении системы (4) можно пренебречь, а вместо него добавить слагаемое, учитывающее потерю потенциальной энергии потока на преодоление препятствия, отнесенное к его длине.

$$f = \frac{U}{L}, \quad (5)$$

где U – доля потенциальной энергии, затраченная на преодоление препятствия; L – общая длина препятствия.

В нашем случае препятствием является змеевик, и потери потенциальной энергии потока U рассчитываются исходя из его геометрии. Вследствие сложной конфигурации змеевика, поток теряет разные доли энергии вдоль разных осей, поэтому составляющие f должны быть рассчитаны отдельно. В расчете необходимо учитывать не только геометрию змеевика в пространстве (длину, шаг витков и диаметр трубки), но и профиль его проекции на плоскость, перпендикулярную оси расчета:

$$f = \frac{U_{zy}(G)}{L}, \quad f = \frac{U_{xy}(G)}{D}, \quad (6)$$

где L – длина змеевика (он расположен вдоль оси x); D – диаметр витков змеевика; G – вектор геометрических параметров змеевика, определяющих потерю энергии потока на его преодоление вдоль выбранных осей.

С учетом вышесказанного уравнение (4) примет следующий вид:

$$\rho\frac{Dw_x}{D\tau} = -f_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu\left(\nabla^2 w_x + \frac{1}{3}\frac{\partial \Theta}{\partial x}\right),$$
$$\rho\frac{Dw_x}{D\tau} = -f_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu\left(\nabla^2 w_z + \frac{1}{3}\frac{\partial \Theta}{\partial z}\right). \quad (7)$$

Составляющие f_x, f_z учитывают потери потенциальной энергии для всего потока жидкости, проходящего через обечайку, внутри которой расположен змеевик. Однако можно предположить, что части потока, которые текут, не сталкиваясь со змеевиком, и те, которые напрямую с ним контактируют, будут вести себя неодинаково. Разницу в поведении фрагментов потока можно учесть, рассматривая текущую жидкость как двухкомпонентную среду, которая состоит из двух несмешивающихся между собой потоков. Основной поток жидкости, текущей внутри обечайки, может быть описан полученным уравнением как поток ньютоновской жидкости, та же его часть, которая непосредственно соприкасается со змеевиком, рассматривается как отдельный поток неньютоновской жидкости.

По зависимости вязких напряжений от градиента скорость $\gamma = \left|\frac{\partial \vec{w}}{\partial x}\right|$, где w – скорость течения, неньютоновские жидкости можно классифицировать следующим образом:

– псевдопластик – $\sigma = \alpha\gamma n$, $n < 1$;

– дилатантная жидкость – $\sigma = \alpha\gamma n$, $n > 1$;

– бингамовский пластик – представляется кусочно заданной функцией следующего вида: $\sigma = \begin{cases} \sigma_0 + \alpha\gamma, & \gamma > 0; \\ -\sigma_0 + \alpha\gamma, & \gamma < 0. \end{cases}$ (8)

В рассматриваемом случае при повышении скорости течения жидкости, степень его турбулизации за счет столкновения с препятствием возрастает, при развитых турбулентных режимах возможно также кратковременное образование пустот вблизи змеевика. Вследствие этих факторов вязкость жидкости, текущего через обечайку и сталкивающегося со змеевиком газа падает. Согласно приведенной выше классификации поток жидкости может быть рассмотрен как поток псевдопластика, где при медленных движениях вязкость велика, затем по мере возрастания скорости потока она убывает.

Такой подход позволяет учесть влияние геометрических параметров змеевика на качество течения жидкости. Так, диаметр кольца потока псевдо-

пластика будет соответствовать диаметру змеевика, толщина кольца – диаметру трубы, из которой змеевик сделан, а шаг змеевика может быть учтен в коэффициенте α выражения (8).

Также необходимо учесть изменение по объему обечайки теплофизических свойств жидкости, так как в данном случае змеевик выступает в роли холодильника. Уравнение (7) тогда примет следующий вид:

$$\rho(x,y,z)\frac{Dw_x}{D\tau} = -f_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu(x,y,z)\left(\nabla^2 w_x + \frac{1}{3}\frac{\partial \Theta}{\partial x}\right),$$
$$\rho(x,y,z)\frac{Dw_z}{D\tau} = -f_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu(x,y,z)\left(\nabla^2 w_z + \frac{1}{3}\frac{\partial \Theta}{\partial z}\right), \quad (9)$$

где $\rho(x, y, z)$, $\mu(x, y, z)$ – зависимости плотности и вязкости жидкости по объему обечайки.

Несмотря на возможность в описанном подходе количественно и качественно учесть влияние змеевика на происходящий процесс, постановка задачи может вызвать ряд принципиальных затруднений. Например, неясно как определить положение границы между двумя типами жидкостей.

На текущий момент еще не получено доказательство или опровержение существования глобального гладкого решения ***задачи Коши*** для трехмерных уравнений Навье–Стокса. Нахождение общего аналитического решения системы Навье–Стокса для пространственного или плоского потока осложняется тем, что оно нелинейное и сильно зависит от начальных и граничных условий. До сих пор решения этих уравнений найдены лишь в некоторых частных случаях. При использовании численных методов из-за сделанных математических допущений бывает затруднительно рассматривать описываемые процессы с физической точки зрения на протяжении всего жизненного цикла модели.

Выбранный для расчетов подход базируется на моделировании движения рабочего тела внутри обечайки, при постоянной оценке степени турбулентности потока в каждой точке цилиндра. На основе определенной степени турбулентности определяется степень перемешивания газа, а затем новое значение концентрации целевого компонента.

Поток рабочего агента рассматривается как набор элементарных областей с фиксированными свойствами и состоянием. Последовательный расчет всех ячеек набора дает информацию о поле концентраций целевого компонента в рабочем теле аппарата. Рассматривая элементарные области, турбулизацию потока можно учесть, оценив гидравлическое сопротивление – змеевик не только выступает в роли турбулизатора, но и уменьшает сечение цилиндра, эффект закручивания – оценив долю потока, изменяющего направление движения относительно продольной оси.

Для расчетов был использован змеевик, состоящий из трех сегментов – двух линейных, расположенных по краям цилиндра и одного спирального. Сегменты различных конструкций оказывают различное действие на прохо-

дящий поток, поэтому критерий Рейнольдса рассчитывается для каждой области индивидуально

$$\mathrm{Re} = \frac{w d_э \rho}{\mu}, \qquad (10)$$

где w – скорость потока газа в цилиндре; μ, ρ – вязкость и плотность газа.

Теплофизические свойства рабочего тела по длине зоны процесса были приняты постоянными при нормальных условиях, так как в рассматриваемом аппарате газ охлаждается незначительно и свойства рабочего агента по длине зоны процесса можно считать постоянными. В выражении (15) $d_э$ – определяющий диаметр, учитывающий конфигурацию турбулизующего элемента. Для линейного сегмента определяющим диаметром является диаметр свободного пространства в котором течет газ, рассчитанный как разность диаметров цилиндра и трубки сегмента змеевика $D_ц - d_m$. Для спирального сегмента эквивалентный диаметр рассчитывался как диаметр трубки сегмента, умноженный на количество витков $n \times d_m$.

Для линейных сегментов змеевика почти всегда характерен ламинарный режим течения, поэтому для него концентрации целевого компонента рассчитываются как для режима идеального вытеснения. На спиральной области змеевика концентрация вычисляется аддитивно, как сумма составляющих, полученных для режимов идеального вытеснения и смешения. Соотношение слагаемых определяется степенью турбулентности потока и учитывается весовыми коэффициентами.

Описанные выше принципы были реализованы программно на языке *Small Talk*. В настоящей работе была сделана попытка реализовать возможную часть описания процессов, происходящих в цилиндре на уровне программной системы, поэтому при программировании вышеозначенные принципы были развиты и доработаны с учетом особенностей конструкций языка и виртуальной машины *Small Talk*.

Аналогично основной идее используемой методики, ядром программы, является процедура, описывающая движение рабочего тела внутри цилиндра. Статическая структура программы моделирует конструкцию цилиндра с размещенным внутри него турбулизирующим элементом. Размещение змеевика внутри цилиндрической обечайки имитируется с помощью привязки всех конструктивных элементов к осям координат. В данном случае принимается, что в любой точке элементарного выбранного сечения цилиндра, перпендикулярного его продольной оси, параметры процесса идентичны, поэтому рассматривается привязка к одной оси координат, параллельной оси цилиндра. Также осуществляется моделирование движения рабочего тела внутри змеевика. Поток газа внутри аппарата рассматривается как последовательность элементарных областей, с определенной концентрацией целевого компонента. Каждая область также привязана к общим осям координат (в данном случае – к одной), что позволяет однозначно определить ее положение в пространстве в заданный момент времени.

1. Испытываемые конструкции аппарата

Длина цилиндра, мм	Диаметр цилиндра, мм	Диаметр трубки змеевика, мм	Количество витков змеевика
250	60	10	24

Время процесса представляется как набор элементарных интервалов. Величина интервала соответствует времени, за которое рабочий агент проходит одну элементарную ячейку цилиндра. В данном случае выбирается постоянная длина ячейки, равная 1 мм. Подача новой порции газа в аппарат имитируется добавлением в очередь, имитирующую поток газа в цилиндре, новой элементарной области. При этом первый элемент очереди удаляется. Состояние удаленной из очереди ячейки соответствует состоянию газа на выходе из аппарата. Пересчет всех элементов очереди осуществляется каждый такт времени, с поступлением каждой новой порции газа, в цилиндр.

Рассмотренная методика была использована для проверки того, сможет ли холодильник с параметрами, приведенными в табл. 1 (в этом разделе указан, как аппарат), обеспечить полное перемешивание газовой среды при синусоидальных изменениях концентрации целевого компонента в газовой смеси, поступающей в аппарат.

При расчете имитировалась подача в аппарат газа с циклическим изменением концентрации целевого компонента

$$c(t) = \left|\sin t\right|. \tag{11}$$

Время, в течении которого моделировался процесс, составило 1500 и 10 000 элементарных тактов или 34 и 226 с соответственно. Пересчет временного показателя из тактов программы в общепринятые единицы выполнялся по формуле:

$$\tau = n\frac{V_i}{G}, \tag{12}$$

где V_i – объем элементарной ячейки аппарата, м^3; G – расход газа через аппарат, м^3/с; n – количество тактов, пересчитываемое в секунды.

В начальный момент времени принималось, что аппарат содержит газ с концентрацией целевого компонента (CO_2), равной 4% объемных.

При моделировании вычислялась концентрация газа на выходе из аппарата, а также критерии Рейнольдса, соответствующие различным участкам змеевика.

На рисунке 2 приведены результаты расчетов выходной концентрации для указанного в табл. 1 аппарата. Слева показано изменение выходной концентрации за все время испытания, справа – выборка за 20 временных тактов, чтобы более наглядно показать отношение входной и выходной концентраций.

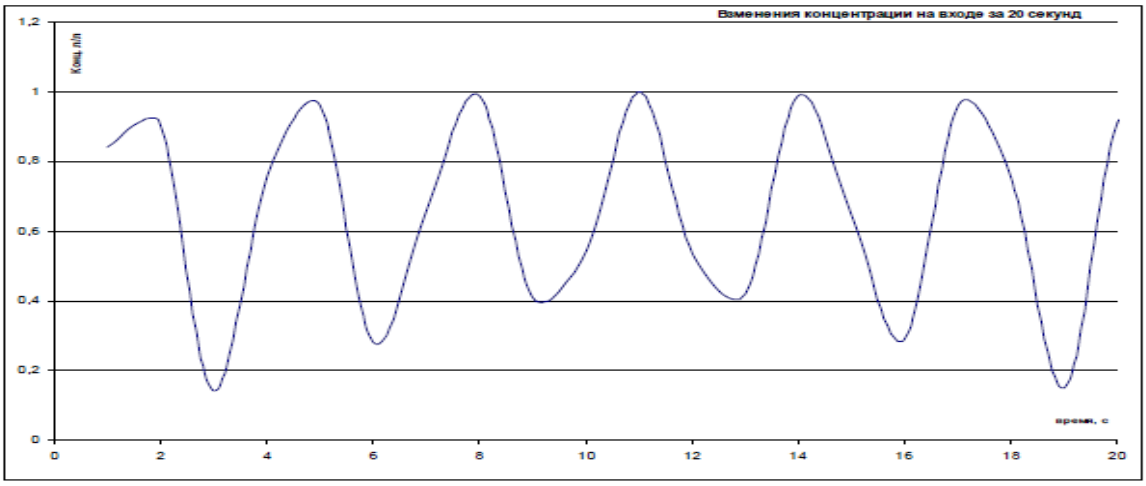


Рис. 1. Изменение входной концентрации

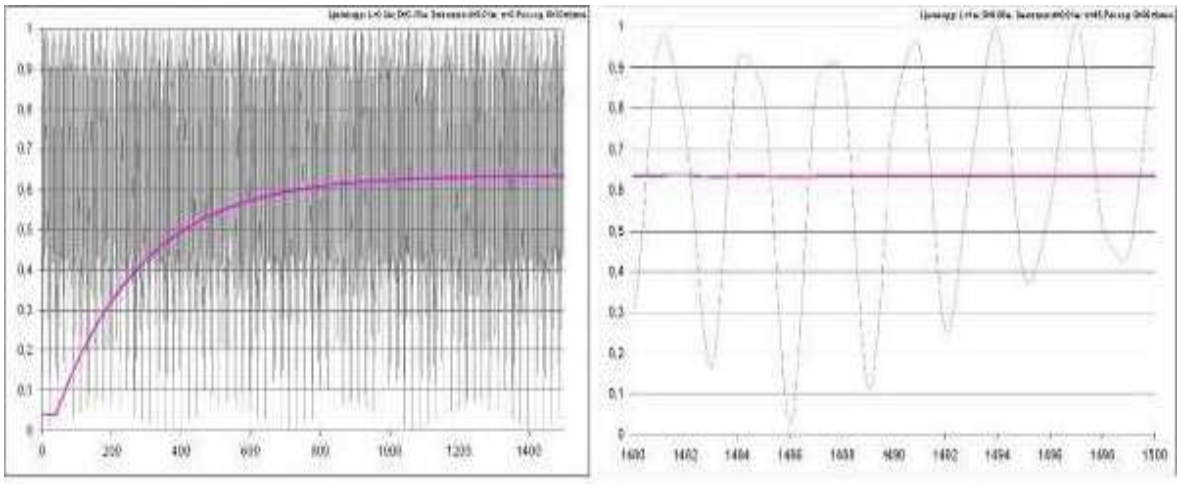


Рис. 2. Результаты расчетов концентрации на выходе

На графике можно увидеть как сначала из цилиндра вытесняется газ, который находился в нем в начальный момент времени, потом концентрация целевого компонента возрастает и наконец стабилизируется. Условно процесс можно разбить на три этапа.

На первом этапе вытесняется та часть газа, которая располагалась в области с линейным участком змеевика после спирального, по ходу движения потока. Время этапа соответствует длине линейной части. Далее концентрация нарастает предположительно до среднеинтегрального значения концентрации на входе за весь период испытания. На графиках видно, что процесс нарастания происходит плавно, без видимых откликов на возмущающие воздействия входной характеристики. Скорость нарастания концентрации зависит от конструкций цилиндра и пропорциональна степени перемешивания газа. Наличие этого этапа объясняется различным качеством газа, находящегося в цилиндре в начальный момент времени, и подаваемого в процессе расчета. Как было сказано выше, в начальный момент времени концентрация целевого компонента принималась равной 4% объемных. В процессе расчета в аппарат подавался газ с концентрацией до 100% объемных – это видно из (4), также из рис. 1.

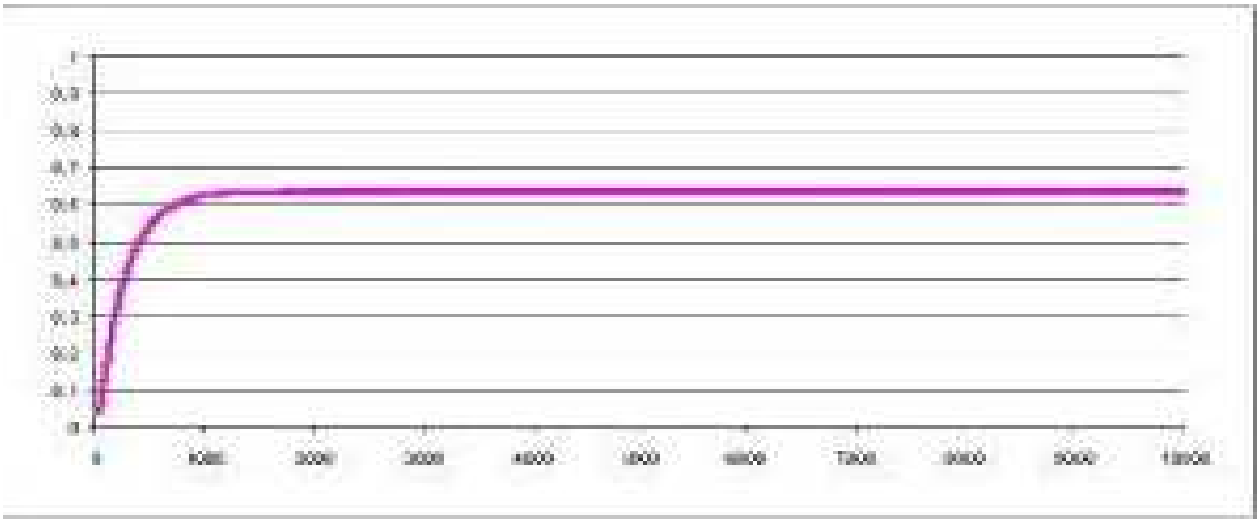
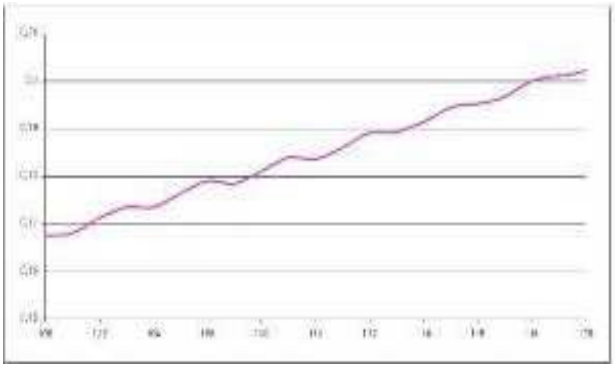


Рис. 3. Результат длительного испытания

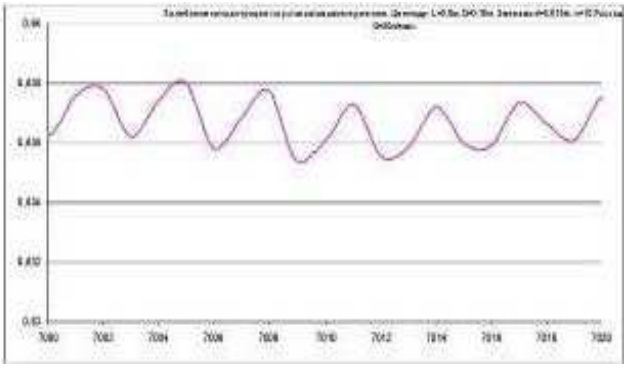
На рисунке 3 приведены результаты расчета для длительного испытания аппарата. Основная цель такого расчета – оценить поведение концентрации на выходе после окончания второго этапа и полного вытеснения из аппарата газа, располагавшегося там в начальный момент времени. Видно, что концентрация целевого компонента на выходе выравнивается, оставаясь затем практически постоянной.

Незначительные колебания концентрации на выходе аппарата все же присутствуют (рис. 4). Они являются реакцией аппарата на возмущающие входные воздействия и повторяют период входных изменений концентрации. Амплитуда этих колебаний составляет 0,2% от амплитуды колебаний концентрации на входе. Можно также отметить, что на этапе вытеснения из аппарата газа с начальным состоянием и роста концентрации на выходе, ее колебания практически отсутствуют.

По результатам проведенных расчетов можно заключить, что аппарат, с параметрами, приведенными в табл. 1, может сглаживать синусоидальные высокоамплитудные колебания входной концентрации целевого компонента, обеспечивая отсутствие резких скачков концентрации целевого компонента на выходе и перемешивание газовой смеси, поступающей в аппарат. Непе-



на этапе вытеснения газа с начальным состоянием при изменении концентрации



после того, как газ вытеснен

Рис. 4. Характер колебаний концентрации целевого компонента на выходе

риодические изменения концентраций на входе аппарата, или изменения с периодом, большим, чем время пребывания газа в аппарате, приводят к плавному изменению концентрации на выходе. Колебания концентрации на входе с малым периодом гасятся гидродинамической инерцией аппарата.

Библиографический список

1. Холдэн, Дж. С. Дыхание. М. –Л.:БИОМЕДГИЗ. 1937.
2. Диденко, Н.С. Регенеративные респираторы для горно-спасательных работ. М.:Недра, 1990.
3. Kyiazi N. Dtvtlopment of an automated breathing and metabolic simulator. Pittsburg, PA: U.S. Department of the interior, Bureau of Mines, IC 9110. 1986.
4. Итоговый отчет по проекту РФФИ №08-08-13715.

References

1. Holden, Dzh. S. Dyihanie. M. –L.:BIOMEDGIZ. 1937.
2. Didenko, N.S. Regenerativnyie respiratoryi dlya gorno-spasatelnyih rabot. M.:Nedra, 1990.
3. Kyiazi N. Dtvtlopment of an automated breathing and metabolic simulator. Pittsburg, PA: U.S. Department of the interior, Bureau of Mines, IC 9110. 1986.
4. Itogovyiy otchet po proektu RFFI №08-08-13715.

УДК 004.02

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПОНОВКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

К. А. Шаронин, С. Я. Егоров

Тамбовский государственный технический университет, *Россия*, *Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*630607*, *e-mail: egorovsy@yandex.ru*)

Аннотация: Рассмотрены вопросы проектирования промышленных объектов. Авторами описано математическое обеспечение программного комплекса моделирования и учета ограничений, позволяющего формализовать ограничения в виде системы продукционных правил. Приведены алгоритмы процедур формирования и контроля ограничений при автоматизированном проектировании компоновки промышленных объектов.

Abstract: Industrial objects design questions are considered. Authors describe software package for industrial objects layout, which allows you to formalize restrictions as production rules system. This paper deals with algorithms for form and control procedures for computer-aided design layout of industrial objects.

Ключевые слова: математическое моделирование, конструкторское проектирование, компоновка, экспертные знания, экспертные системы.

Keywords: mathematical modeling, construction design, layout, expert knowledge, expert systems.

Проектирование компоновки промышленных объектов является достаточно сложной и трудоемкой инженерной задачей. Современный уровень создания технических систем требует от разработчика умения формулировать (ставить) задачу исследования и осуществлять разработку такой системы, которая отвечала бы высоким техническим показателям, должна быть экономически обоснована, конкурентноспособна на рынке аналогичной технической

продукции [1]. Сократить время исследования и разработки технических систем в настоящее время можно только одним способом – уходом в область протекания технологических процессов в технической системе, представленных в форме математических отношений и реализуемых (решаемых) на быстродействующих средствах вычислительной техники [2]. Математическая модель компоновки включает условия, основанные на физическом смысле процесса размещения, требованиях нормативных документов (СНиП, ПБ, ГОСТ и т.д.), технологических особенностей, условий эксплуатации проектируемых систем, условий работы оборудования, персонала, условий обслуживания. Система условий математической модели меняется исходя из постановки задачи компоновки. При этом для автоматизированного решения поставленной задачи необходима трудоемкая разработка программного обеспечения, реализующего решение новой математической модели. Одним из выходов в данной ситуации является переложение части технологического цикла построения модели на ЭВМ [3].

Целью работы является снижение времени проектирования компоновки промышленных объектов и облегчение модификации программного комплекса с применением алгоритма автоматизированного построения математической модели компоновки промышленных объектов.

Алгоритм автоматизированного построения математической модели включает в себя несколько этапов: построение формализованного описания структуры технической системы, формирование математической модели, выбор критерия оптимальности. Каждый из этих этапов также состоит из последовательности действий. Исходной информацией для построения математической модели компоновки промышленных объектов является постановка задачи компоновки.

Постановка задачи компоновки промышленных объектов. Приведем постановку задачи компоновки промышленных объектов в следующем виде:

1. найти вариант компоновки оборудования $K_{x,i}$, $K_{y,i}$, $K_{z,i}$, $i = \overline{1, N_O}$, где $K_{x,i}, K_{y,i}, K_{z,i}$ - координаты *i*-го объекта, при котором критерий оптимальности проектного решения $R() \to \min$ будет минимальным, при выполнении условий математической модели.

Построение математической модели компоновки промышленных объектов.

Построение математической модели для данной постановки задачи будет состоять из следующих этапов:

1. Построение описания структуры технической системы.

2. Формирование системы условий математической модели.

Построение описания структуры технической системы.

Воспользуемся для построения описания структуры технической системы N-ориентированным гиперграфом вида (1). Зададим множество размещаемого оборудования как множество вершин *X* гиперграфа (1). Через множество ребер *U* определим пространство компоновки (этажи, помещения, це-

ха). Систему технологических связей между оборудованием зададим в виде ориентированных ребер U^L подграфа (2), описанного матрицей инцидентности (3). Таким образом, N-ориентированный гиперграф описывает структуру проектируемой технической системы

$$G(X,U,U^L), \tag{1}$$

где X – множество вершин гиперграфа; U – множество гиперребер гиперграфа; $U^L = \{u_l^{'} =< x_{p1}; x_{p2} >_l | \, l = 1, N_l\}$ – множество ребер ориентированного подграфа

$$G_l(X,U^L), \tag{2}$$

заданного в виде матрицы инцидентности $L = \{l_{p1,p2}\}$. (3)

Рассмотрим правило вида «Если А, то В», в котором А и В представляют собой комбинацию ограничений значений свойств объектов компоновки. Тогда будем считать системой ограничений математической модели систему правил:

$$\begin{gathered}[\text{Если } F^{1,r}()\gamma_1 \ldots \gamma_i F^{i,r}(), \text{ то } F^{1,r}()\gamma_1 \ldots \gamma_j F^{j,r}()]_k \\ \text{или} \\ [F^{1,r}()\gamma_1 \ldots \gamma_i F^{i,r}() \Rightarrow F^{1,r}()\gamma_1 \ldots \gamma_j F^{j,r}()]_k, \\ \text{при } k = \overline{1,K}, r = \overline{1,5}\end{gathered} \tag{4}$$

где $F^{i,r}(), F^{j,r}()$ – функция вида $F_1()\ldots F_5()$, r – вид функции [4].

На данном этапе получаем математическое описание структуры проектируемой технической системы, с указанием параметров объектов компоновки и интервальной оценки области допустимых значений данных параметров. Таким образом, описаны входные переменные математической модели компоновки промышленных объектов.

Рассмотрим алгоритм автоматизированного формирования математической модели. Для автоматизированного построения математической модели проектировщик выбирает из имеющихся в базе знаний условия, соответствующие постановке задачи. Для них проектировщик указывает соответствующее множество объектов компоновки.

Если требуемое условие отсутствует в базе знаний, то проектировщик может добавить его. Для этого используется алгоритм процедуры формирования ограничений (рис. 1). Его суть состоит в формализации условий математической модели, определенных нормативными документами, технологическими требованиями, особенностями эксплуатации объекта и т.д.

Формализованное условие записывается в базу знаний в виде символьной строки, содержащей правило на формальном языке. Грамматика формального языка записи правил позволяет записать конструкции вида «Если –

Рис. 1. Процедура формализации условия

то», используя математические выражения, операции сравнения и логические операции И, ИЛИ.

После того как записаны и выбраны из базы знаний необходимые условия математической модели, а также указаны значения параметров, на основе полученной общей записи условия производится автоматическое построение условия для каждого из выбранных объектов размещения. Суть данной операции заключается в подстановке числовых значений вместо индексов, указывающих номер размещаемого объекта, области или связи. Таким образом, на выходе данного этапа получается формализованная система условий математической модели.

Для учета ограничений при автоматизированном решении задачи компоновки промышленных объектов разработан алгоритм процедуры контроля ограничений. Он состоит в упорядоченной проверке ограничений для каждого размещаемого объекта, с определением выполнения всех ограничений при помощи механизма логического вывода.

Для проверки применен обратный механизм вывода. Из базы знаний в список выводов записываются все правила. Далее последовательно будем выбирать из этого списка те правила, которые определяют свойства объекта. При этом сравнивается значение свойства, определенное правилом, с текущим значением. Если правилом определяется другое значение, то оно не рассматривается. Выбранные правила записываются в стек условий.

Процедура проверки проводится для каждого объекта. Таким образом, устанавливается выполнение всех правил системы ограничений для каждого объекта и области. При наличии ошибок процедура не останавливается, что позволяет за один проход проверить систему ограничений и получить список невыполненных правил. При решении задачи компоновки на каждом шаге алгоритма изменяются свойства одного или малой группы объектов. Таким образом, проверка выполнения всей системы правил нецелесообразна. Достаточно проверить правила, в которых участвуют измененные свойства группы объектов.

Разработанный подход к математическому моделированию компоновки промышленных объектов опробирован на примере компоновки отделения непрерывной механико-ферментативной обработки крахмалистого сырья при производстве этилового спирта. Полученный вариант компоновки полностью соответствует существующим проектным решениям. При этом, применение программного комплекса построения математической модели компоновки промышленных объектов позволило снизить время, затрачиваемое на получение проектного решения, и упростить модификацию системы для решения различных задач компоновки, за счет возможности добавления и изменения условий математической модели без изменения программного кода.

Библиографический список

1. Малыгин, Е.Н. Проектирование гибких производственных систем в химической промышленности / Е.Н. Малыгин, С.В. Мищенко // Журн. Всесоюз. хим. общества им. Д.И. Менделеева. – 1987. – № 3. – С. 293–300.

2. Малыгин, Е.Н. Математические методы в технических расчетах : учебное пособие / Е.Н. Малыгин. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 80 с.

3. Кафаров, В.В. Основы автоматизированного проектирования химических производств/ В.В. Кафаров, В.Н. Ветохин// М.: Наука, 1987 – 624 с.

4. Егоров, С.Я. Автоматизированная информационная система поддержки принятия проектных решений по компоновке промышленных объектов. Часть 4. Применение экспертных систем для проверки правил компоновки. С.Я. Егоров, К.А. Шаронин, К.В. Немтинов. Информационные технологии в проектировании и производстве. 2013. № 4. С. 36-43.

References

1. Malyigin, E.N. Proektirovanie gibkih proizvodstvennyih sistem v himicheskoy promyishlennosti / E.N. Malyigin, S.V. Mischenko // Zhurn. Vsesoyuz. him. obschestva im. D.I. Mendeleeva. – 1987. – № 3. – S. 293–300.

2. Malyigin, E.N. Matematicheskie metodyi v tehnicheskih raschYotah : uchebnoe posobie / E.N. Malyigin. – Tambov : Izd-vo GOU VPO TGTU, 2010. – 80 s.

3. Kafarov, V.V. Osnovyi avtomatizirovannogo proektirovaniya himicheskih proizvodstv/ V.V. Kafarov, V.N. Vetohin// M.: Nauka, 1987 – 624 s.

4. Egorov, S.Ya. Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema podderzhki prinyatiya proektnyih resheniy po komponovke promyishlennyih ob'ektov. Chast 4. Primenenie ekspertnyih sistem dlya proverki pravil komponovki. S.Ya. Egorov, K.A. Sharonin, K.V. Nemtinov. Informatsionnyie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2013. №4. S. 36-43.

УДК 66.011

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ТРИХЛОРСИЛАНА

В. А. Немтинов*, В. Н. Новиков**

** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (4752)630706, e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru).*

*** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (4752)999999, e-mail: vadikoff_88@mail.ru)*

Аннотация: Рассматриваются вопросы конструкторской разработки ректификационной колонны для контрольной очистки ТХС в производстве поликристаллического кремния и создания ее виртуальной модели.

Abstract: The paper describes design issues of a distillation column for final purification of trichlorosilane in the manufacturing of polycrystalline silicon and creating its virtual model.

Ключевые слова: колонна, производство, виртуальная модель, трихлорсилан, кремний.
Keywords: column, manufacture, virtual model, trichlorosilane, silicon.

Развитие электроники, электротехники, автомобилестроения, энергетики, включая атомную, солнечную и др., тесно связано с использованием высокочистого полупроводникового кремния. По распространенности в земной коре (27,6%) кремний занимает второе место после кислорода. Кремний продолжает оставаться основным исходным материалом в производстве полупроводниковых приборов и фотопреобразователей для солнечной энергетики. Более 90% мирового рынка поликристаллического кремния контролируют компании США, Китая, Японии, Германии и Италии. В настоящее время в России монокристаллический кремний на предприятиях вырабатывается из высокочистого зарубежного сырья, поэтому вопрос развития производства поликристаллического кремния остается актуальным.

Из технического кремния хлорированием синтезируют трихлорсилан (ТХС), который очищается путем многостадийной ректификации от побочных продуктов синтеза трихлорсилана – H_2, HCl, тетрахлорида кремния (ТХК) и направляется в реактор водородного восстановления, где происходит процесс осаждения на стержни-основы.

При конструкторской разработке производства поликристаллического кремния необходимо спроектировать более 90 единиц техники. Одной из основных стадий является технологический процесс, происходящий в ректификационной колонне. Стекая вниз по колонне, жидкость взаимодействует с поднимающимся вверх паром, образующимся при кипении кубовой жидкости в кипятильнике. Начальный состав пара примерно равен составу кубового остатка, т.е. обеднен легколетучим компонентом. В результате массообмена с жидкостью пар обогащается легколетучим компонентом. Таким образом, в ректификационной колонне осуществляется непрерывный неравновесный процесс разделения исходной бинарной смеси на дистиллят (с высоким содержанием легколетучего компонента) и кубовый остаток (обогащенный труднолетучим компонентом).

При проектировании этой колонны необходимо разработать более 50 узлов.

Чертеж общего вида ректификационной колонны представлен на рис. 1, а 3D-модель ректификационной колонны на рис. 2.

Библиографический список

1. Таиров Ю.М., Цветкоф В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М. : Высшая школа, 1990. 271 с.

2. Блинов И.Г., Кожитов Л.В. Оборудование полупроводникового производства: учеб. пос. для вузов. М. : Машиностроение, 1986. 264 с.

References

1. Tairov Yu.M., Tsvetkof V.F. Tehnologiya poluprovodnikovyih i dielektricheskih materialov. M. : Vyisshaya shkola, 1990. 271 s.

2. Blinov I.G., Kozhitov L.V. Oborudovanie poluprovodnikovogo proizvodstva: ucheb. pos. dlya vuzov. M. : Mashinostroenie, 1986. 264 s.

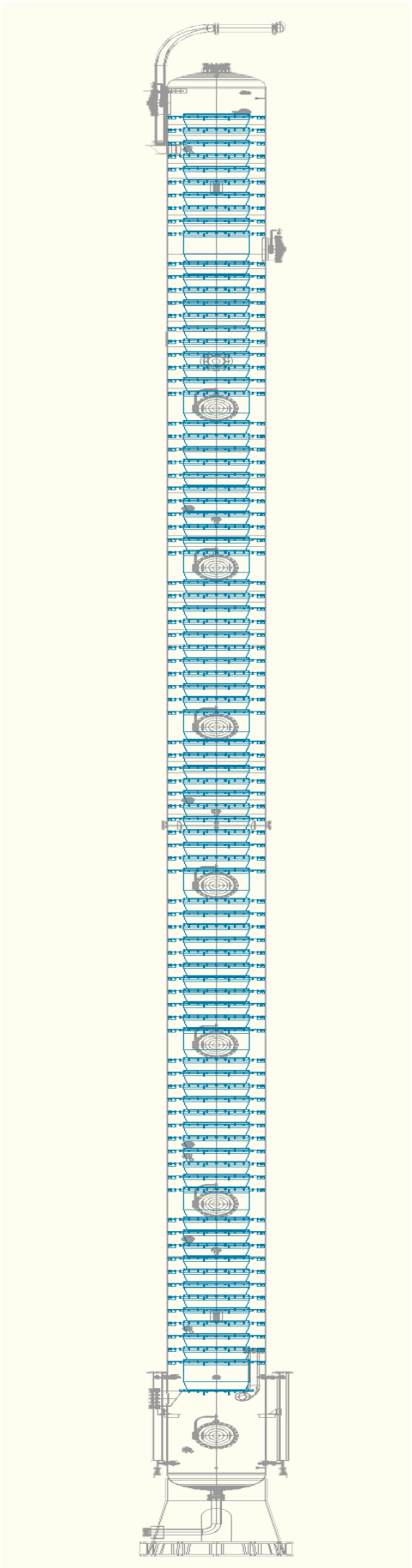


Рис. 1. Чертеж общего вида колонны

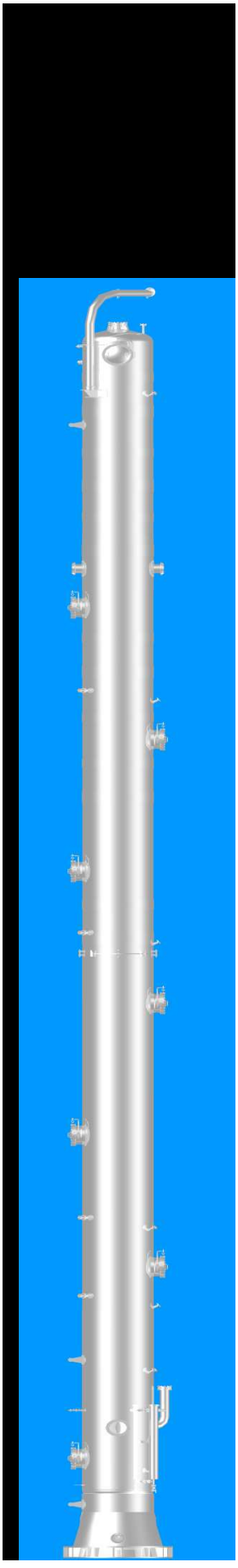


Рис. 2. 3D-модель ректификационной колонны

УДК 004.02

СИСТЕМАПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. М. Манаенков*, В. А. Немтинов**

**Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (8920)4721771, e-mail: tonik1987@mail.ru).*

*** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (8910)7525641, e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru)*

Аннотация: отражаются математические методы и функциональные особенности системы поддержки принятия решений. Рассмотрена информационно-логическая модель, использующая продукционные правила для поиска решений. Описана схема работы данной системы и рассмотрены ее основные компоненты.

Abstract: The article states mathematical methods and functional features of a decision support system. We describe information - logical model, which uses production rules for problem-solving, the scheme of this system and its main components.

Ключевые слова: СППР, ГИС, процедурное правило, база данных, 3D.

Keywords: DSS, GIS, rules of procedure, database, 3D.

В настоящее время широкое распространение и развитие вычислительной техники привело к созданию машинных систем поддержки принятия решений (СППР). Создаются автоматизированные системы (АС) для управлениями предприятиями торговли, промышленности, сельхоз хозяйства, банковской сферой и прочее. Главной особенностью таких систем является полный охват всех функции предприятия.

Одной из основных функций промышленного предприятия обеспечение экологической безопасности производства и сохранения окружающей среды. Чрезвычайные ситуации на промышленном предприятии, в том числе и с выбросом опасных веществ, происходят по различным причинам: изношенность оборудования, не соблюдение техники безопасности обслуживающим персоналом, природные катастрофы и пр. В таких случаях важно, не только ликвидировать последствия ЧС, но и сделать это оперативно, с минимальными трудовыми и материальными затратами. Для решения этих задач важно учитывать не только поступающие данные от контрольно-измерительных приборов, но метеорологические условия и рельеф местности, так как в случае ЧС можно будет спрогнозировать зону распространения опасных веществ. Поэтому создание и развитие подобных систем является одной из первостепенных задач при комплексной автоматизации управления промышленным предприятием.

Структурная схема системы поддержки принятия решений для экологически безопасного управления промышленным предприятием представлена на рис. 1.

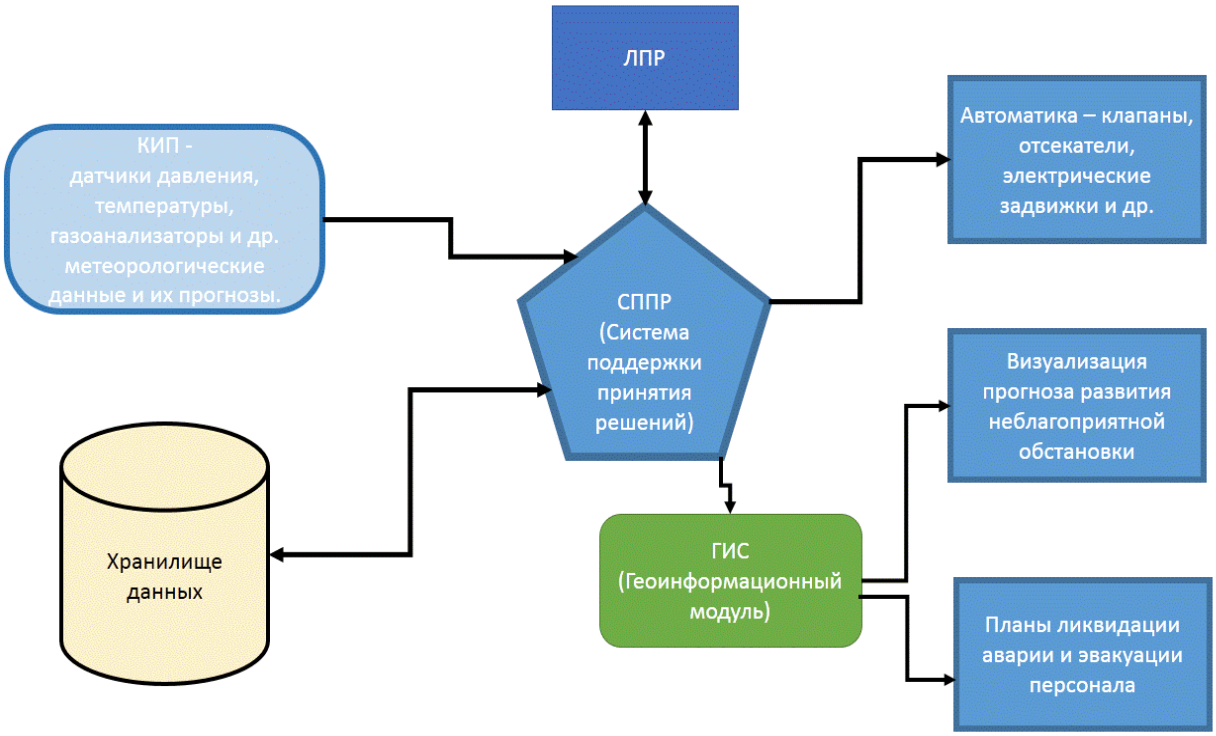


Рис. 1. Структурная схема СППР

Для предотвращения возникновения нештатных ситуации важно контролировать максимальное количество параметровпроизводства. Это касается не только процессов получения целевой продукции, но и их транспортировки из одного цеха в другой по трубопроводам. В настоящее время существует огромное количество датчиков, позволяющих контролировать все возможные параметры вещества внутри трубопровода, реактора, цистерны для хранения. Температура, давление, напор и т.д. – параметры при помощи которых возможно не только определить наличие разгерметизации и аварии, но и предотвратить ЧС, если параметры не достигли критического уровня. Информационно-логическая модель (ИЛМ) СППР для обеспечения нормального функционирования процессов производства и транспортировки веществпредставляет собой множество данных и связей между ними в виде правил. Каждое продукционное правило, находящееся в хранилище данных, состоит из двух частей: антецендента и консеквента. Антецедент представляет собой условную часть (посылку правила) и состоит из элементарных предложений, соединенных логическими операторами И, ИЛИ. Консеквент включает одно или несколько предложений, которые выражают либо факт, либо указание на действие, подлежащее исполнению. В общем виде ИЛМ можно представить следующим кортежем:

$$M = (d_1,..., d_i,..., d_N, p_1,..., p_j,..., p_s),$$

где M – оператор ИЛМ; d_1, …, d_N – множество данных ИЛМ; p_1, …, p_s – множество правил. В свою очередь, правила, входящие в модель, построены по типу: если … (условия выполняются), то … (реализация следствия), в формализованном виде описываются следующим образом:

$$p^k : \left\{ if \left(\left(d_1^{k'} A_1 z_1^{k'} \right) \lambda_1 \left(d_2^{k'} A_2 z_2^{k'} \right) \lambda_2 ... \lambda_{n-1} \left(d_n^{k'} A_n z_n^{k'} \right) \right) then \left(d_{1m}^{k'} A'_1 \; z_{1M}^{k'''} \right) \right\},$$

где *if* – обозначение условия «если»; then – обозначение следствия «то»; $A_1^{'}, A_i \in \{=, >, \geq, <, \leq\}, i = \overline{1,n}$ – арифметический оператор; $\lambda_i \in \{\wedge, \vee\}$ – логический оператор; $d_s^{'}, d_{1m}^{''}$ – соответственно входные и выходные данные модели; $Z^{k'} = \left\{ z_1^{k'}, ..., z_n^{k'} \right\}$ – множество значений входных данных $d_s^{k'}$; $z_1^{k''} \in \left\{ z_{11}^{k''}, ..., z_{1M}^{k''} \right\}$ – значения для выходных данных $d_{1k}^{''}$; n – количество условий; k – индекс правила ПМ.Таким образом, предложенный метод выбора решений, основанный на продукционных правилах, прост в исполнении и в тоже время эффективен в работе.

Рассмотрим работу модуля СППРна примере анализа состояния перегретого пара в трубопроводе. Например, в систему поступили следующие данные (табл. 1).

Данные обрабатываются, и формируется запрос в базу знаний логических правил с параметром – «участок трубопровода»:

```
mysql_query(«SELECT * FROM $dbnametab WHERE
pipesec='$pipesec'«,$dbcnx),
```

где dbnametab-таблица логических правил; $pipesec'- заданный пользователем участок трубопровода; $dbcnx- ссылка на идентификатор запроса.

Результатом запроса является 2 интервала штатных параметров для данного участка трубопровода – интервал давления и интервал температуры, другие параметры для данного участка не учитываются (табл. 2)

1. Входные параметры

Участок трубопровода	3
Текущее давление	0.5 МПа
Текущая температура	150С
Текущий расход	–
Текущая вязкость	–

2. Штатные интервалы

Участок трубопровода	3
Интервал давления	От 1.6 МПа до 2.2 МПа
Интервал температуры	От 250С до 350С
Интервал расхода	-
Интервал вязкости	-
Транспортируемое вещество	Перегретый пар

Далее модуль поддержки принятия решений формирует запрос в базу данных, параметром которого служит текущий участок трубопровода. Результатом запроса служат логические правила, сформированные для данного участка. Например, одно из множества правил для введенного участка табл. 3 (на сегодняшний день база знаний содержит более 50 правил).

Далее СППР поочередно сравнивает значение текущего показателя с интервалом штатных значений. По окончанию поиска подбирается логическое правило, удовлетворяющее полученным сравнениям. Формально это будет выглядеть так:

(Текущее давление (0.5 МПа) < Штатного давления [1.6-2.2]МПа, то Давление = меньше допустимого) И (текущая температура (150 ºС) < < Штатной температуры [250-350]ºС, то температура = меньше допустимой).

Запрос в БД (участок трубы = 3, давление = меньше допустимого, температура = меньше допустимой).

Для визуализации вариантов решений целесообразно использовать существующую ГИС (Геоинформационную систему). В данной системе используется упрощенная ГИС, построенная на базе открытого формата o3d, взаимодействующего с базой данных. Пример визуализации на рис. 3.

Апробация системы произведена на основе тестовых данных с ОАО «Пигмент».

Разработанная автоматизированная система находит применения на любых промышленных предприятиях. Система позволяет не только своевременно отреагировать на ЧС, путем взаимодействия с автоматикой (задвижки, клапаны, отсекатели), но и предоставить ЛПР информацию об сценарии развития ЧС, определить объекты какие попали в зону загрязнения и указать действия рабочего персонала для снижения последствий ЧС.

3. Первое логическое правило

Участок трубопровода	3
Давление	Больше нормального (>)
Температура	Нормальная (=)
Расход	–
Вязкость	–
Возможная причина и действия	Причина: Запорная арматура 1а не пропускает вещество. Действия: Отключить насос 5н и диагностировать запорную арматуру 1а

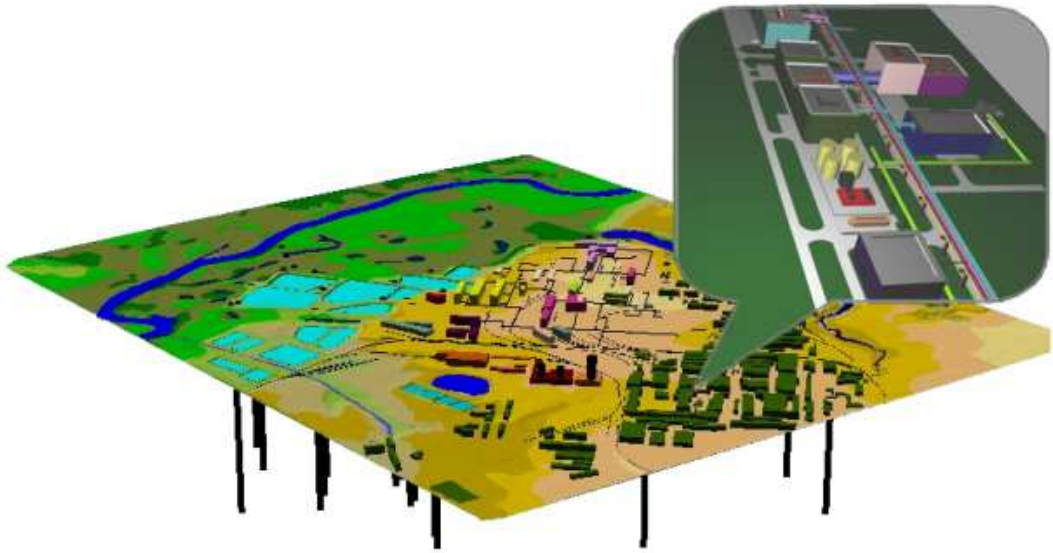


Рис. 2. Трехмерная модель предприятия

Библиографический список

1. Немтинов В.А., Немтинова Ю.В., Пчелинцева А.А., Манаенков А.М. О подходе комплексного использования информационных технологий для исследования химико-технологических объектов//Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. №5 С. 28-33

2. Немтинов В.А., NemtinovaYu.V., PchelinzevaA.A., Manaenkov A.M. Remote Access Information System for Analysis of Chemical Engineering Objects // Signal Processing Research. 2013. №2 С. 12-16.

3. Немтинов В.А., Морозов В.В., Немтинов К.В., Манаенков А.М. Информационное пространство при управлении химическим предприятием // Химическая промышленность сегодня. 2010. №9 С. 6-13.

4. Немтинов В.А., Морозов В.В., Егоров С.Я., Манаенков А.М. Использование Интернета при информационной поддержке принятия решений по управлению промышленным предприятием// Прикладная информатика. 2010. №4 С. 23-25

5. Немтинов В.А., Немтинов К.В., Морозов В.В., Манаенков А.М. Технология создания пространственных моделей территориально распределенных объектов с использованием геоинформационных систем// Информационные технологии. 2008. №8 С. 23-25

6. Программа «УПРЗА Эколог». URL: http://logosoft.ru/programmy/atmosfera/uprza_ekolog.html (дата обращения 15.03.2014).

7. Начиная работать с MySQL. URL: http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/mysql_intro_rus.html (дата обращения 11.09.2013).

References

1. Nemtinov V.A., Nemtinova Yu.V., Pchelintseva A.A., Manaenkov A.M. O podhode kompleksnogo ispolzovaniya informatsionnyih tehnologiy dlya issledovaniya himiko-tehnologicheskih ob'ektov//Vestnik kompyuternyih i informatsionnyih tehnologiy. 2013. №5 S. 28-33

2. Nemtinov V.A., Nemtinova Yu.V.,Pchelinzeva A.A., Manaenkov A.M. Remote Access Information System for Analysis of Chemical Engineering Objects//Signal Processing Research. 2013. №2 S. 12-16.

3. Nemtinov V.A., Morozov V.V., Nemtinov K.V., Manaenkov A.M. Informatsionnoe prostranstvo pri upravlenii himicheskim predpriyatiem// Himicheskaya promyishlennost segodnya. 2010. №9 S. 6-13.

4. Nemtinov V.A., MorozovV.V., Egorov S.Ya., Manaenkov A.M. Ispolzovanie Interneta pri informatsionnoy podderzhke prinyatiya resheniy po upravleniyu promyishlennyim predpriyatiem// Prikladnaya informatika. 2010. №4 S. 23-25

5. Nemtinov V.A., Nemtinov K.V., Morozov V.V., Manaenkov A.M. Tehnologiya sozdaniya prostranstvennyih modeley territorialno raspredelennyih ob'ektov s ispolzovaniem geoinformatsionnyih sistem// Informatsionnyie tehnologii. 2008. №8 S. 23-25

6. Programma «UPRZA Ekolog». URL: http://logosoft.ru/programmy/atmosfera/uprza_ekolog.html (data obrascheniya 15.03.2014).

7. Nachinaya rabotat s MySQL. URL: http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/mysql_intro_rus.html (dataobrascheniya11.09.2013).

УДК 004.42

МОНИТОРИНГ И ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Д. В. Милов*, Ю. Е. Гусева, А. Ю. Горбачева*****

** Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород*
(*тел.* (*8831*)*4362233, e-mail: milovdv@mail.ru*).
*** Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород*
(*тел.* (*8831*)*2578672, e-mail:gyseva140@mail.ru*).
**** Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород*
(*тел.* (*8831*)*4368382, e-mail: cassima@mail.ru*)

Аннотация: Основное внимание уделяется проблеме мониторинга и распознавания нештатных ситуаций при управлении транспортно-технологическим оборудованием. Рассматриваются вопросы реализации экспертной системы, а также модуля интерактивной трехмерной визуализации технологического процесса. Приводится описание разработанного прототипа экспертной системы на примере процесса перегрузки топлива реактора на быстрых нейтронах.

Abstract: The article focuses on the problem of monitoring and detection of abnormal situations in the management of transport and technological equipment. We consider the issues of implementation of an expert system and a module for interactive three-dimensional visualization of the process. The description of the developed prototype of an expert system is given on the example of fast reactor refueling.

Ключевые слова: мониторинг, перегрузка топлива, реактор, экспертная система, трехмерная визуализация.

Keywords: monitoring, refueling, reactor, expert system, three-dimensional visualization.

Задача эффективного управления транспортно-технологическим оборудованием (ТТО) перегрузки массивных конструкционных элементов неразрывно связана с непрерывным мониторингом его состояния. Для оценки состояния и управления ТТО используется система контроля и управления (СКУ ТТО) [1].

Своевременное обнаружение и распознавание нештатных ситуаций, возникающих в ходе технологического процесса, а также их наглядная визуали-

зация, позволит минимизировать возможные временные и экономические потери. С этой целью в структуру СКУ ТТО предлагается ввести дополнительно экспертную систему как элемент системы поддержки принятия решений. Модуль визуализации такой системы позволит получить наглядный образ предлагаемых решений.

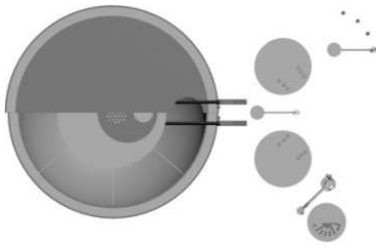


Рис. 1. Схема расстановки ТТО

В качестве примера рассматривается прототип экспертной системы для ТТО перегрузки топлива реактора на быстрых нейтронах (рис. 1). В состав измерительного комплекса механизма перегрузки входят датчики, показания которых позволяют оценивать усилия, возникающие в процессе перегрузочных операций. Для каждого датчика силы считается известной его индивидуальная передаточная функция $u = f(G)$, где u – выходной электрический сигнал датчика (напряжение), G – внешнее воздействие (модуль силы тяжести груза). Для определения усилия P, действующего на захват, по выходному напряжению можно воспользоваться инверсной передаточной функцией $P = \varphi(u)$.

В процессе перегрузочных операций на захват может действовать множество усилий $\{F_0, G_1, ..., G_K, F_{\max}\}$, которые устанавливаются при настройке системы. Веса для K видов поднимаемых изделий задаются через их массы $G_k = m_k g$, $k = \overline{1,K}$. Усилие F_0 оценивается на порядок меньше, чем наименьший вес изделия G_1. Усилие $F_{\max}$ оценивается на порядок больше, чем наибольший вес изделия G_K.

При функционировании ТТО так же возможны различные ситуации, оценку которых можно проводить на основании сравнения внешних сил с установленными. Для заданной совокупности усилий, ранжированных в порядке возрастания их величины, и определяемых ситуаций формируется наглядное трехмерное изображение исполнительно механизма (рис. 2).

Одной из важнейших задач при визуализации сложных трехмерных сцен обычно является определение того, какие части объектов (моделей), находящихся в трехмерном пространстве, будут видны при рендеринге, а какие закрыты от наблюдателя другими объектами. При этом необходимо учитывать, что состояние модели объекта (включая взаимное положение элементов модели) может динамически изменяться в зависимости от информации, поступающей от датчиков СКУ ТТО.

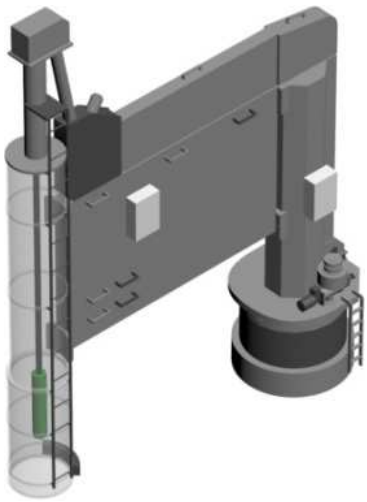


Рис. 2. Трехмерная модель поворотной колонны в режиме полупрозрачности

Технология рендеринга в режиме реального времени представляет собой компьютерную имитацию объектов и обеспечивает

создание и модификацию источников света, изменение цвета поверхности объектов, наложение на них текстур (например, различного рода шероховатостей), искажение поверхностей, а также внесение эффектов полупрозрачности объектов (рис. 2), что позволяет решить поставленную задачу [2].

В результате создан прототип экспертной системы, предназначенный для функционирования в составе программного обеспечения СКУ ТТО, и, позволяющий:

− осуществлять трехмерную динамическую визуализацию фрагментов процесса перегрузки топлива в реальном масштабе времени;

− производить оперативное изменение выбора фрагмента наблюдения, его масштаба, угла обзора, режима прозрачности и т.п.;

− обнаруживать и исключать коллизии технологического процесса в нештатных (аварийных) ситуациях.

Библиографический список

1. Кольцов В.А., Баранов В.Г., Милов В.Р., Гай В.Е, Милов Д.В. Экспертная система оценки состояния элементов транспортно-технологического оборудования в процессе перегрузочных операций // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013. № 7. С. 67-71.

2. Егоров Ю.С., Кольцов В.А., Любимов М.А., Милов В.Р., Мусонов В.В., Победоносцев А.Б. Визуализация процесса перегрузки топлива ядерного реактора // CLUB 3D: Инновационное проектирование. 2014. № 8. С. 112-120.

References

1. Koltsov V.A., Baranov V.G., Milov V.R., Gay V.E, Milov D.V. Ekspertnaya sistema otsenki sostoyaniya elementov transportno-tehnologicheskogo oborudovaniya v protsesse peregruzochnyih operatsiy // Informatsionno-izmeritelnyie i upravlyayuschie sistemyi. 2013. № 7. S. 67-71.

2. Egorov Yu.S., Koltsov V.A., Lyubimov M.A., Milov V.R., Musonov V.V., Pobedonostsev A.B. Vizualizatsiya protsessa peregruzki topliva yadernogo reaktora // CLUB 3D: Innovatsionnoe proektirovanie. 2014. № 8. S. 112-120.

УДК 004.42

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕГРУЗКИ ТОПЛИВА РЕАКТОРА НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Ю. С. Егоров*, А. В. Тумаринсон, А. А. Громова*****

** Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород*
(*тел.* (*8831*)*4362233, e-mail: ckar@list.ru*).
*** Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород*
(*тел.* (*8831*)*4362223, e-mail: 2marinson@mail.ru*).
**** Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород*
(*тел.* (*8831*)*4368382, e-mail: gromovaalyonaandreevna@mail.ru*)

Аннотация: Основное внимание уделяется проблеме создания эффективного человеко-машинного интерфейса между робототехническим комплексом и операторами пунктов дистанционного управления транспортно-технологическим оборудованием. Рассматриваются вопросы реализации функциональности графического конвейера, а также базовых классов для представления динамических трехмерных объектов. Приводится описание разработанной программы трехмерной визуализации процесса перегрузки топлива реактора на быстрых нейтронах.

Abstract: The main attention is paid to the problem of creating an effective man-machine interface between the robot systems and operators of nuclear power remote control points. We consider the issues of implementation of the functionality of the graphics engine, as well as the base class for the dynamic presentation of three-dimensional objects. We also describe the program of three-dimensional visualization of the refueling process of fast reactor.

Ключевые слова: графический интерфейс, перегрузка топлива, реактор, трехмерная визуализация, технологический процесс.

Keywords: graphical user interface, refueling, reactor, three-dimensional visualization, workflow.

Современные автоматизированные системы проектирования (CAD), инженерного анализа (CAE), управления проектами и документооборотом (PDM/PLM), управления производственной деятельностью (CAM, ERP, MRP), развиваемые в настоящее время ведущими мировыми производителями компьютерных моделирующих программ (Siemens, MSC, ANSYS, Autodesk, Bentley и др.) основное внимание уделяют планированию, дизайну, расчетам и виртуальным испытаниям будущего продукта. Планирование и сопровождение всех этапов жизненного цикла продукта важно в равной степени, однако, основной целью остается эффективная эксплуатация продукта в течение назначенного срока службы. Таким образом, возникает проблема, связанная с тем, что CALS-технологии требуют в зависимости от сложности решаемых задач значительных вычислительных мощностей и определенного времени на выполнение программ. В системах управления объектами атомной энергетики, в которых используется вычислительная техника, как правило, ни того, ни другого нет. Примером такой системы является система контроля и управления транспортно-технологическим оборудованием (ТТО) перегрузки ядерного топлива реактора на быстрых нейтронах [1].

Учитывая, что перегрузка топлива происходит под слоем натрия (визуально не видима операторам), необходимо обеспечить эффективный человеко-машинный интерфейс между робототехническим комплексом и операторами пунктов дистанционного управления (ПДУ), что предопределяет необходимость разработки программных модулей, реализующих технологию визуализации процессов, не позволяющих задействовать для их контроля технические средства видеонаблюдения.

Технология рендеринга в режиме реального времени представляет собой компьютерную имитацию объектов и обеспечивает создание и модификацию источников света, изменение цвета поверхности объектов, наложение на них текстур, например, различного рода шероховатостей, искажение поверхностей, внесение эффектов полупрозрачности объектов и т.п.

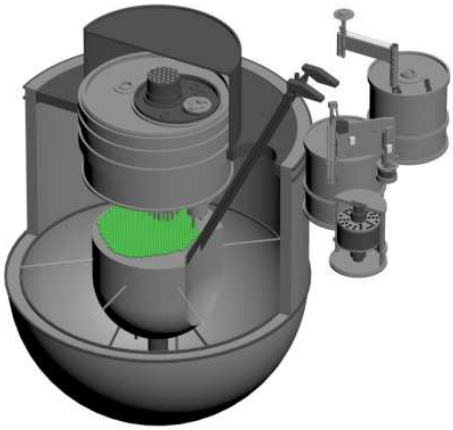


Рис. 1. Расстановка ТТО на трехмерной сцене программы

С целью визуализации процесса перегрузки топлива реактора на быстрых нейтронах разработана демо-программа, реализующая технологический процесс по заранее подготовленному сценарию. Исходными данными для программы являются трехмерные модели в формате (с расширением) *.3ds. Импортированные трехмерные модели элементов ТТО отображаются на виртуальной сцене. Для пользователя существует возможность управлять точкой обзора и воспроизведением этапов перегрузки топлива реактора.

Разработанная программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- импорт трехмерных моделей в формате *.3ds;
- управление виртуальной сценой;
- управление анимацией и движением трехмерных моделей;
- рендер трехмерных моделей;
- управление точкой обзора в режиме реального времени.

В качестве инструментов для программной реализации выбрана среда Embarcadero Delphi XE. Предлагаемый подход к визуализации, основанный на использовании возможностей трехмерной графики, позволяет отображать технологические процессы с высокой степенью подробности, благодаря чему обеспечивается удобный и наглядный доступ к любому элементу технологического объекта.

Трехмерная сцена, содержащая модели ТТО (рис. 1) анимируется [2], отображая реальное состояние объектов, взаимодействие между ними, порядок перемещения и т.п. При этом могут быть использованы различные методы для визуализации: изменение цвета объекта в зависимости от его состояния (например, опасные или аварийные объекты могут окрашиваться в красный цвет); изменение графического образа в зависимости от текущего состояния объекта; перемещение объектов по трехмерное сцене; масштабирование объектов и т.п.

На программу трехмерной визуализации процесса перегрузки топлива реактора на быстрых нейтронах получено свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ № 2013619753 от 14.10.2013 г. Разработанная программа может применять в демонстрационных и учебных целях.

Библиографический список

1. Кольцов В.А., Лотов В.Н., Победоносцев А.Б., Тимофеев А.В. Автоматизация перегрузки топлива ядерного реактора на быстрых нейтронах // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2012. № 4. С. 142-149.

2. Егоров Ю.С., Кольцов В.А., Любимов М.А., Милов В.Р., Мусонов В.В., Победоносцев А.Б. Визуализация процесса перегрузки топлива ядерного реактора // CLUB 3D: Инновационное проектирование. 2014. № 8. С. 112-120.

References

1. Koltsov V.A., Lotov V.N., Pobedonostsev A.B., Timofeev A.V. Avtomatizatsiya peregruzki topliva yadernogo reaktora na byistryih neytronah // Trudyi NGTU im. R.E. Alekseeva. 2012. № 4. S. 142-149.

2. Egorov Yu.S., Koltsov V.A., Lyubimov M.A., Milov V.R., Musonov V.V., Pobedonostsev A.B. Vizualizatsiya protsessa peregruzki topliva yadernogo reaktora // CLUB 3D: Innovatsionnoe proektirovanie. 2014. № 8. S. 112-120.

УДК 621.9.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

А. А. Степанов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева
(*национальный исследовательский университет*)
(*e-mail: pochta201002@mail.ru*)

Аннотация: рассмотрена методика разработки адаптивной системы управления режимами механической обработки на основе моделей конструкторско-технологических параметров инструмента и детали (эквивалентного напряжения *σ*, максимального касательного напряжения *i*, смещения *p* зубьев, коэффициента *Ku* усадки стружки, шероховатости *Rz*, износа *h*). Представлены схемы управления конструкторско-технологическими параметрами процессов механической обработки с возможностью прогнозирования их величин при изменении условий обработки на многоцелевых станках с программных управлением и марок инструментальных и обрабатываемых материалов. Использование разработанной методики позволяет назначить рациональные режимы обработки, оптимальную геометрию режущей кромки инструмента, оценить прочностные параметры инструментов и деталей.

Abstract: The technique of development of adaptive control system of machining conditions based on models of design-engineering parameters of cutting tool and part (average tension *σ*, maximum tangent tension *i*, shift *p* of teeths, coefficient *Ku* of chip shrinkage, roughness *Rz*, wear *h)* is considered. The control schemes of design-engineering parameters of machining processes with opportunity of prediction of these parameters values at change of machining conditions on multi-purpose machine tools with programmed control and marks of cutting tool and part material are presented. The technique application allows to assign rational modes of machining, optimal geometry of cutting edge, evaluate strength parameters of cutting tools and parts.

Ключевые слова: Адаптивное управление, система управления, прогнозирование параметров, напряженно-деформированное состояние, режимы резания, режущий инструмент.

Keywords: Adaptive control, control system, prediction of parameters, the strained and deformed condition, cutting modes, cutting tool.

При механической обработке деталей авиационной техники одним из актуальных вопросов является вопрос назначения рациональных технологических режимов резания и обеспечения высокой точности обработки за счет ис-

пользования адаптивных систем управления, способных компенсировать действие параметрических возмущений [1]. Основными факторами, снижающими точность механической обработки, являются усиленный износ и поломка режущей кромки, а также повышенная упругая деформация кромки из-за изменения нагрузки в процессе обработки, что приводит к браку вследствие нарушения геометрии обрабатываемых деталей. Современные методы компьютерного моделирования технологических процессов [2], позволяют количественно оценить эти факторы, в связи с чем актуальной является методика разработки адаптивной системы управления (АдСУ) процессами механической обработки с учетом изменяющихся требований к изделиям, свойств обрабатываемых материалов, геометрии режущей кромки инструмента в условиях нестационарности высокоскоростной обработки. Предварительно моделировался процесс резания в статическом режиме (строились нелинейные регрессионные модели оцениваемых параметров, характеризующих процесс резания), затем рассматривался динамический режим по линеаризованным статическим моделям.

Для статических моделей использовались следующие параметры:

1) изменяемые (независимые) технологические параметры: при протягивании - подъем на зуб Sz (при точении глубина резания t = 2×Sz), угол заострения зуба β, скорость резания V, условный предел прочности $\sigma_в$ и условный предел текучести τ материала протяжки;

2) оцениваемые (зависимые) параметры: коэффициент запаса прочности по эквивалентным (средним) напряжениям (по теории Мизеса), коэффициент запаса прочности по максимальным касательным напряжениям (по теории Треска – Сен-Венана), величина максимального смещения вершины зуба (режущей лезвия) при упругой деформации, величина износа режущего лезвия, коэффициент усадки стружки, величина шероховатости обработанной поверхности.

Эквивалентное напряжение рассчитывают в наиболее опасной точке – у основания зуба, максимальные касательные напряжения – по передней грани зуба. Для структурного моделирования АдСУ используют замкнутый контур, состоящий из апериодических звеньев [3]. Для моделирования применялось программное обеспечение Matlab. Постоянные времени звеньев рассчитывались применительно к рассматриваемым процессам резания и техническим характеристикам металлообрабатывающего оборудования. Модели (1) – (7) получены на основе экспериментов при точении вала из стали 12Х18Н9Т твердосплавным резцом ВК8, и при протягивании отверстия в детали зубчатое колесо из стали 12Х2Н4А-СШ. Характеристики процессов резания зависят от свойств динамической системы станка, применяемых режимов резания, в частности от геометрии и свойств материала режущего инструмента, обрабатываемого материала, свойств и способа подвода СОТС и др.

Целью разрабатываемой адаптивной системы управления механической обработкой является:

1) стабилизация температуры в зоне обработки, эквивалентного и касательного напряжения в резце;

2) максимальное качество процесса при перерегулировании (25 – 30)%;

3) минимальный износ режущей кромки. Процесс резания описывают уравнениями (1) и (7) при номинальных значениях Sz,β,t и переменных значениях V. За управляющую координату принимают скорость резания – V. Система автоматического регулирования (САР) регулирует выходные координаты (температуру θ и напряжение σ) процесса резания с заданной точностью. Процесс резания на схеме обозначен функциональным блоком ПР, управляющая координата ПР обозначена *V*, возмущающее воздействие f.

Функциональная схема приведена на рис. 1. В случае превышения допускаемого механического напряжения [σ] = 35 МПа, САР стабилизирует параметры обработки таким образом, чтобы значение фактического механического напряжения σ не превышало значение [σ].

Адаптивное регулирование процесса механической обработки осуществляют за счет сравнения с эталонными параметрами процесса резания по моделям (1) и (7) – контур эталонной модели, а также контура обратной связи с датчиком температуры и тензодатчиком. Схема и график переходных процессов при регулировании эквивалентного напряжения в инструменте с адаптивной системой управления приведены на рис. 2.

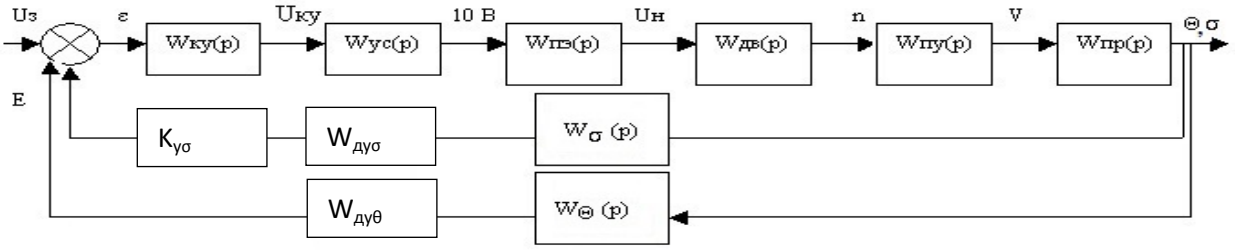


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического регулирования:
КУ – корректирующее устройство; УС – усилитель; ПЭ – преобразователь электрической энергии; Д – двигатель; ПУ – передаточное устройство; ПР – процесс резания; ДУ – измерительная система выходной координаты процесса резания, например, термопара

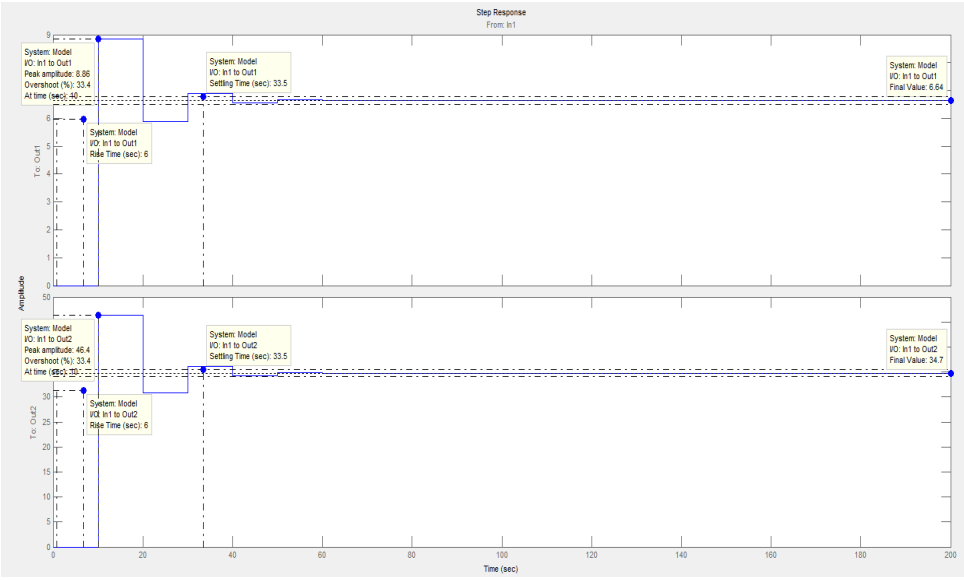


Рис. 2. График переходного процесса при регулировании эквивалентного напряжения в инструменте

Выводы. С помощью метода планирования экспериментов [4] получены регрессионные модели оценочных параметров инструмента и детали в процессе протягивания и точения для условий высокопроизводительной обработки. Достоверность моделей составляет 90%. Разработан программный комплекс на базе предложенной методики и полученных моделей, предназначенный для оперативного назначения рациональных режимов процесса протягивания и точения в цеховых условиях.

Библиографический список

1. Зориктуев, В. Ц., Буткин, Н.С., Схиртладзе, А.Г. Основы автоматизации и управления технологическими процессами в машиностроении [Текст] / В. Ц. Зориктуев, Н.С. Буткин, А. Г. Схиртладзе**.** – Уфа, УГАТУ, 2000 г.

2. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования [Текст] / И.П. Норенков, М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.

3. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления [Текст] / В.А. Бесекерский, Санкт-Петербург, Изд-во Профессия, 4-е издание, 2003.

4. Адлер, Ю.П., Маркова, Е.В., Грановский, Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский - М.: «Наука», 1976 г.

References

1. Zoriktuev, V. Ts., Butkin, N.S., Shirtladze, A.G. Osnovyi avtomatizatsii i upravleniya tehnologicheskimi protsessami v mashinostroenii [Tekst] / V. Ts. Zoriktuev, N.S. Butkin, A. G. Shirtladze. – Ufa, UGATU, 2000 g.

2. Norenkov, I.P. Osnovyi avtomatizirovannogo proektirovaniya [Tekst] / I.P. Norenkov, M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2006.

3. Besekerskiy, V.A. Teoriya sistem avtomaticheskogo upravleniya [Tekst] / V.A. Besekerskiy, Sankt-Peterburg, Izd-vo Professiya, 4-e izdanie, 2003.

4. Adler, Yu.P., Markova, E.V., Granovskiy, Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnyih usloviy [Tekst] / Yu.P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovskiy - M.: «Nauka», 1976 g.

УДК 519.632.4

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АППАРАТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТИПА

В. С. Рябинин

Тамбовский государственный технический университет, *Россия*, *Тамбов*
(*тел. 9051228473*, *e-mail: smafman@mail.ru*).

Аннотация: В работе описывается основные цели моделирования цилиндрического аппарата. Представлена математическая модель, учитывающая гидродинамические процессы.

Abstract: Main modeling objectives of cylindrical apparatus is described in this paper. There is mathematical model considering hydrodynamic processes

Ключевые слова: Математическая модель, гидродинамика, цилиндрические аппараты, трубчатый реактор.

Keywords: Mathematical modeling, hydrodynamic, cylindrical apparatus, tubular reactor.

При проектировании химических аппаратов требуется достичь наилучших показателей производства. Одним из самых эффективных способов выполнения этих целей является создание и анализ математической модели процессов, проходящих в аппарате.

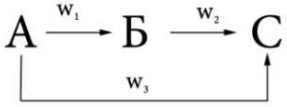


Рис. 1. Схема реакции

Рассмотрим задачу нахождения максимального выхода целевого продукта в аппарате цилиндрического типа (например, в трубчатом реакторе). Предположим, что в реакторе происходит реакция последовательно-параллельного типа с известным кинематическим механизмом (рис. 1). Здесь А – исходный продукт, Б – целевой продукт, С – побочный продукт, w_1, w_2, w_3 – скорости реакций соответственно А→Б, Б→С, А→С.

Реакции проходят с выделением тепла, которое отводится хладагентом. Концентрация веществ А и Б изменяется по следующим зависимостям [1, 2]

$$(D_L / v_г)\partial^2 x_a / \partial l^2 + D_R / v_г\left(\partial^2 x_a / \partial r^2 + \partial x_a /(r\partial r)\right) - \partial x_a / \partial l + S_0 F(W_1 - W_2)/G = 0,$$

$$(D_L / v_г)\partial^2 x_б / \partial l^2 + D_R / v_г\left(\partial^2 x_б / \partial r^2 + \partial x_б /(r\partial r)\right) - \partial x_б / \partial l - S_0 F(W_1 + W_3)/G = 0,$$

$$W_1 = K_1 \cdot b \cdot x_б^p /(1 + b \cdot x_a^c), \quad W_2 = K_2 \cdot x_a, \quad W_3 = K_3 \cdot b \cdot x_б^q /(1 + b \cdot x_a^c),$$

$$K_j = K_{j0} \cdot \exp(-E_j /(R \cdot T)),\ j = 1,2,3 \tag{1}$$

Тепловой баланс для реакционной среды и хладогента

$$\lambda_L /(v_г c_г)\partial^2 T / \partial r^2 + \lambda_R /(v_г c_г)\left(\partial^2 T / \partial r^2 + \partial T /(r\partial r)\right) -$$

$$- \partial T / \partial l + S_0 F /(G c_г)\sum_{j=1}^{3} Q_j W_j = 0,$$

$$\partial T_x / dl = K_T \cdot \Pi \cdot (T - T_x)/(G_x \cdot c_x), \tag{2}$$

Начальные и граничные условия

$$\partial x_a(0,l)/\partial r = \partial x_б(0,l)/\partial r = \partial T(0,l)/\partial r = 0,$$

$$\partial x_a(R,l)/\partial r = \partial x_б(R,l)/\partial r = 0,$$

$$\lambda \cdot \partial T(R,l)/\partial r = -K_T(T(R,l) - T_x),\ x_a(r,0) = 0,\ x_б(r,0) = x_{б0},$$

$$T(r,0) = T_0,\ T_x(r,0) = T_{x0}, 0 \le r \le R,\ 0 \le l \le L, d_{\min} \le d \le d_{\max}, L_{\min} \le L \le L_{\max},$$

$$x_{б\,\min} \le x_б(r,0) \le x_{б\,\max},$$

$$G_{\min} \le G \le G_{\max},\ G_{x\,\min} \le G_x \le G_{x\,\max},\ T_{0\,\min} \le T_0 \le T_{0\,\max},$$

$$T_{x0\,\min} \le T_{x0} \le T_{x0\,\max},\ n_{\min} \le n \le n_{\max} \tag{3}$$

где $x_а$, $x_б$ – концентрации полезного продукта и сырья, моль/кг; T, T_x – температура в зоне реакции и хладагента, К; S_0 – удельная поверхность катализатора, $м^2/м^3$; F – поперечное сечение трубки реактора, $м^2$; G, G_x – расход исходной смеси, поступающей в реактор, и хладагента, кг/с; L – длина реакционной зоны, м; K_{j0} – константы скорости j-й реакции, j = 1, 2, 3; K_{j0} – предэкспоненциальный множитель j-й реакции; p, q, c – стехиометрические коэффициенты; b – коэффициент; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); E_j – энергия активации j-й реакции, (Дж/моль); Q_j – тепловой эффект j-й реакции; d – диаметр трубки, м; n – количество трубок; $D_{R, L}$ – радиальный и продольный коэффициент диффузии, $м^2/с$; $\lambda_{R, L}$ – радиальный и продольный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) ; $v_г$ – линейная скорость потока реакционной смеси, м/с; $c_г$, c_x – теплоемкость реакционной смеси и хладагента, Дж/К; W_j – скорость j-й реакции, моль/($м^2$·с); K_T – коэффициент теплопередачи, Вт/($м^2$·К); П – периметр трубки, м.

Для нахождения скорости реакционной среды в объеме трубки используются уравнения Навье–Стокса и неразрывности [1]

$$(\vec{u}\vec{\nabla})\vec{u} = -1/\rho\vec{\nabla}p + \mu/\rho\Delta\vec{u} + \vec{g}, \quad div\,\vec{u} = 0. \tag{4}$$

Граничное условие отсутствия скольжения по всей поверхности А трубки и зернистого слоя/катализатора (при наличии)

$$\vec{u}_A = 0. \tag{5}$$

При вертикальном расположении аппарата процессы в трубке будут симметричны относительно оси. Поэтому уравнения Навье–Стокса и неразрывности представим в цилиндрических координатах

$$\begin{gathered}\partial u/\partial t + u\partial u/\partial l + v\partial u/\partial r = -1/\rho\partial P/\partial l + v(\partial^2 u/\partial l^2 + \partial^2 u/\partial r^2),\\ \partial v/\partial t + u\partial v/\partial l + v\partial v/\partial r = -1/\rho\partial P/\partial l + v(\partial^2 v/\partial l^2 + \partial^2 v/\partial r^2),\\ \partial u/\partial l + \partial v/\partial r = 0.\end{gathered} \tag{6}$$

Полученная математическая модель (1) – (3), (5), (6) аппарата цилиндрического типа позволяет учесть изменения скорости, температуры и концентраций по длине и радиусу. Анализ результатов позволит определить оптимальные режимные и конструктивные характеристики. Однако дифференциальные уравнения в частных производных весьма не просто решать, и их решение требует использования сложных численных и программных методов, что не всегда рационально.

В общем случае существует зависимость между диаметром цилиндра (d) и его длиной (L), когда возможно пренебречь распределением концентраций, температур и скоростей по радиусу цилиндра (трубки), что существенно упростит модель реактора. Однако эти упрощения носят общий характер и нуждаются в уточнении.

Решение уравнений математической модели (1) – (3), (5), (6) осуществляется с использованием алгоритма конечноэлементного подхода в системе ANSYS.

Цель исследования заключается в подборе соотношений L/d, когда градиенты концентраций, температур и скоростей будут пренебрежимо малы, что и позволит существенно упростить математическую модель

Библиографический список

1. Аэров М.Э., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. Л.: Химия, 1968. 512 с.
2. Малыгин Е.Н. Математическое моделирование и оптимизация сложных нестационарных каталитических процессов в трубчатом реакторе на примере процесса получения малеинового ангидрида : дис. канд. техн. наук. М., 1971

References

1. Aerov M.E., Todes O.M. Gidravlicheskie i teplovyie osnovyi rabotyi apparatov so statsionarnyim i kipyaschim zernistyim sloem. L.: Himiya, 1968. 512 s.
2. Malyigin E.N. Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya slozhnyih nestatsionarnyih kataliticheskih protsessov v trubchatom reaktore na primere protsessa polucheniya maleinovogo angidrida : dis. kand. tehn. nauk. M., 1971

УДК 004.9

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ТИПА ВЫПАРНЫХ АППАРАТОВ

И. В. Фарахшина, В. Г. Мокрозуб

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630706, e-mail: Irfarvl@mail.ru*)

Аннотация: Рассмотрена автоматизированная система выбора типа выпарного аппарата в зависимости от свойств выпариваемой среды. Представлены продукционные правила выбора и описана реализация в системе Protégé.

Abstract: The paper consideres an automated system for selecting the type of evaporator depending on the properties of evaporated environment. Production selection rules are presented and its implement in Protégé system is described.

Ключевые слова: выпаривание, продукционные правила выбора, система Protégé.

Keywords: evaporation, production rules, Protégé system.

Выпарные аппараты широко применяются в химической и пищевой промышленности. Они предназначены для повышения концентрации растворов нелетучих веществ (упаривание), дистилляции (выделение растворенных веществ) и кристаллизации (нелетучие вещества выделяются в твердом состоянии).

Исходными данными для проектирования выпарных аппаратов являются характеристики выпариваемой среды и производительность.

Существуют следующие типы выпарных аппаратов:

– непрерывно действующие;

– периодические.

Выпарное оборудование также делят на несколько видов по принципу движения в них кипящей жидкости:

– со свободной циркуляцией;
– с естественной циркуляцией;
– принудительной циркуляцией;
– пленочного и роторного типа.

Основными этапами проектирования выпарных аппаратов являются:

– выбор типа аппарата (в зависимости от свойств обрабатываемой среды);
– технологический расчет аппарата, целью которого является определение поверхности теплообмена в зависимости от производительности;
– механический расчет (расчет толщины стенок аппарата и труб греющей камеры, укрепление отверстий, расчет обечайки аппарата от воздействия опорных нагрузок и др.);
– изготовлен6ие чертежей и спецификации.

Ниже более подробно рассматривается этап выбора типа аппарата.

Для выбора типа аппарата предлагается использовать продукционные правила, примеры которых представлены ниже.

Правило 1. Если происходит выпаривание сильно агрессивных и высококипящих продуктов (например, растворов серной, соляной, фосфорной кислот, растворов мирабилита, хлористого магния и др.), то используется барботажный выпарной аппарат.

Правило 2. Если упаривают сильно пенящиеся и термочувствительные продукты (например, в производстве дрожжей, ферментов, антибиотиков, фруктовых соков, растворимого кофе), то используется пленочный выпарной аппарат.

Правило 3. Если происходит выпаривание очень вязких (динамическая вязкость до 20 Па·с) термочувствительных продуктов (например карбамид, желатин, капролактам, глицерин), то используется роторно-пленочный выпарной аппарат.

Правило 4. Если происходит выпаривание продуктов невысокой вязкости (динамическая вязкость до 6 – 8 мПа·с), не склонных к кристаллизации, то используются выпарные аппараты с естественной циркуляцией поверхностного типа.

Правило 5. Если происходит выпаривание высококипящих продуктов (например, растворов щелочей, H_2SO_4), то используется выпарной аппарат, работающий под вакуумом.

Правило 6. Если происходит выпаривание малопенящихся и не кристаллизующихся продуктов, то используется барботажный выпарной аппарат.

Правило 7. Если происходит выпаривание пенящихся продуктов, то используется выпарной аппарат эрлифтного типа.

Правило 8. Если происходит выпаривание растворов плохо растворимых веществ, которые при концентрировании выпадают в осадок и образуют на поверхности нагрева значительный слой накипи (NaCl, Na_2CO_3, $CaCO_3$ и др.), то используется выпарной аппарат с вынесенной зоной кипения.

Правило 9. Если происходит выпаривание растворов хорошо растворимых солей, не выпадающих при концентрировании в осадок и не образующих накипи (например, $NaNO_2$, $NaNO_3$, NH_4NO_3, KCl),то применяют выпарные аппараты, в кипятильных трубах которых раствор не только нагревается, но и кипит.

Правило 10. Если происходит выпаривание сравнительно вязких (η до 1 Па·с) продуктов (например аммофосных пульп в производстве минеральных удобрений), то применяют выпарные аппараты с принудительной циркуляцией, создаваемой специальным осевым насосом.

Правило 11. Если происходит выпаривание сильноагрессивных продуктов, особенно при высоких температурах (например, H_2SO_4, $CaC1_2$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (мирабилит)), то применяют аппараты с погружным горением.

Практическая реализация правил осуществлена на базе Java-программы Protégé 4.2, которая активно используется в различных прикладных проектах, так как. позволяет быстро и относительно просто сконструировать небольшую предметную онтологию и имеет расширяемую архитектуру, которая позволяет легко встраивать ее в прикладные программы.

Таксономия в Protégé 4.2 представляет собой иерархию классов вида «подкласс – суперкласс» [1]. Подклассы являются подмножествами своего суперкласса. Для разработки автоматизированной информационной системы были созданы две таксономии – это дерево аппаратов и дерево выпариваемых растворов. Дерево аппаратов [2] включает в себя 20 разновидностей аппаратов (рис. 1). Дерево растворов состоит из выпариваемых продуктов (рис. 2).

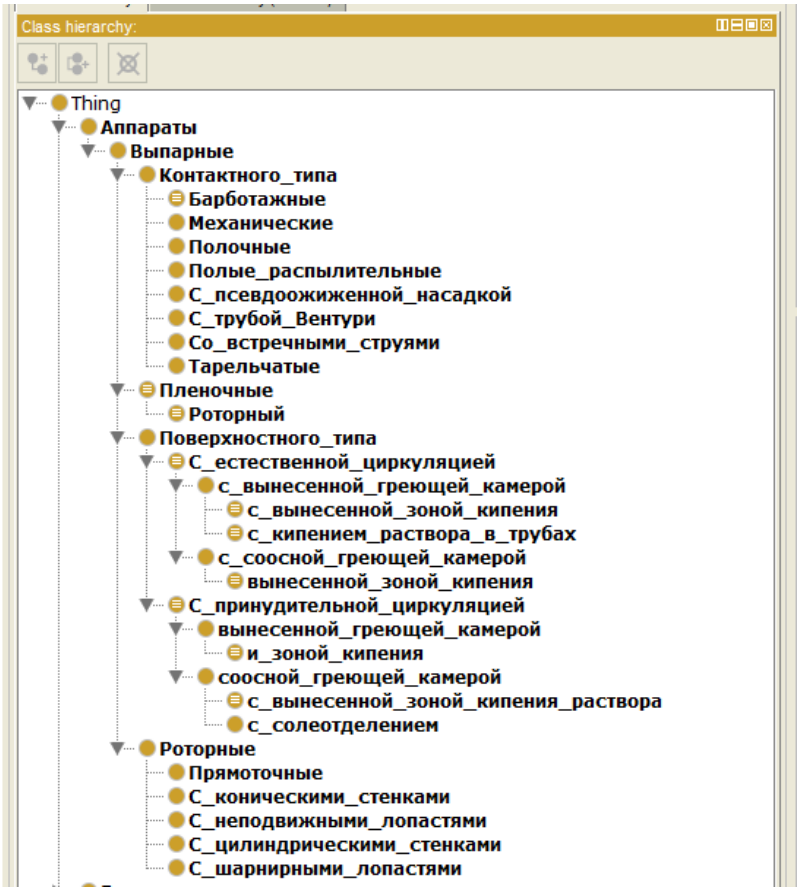


Рис. 1. Типы выпарных аппаратов в Protégé 4.2.

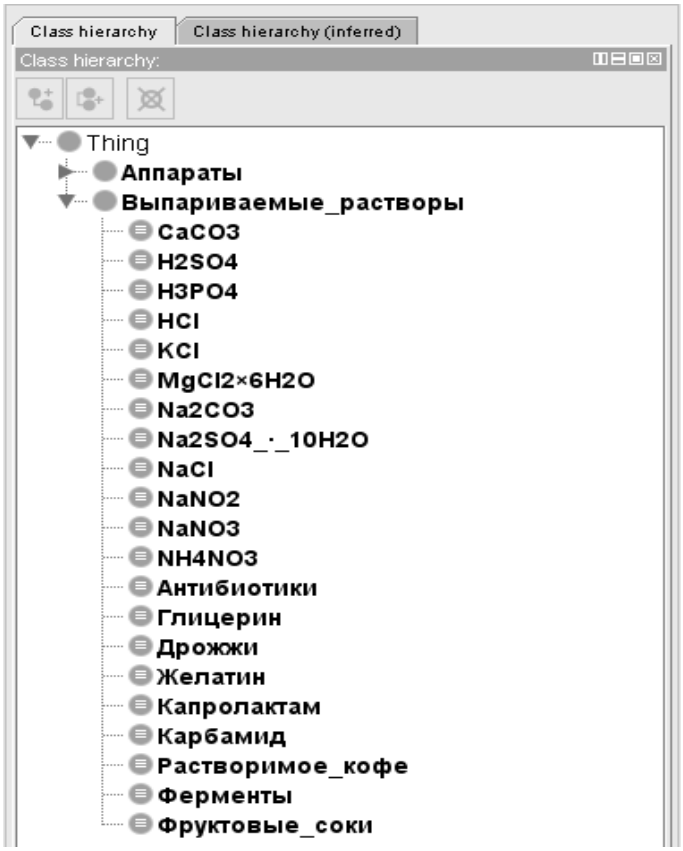


Рис. 2. Примеры выпариваемых растворов в Protégé 4.2

Каждый класс имеет свои свойства. Свойства в Protégé 4.2 представляют отношения между классами. Так, для связи выпарных аппаратов и выпариваемых растворов были созданы свойства, связывающие конкретный аппарат с растворами, выпариваемыми в нем.

И наоборот, растворы с аппаратами, в которых выпариваются. Каждое свойство имеет домен и диапазон. Так, например, для свойства «Барботажный выпарной аппарат выпаривает» доменом будет «Барботажный выпарной аппарат», а диапазоном все растворы, выпариваемые в нем (рис. 3).

Представленная структура реализуется авторами в автоматизированной системе проектирования технологического оборудования [3, 4] и в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования» [5].

Библиографический список

1. Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Морозов С.В., Коновалова А.С. База данных стандартных и типовых элементов технических объектов // Радиотехника. 2010. № 12. С. 29–32.

2. Мокрозуб В.Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов. // Информационные технологии. 2009. № 11. С. 18-22.

3. Мокрозуб В.Г., Красильников В.Е., Мариковская М.П. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4.2 (30). С. 264-267.

4. Мокрозуб В.Г., Мариковская М.П., Красильников В.Е. Методологические основы построения автоматизированной информационной системы проектирования технологического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. Т. 27. № 1.2. С. 259-262.

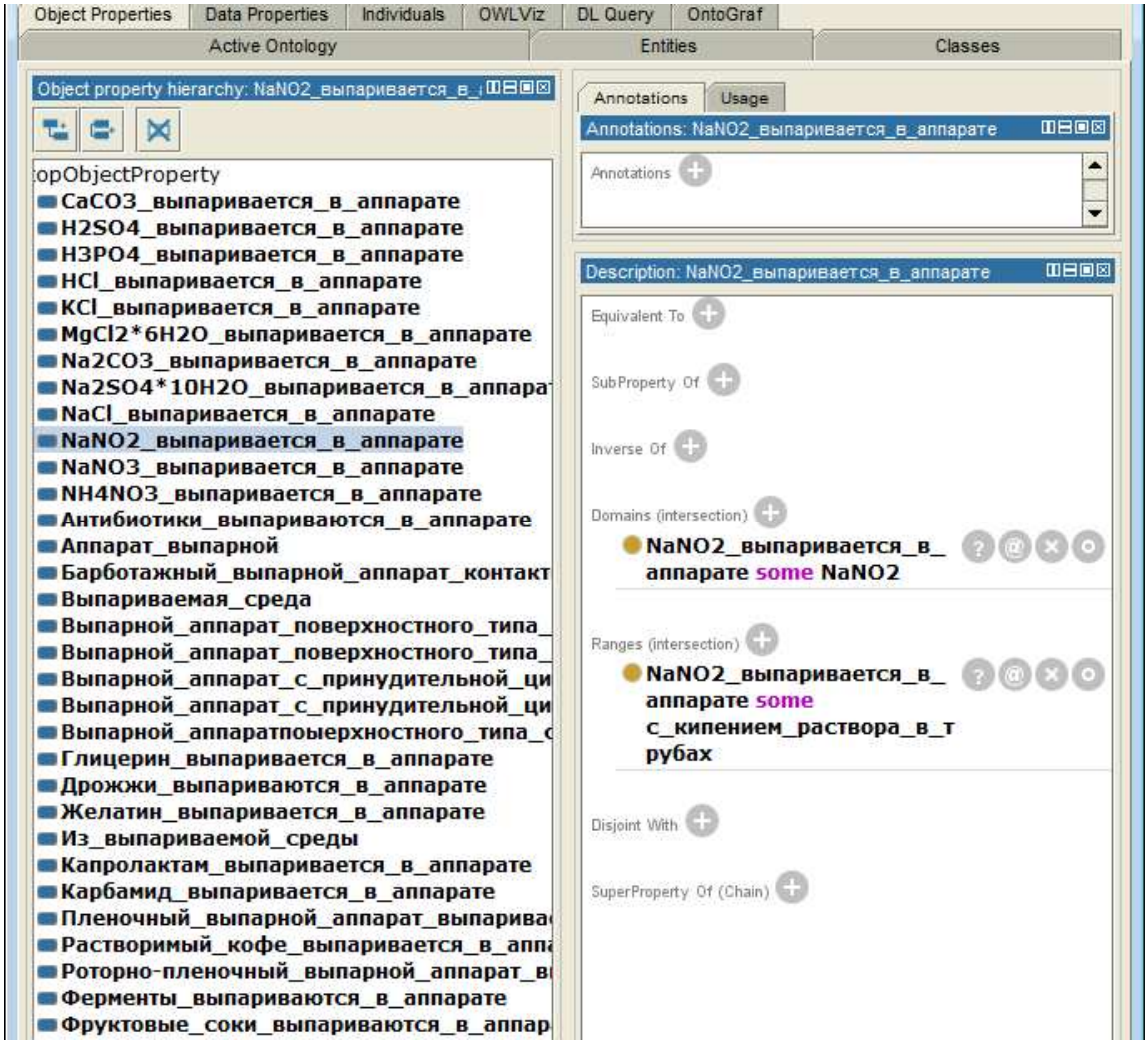


Рис. 3. Связь аппарата и выпариваемого раствора в Protégé 4.2.

5. Мокрозуб В.Г., Борисяк А.А., Егоров Е.С. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2011. №10. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (дата обращения 01.12.2014).

References

1. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Morozov S.V., Konovalova A.S. Baza dannyih standartnyih i tipovyih elementov tehnicheskih ob'ektov // Radiotehnika. 2010. № 12. S. 29–32.

2. Mokrozub V.G. Taksonomiya v baze dannyih standartnyih elementov tehnicheskih ob'ektov. // Informatsionnyie tehnologii. 2009. № 11. S. 18-22.

3. Mokrozub V.G., Krasilnikov V.E., Marikovskaya M.P. Intellektualnaya avtomatiziro-vannaya informatsionnaya sistema proektirovaniya himicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. № 4.2 (30). S. 264-267.

4. Mokrozub V.G., Marikovskaya M.P., Krasilnikov V.E. Metodologicheskie osnovyi post-roeniya avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi proektirovaniya tehnologicheskogo oboru-dovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. T. 27. № 1.2. S. 259-262.

5. Mokrozub V.G., Borisyak A.A., Egorov E.S. 77-30569/227902 Virtualnyiy kabinet «Konstruirovanie tehnologicheskogo oborudovaniya» // Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn. 2011. №10. Rezhim dostupa: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (data obrascheniya 01.12.2014).

УДК 004.9

СТРУКТУРА АРХИВА ПРОЕКТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ

В. Г. Мокрозуб, В. В. Горшков, Т. С. Горшкова

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630706*, *e-mail: mokrozubv@yandex.ru*)

Аннотация: Представлена структура архива проектов стальных резервуаров. Архив предназначен для поиска проект–аналога. Каждый проект определяется набором характеристик. Архив построен по технологии объект–характеристика–значение.

Abstract: The paper considers the structure of the archive of steel tanks' project. An archive is designed to search for a project-analogue. Each project is defined by a set of characteristics. An archive is built on object-feature-value technology.

Ключевые слова: Стальные резервуары, автоматизированное проектирование, архив проектов.

Keywords: Steel tanks, computer-aided design, archive projects.

Стальные резервуары являются неотъемлемыми элементами нефтеперерабатывающих заводов и предприятий газодобывающего комплекса. Они используются для сбора, хранения светлых и темных нефтепродуктов, кислот, щелочей, бензина, дизельного топлива, а также для аварийного сброса нефти и нефтепродуктов.

Существуют различные варианты исполнения стальных резервуаров: вертикальные и горизонтальные, поземные и нет, с опорами и без опор и др. Примеры резервуаров представлены на рис. 1.

Разработка конструкции стальных резервуаров осуществляется в три этапа, функциональная диаграмма представлена на рис. 2:

– структурный синтез (определяется состав изделия и связи между его элементами);

– параметрический синтез (определяются значения параметров элементов);

– синтез конструкции (изготовление чертежей).

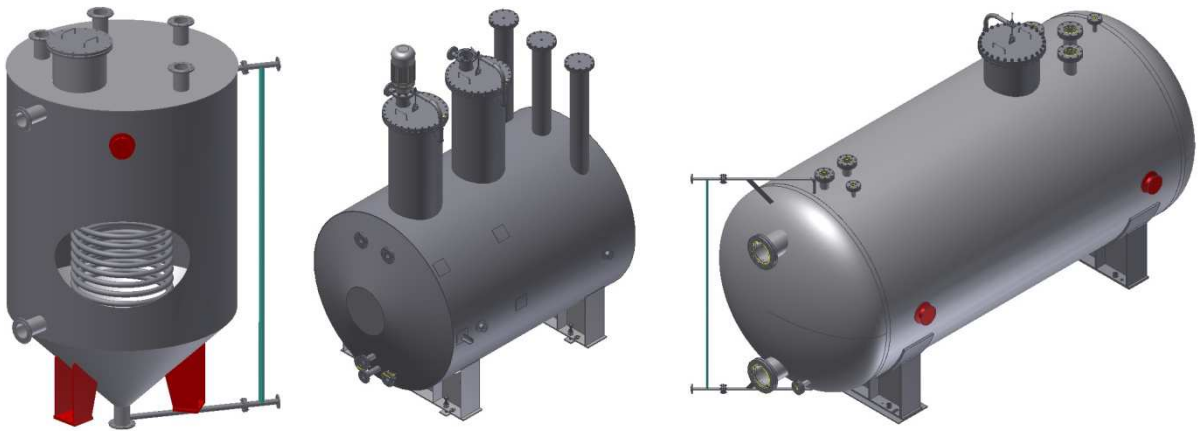


Рис. 1. Примеры стальных резервуаров

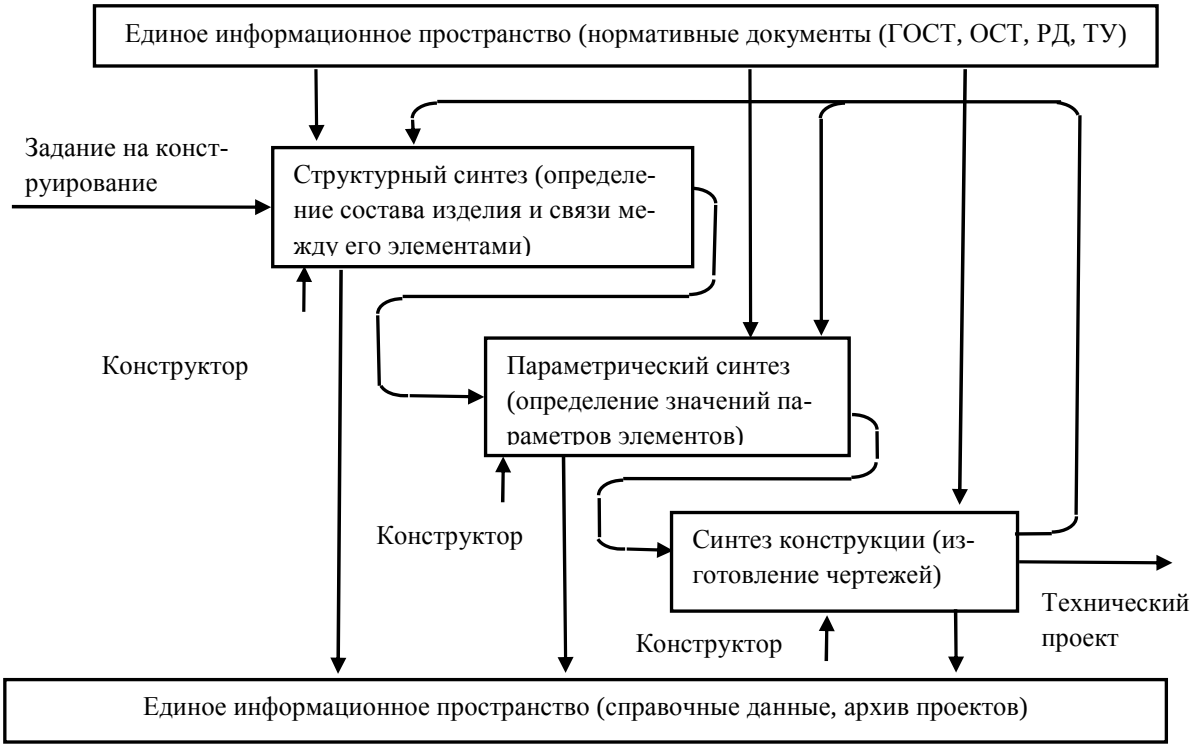


Рис. 2. Функциональная диаграмма процесса конструирования стальных резервуаров

Все этапы выполняются в едином информационном пространстве, в котором находятся не только данные, необходимые для реализации проекта (нормативные документы, справочные данные [1]), но и архив выполненных ранее проектов.

Одной из функций архива проектов является подбор подходящего проекта–аналога при разработке нового изделия. Наличие такого проекта позволяет существенно снизить затраты на создание конструкторской документации.

Подбор проекта–аналога осуществляется по следующим характеристикам:

- расположение резервуара (горизонтальное, вертикальное);
- тип верхнего или левого днища (эллиптическое, коническое, плоское);
- тип нижнего или правого днища (эллиптическое, коническое, плоское);
- толщина обечайки;
- толщина днища;
- вариант установки (в помещении, подземно, на открытой площадке);
- рабочее давление;
- объем;
- диаметр;
- опоры (отсутствуют, седловые, цилиндрическая опора);
- подогреватель (отсутствует, змеевик, рубашка).

Основой единого информационного пространства является реляционная база данных. Архив проектов построен по технологии объект–характеристика–значение [2]. Схема базы данных представлена на рис. 3.

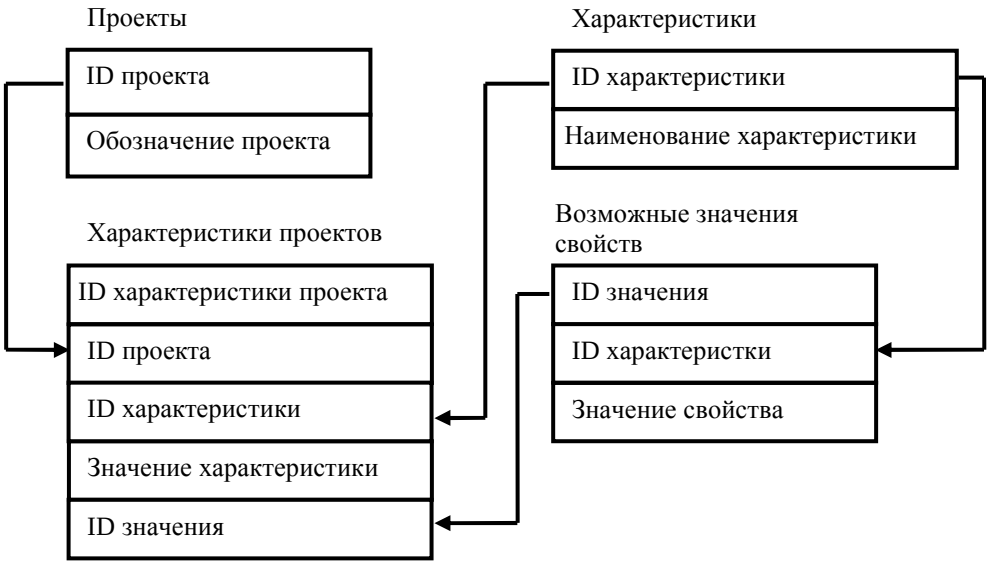


Рис. 3. Схема базы данных архива проектов

Таблица Проекты представляет собой список всех выполненных проектов. Таблица Характеристики содержит список перечисленных ранее характеристик (расположение резервуара, тип днища, толщина стенки обечайки и др.). Характеристики разделяются на две категории. Характеристики, которые принимают числовое значение (толщина стенки, рабочее давление, объем) и характеристики, значение которых задано списком. Например, список значений характеристики расположение резервуара состоит из двух элементов – горизонтально, вертикально. Списки значений характеристик представлены в таблице Возможные значения свойств. Таблица Характеристики проектов содержит список характеристик и их значений для каждого проекта. Поле Значение характеристики заполняется для характеристик имеющих числовые значения. Для характеристик, значения которых ограничено списком, заполняется поле ID значения.

Представленная структура реализуется авторами в автоматизированной системе проектирования технологического оборудования [3, 4] и в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования» [5].

В настоящее время выбор проекта–аналога осуществляется вручную путем просмотра характеристик существующих проектов и сравнения с характеристиками вновь создаваемого изделия. В дальнейшем планируется разработать и реализовать алгоритм автоматического выбора проекта–аналога.

Библиографический список

1. Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Морозов С.В., Коновалова А.С. База данных стандартных и типовых элементов технических объектов // Радиотехника. 2010. № 12. С. 29–32.

2. Мокрозуб В.Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов. // Информационные технологии. 2009. № 11. С. 18-22.

3. Мокрозуб В.Г., Красильников В.Е., Мариковская М.П. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4.2 (30). С. 264-267.

4. Мокрозуб В.Г., Мариковская М.П., Красильников В.Е. Методологические основы построения автоматизированной информационной системы проектирования технологического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. Т. 27. № 1.2. С. 259-262.

5. Мокрозуб В.Г., Борисяк А.А., Егоров Е.С. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2011. №10. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (дата обращения 01.12.2014).

References

1. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Morozov S.V., Konovalova A.S. Baza dannyih standartnyih i tipovyih elementov tehnicheskih ob'ektov // Radiotehnika. 2010. № 12. S. 29–32.

2. Mokrozub V.G. Taksonomiya v baze dannyih standartnyih elementov tehnicheskih ob'ektov. // Informatsionnyie tehnologii. 2009. № 11. S. 18-22.

3. Mokrozub V.G., Krasilnikov V.E., Marikovskaya M.P. Intellektualnaya avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema proektirovaniya himicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. № 4.2 (30). S. 264-267.

4. Mokrozub V.G., Marikovskaya M.P., Krasilnikov V.E. Metodologicheskie osnovyi postroeniya avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi proektirovaniya tehnologicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. T. 27. № 1.2. S. 259-262.

5. Mokrozub V.G., Borisyak A.A., Egorov E.S. 77-30569/227902 Virtualnyiy kabinet «Konstruirovanie tehnologicheskogo oborudovaniya» // Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn. 2011. №10. Rezhim dostupa: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (data obrascheniya 01.12.2014).

УДК 536.7:66.011

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ПОДДЕРЖКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Е. С. Егоров, Е. Н. Туголуков

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630706, e-mail: geniaegorov@mail.ru*)

Аннотация: Рассмотрена структура программного комплекса поддержки моделирования термодинамических процессов.

Abstract: Structure of the software system to support simulation of thermodynamic processes is considered.

Ключевые слова: параметры состояния, моделирование, фазовые переходы.

Keywords: state parameters, simulation, phase transitions.

Описывается программный комплекс поддержки моделирования термодинамических процессов с использованием параметров реальных газов. Методика моделирования термодинамических процессов с использованием параметров реальных газов [1] включает следующие шаги:

1. *Поиск экспериментальных данных*. Исходя из поставленных условий задачи, для каждого отдельного вещества, которое участвует в рассматриваемом процессе, производится поиск табличных зависимостей параметров состояния.

2. *Обработка табличных зависимостей*. Далее эти таблицы аппроксимируются аналитическими функциями. Если изначально удается оценить

диапазон значений для температуры и давления, в котором будет решаться поставленная задача, то табличные данные берутся из этого диапазона с некоторым запасом.

3. *Выбор способа аппроксимации табличных зависимостей*. Как известно, при фазовых переходах некоторые теплофизические характеристики, такие как плотность, вязкость, теплоемкость, претерпевают значительные скачкообразные изменения. В связи с этим возникает сложность аппроксимации данных характеристик и адекватного использования значений в математической модели. Поэтому для каждой задачи выбирается наиболее подходящий алгоритм аппроксимации (линейная, кубическая, сплайн-интерполяция), позволяющий без каких либо существенных искажений использовать значения в данных областях.

4. *Составление математической модели*. Математическая модель включает полученные аппроксимационные зависимости, основные уравнения термодинамики и законы сохранения энергии. Таким образом, уравнения состояния заменяются аппроксимационными зависимостями табличных термодинамических параметров. В зависимости от конкретных условий, в математической модели могут присутствовать дополнительные уравнения, учитывающие такие факторы, такие как теплообмен с конструкционными элементами, утечки рабочего тела через уплотнения, фазовые переходы, химические реакции и т.д.

5. *Решение уравнений модели*. Решение уравнений разработанной математической модели осуществляется итерационным методом, в результате чего определяются искомые параметры рабочего тела и энергетические характеристики текущих процессов.

Рассматриваемый программный комплекс (рис. 1) предназначен для автоматизации всех этапов предложенной методики и состоит из следующих основных блоков:

– хранилища функциональных зависимостей, полученных в процессе обработки таблиц экспериментальных данных;

– блока подготовки данных для моделирования;

– библиотеки алгоритмов обработки экспериментальных данных;

– математических моделей процесса сжатия газа в поршневом компрессоре и изменения состояния насыщенного водяного пара при движении в трубопроводе;

– блока решения, включающего блоки выбора метода обработки экспериментальных данных;

– интерфейса пользователя.

Блок хранения функциональных зависимостей содержит полученные при моделировании различных термодинамических процессов функциональные зависимости, полученные на основе обработки экспериментальных таблиц данных о свойствах веществ полученных из различных источников. Эти зависимости сохраняются для последующего их использования при математическом моделировании прикладных задач термодинамики.

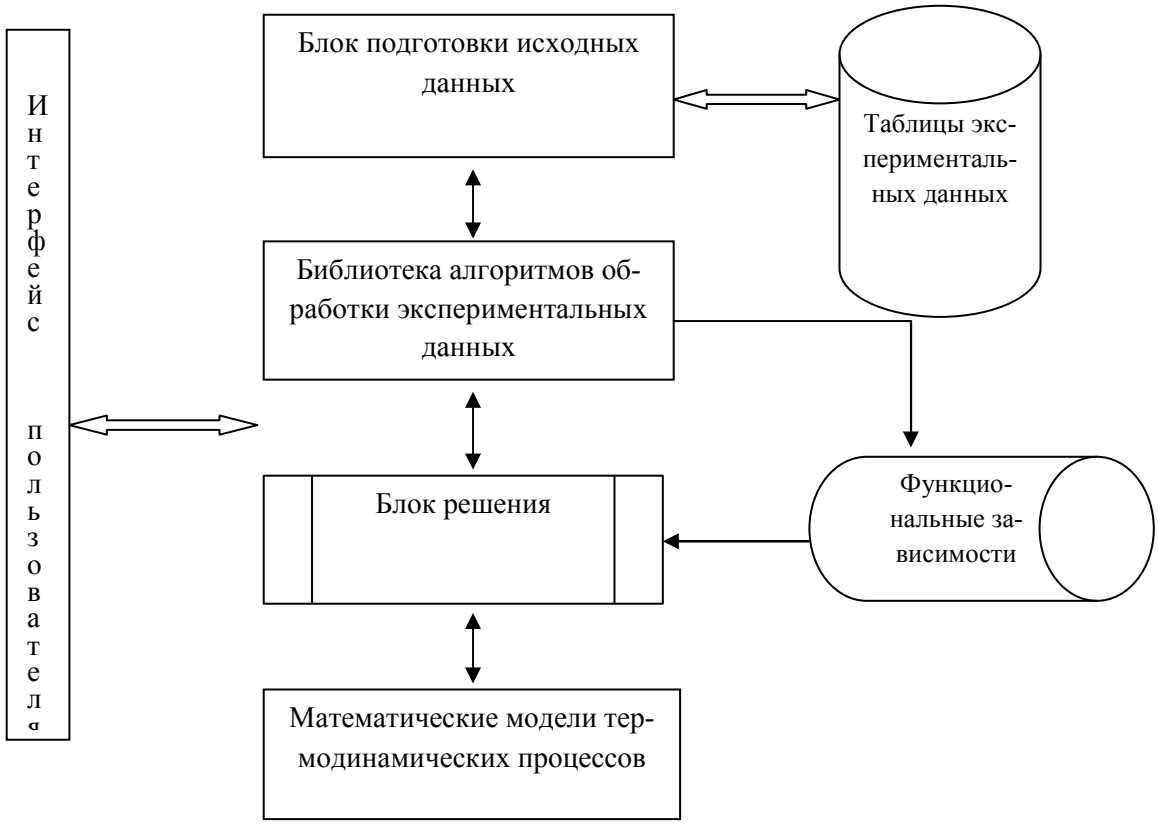


Рис. 1. Структурная схема программного комплекса

Блок решения представляет собой вычислительный модуль выполняющий следующие основные функции: выбор таблиц экспериментальных данных по свойствам веществ и их предварительная обработка; выбор алгоритма обработки табличных данных; получение функциональных зависимостей, используемых при составлении моделей процессов; тестирование полученных зависимостей.

Библиотеки алгоритмов обработки экспериментальных данных включают методы аппроксимации и интерполяции экспериментальных данных по двум переменным: метод линейной интерполяции – для областей без фазовых превращений, метода сплайн интерполяции – областей данных с фазовыми переходами, алгоритм Акимы – для областей граничных с областями фазового перехода, а также метод наименьших квадратов для нахождения коэффициентов аппроксимирующих полиномов для функций одной переменной для построения уравнений на линии насыщения.

Библиотека моделей включает модели термодинамических процессов сжатия газов в поршневом компрессоре изменения состояния насыщенного водяного пара при движении в трубопроводе.

Интерфейс пользователя предназначен для взаимодействия пользователя и блока решения. Данный блок выполняет следующие основные функции: задание начальных данных (значения термодинамических параметров рабочего тела, параметров моделируемой системы), просмотр текущих результатов расчета, настройка параметров системы, визуализация и редактирование получаемого решения.

Источниками первичной информации по свойствам веществ являются базы данных по свойствам веществ [2] (существующие базы данных, в том числе серверы облачных вычислений).

Разработанный программный комплекс может применяться для моделирования широкого круга термодинамических процессов работающих с газами и жидкостями.

Система апробирована на промышленных предприятиях при моделировании трасс теплопроводов, используется в учебном процессе в университете и защищена свидетельством о регистрации программного продукта.

Библиографический список

1. Туголуков, Е.Н. Методика математического моделирования термодинамических процессов поршневого компрессора / Е.С. Егоров, Е.Н. Туголуков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2014. № 1. С. 45-53.

2. Егоров, Е.С. Обзор информационных систем по свойствам веществ / Е.С. Егоров, Е.Н. Туголуков // Тепловые процессы в технике. 2014. Т. 6. № 10. С. 434-440.

References

1. Tugolukov, E.N. Metodika matematicheskogo modelirovaniya termodinamicheskih protsessov porshnevogo kompressora / E.S. Egorov, E.N. Tugolukov // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. Ser.: Upravlenie, vyichislitelnaya tehnika i informatika. 2014. № 1. S. 45-53.

2. Egorov, E.S. Obzor informatsionnyih sistem po svoystvam veschestv / E.S. Egorov, E.N. Tugolukov // Teplovyie protsessyi v tehnike. 2014. T. 6. № 10. S. 434-440.

УДК 620.178.4/.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЕПЛОВЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

С. В. Карпушкин, К. С. Корнилов, В. А. Панкратов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел. 89107538719, e-mail: karp@mail.gaps.tstu.ru*)

Аннотация: Рассматриваются задачи проектирования нагревательных плит и пресс-форм. Представлены математическая модель поля деформаций нагревательных плит вулканизационного гидравлического пресса и пресс-форм, возникающих под действием тепловых и механических нагрузок. Приведен пример решения модели в системе конечно-элементного анализа.

Abstract: We consider the problem of designing heating plates and molds . A mathematical model of the deformation field of heating plates vulcanizing hydraulic press and molds produced under the influence of thermal and mechanical loads. An example of decision models in the finite element analysis

Ключевые слова: вулканизационный пресс, нагревательные плиты, пресс-формы, нагрев и упругие деформации.

Keywords: vulcanizing press, the heating plates, molds , heating and elastic deformation.

Гидравлические вулканизационные прессы, оснащаемые нагревательными плитами с индукционными нагревателями, в промышленной практике чаще всего применяются для вулканизации резинотехнических изделий (РТИ) в металлических пресс-формах. Процесс проектирования нагревательных плит и пресс-форм включает решение следующих основных задач:

– выбор материалов и определение геометрии нагревательных плит и пресс-форм исходя из размеров вулканизируемых РТИ и выполнения условий прочности;

– формирование температурного поля рабочей поверхности нагревательной плиты пресса: определение количества, размеров, мощности и положения индукторов, обеспечивающих получение требуемого профиля температур рабочей поверхности плиты за указанное время;

– формирование поля температур в объеме вулканизируемого изделия: определение положения пресс-форм на поверхности нагревательных плит, при котором степень неравномерности температурного поля в изделии не превышает предельно допустимой;

Одним из наиболее эффективных подходов к решению этих задач является использованием современных систем конечноэлементного анализа, таких как COMSOL Multiphysics, ANSYS и др.

Задача теплового расчета нагревательных плит сводится к решению дифференциального уравнения теплопроводности в частных производных (1) при выполнении граничных условий третьего рода:

$$\frac{\partial T(x,y,z,\tau)}{\partial \tau} = \alpha \cdot \left(\frac{\partial^2 T(x,y,z,\tau)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T(x,y,z,\tau)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T(x,y,z,\tau)}{\partial z^2}\right) + \frac{q(x,y,z,Tav)}{c_s \cdot \rho_s} \quad (1)$$

где $T(x, y, z, \tau)$ – температура плиты (°С) в точке ее объема с координатами (x, y, z) в момент времени τ; $a = \lambda_s/(c_s \cdot \rho_s)$ – коэффициент температуропроводности материала плиты; λ_s, c_s, ρ_s – теплопроводность (Вт/м·К), теплоемкость (Дж/кг·К) и плотность (кг/м^3) материала плиты соответственно; $T_{av} = T_{av}(\tau) = \frac{1}{h \cdot s \cdot l} \cdot \int_0^h \int_0^s \int_0^l T(x,y,z,\tau)\,dx\,dy\,dz$ – средняя температура (°С) плиты в момент времени τ; l, s, h – длина, ширина и высота плиты соответственно (м), т.е. $x \in [0;l]$, $y \in [0;s]$, $z \in [0;h]$; $q(x,y,z,T_{av}) = \begin{cases} q_{0j}, \text{если } (x,y,z) \in v_i, j = 1,\dots,n_i \\ 0, \text{иначе} \end{cases}$ – зависимость интенсивности внутренних тепловыделений от координат и средней температуры плиты (Вт/м^3); q_{0j} – удельная мощность j-го индуктора при средней температуре плиты (Вт/м^3); v_j – объем, в котором выделяется мощность j-го индуктора (м^3); ni – число индукторов в плите. Граничные условия и возможные подходы к решению данной задачи предложены в [1, 2].

Прочностной расчет нагревательных плит и пресс-форм в условиях производства осуществляется согласно инженерной методике [3, 4]. Для этой методики характерны существенные неточности, отсутствие возможности

определить места наибольших нагружений, в результате плиты и пресс-формы получаются излишне материалоемкими.

Современные системы конечноэлементного анализа позволяют проводить расчеты деформаций в плитах и пресс-формах при одновременном воздействии тепловых и механических нагрузок. Расчет сводится к нахождению перемещений в объеме исследуемого объекта при известной нагрузке. Тогда граничные условия будут иметь следующий вид:

$$F_i = F_i(x_A), \text{ Н/м}^2; \ \sigma_{ij} n_j = F_i, \tag{2}$$

где σ_{ij} – нормальное напряжение, Па; n_j – единичный вектор, проекция вектора нормали на ось.

Напряжения связаны с деформациями формулами закона Гука:

$$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{[\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]}{E} + \alpha\Delta T \\ \varepsilon_y = \frac{[\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)]}{E} + \alpha\Delta T \\ \varepsilon_z = \frac{[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]}{E} + \alpha\Delta T \end{cases}; \tag{3}$$

$$\begin{cases} \gamma_{xy} = \tau_{xy}/G \\ \gamma_{yz} = \tau_{yz}/G \\ \gamma_{zx} = \tau_{zx}/G \end{cases}, \tag{4}$$

где ε_x, ε_y, ε_z – относительные удлинения; γ_{xy}, γ_{yz}, γ_{zx} – углы сдвига; σ_x, σ_y, σ_z – нормальные напряжения; α – коэффициент линейного расширения; E – модуль упругости; ν – коэффициент Пуассона; G – модуль сдвига.

Решением модели (1)-(4) в системе конечно элементного анализа является поле деформаций в объеме исследуемого объекта. Пример такого поля, полученного в системе COMSOL Multiphysics, показан на рис. 1. Продолжительность нагрева плит и пресс-форм одноэтажного пресса – 2700 с, нагрузка в 2,5 МН приложена к нижней плите в направлении оси Z. Верхняя плита жестко закреплена и не перемещается. Из рисунка видно, что максимальная

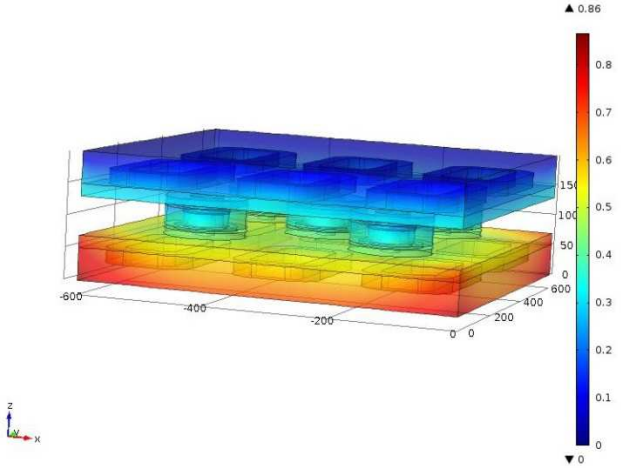


Рис. 1. Поле деформаций плит и пресс-форм одноэтажного пресса

деформация возникает на краях нижней нагревательной плиты и составляет 0,86 мм.

Система COMSOL Multiphysics позволяет также получить поля деформаций по каждой из трех осей координат и направления суммарных деформаций (на рис. 1 показано поле значений деформаций без учета знака).

Таким образом, современные системы конечноэлементного анализа позволяют успешно решать задачи прочностного расчета элементов прессового оборудования при одновременном воздействии тепловых и механических нагрузок, что дает возможность снижать их материалоемкость без снижения срока службы.

Библиографический список

1. Малыгин Е.Н., Карпушкин С.В., Крушатин А.С.. Методика теплового расчета нагревательных плит прессов для изготовления резинотехнических изделий // Химическая промышленность сегодня. – 2009. – №11. – С. 48-56.

2. Малыгин Е.Н., Карпушкин С.В., Карпов С.В.. Моделирование и расчет процессов индукционного нагрева прессового оборудования при производстве резинотехнических изделий // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2013. – №3. С. 85-104. – DOI: 10.7463/0313.0541632

3. Басов, Н.И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов / Н.И. Басов, Ю.В. Казанков, В.А. Любартович. – М.: Химия, 1986. – 488 с.

4. ГОСТ 14901-93. Пресс-формы для изготовления резинотехнических изделий. Общие технические условия. – Дата введения 01.01.1995.

References

1. E.N. Malyigin, S.V. Karpushkin, A.S. Krushatin. Metodika teplovogo raschYota nagrevatelnyih plit pressov dlya izgotovleniya rezinotehnicheskih izdeliy // Himicheskaya promyishlennost segodnya. – 2009. – №11. – S. 48-56.

2. E.N. Malyigin, S.V. Karpushkin, S.V. Karpov. Modelirovanie i raschet protsessov induktsionnogo nagreva pressovogo oborudovaniya pri proizvodstve rezinotehnicheskih izdeliy // Nauka i obrazovanie: elektronnoe nauchno-tehnicheskoe izdanie. – 2013. – №3. S. 85-104. – DOI: 10.7463/0313.0541632

3. Basov, N.I. Raschet i konstruirovanie oborudovaniya dlya proizvodstva i pererabotki polimernyih materialov / N.I. Basov, Yu.V. Kazankov, V.A. Lyubartovich. – M.: Himiya, 1986. – 488 s.

4. GOST 14901-93. Press-formyi dlya izgotovleniya rezinotehnicheskih izdeliy. Obschie tehnicheskie usloviya. – Data vvedeniya 01.01.1995.

УДК 62-65

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОМИЧЕСКИХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

С. В. Карпушкин, А. О. Глебов, В. А. Панкратов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел. 89107538719, e-mail: karp@mail.gaps.tstu.ru*)

Аннотация: Предложены математические модели нагрева и стабилизации рабочей температуры одиночной плиты с омическими нагревателями, а также системы «нижняя

плита-изделия-верхняя плита» одноэтажного гидравлического пресса. Приводится сравнение результатов решения первой модели с данными эксперимента.

Abstract: In this paper we propose mathematical models of heating and stabilization of the operating temperature of a single plate with ohmic heaters, as well as of the «lower plate-products-top plate» one-story hydraulic press. We provide the comparison of solutions of the first model with the experimental data.

Ключевые слова: гидравлические прессы, нагревательные плиты, математическая модель омического нагрева и стабилизации температуры.

Keywords: hydraulic presses, heating plates, a mathematical model of resistive heating and temperature stabilization.

Качество продукции, выпускаемой на прессовом оборудовании, определяется степенью равномерности температурного поля в объеме изделий и зависит от конструкции нагревательных плит и пресс-форм. В настоящее время на производстве ставится задача получения равномерных температурных полей на рабочих поверхностях нагревательных плит. Считается, что такие плиты обеспечивают равномерный прогрев пресс-форм и изделий и могут использоваться для выпуска продукции широкого ассортимента.

В современных плитах используется, как правило, индукционный вид нагрева ввиду его надежности и простоты автоматизации. Однако при высоких рабочих температурах целесообразнее применение омических нагревателей.

Процесс распространения тепла в плите описывается нестационарным уравнением теплопроводности с внутренними источниками тепла [1]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\nabla^2 T + \frac{q}{c\rho}, \tag{1}$$

где T – температура, К; q – удельное тепловыделение, Вт/м^3; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); ρ – плотность, кг/м^3; $a = \dfrac{\lambda}{c\rho}$ – коэффициент температуропроводности, м^2/с; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Начальное условие для уравнения (1)

$$T(x, y, z, 0) = T_0. \tag{2}$$

Теплоотдача от внешних поверхностей неизолированной нагревательной плиты описывается граничными условиями третьего рода:

$$-\lambda \left.\frac{\partial T}{\partial n}\right|_{\Omega_{pl}} = \alpha_r (T - T_0), \tag{3}$$

где α_r – коэффициент теплоотдачи от поверхности нагревательной плиты номер r (рабочей поверхности, крышки и торцов).

Удельное тепловыделение омических нагревателей определяется по закону Джоуля–Ленца. При допущении о равномерном выделении тепла в объеме паза, в котором размещен нагреватель,

$$q(x,y,z)=\begin{cases}\dfrac{I_i^2 R_i}{v_i}, \text{если } (x,y,z)\in v_i, i=1,...,nh;\\ 0, \text{иначе,}\end{cases} \quad (4)$$

где I_i –ток через i-й нагреватель; R_i – его электрическое сопротивление, Ом; v_i – объем, в котором выделяется мощность i-го нагревателя, м^3; nh – число нагревателей.

Для расчета температурного поля нагревательных плит в режиме стабилизации заданной температуры уравнения математической модели в случае двухпозиционного регулятора необходимо дополнить выражениями (5)–(6):

$$I(t)=\frac{I}{2}\left(1+(-1)^{I_r(t)+1}\right); \quad (5)$$

$$I_r(t)=\begin{cases}1, \text{если } T_s(t)<T_d;\\ 0, \text{если } T_s(t)>T_u,\end{cases} \quad (6)$$

где $I_r(t)$ – состояние регулятора («1» – включен, «0» – выключен); $T_s(t)$ – температура контрольной термопары, °С; T_d, T_u – нижний и верхний пороги срабатывания регулятора соответственно, °С.

В случае использования ПИД-регулятора вычисляется его выходной сигнал $Y(t)$ по формуле (7), который затем преобразуется до требуемого вида (ширины импульса, напряжения и т.д.) в зависимости от типа исполнительного устройства

$$Y(t)=K_P e(t)+K_I\int_0^t e(t)dt+K_D\frac{de(t)}{dt}, \quad (7)$$

где K_P, K_I, K_D – коэффициенты усиления пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих регулятора соответственно; $e(t)$ = [T_z – – $T_s(t)$] – отклонение температуры контрольной термопары от заданного значения T_z.

Таким образом, математическая модель процесса омического нагрева одиночной плиты гидравлического пресса с учетом автоматической стабилизации температуры представляет собой систему уравнений (1) – (6) или (1) – (4), (7). Для решения уравнений математической модели выбран метод конечных элементов, реализуемый программным комплексом ANSYS [2].

Расчет омических нагревателей затрудняется отсутствием справочных данных о коэффициенте эффективности излучения, необходимом для определения допустимой поверхностной мощности нагревателя. В случаях диатермической среды между нагревателем и плитой данный коэффициент может быть рассчитан аналитически через средние угловые коэффициенты излучения. При наличии электроизоляторов (например, керамических колец), разделяющих нагреватель и стенки паза плиты, необходимо учитывать процесс теплопроводности внутри колец. Коэффициент эффективности излучения в

этом случае предложено определять с помощью численного расчета суммарного теплового потока на тепловоспринимающей поверхности. Разработанный метод отличается универсальностью и может использоваться для расчета недиатермических систем.

Проверка адекватности модели (1) – (4), (7) осуществлена с использованием данных эксперимента, проведенного на ЗАО «Завод Тамбовполимермаш». Эксперимент предусматривал измерение температуры в трех точках плиты омического нагрева размером 800×800 мм при ее разогреве и стабилизации температуры 500 °С. Результаты решения модели и их сравнение с экспериментальными данными для центральной точки рабочей поверхности плиты приведены на рис. 1. Среднее отклонение между результатами эксперимента и расчетов составило 8,9 °С (относительное отклонение 1,7%).

Омические нагреватели нередко применяются в плитах прессов, используемых как электротермические установки для снятия напряжений в высокоточных металлических изделиях повышенной прочности. В таких установках пресс-формы отсутствуют: изделия располагаются непосредственно между нагревательными плитами.

Для моделирования процесса нагрева системы «нижняя плита-изделия-верхняя плита» одноэтажного пресса необходимо ввести допущение: между изделиями и нагревательными плитами имеет место идеальный тепловой контакт.

Модель (1) – (6) или (1) – (4), (7) необходимо дополнить уравнениями распространения тепла в изделиях

$$\rho_u c_u \frac{\partial T_u}{\partial t} - \lambda_u \left(\frac{\partial^2 T_u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_u}{\partial z^2} \right) = 0, u = 1,..., nu, \qquad (8)$$

где $T_u = T(x_u, y_u, z_u)$, $(x_u, y_u, z_u) \in \Omega_u$ – температурное поле в u-м изделии, °С; λ_u, c_u, ρ_u – теплопроводность (Вт/м·К), теплоемкость (Дж/кг·К) и плотность (кг/м^3) материала изделий, соответственно; Ω_u – объем u-го изделия; ni – общее количество изделий между плитами.

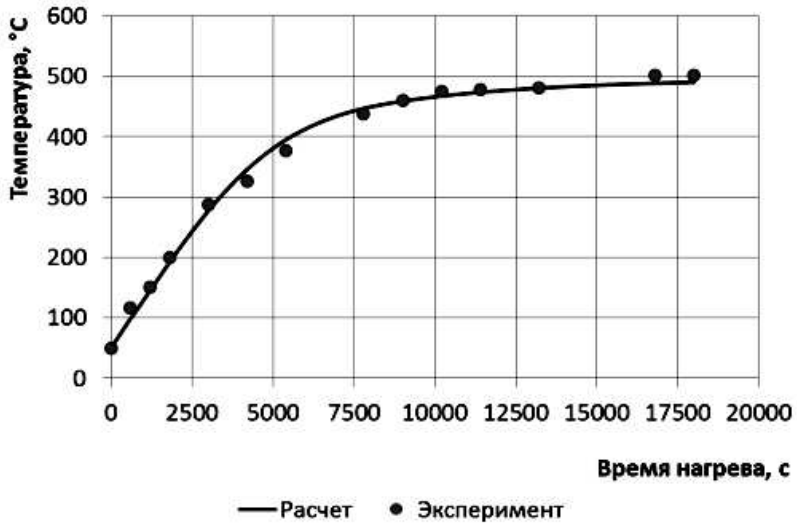


Рис. 1. Сравнение результатов решения модели с экспериментом

В качестве граничных условий для уравнения (8) используются равенства температур и тепловых потоков между нагревательными плитами и изделиями:

$$T_{u,p} = T_{p,u}, \quad p = 1,2, u = 1,..., ni; \quad \lambda_u \frac{\partial T_{u,p}}{\partial x} = \lambda_p \frac{\partial T_{p,u}}{\partial x}, \quad \lambda_u \frac{\partial T_{u,p}}{\partial y} = \lambda_p \frac{\partial T_{p,u}}{\partial y},$$

$$\lambda_u \frac{\partial T_{u,p}}{\partial z} = \lambda_p \frac{\partial T_{p,u}}{\partial z}, \quad p = 1,2, u = 1,..., ni, \qquad (9)$$

Здесь $T_{u,p}=T(x_{u,p}, y_{u,p}, z_{u,p})$ – температурное поле изделий на границе с плитами; $T_{p,u}=T(x_{p,u}, y_{p,u}, z_{p,u})$ – температурное поле рабочих поверхностей плит на границе с изделиями; $(x_{u,p}, y_{u,p}, z_{u,p}) \in \Omega_u$, $(x_{p,u}, y_{p,u}, z_{p,u}) \in \Omega_p$ – множество точек, принадлежащих изделиям и рабочим поверхностям нагревательных плит на границе их раздела; Ω_p – объем p-й плиты.

Конвективный (q_c) и лучистый (q_r) тепловой поток от поверхностей плит и изделий в окружающий воздух:

$$q_{c,p} = \alpha_{c,p} \cdot (T_0 - T_p), \; p = 1,2; \quad q_{c,u} = \alpha_{c,u} \cdot (T_0 - T_u), \; u = 1,..,ni, \qquad (10)$$

$$q_{r,p} = \varepsilon_p \cdot \sigma \cdot (T_0^4 - T_p^4), \; p = 1,2; \quad q_{r,u} = \varepsilon_u \cdot \sigma \cdot (T_0^4 - T_u^4), \; u = 1,..,ni. \qquad (11)$$

Здесь $\alpha_{c,p}$, $\alpha_{c,u}$ – коэффициент стесненной теплоотдачи от поверхностей плит и изделий в окружающий воздух, Вт/м^2·К (см. [3]); $T_p = T(x_p, y_p, z_p)$, $T_u = T(x_u, y_u, z_u)$ – средняя температура поверхностей p-й плиты и u-го изделия, ^{o}C; ε_p, ε_u – степень черноты поверхностей p-й плиты и u-го изделия; $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/м^2·К^4.

Модель (1) – (4), (7), (8) – (11) использована при проектировании плит высокотемпературного нагрева для ОАО «Ковровский электромеханический завод».

Библиографический список

1. Кошляков Н.С., Глинер, Смирнов М.М.. Уравнения в частных производных математической физики. – М.: Высшая Э.Б. школа, 1970. – 712 с.

2. Басов К.А.. ANSYS: Справочник пользователя. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Курочкина М.И.. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии. – СПб: Химия, 1998. – 496 с.

References

1. Koshlyakov N.S., Gliner E.B., Smirnov M.M.. Uravneniya v chastnyih proizvodnyih matematicheskoy fiziki. – M.: Vyisshaya shkola, 1970. – 712 s.

2. Basov K.A.. ANSYS: Spravochnik polzovatelya. – M.: DMK Press, 2005. – 640 s.

3. Romankov P.G., Frolov V.F., Flisyuk O.M., Kurochkina M.I.. Metodyi rascheta protsessov i apparatov himicheskoy tehnologii. – SPb: Himiya, 1998. – 496 s.

УДК 681.3/06

ЦИФРОВОЙ ПРОТОТИП – ЗВЕНО В ЦЕПИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

Л. И. Райкин, И. Л. Райкин, А. А. Бойтяков

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород
(*тел. 79036041090, e-mail: raykinl@yandex.ru*)

Аннотация: Цифровой прототип изделия (ЦПИ), являясь виртуальным опытным образцом, становится начальным звеном информационной поддержки его жизненного цикла. На примере использования программных продуктов компании Autodesk показаны некоторые фрагменты формирования ЦПИ.

Abstract: Digital prototype products (DPP), as a virtual prototype becomes the first link in information support of its life cycle. On the example of Autodesk software products we showseveral fragments of DPP forming.

Ключевые слова: ИПИ-технологии, цифровой прототип изделия, концептуальный дизайн, поверхностная модель, инженерный анализ, динамическое моделирование, визуализация, анимация.

Keywords: CALS-technology, digital prototype of the product, conceptual design, surface model, engineering analysis, dynamic modeling, visualization, animation.

В последнее время информационная поддержка жизненного цикла изделий (CALS- или ИПИ-технологии), включающая этапы от маркетингового исследования до утилизации, предполагает создание цифровых прототипов (ЦПИ) в качестве начального звена [1, 2]. ЦПИ является виртуальным опытным образцом готового изделия и служит для его оптимизации и проверки до начала производства. Использование цифрового прототипа снижает потребность в изготовлении дорогостоящих физических опытных образцов, что дает возможность разрабатывать высококачественные изделия, сокращать затраты на их изготовление и быстрее выпускать их в производство.

Проработку проекта начинает промышленный дизайнер. Созданный эстетически выверенный и потребительски совершенный ЦПИ, т.е. информационная модель создаваемого изделия, передается конструктору, который проведя инженерный анализ, воплощает его в работоспособную конструкцию.

Идея создания ЦПИ состоит в том, чтобы быстро и с минимальными издержками воплотить замысел промышленного дизайна через проектирование, инженерный анализ, виртуализацию и анимацию, реализовать технологическую подготовку и осуществить автоматизированное производство нового изделия. Понятно, что минимальных издержек можно достичь, осуществляя ЦПИ в рамках технологий одной компании.

Для осуществления поставленной задачи авторы использовали технологии компании Autodesk, позволяющие реализовать все необходимые этапы. На этапе концептуального дизайна используются Autodesk Alias Design, Autodesk Alias Automotive или Autodesk Alias Surface.

В Autodesk Alias осуществлен концептуальный дизайна тостера, при котором выполнены поверхностные модели всех его корпусных частей (рис. 1).

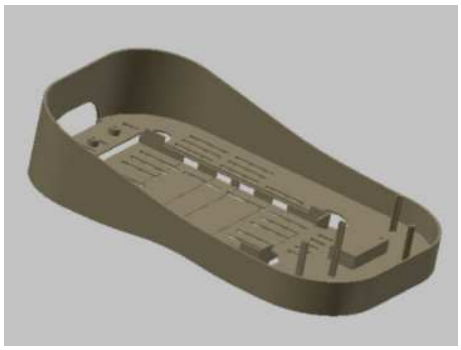


Рис. 1. Поверхностная модель нижней части тостера

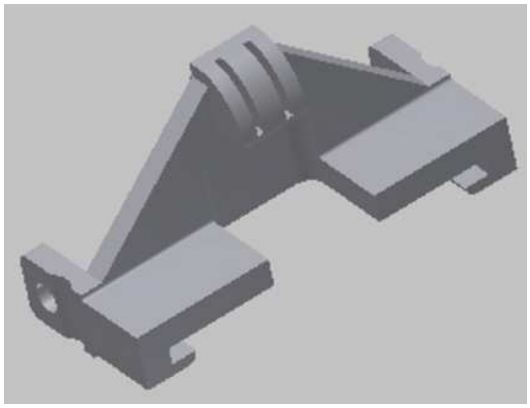
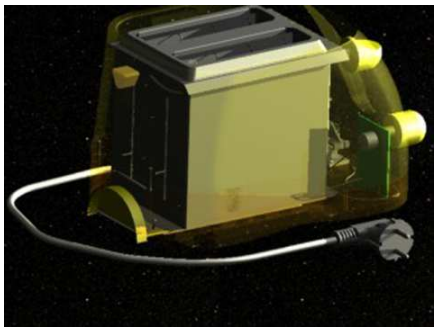
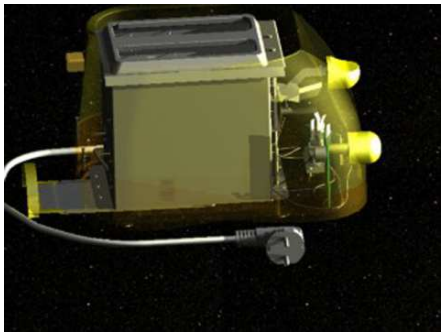


Рис. 2. Модель детали тостера

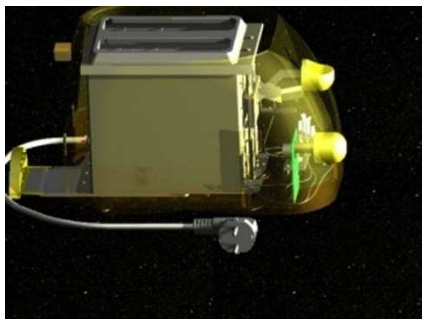
После разработки концептуального дизайна тостера все геометрические модели передали в Autodesk Inventor, смоделировали в нем все детали (рис. 2) и провели его сборку. Затем вставили провода, провели инженерный анализ напряжения деталей с различными нагрузками, провели динамическое моделирование (рис. 3), визуализацию и анимацию работы тостера в Autodesk 3ds Max (рис. 4). После этого поместили в окружающую среду с помощью Autodesk Showcase, который позволяет создавать из цифровых 3D-данных точные реалистические образы, передавая при этом не только форму объекта, но и контекст окружающей среды, а также тени, отблески и особенности освещения.



а)



б)



в)

Рис. 3. Фазы динамического моделирования механизма тостера с расположением рычага:
а – сверху; *б* – в среднем положении; *в* – снизу

Рис. 4. Модель тостера, визуализированная в Autodesk 3dsMax

Обмен геометрическими моделями между Autodesk Alias и другими программами Autodesk осуществляется благодаря включенным высококачественным трансляторам данных в общепринятых форматах САПР: DXF, IGES и STEP, а обмен данными с Autodesk Inventor производится в формате DWG.

Для совместной работы и управления данными при создании ЦПИ целесообразно использовать программный продукт Autodesk Vault [3].

ЦПИ, созданный в Autodesk Inventor, может быть использован для информационного обеспечения технологической подготовки производства с помощью программных комплексов TECHCARD от ИНТЕРМЕХ [4], Edgecam и Alphacam от Vero Software [5], или от других производителей.

Для создания интерактивной трехмерной проектной документации с техническими инструкциями ЦПИ, может быть дополнен программой Autodesk Inventor Publisher. Это позволяет публиковать созданную документацию во всех необходимых потребителям форматах, среди которых интерактивные 3D-форматы Adobe Flash, Adobe Acrobat, AVI и DWF, основные 2D-форматы, такие как Microsoft PowerPoint и Word, а также распространенные графические форматы JPG, PNG и TIFF [6].

Библиографический список

1. Райкин И. Л., Сидорук Р. М., Кабанова Т. Ю.Создание цифровых прототипов с помощью технологий Autodesk. Часть I. Этап концептуального дизайна // CAD/CAM/CAE/ Observer. 2010. №1. стр. 28-34.

2. Райкин И. Л., Сидорук Р. М., Кабанова Т. Ю.Создание цифровых прототипов с помощью технологий Autodesk. Часть 2. Этап конструирования // CAD/CAM/CAE Observer. 2010. № 2. стр.24-30.

3. Autodesk Vault / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.nipinfor.ru/engineering/autodesk_mfg/10188/ (дата обращения 26.11.2014).

4. TECHCARD / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.intermech.ru/techcard.htm (дата обращения 26.11.2014).

5. Vero Software / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.verosoftware.com/products (дата обращения 26.11.2014).

6. Райкин Л., Мерзляков И., Белов Г., Филинских А. Публикации интерактивных 3d-инструкций в Autodesk Inventor Publisher // CADmaster. 2013. №2. стр.26-29.

References

1. Raykin I. L., Sidoruk R. M., Kabanova T. Yu.Sozdanie tsifrovyih prototipov s pomosc-hyu tehnologiy Autodesk. Chast I. Etap kontseptualnogo dizayna // CAD/CAM/CAE/ Observer. 2010. №1. str. 28-34.

2. Raykin I. L., Sidoruk R. M., Kabanova T. Yu.Sozdanie tsifrovyih prototipov s pomosc-hyu tehnologiy Autodesk. Chast 2. Etap konstruirovaniya // CAD/CAM/CAE Observer. 2010. № 2. str.24-30.

3. Autodesk Vault / [Elektronnyiy resurs]. – Rezhim dostupa: URL: http://www.nipinfor.ru/engineering/autodesk_mfg/10188/ (data obrascheniya 26.11.2014).

4. TECHCARD / [Elektronnyiy resurs]. – Rezhim dostupa: URL: http://www.intermech.ru/techcard.htm (data obrascheniya 26.11.2014).

5.Vero Software / [Elektronnyiy resurs]. – Rezhim dostupa: URL: http://www.verosoftware.com/products (data obrascheniya 26.11.2014).

6. Raykin L., Merzlyakov I., Belov G., Filinskih A. Publikatsii interaktivnyih 3d-instruktsiy v Autodesk Inventor Publisher // CADmaster. 2013. №2. str.26-29.

УДК 681.3/06

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНО-КОПИРОВАЛЬНОМ СТАНКЕ

В. Х. Фидаров, Е. Н. Квасова, А. Н. Кондрашин

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630618, e-mail: fidval@mail.ru*)

Аннотация: Разработана динамическая модель привода подач с электромагнитными муфтами токарного станка и дано ее математическое описание. Приведена методика расчета запаздывания привода при отработке управляющей команды на включение движения подачи и влияния запаздывания привода на точность размера изготовляемой детали.

Annotation: In this article we develop a dynamic model of a lathe's drive feed with electromagnetic couplings and provide its mathematical description. We also describe calculation methods for the lag drive at improvement of turning-on management signals fir feed movement and the influence of a lag drive on the size precision of the manufactured parts.

Ключевые слова: станок, привод подач, электромагнитная муфта, быстродействие, запаздывание, погрешность обработки.

Key words: machine, drive, feed, electromagnetic clutch, performance, delay, error handling.

В токарных станках при обработке ступенчатых валов резец попеременно совершает прямолинейные перемещения в продольном вдоль оси шпинделя, в поперечном – перпендикулярно оси шпинделя и в наклонном – под углом к оси шпинделя направлениях. В ряде станков с цикловой системой программного управления включение, отключение и переключение направления движения исполнительных органов с резцом осуществляется посредством электромагнитных фрикционных муфт (ЭМ), расположенных в приводе подач – в фартуке станка, иногда – в коробке подач (рис. 1).

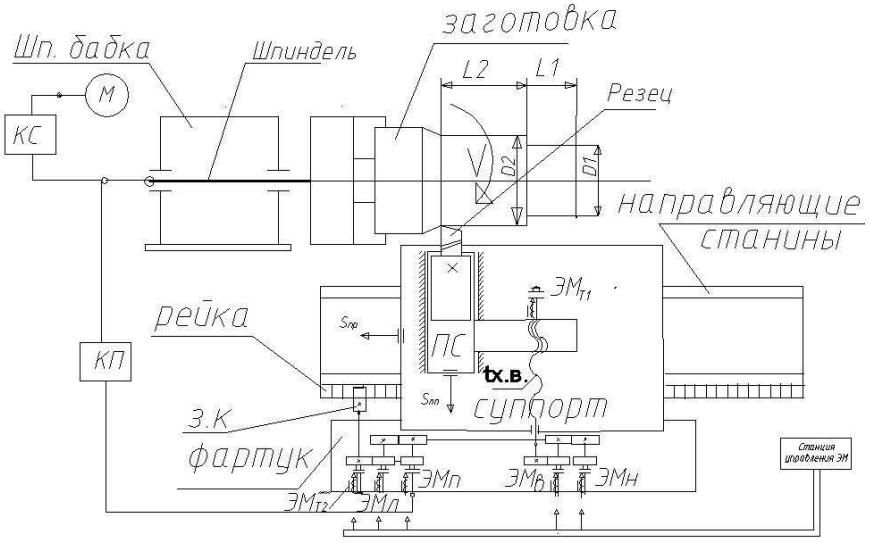


Рис. 1. Принципиальная схема станка

Точность получаемых на заготовке линейных L_1, L_2 и диаметральных D_1, D_2 размеров зависит от быстродействия привода при отработке управляющих команд на включение, отключение и изменение направления подачи, выдаваемых системой управления станка. Быстродействие же привода с электромагнитными муфтами зависит от его динамических характеристик, быстродействия муфт, сил резания и сил трения в звеньях привода.

Для установления зависимости времени запаздывания привода при отработке управляющей команды на включение движения подачи от параметров привода и влияния запаздывания на погрешность размера изготовляемой детали рассмотрим его динамическую модель.

Привод подач (рис. 1) состоит из электродвигателя М, механической части (коробка скоростей КС, коробка подач КП, механизмы, расположенные в фартуке) и электромагнитных муфт – ведущих и тормозных, которые работают в противофазе, т.е. при подаче команды на включение ведущей муфты одновременно подается команда на отключение тормозной и наоборот. Ведущие ЭМ разделяют привод на ведущую и ведомую части. Механическая часть привода состоит из валов, зубчатых и червячных передач, передачи винт-гайка, реечно-зубчатой передачи, опор качения и исполнительных органов (ИО) – суппорта и поперечной салазки (ПС). Все эти звенья обладают жесткостью (податливостью), демпфирующими свойствами и массой. На исполнительные органы действуют силы резания и значительные силы трения между исполнительными органами и направляющими станка.

В связи со сказанным привод подач можно рассматривать как динамическую колебательную систему со многими степенями свободы, состоящую из последовательно расположенных инерционных масс, соединенных между собой безынерционными звеньями, которые обладают упругостью (податливостью) и демпфирующими свойствами [1]. На вход системы воздействует движущая сила от электродвигателя в виде крутящего момента $M_д$ и частоты вращения $\omega_д$, а на выход – момент сил сопротивления M_C – от сил трения M_{CT} и резания M_{CP} и момент от тормозной муфты $M_T(t)$.

Привод подач имеет четыре кинематические цепи для осуществления движения по двум координатам (вперед-назад и влево-вправо). Рассмотрим методику моделирования на примере кинематической цепи, осуществляющей движение подачи в одном каком-либо направлении, например, назад.

Поскольку на работу станка существенное влияние оказывают лишь низшие частоты колебаний привода, близкие к рабочим частотам станка, то многомассовую динамическую систему привода для удобства исследования известными методами можно свести к системе меньшим числом степеней свободы с сохранением спектра низших частот [1]. Все инерционные массы и податливости звеньев приводятся с учетом передаточных отношений механических передач к валу ведущей электромагнитной муфты.

Преобразование ведется отдельно для ведущей и ведомой частей привода и каждая приводится к эквивалентной двухмассовой динамической модели (рис. 2, *а*). Такая модель привода соответствует состоянию привода, когда ведущая муфта отключена, то есть ведущая часть ЭМ вращается, а ведомая неподвижна (этап 1). При включенной ведущей муфте (этап 2) система рассматривается как трехмассовая (рис. 2, *б*).

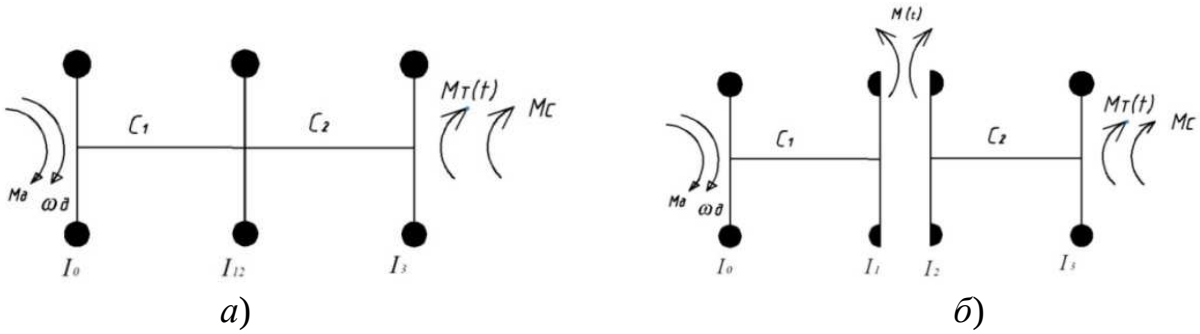
Характеристики звеньев привода. Электродвигатель. В токарных станках средних размеров источником движения для цепи подач и цепи главного движения является один и тот же электродвигатель, мощность которого на порядок больше потребной мощности привода подач. Поэтому колебания нагрузки на привод подач не оказывают заметного влияния на скорость электродвигателя и его механическую характеристику можно считать абсолютно жесткой, то есть $\omega_д = \dot{\varphi}_0 = \Omega_0 = \text{const}$.

Момент сил трения M_{CT} между исполнительным органом (ИО) и направляющими станка зависит от скорости ИО [2]:

$$M_{ст}(\dot{\varphi}) = \begin{cases} Mс.п \quad \text{при } \dot{\varphi}_3 = 0, \quad \dot{\varphi}_3 > 0; \\ Mс.д\, sign\dot{\varphi}_3 - \lambda т\, \dot{\varphi}_3 \quad \text{при } \dot{\varphi}_3 \neq 0, \end{cases}$$

где M с.п – предельный момент сил трения покоя; $M_{с.д}$ – момент сил трения в начале движения ИО ($M_{с.g} < M_{с.д}$); λ_T –коэффициент пропорциональности.

Затухание колебаний (демпфирование) пропорционально скорости деформации упругих звеньев и учитывается коэффициентом вязкого трения λ_i [2].



а) *б*)

Рис. 2. Эквивалентная динамическая модель привода:
а – ведущая ЭМ не сцеплена; *б* – ведущая муфта сцеплена

Уравнение движения привода с учетом вышесказанного:

– для этапа 1, в переходном процессе при включении ведущей $ЭМ_н$ и выключении тормозной $ЭМ_т$:

ведущая часть привода

$$I_1\ddot{\varphi}_1 + \lambda_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_0) - C_1(\varphi_0 - \varphi_1) = M(t)sign(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2); \quad (1)$$

ведомая часть привода

$$\begin{cases} I_2\ddot{\varphi}_2 + \lambda_2(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) - C_2(\varphi_2 - \varphi_3) - M(t)sign(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \\ I_3\ddot{\varphi}_3 + \lambda_2(\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_2) - C_2(\varphi_3 - \varphi_2) = -[M_T(t) + M_c]\, sign\ \dot{\varphi}_3 - \lambda_T\dot{\varphi}_3; \end{cases} \quad (2)$$

– для этапа 2**,** при включенной ведущей муфте и выключении тормозной

$$\begin{cases} I_{12}\ddot{\varphi}_{12} + \lambda_2(\dot{\varphi}_{12} - \dot{\varphi}_3) - C_2(\varphi_{12} - \varphi_3) - \lambda_1(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_{12}) - C_1(\varphi_0 - \varphi_{12}) = 0 \\ I_3\ddot{\varphi}_3 + \lambda_2(\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_2) - C_2(\varphi_3 - \varphi_2) = -[M_т(t) + Mc]\ \text{sign}\ \dot{\varphi}_3 - \lambda_т\ \dot{\varphi}_3; \end{cases} \quad (3)$$

где I_i – приведенные эквивалентные моменты инерции масс; C_i – приведенные эквивалентные жесткости звеньев; λ_i – коэффициенты демпфирования; $\varphi_i, \dot{\varphi}_i, \ddot{\varphi}_i$ – соответственно приведенные углы поворота, скорости и ускорения масс; M(t), M_T (t) – соответственно передаваемые моменты ведущей и тормозной муфт; Mс – момент сил сопротивления.

При включении электромагнитной муфты передаваемый ею момент $Mв$(t) начинает нарастать с некоторым запаздыванием t_0 по закону [3]:

$$M_в(t) = M_{ном}(1 - e^{-t/Tв}).$$

При отключении муфты можно принять, что ее момент изменяется по следующему закону

$$M_о(t) = 0{,}8M_{ном}e^{-2t/Tэ},$$

где $M_{ном}$ – номинальный момент муфты; $T_в$ –постоянная времени муфты при включении; $T_э$ – эквивалентная постоянная времени массивного магнитопровода; t – время.

Точность обработки на станке зависит от быстродействия привода при отработке управляющих команд, выдаваемых системой управления, поэтому рассмотрим время $t_в$ запаздывания начала движения ИО при включении ведущей ЭМ.

Это время $t_в$ складывается из времени чистого запаздывания в муфте при включении (время трогания и свободного движения якоря) t_0 и времени $t_д$ от начала нарастания момента ЭМ до начала движения исполнительного органа. Время t_0 для каждого типоразмера муфты известно и оговорено техническими условиями, $t_д$ – определяется при решении уравнений (1) – (3).

При этом в зависимости от параметров привода возможны два случая:

1 – движение ИО начинается на этапе 1 (при скольжении дисков ведущей ЭМ);

2 – движение ИО начинается на этапе 2 (при сцепленной ведущей муфте).

Определение $t_д$ зависит от того, какой случай имеет место.

Условие существования случая 1:

$\dot{\varphi}_1 \neq \dot{\varphi}_2$ при $\ddot{\varphi}_3 > 0$, $\varphi_3 = \dot{\varphi}_3 = 0$; $[C_2\varphi_2 = M_{с.п} + M_{то}(t + t_0)]$, т.е. когда упругий момент в звене C_2, равный $C_2(\varphi_2 - \varphi_3) = C_2(\varphi_2 - 0) = C_2\varphi_2$, превысит суммарный момент сил сопротивления.

В этом случае $t_д$ определяют численным решением относительно t уравнения:

$$\varphi_2(t) = [M_{с.п} + M_{то}(t + t_0)] / C_2,$$

а $\varphi_2(t)$ находят из первого уравнения (2), записав его в виде:

$$\ddot{\varphi}_2 + 2\theta_2\omega_2 \dot{\varphi}_2 + \omega_2^2\varphi_2 = (1 - e^{-t/Tв}) M_{ном} / I_2, \qquad (4)$$

где $\theta_2 = \lambda_2 / 2\sqrt{C_2 I_2}$ - коэффициент затухания, для суппорта $\theta \approx (0{,}08\ldots0{,}1)$; $\omega_2 = \sqrt{C_2 / I_2}$ – собственная частота колебаний ведомой части привода при неподвижном ИО (т.е. при $\dot{\varphi}_3 = 0$); $M_{то}(t)$ – момент тормозной ЭМ при отключении.

При малом затухании ($\theta_2^2 << 1$) и нулевых начальных условиях ($\varphi_2 = \varphi_3 = 0$) решение уравнения (4) можно записать так:

$$\varphi_2(t) = a_2 e^{-t/Tв} + b_2 + A_2 \sin(\omega_2 t + \delta_2') e^{-\theta_2\omega_2 t}. \qquad (5)$$

Условия существования случая 2:

$$\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_2 \text{ при } \varphi_3 = \dot{\varphi}_3 = \ddot{\varphi}_3 = 0; \ [C_2\varphi_2 < M_{с.п} + M_{то}(t + t_0)].$$

Это означает, что ведущая муфта сцепилась, т.е. скорости ее ведущей и ведомой частей сравнялись, но накопленный упругий момент в звене C_2 меньше момента сил сопротивления. Здесь время запаздывания будет определяться:

$$t_в = t_0 + t_д = t_0 + t_1 + t_2,$$

где $(t_0 + t_1)$ – продолжительность этапа 1, т.е. время с момента подачи команды на включение ведущей ЭМ до момента сцепления ведущей муфты, когда скорости ее ведущей и ведомой частей сравняются; t_2 – время с момента окончания этапа 1 до начала движения ИО.

Время t_1 находят численным решением уравнения $\dot{\varphi}_1(t) = \dot{\varphi}_2(t)$, т. е. из условия равенства скоростей ведущей и ведомой частей муфты.

Скорость $\dot{\varphi}_2(t)$ определяется из уравнения (5).

Библиографический список

1. Ривин Е.И. Динамика станков. М.: Машиностроение, 1966. 201 с.
2. Пуш В.Э. Малые перемещения в станках. М.: Машгиз, 1961. 124 с.
3. Ильичев Д.Д., Татур О.Н., Флидлидер Г.М. Системы с электромагнитными муфтами. Серия «Электропривод с полупроводниковым управлением». М.: Энергия, 1965. 96 с.
4. Михайлов О.П., Рогачев Э.Б., Ивенский Ю.Н. и др. Электромагнитные и магнитные устройства в станкостроении. М.: Машиностроение, 1974. 184 с.

References

1. Rivin E.I. Dinamika stankov. - M.: Mashinostroenie, 1966. 201 s.
2. Push V.E. Malyie peremescheniya v stankah. - M.: Mashgiz, 1961. 124 s.
3. Ilichev D.D., Tatur O.N., Flidlider G.M. Sistemyi s elektromagnitnyimi muftami. Seriya «Elektroprivod s poluprovodnikovyim upravleniem». - M.: Energiya, 1965. 96 s.
4. Mihaylov O.P., Rogachev E.B., Ivenskiy Yu.N. i dr. Elektromagnitnyie i magnitnyie ustroystva v stankostroenii. - M.: Mashinostroenie, 1974. 184 s.

УДК 681.3/06

УСЛОВИЯ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА

Т. В. Скопинцева, А. Г. Синельников, А. В. Козачек

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов

Аннотация: В данной статье проводится анализ методов очистки сточных вод от соединений фосфора: реагентный, биологический, комбинированный. Для дальнейшего рассмотрения выбирается биологический метод. И на примере математической модели М.Хенце выявляются условия для биологической очистки сточных вод.

Abstract: This article analyzes the methods of sewage treatment by phosphorus compounds: reagent, biological, combined. For further discussion of selected biological method. And the example of a mathematical model M.Hentse identified biological conditions for wastewater treatment.

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очитка, математическая модель, условия очистки, ил.

Keywords: wastewater, biological stonecrop, mathematical model, cleaning conditions, il.

Работа посвящена анализу очистки загрязненных сточных вод от соединений фосфора. Основными источниками загрязнения являются моющие средства.

Существует несколько методов очистки воды от соединений фосфора: реагентный, биологический, комбинированный.

Реагентный метод заключается в добавлении к сточной воде растворов трехвалентных солей (железа, алюминия) с образованием осадка. Метод эффективен и не требует больших площадей для обработки воды. Однако, при применении его потребуется ежедневно около 70 тонн реагентов в сутки, что также приведет к вторичному загрязнению воды.

Биологический метод предполагает выращивание специальных фосфороаккумулирующих организмов (ФАО) с их последующим отделением. Про-

цесс требует строительства больших специальных аэротенков и флотаторов для отделения ФАО.

Комбинированный метод предусматривает использование на первых стадиях химической очистки, а на последующих стадиях – биологической. Использование комбинированного метода приведет к увеличению эффективности очистки сточных вод от соединений фосфора.

На всех станциях, предназначенных для удаления фосфора, обычно предусматриваются биологическое удаления фосфора и аэробное окисление органического вещества. Объясняется это тем, что для функционирования процесса микроорганизмы должны находиться поочередно, то в аэробных, то в анаэробных условиях.

Могенс Хенце предлагает математическую модель биологического удаления фосфора. Для примера рассмотрим схему (рис. 1).

Уравнения массового баланса по фосфору для данной схемы представляется подобным образом:

Вещество на входе = Вещество на выходе + Структурный фосфор в избыточном иле + Полифосфаты в избыточном иле

$$Q_1 C_{P,1} = Q_4 C_{P,4} + Q_6 C_{P,6} + Q_6 C_{\text{ПФ},6}$$

Фосфор в избыточном иле представляется структурным фосфором, который входит во все клетки биомассы, $C_{P,6}$ и полифосфатами $C_{\text{ПФ},6}$, существующими только в клетках ФАО. Концентрация структурного фосфора приблизительно равна концентрации фосфора в обычном избыточном иле (1 – 1,5% ВВ). Концентрацию полифосфатов в избыточном иле можно рассчитать, исходя из концентрации жирных кислот в анаэробном реакторе:

$$\frac{Q_1\left(S_{HAc,1} + S_{F,HAc,1}\right)}{v_{HAc,P}} = Q_6 C_{\text{ПФ},6}$$

где $S_{F,HAc,1}$ – количество уксусной кислоты, образующейся в результате ферментации в анаэробном реакторе; $Q_6 C_{\text{ПФ},6}$ – количество запасенного полифосфата. Предполагается, что вся доступная НАс (из сточной воды и образовав-

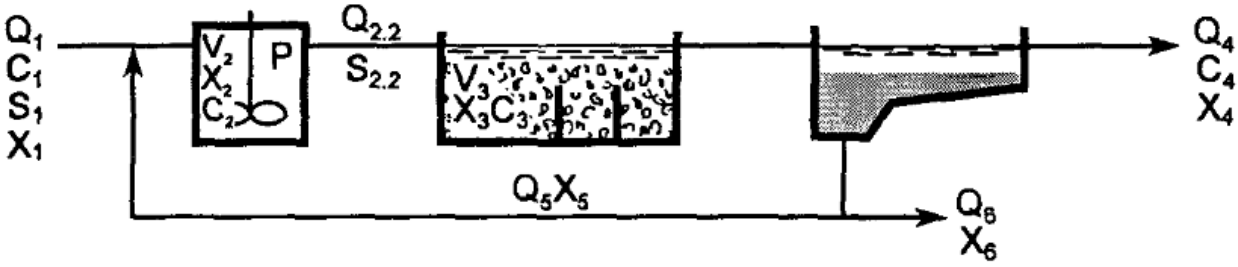


Рис. 1. Схема процесса биологического удаления фосфора (Р):
V_2 – анаэробный реактор удаления фосфора; V_3 – анаэробный/аноксический реактор;
С – общая концентрация (взвешенное + растворенное вещество);
S – концентрация растворенного вещества (концентрация субстрата);
Q – объемная скорость потока; X – концентрация взвешенных веществ

шаяся в результате ферментации) превращается в ПОБ под действием ФАО. Также считается, что все запасенные полифосфаты находятся в избыточном иле, а в обработанном стоке они отсутствуют. Эти предположения отображают вполне реальную ситуацию [1].

Но существует множество условий, которые нужно учитывать при биологической очистке

По схеме, представленной на рис. 1, может осуществляться процесс биологического удаления фосфора, но здесь главным образом считается не допустить процесс нитрификации летом. Важным условием является молодой ил.

Наличие легко разлагаемого органического вещества, также является условием. М. Хенце предлагает что, на 1 кг растворенного фосфора нужно 20 кг ХПК легкоразлагаемого вещества (S_A + S_B). Под легко разлагаемым веществом он подразумевает уксусную кислоту или аналогичные небольшие органические молекулы (например, промышленные стоки).

Проблемой для наилучшего протекания процесса является наличие в сточных водах нитрата в анаэробном реакторе. Нитрат конкурирует с фосфором за потребление ЛЖК. Для решения этой проблемы нужно сократить количество нитрата в возвратном иле, этого можно достигнуть путем улучшения денитрификации. Также можно поместить денитрификатор на пути возвратного ила, как это показано на рис. 2.

При биологическом удалении фосфора может возникнуть и такая проблема, как выделение фосфора из ила раньше, чем ил будет удален из реактора. Следовательно, наиболее важным условием является малый возраст ила.

В данной работе на примере математической модели Хенце выяснили что, процесс биологической очистки это сложная система, в которой следует соблюдать немало условий.

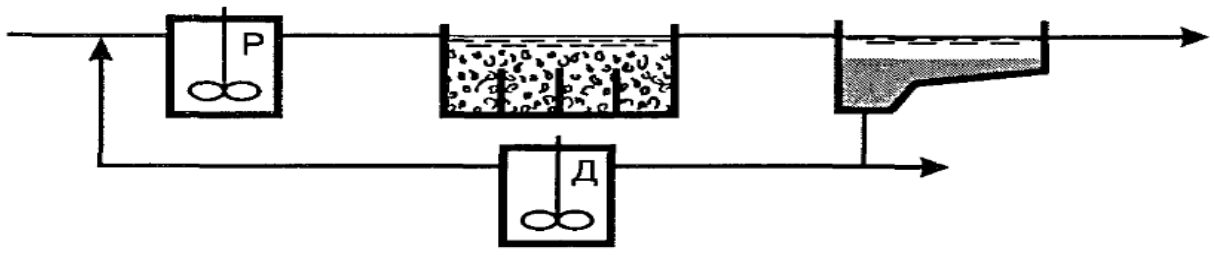


Рис. 2. Схема процесса биологического удаления фосфора с использованием аноксической стабилизации ила

Библиографический список

1. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й. Очистка сточных вод. М.: Мир, 2004. 480 с.

References

1. Hentse M., Armoes P., Lya-Kur-Yansen Y. Ochistka stochnyih vod. M.: Mir, 2004. 480 s.

УДК 681.3/06

ОПТИМАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЦЕПЕЙ СТАНКОВ ПО КРИТЕРИЮ ТОЧНОСТИ

В. А. Ванин, А. Н. Колодин

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630618, e-mail: tmmsii@tmmsii.jesby.tstu.ru*)

Аннотация: приводится оценка возможности оптимального построения формообразующих цепей металлорежущих станков по критерию точности.

Abstract: The article provides an assessment of the optimal building forming chains of metal-cutting machines with accuracy criterion.

Ключевые слова: Оптимальное построение, металлорежущий станок, шаговый гидравлический двигатель, генератор гидравлических импульсов.

Keywords: Optimum building, metal-cutting machine, hydraulic stepper motor, hydraulic generator pulses.

В связи с тем, что резко изменилась структура производства, повысились требования к мобильности производства, его производительности и экономичности, сократились сроки морального износа техники, задачи совершенствования металлорежущих станков при одновременном сокращении времени на проектирование, изготовление и отладку предопределили необходимость применения новых методов построения как станка в целом, так и его кинематики. Одним из основных направлений развития станкостроения становится модульный принцип построения техники, который предполагает разделение станка на конструктивно независимые модули (в отличие от разделения на отдельные узлы), на основе которых идет компоновка станка для решения данной технологической задачи. При этом целесообразно обеспечить модульное построение внутренних кинематических цепей, различные по возможностям и характеристикам внутренние кинематические цепи станков различных типов выполняются на основе ограниченной номенклатуры функционально и конструктивно завершенных модулей (блоков) с использованием ограниченного числа узлов и деталей индивидуального проектирования и изготовления, что в значительной мере приводит к повышению точности получаемого изделия [1].

Ниже приведены оптимизированные структурные схемы металлорежущих станков различного технологического назначения.

На рисунке 1 представлена структурная схема шлицефрезерного станка с гидравлическими связями в цепях деления и продольной подачи для обработки прямобочных и эвольвентных шлицев и вал – шестерен с прямыми и винтовыми зубьями методом обката [2].

Станок включает в себя инструмент *10*, вращение которого осуществляется от электродвигателя *Д* через звено настройки i_v, заготовку *11*, связанную с инструментом цепью деления.

Вращение заготовки осуществляется от шагового гидродвигателя *6*, кинематически с ней связанного посредством центрального колеса дифферен-

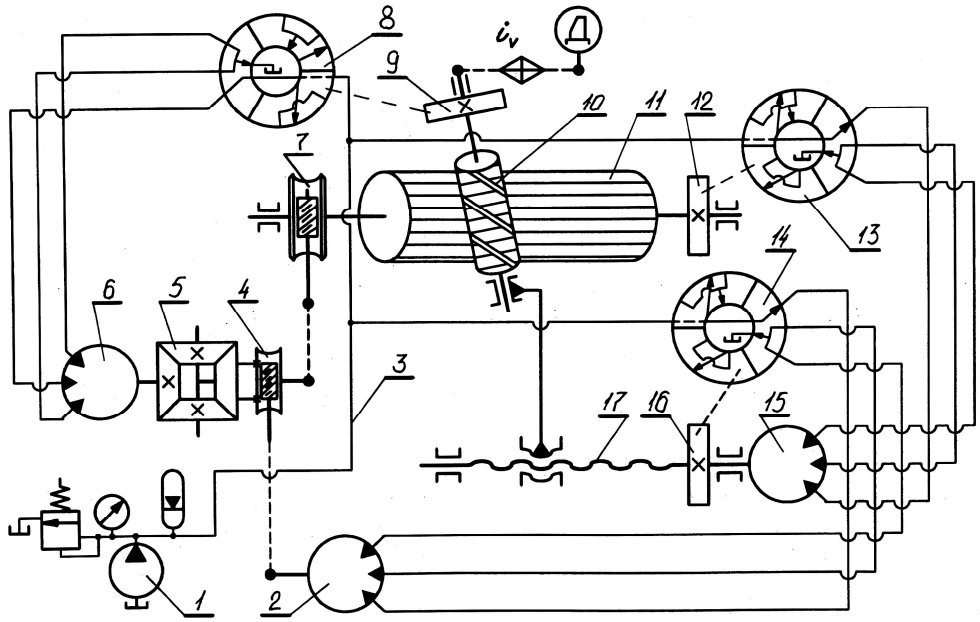


Рис. 1. Структурная схема шлицефрезерного станка с гидравлическими связями в цепях деления продольной подачи

циала *5* из конических колес и червячную передачу *7*. Управление этого шагового гидродвигателя производится генератором гидравлических импульсов *8*, золотниковая втулка с расчетным числом рабочих щелей которого получает вращение от приводного зубчатого колеса *9*, закрепленного на шпинделе инструмента. Цепь продольных подач, связывающая вращение заготовки и перемещение инструмента, осуществляется от шагового гидродвигателя *15*, кинематически связанного с инструментальной головкой посредством ходового винта *17* продольной подачи, гайка которого жестко связана с инструментальной головкой. Управляется этот шаговый гидродвигатель генератором гидравлических импульсов *13*, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса *12*, жестко закрепленного на шпинделе заготовки.

Дифференциальное движение, обеспечивающее дополнительный поворот заготовки для получения винтового зуба, производится от шагового гидродвигателя *2*, кинематически связанного с суммирующим механизмом *5* в виде дифференциала с коническими колесами посредством червячной передачи *4*. Управление этого шагового гидродвигателя осуществляется генератором гидравлических импульсов *14*, золотниковая втулка с рабочими щелями которого вращается от зубчатого колеса *16*, закрепленного на ходовом винте *17* продольной подачи узла инструмента. Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подводится от насосной установки *1* по трубопроводу *3*.

На рисунке 2 представлена структурная схема зубофрезерного станка с гидравлической цепью обката двумя резцовыми головками [3].

Гидравлическая цепь обката включает в себя инструмент *10*, расположенный на люльке *9*, и совершающий вращательное движение от электродвигателя *Д* через звено настройки i_v, заготовку *11*.

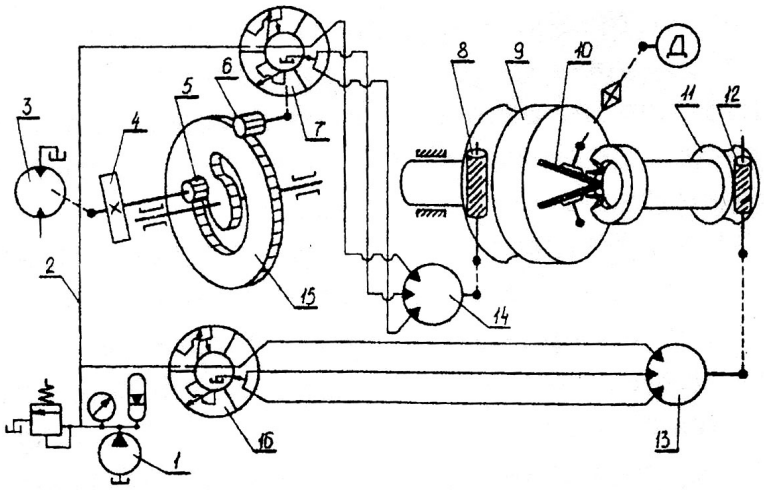


Рис. 2. Структурная схема зуборезного станка с гидравлической цепью обката для нарезания прямозубых конических колес

Люлька получает вращение от гидравлического шагового двигателя *14*, кинематически связанного с ней посредством червячной передачи *8* и управляемого генератором гидравлических импульсов 7, золотниковая которого получает вращение от приводного зубчатого колеса *б*, находящейся в зацеплении с внешним периметром зубчатого колеса *15*.

Вращение заготовки осуществляется шаговым гидродвигателем *13* посредством червячной передачи *12*, и управляемым генератором гидравлических импульсов *16*, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от зубчатого колеса *4*, закрепленного на одном валу с шестерней *5*, находящейся в зацеплении с внутренним периметром составного колеса *15* и получающей вращение от гидромотора *3*.

Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подводится от насосной установки *1* по трубопроводу *2*.

На рисунке 3 представлена структурная схема зубострогального станка с гидравлическими связями для нарезания цилиндрических зубчатых колес зуборезной гребенкой [4].

Станок включает в себя инструмент *7*, который совершает возвратно-поступательное движение от электродвигателя *Д* через звено настройки i_v, заготовку *2*, которая получает вращение от шагового гидродвигателя *3*, посредством червячной передачи *4* связанного с круглым столом, и управляемого генератором гидравлических импульсов *5*, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от гидромотора *6*. Поступательное перемещение прямоугольного стола *10* вместе с заготовкой осуществляется шаговым гидродвигателем 7, выходной вал которого через суммирующий механизм *8* в виде дифференциала с коническими колесами кинематически связан посредством ходового винта *9* с прямоугольным столом *10*, и управляемого генератором гидравлических импульсов *11*, золотниковая втулка с расчетным числом рабочих щелей которого получает вращение через несиловую гитару сменных зубчатых колес *12* от вращающейся золотниковой втулки генератора гидравлических импульсов *5* цепи привода заготовки. Для получения круглым столом с заготовкой сложного движения формообразования, вызванное тем, что стол является общим исполнительным звеном, одновременно принадлежащим группам деления и обката, соединение групп осуществляется через суммирующий механизм.

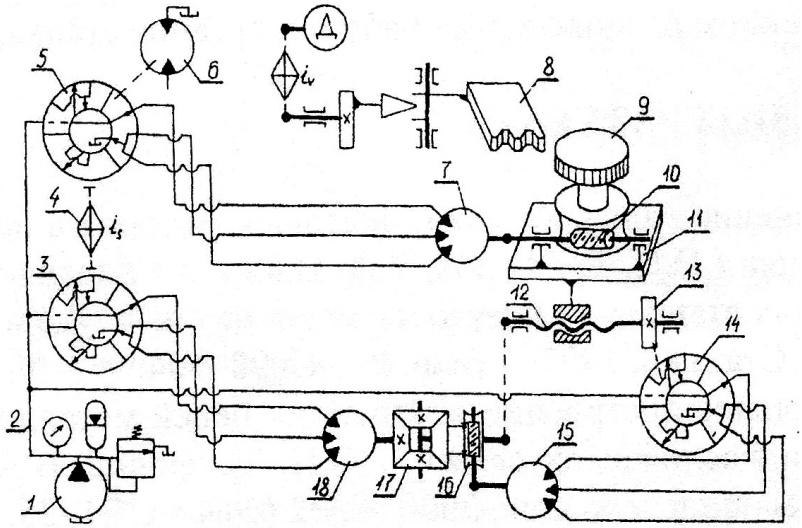


Рис. 3. Структурная схема зубострогального станка с гидравлическими связями для нарезания цилиндрических зубчатых колес зуборезной гребенкой

Добавочное движение сообщается от шагового гидродвигателя *13* кинематически, связанного с ходовым винтом *9* продольной подачи прямоугольного стола посредством червячной передачи *14* и управляемого генератором гидравлических импульсов *5*, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса *16*, закрепленного на ходовом винте продольного перемещения прямоугольного стола.

Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов, соединенных системой трубопроводов с соответствующим шаговым гидродвигателем, подводится от насосной установки *18* по трубопроводу *17*.

Библиографический список

1. Ванин В.А. Гидравлические связи на основе шагового гидропривода во внутренних (формообразующих) цепях металлорежущих станков со сложными движениями формообразования / В.А. Ванин, А.Н. Колодин // Справочник. Инженерный журнал с приложениями, № 10. 2014, с. 28-36.

2. Vanin V.A. Modular design based on hydraulic step drives for internal kinematic chains in metal-cutting machines / V.A. Vanin, A.N. Kolodin // Russian Engineering Research 30 (12). 2010, pp 1248-1251

3. Патент 2168400 РФ 7B23F5/27. Зуборезный станок для нарезания прямозубых конических колес / В.А. Ванин. - 2001. - Бюл. №16.

4. Патент 2131337 РФ 6B23F5/14. Зубострогальный станок для нарезания зубчатых колес зуборезной гребенкой. / В.А. Ванин. - 1999. - Опубл. Б.И.-№16.

References

1. Vanin V.A. Gidravlicheskie svyazi na osnove shagovogo gidroprivoda vo vnutrennih (formoobrazuyuschih) tsepyah metallorezhuschih stankov so slozhnyimi dvizheniyami formoobrazovaniya / V.A. Vanin, A.N. Kolodin // Spravochnik. Inzhenernyiy zhurnal s prilozheniyami, № 10. 2014, s. 28-36.

2. Vanin V.A. Modular design based on hydraulic step drives for internal kinematic chains in metal-cutting machines / V.A. Vanin, A.N. Kolodin // Russian Engineering Research 30 (12). 2010, pp 1248-1251

3. Patent 2168400 RF 7B23F5/27. Zuboreznyiy stanok dlya narezaniya pryamozubyih konicheskih koles / V.A. Vanin. - 2001. - Byul. №16.

4. Patent 2131337 RF 6B23F5/14. Zubostrogalnyiy stanok dlya narezaniya zubchatyih koles zuboreznoy grebenkoy. / V.A. Vanin. - 1999. - Opubl. B.I.-№16.

СЕКЦИЯ II
ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 004.946

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ

В. А. Немтинов, А. А. Горелов, Ю. В. Немтинова, И. А. Горелов, К. В. Немтинов, М. О. Воробьева

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630706, e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru*)

Аннотация: Описывается технология создания виртуальной модели объектов культурно-исторического наследия, элементами которой являются: разработка информационной модели объекта комплекса исторического и культурного наследия; методика обработки данных об объектах; этапы создания фотореалистичной пространственной модели территории.

Abstract: This article considers the technology for creating a virtual models of cultural heritage objects, which includes the following components: the development of the object's information model of the historical and cultural heritage complex; the methods of object's data processing; the stages of creating a photo-realistic spatial model of a territory.

Ключевые слова: объект культурно-исторического наследия; виртуальная модель; методика обработки данных.

Keywords: objects of cultural and historical heritage; virtual model; data processing technique.

Введение. Главными достопримечательностями любого города или поселка, расположенного в России, являются его культурно-исторические центры. Они, в свою очередь, формируются из жилых зданий, помещений административных и торгово-развлекательных центров, объектов религиозного значения, учреждений образования, площадей и парков. Часто в структуру такого культурно-исторического центра входят мемориалы, памятники, исторические сооружения, а иногда и промышленные объекты, если с ними связаны какие-то исторические, или научно технические факты. В нашей стране подобные составляющие достопримечательных мест городских и поселковых застроек принято называть объектами культурно-исторического назначения.

Исследование подобных центров имеет разноплановые направления, начиная от простого туристического знакомства для лиц широкого круга, и до серьезных научных разработок, связанных с образовательным процессом в подготовке будущих проектировщиков и эксплуатационников городского жилищного и административного хозяйства, а также будущих архитекторов, учителей и работников сферы регионоведения в различных ее направлениях [1].

В настоящее время наиболее полное исследование объектов культурного и исторического наследия возможно только на основе многостороннего подхода с применением различных информационных потоков, затрагивающих не только зрительное содержание. Решить такую задачу можно средствами современных компьютерных технологий. В этом случае геоинформационные системы служат главной цели – построению виртуального зрительного образа объекта. Последний, в свою очередь, дополняется разнообразной атрибутивной информацией, что приводит к построению единого информационного

пространства территории и его пространственно-временной модели (если, например, речь идет о мемориальных военно-исторических комплексах, достопримечательных местах, ансамблях и т.п.).

В связи этим в данной работе рассматриваются вопросы создания технологии виртуальных моделей ОКН и системы для их ретроспективного анализа.

1. Информационная модель объекта культурно-исторического наследия

Введем понятие информационной модели объекта для комплекса исторического и культурного наследия.

Определение. Информационной моделью объекта комплекса исторического и культурного наследия (реального объекта, процесса или события) называется формализованная совокупность знаний о нем, представленная в виде графовой структуры фреймов и включающая сведения о составе, свойствах комплекса и его элементах, а также способах задания значений и/или графического образа этих свойств [2].

Схема представления данных об информационной модели объекта *O*, описывающей комплекс культурно-исторического наследия, приведена на рис. 1.

$$O = \{St_o, S_o, Sp_o, M_o, M_o^g\}, \quad (1)$$

где St_o – фрейм, описывающий структурный состав физического объекта [1]; S_o – фрейм, описывающий свойства, характерные для всего объекта; Sp_o – множество способов задания свойств объекта; M_o – множество моделей, позволяющих определить значения свойств, характерных для всего объекта; M_o^g – множество моделей графических образов свойств, для которых он актуален (отдельные свойства могут не иметь графического образа).

При этом следует отметить, что:

$$s_{oi} = \{s'_{oi}, z'_{oit}, g'_{oit}\},\ i = \overline{1, N};\ t \in [0, T];$$

где s'_{oi}, z'_{oit}, g'_{oit} – соответственно наименование слота свойства s_{oi}, его значение и графический образ, *N* – количество свойств; *T* – время жизненного цикла объекта. Элементами множества Sp_o являются термы:

Sp_o = {«задается ЛПР», «задается ЛПР из списка»,
«рассчитывается по модели», «описывается лингвистической моделью»,
«изображается графической моделью»}.

При этом следует отметить, что способы задания свойства в течение времени могут меняться. Элементами множества M_o являются модели для определения значений соответствующих свойств:

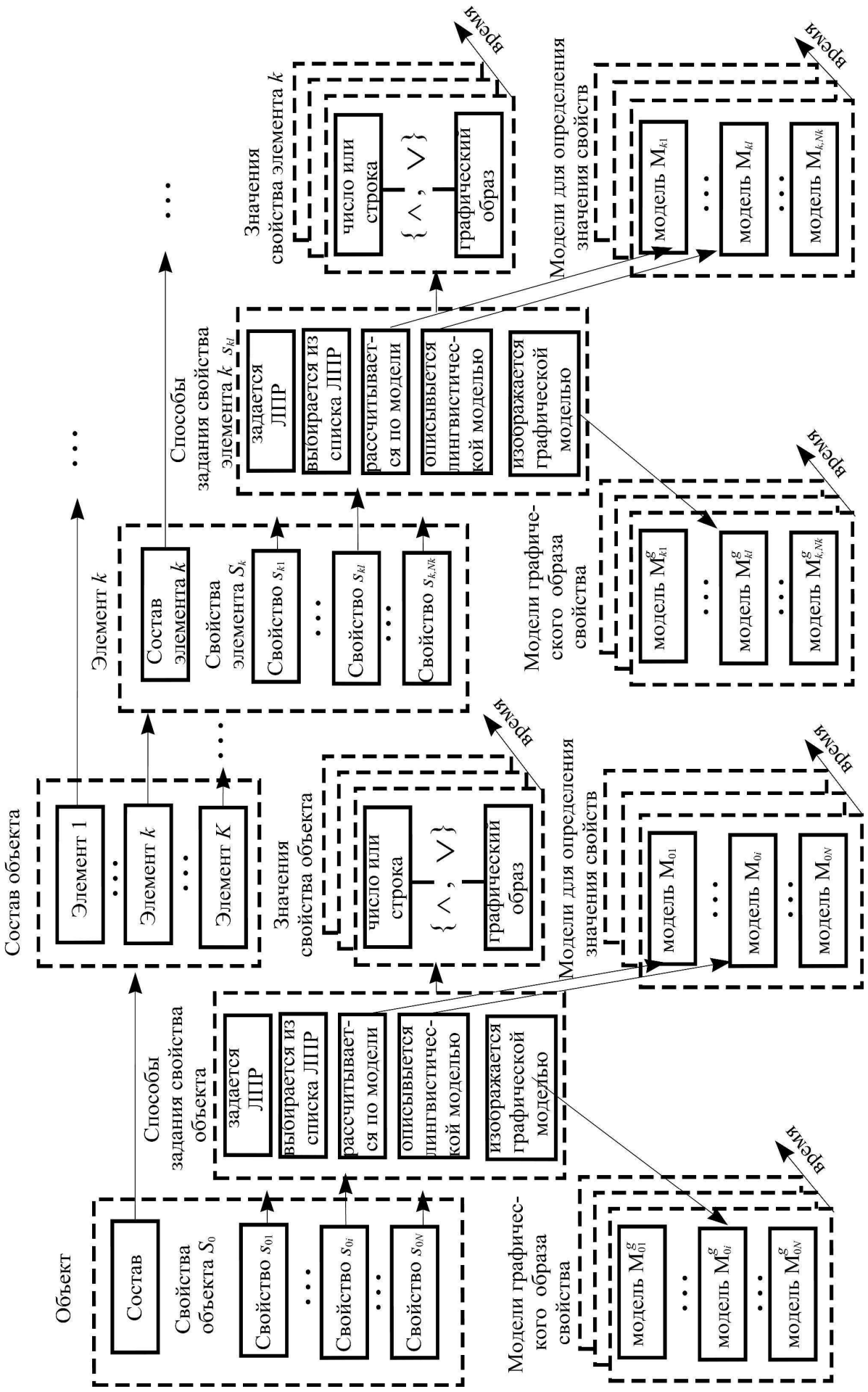


Рис. 1. Схема представления знаний об объекте культурно-исторического значения

$$M_o = \{M_{o10},\ ...,\ M_{oit}, ..., M_{oNT}\},$$

где M_{oit} – модель для определения значения *i*-го свойства объекта в *t*-й момент времени. В связи с тем, что отдельное свойство может иметь числовое или строковое значение, то для его определения может быть использована либо математическая модель, определяющая значение свойства числом, либо лингвистическая модель, например модель концептуальной зависимости, определяющая значение свойства строкой символов.

Элементами множества M_o^g являются модели графических образов соответствующих свойств:

$$M_o^g = \{M_{o10}^g,\ ...,\ M_{oit}^g, ..., M_{oNT}^g\},$$

где M_{oit}^g – модель графического образа *i*-го свойства в *t*-й момент времени.

В свою очередь, каждый *k*-й элемент сложного информационного объекта *O* может быть описать аналогичным (1) способом:

$$O_k = \{St_k,\ S_k,\ Sp_k,\ M_k,\ M_k^g\},\ k = \overline{1, K},$$

где St_k – фрейм, описывающий структурный состав *k*-го элемента информационного объекта; S_k – фрейм, описывающий свойства, характерные для *k*-го элемента объекта; Sp_k – множество способов задания свойств *k*-го элемента объекта; M_k – множество моделей, позволяющих определить значения свойств, характерных для *k*-го элемента объекта; M_k^g – множество моделей графических образов свойств *k*-го элемента объекта, для которых он актуален (отдельные свойства могут не иметь графического образа)

$$s_{ki} = \{s_{ki}^{'},\ z_{kit}^{'},\ g_{kit}^{'}\},\ i = \overline{1, N_k};\ t \in [0, T],$$

где $s_{ki}^{'}$, $z_{kit}^{'}$, $g_{kit}^{'}$ – соответственно наименование слота свойства s_{ki} *k*-го элемента объекта, его значение и графический образ, N_k – количество свойств *k*-го элемента объекта; *T* – время жизненного цикла объекта.

Элементами множества Sp_k являются такие же термы, как и для Sp_o.

Для *l*-го свойства *k*-го элемента объекта, значение которого определяется в результате использования аналитической или информационно-логической модели, предлагается модель M_{klt}:

$$M_k = \{M_{k10},\ ...,\ M_{klt}, ..., M_{kN_kT}\}.$$

Для *l*-го свойства *k*-го элемента объекта, которое имеет графический образ, предлагается модель M_{klt}^g, реализованная на интервале времени $[0, T]$:

$$M_k^g = \{M_{k10}^g,\ ...,\ M_{klt}^g, ..., M_{kN_kT}^g\}.$$

Следует отметить, что информационная модель объекта *O* и множество $O_k \left| k = \overline{1, K} \right.$ (элементов объекта *O*) имеют аналогичную структуру. В связи этим можно говорить о шаблоне для описания информационной модели объекта или его элементов.

В ряде случаев при определении значений отдельных свойств, отражающих показатели исторического и культурного развития объекта, в особенности для исторического периода до 1900 г., имеется информация из различных источников, которая может быть описана не числами, а словами естественного языка, которые в теории нечетких множеств называются термами. В этом случае для отображения лингвистической переменной необходимо определить четкие значения ее термов. Для решения этой задачи авторами использован подход, описанный в работах [3, 4].

2. Методика обработки данных объектов культурно-исторического наследия

Для проведения ретроспективного анализа изменения показателей, присущих объектам культурного наследия и по которым можно судить о динамике развития различных сфер жизнедеятельности города, рассмотрим следующий подход. Он позволит получить усредненную информацию о количественном значении отдельного показателя, отнесенного к определенному временному периоду развития города.

Пусть $P = \left(p_m \left| m = \overline{1, M} \right. \right)$ – множество типов изданий, являющихся источниками информации: публицистические; художественные; культурно-просветительные; учебные, образовательные; научные; научно-производственные; издания органов исполнительной власти и т.п. Из каждого *m*-го типа издания может быть извлечена информация о значении показателя, которая очень часто носит нечеткий характер. Например, в 1861 г. численность населения г. Тамбова составляла по различным источникам: около 32 000 [5], около 34 000 [5], от 32 000 до 33 000 [5] человек.

В подобных случаях наиболее оправданно использование математического аппарата экспертных систем в качестве систем поддержки принятия решений.

Подобные системы способны аккумулировать знания, полученные человеком в различных областях деятельности. С их помощью удается решить многие задачи, в том числе и задачи анализа.

Представим имеющуюся нечеткую информацию посредством функций принадлежности. В настоящее время сформировалось понятие о так называемых стандартных функциях принадлежности: Л-функции, П-функции, Z-функции, S-функции. Для отображения информации подобной той, которая приведена выше целесообразно использовать Л- и П-функции, вид которых представлен на рис. 2.

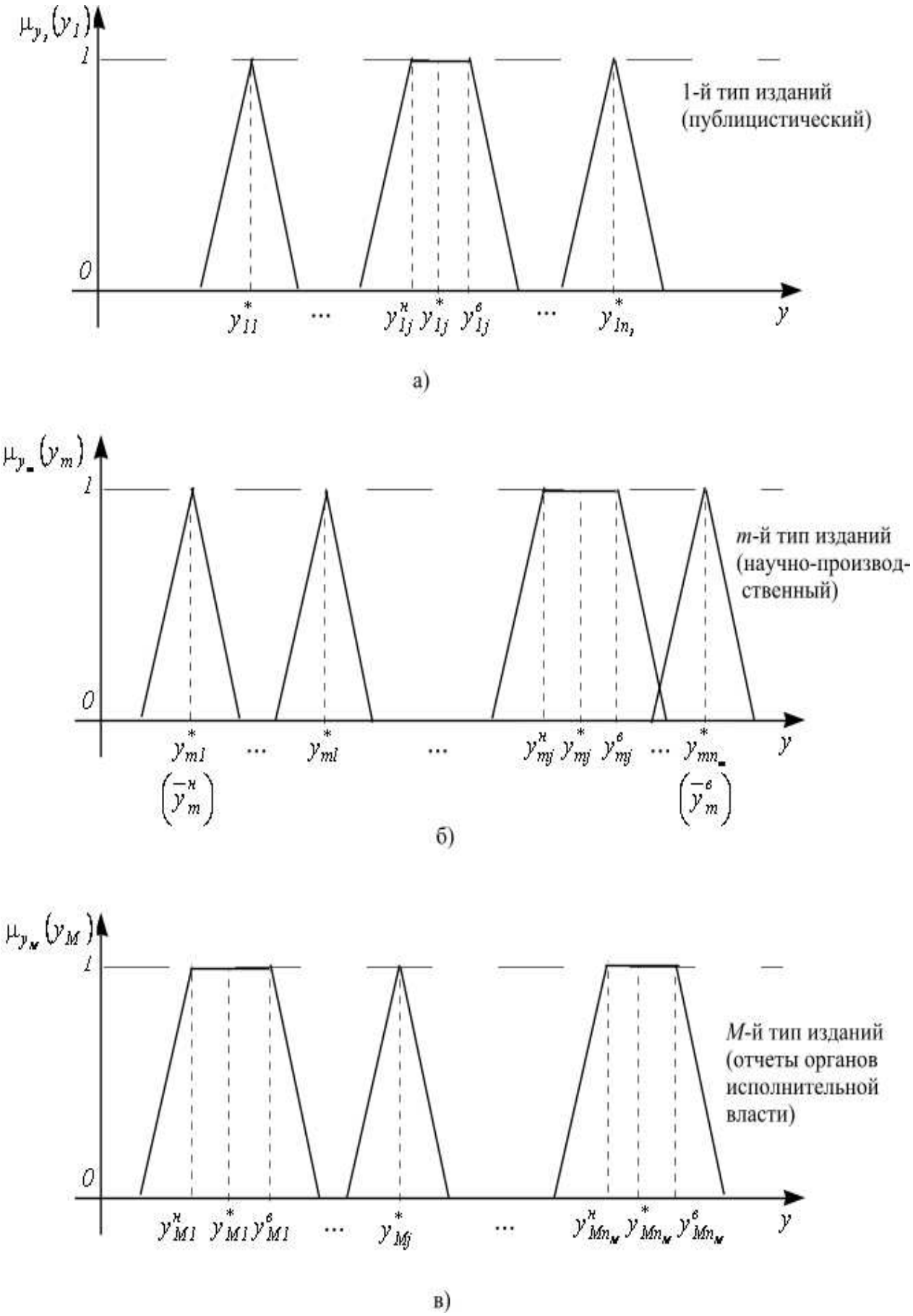


Рис. 2. Дефазификация нечеткой информации при выполнении ретроспективного анализа

При переходе от нечетких значений величин к вполне определенным необходимы специальные математические методы. Для устранения нечеткости окончательного результата существует несколько методов дефазификации. Наиболее часто используемым является метод центра максимума. Рассмотрим его применительно к нашей задаче.

Для тех значений показателя *y*, которые описаны Л-функцией в качестве центра максимума будем использовать величину y^*_{mj}, а при использовании П-функции – $y^*_{mj} = \left(y^{в}_{mj} + y^{н}_{mj}\right)/2$. Взвешенное значение y_m для *m*-го типа изданий определим по формуле

$$y_m = \frac{\sum_{j=1}^{n_m} \rho_{mj} y^*_{mj}}{\sum_{j=1}^{n_m} \rho_{mj}}, \qquad (2)$$

где ρ_{mj} – коэффициент достоверности информации *j*-го источника для *m*-го типа.

Примем:

$$\rho_{mj} = 1 \text{ при использовании Л-функции,} \qquad (3)$$

$$\rho_{mj} = \frac{y^{в}_{mj} - y^{н}_{mj}}{\bar{y}^{в}_{m} - \bar{y}^{н}_{m}} \text{ – для П-функции,} \qquad (4)$$

где $\bar{y}^{н}_{m}, \bar{y}^{в}_{m}$ – соответственно нижняя и верхняя границы диапазона возможного изменения показателя *y* (см. рис. 2, *б*).

В конечном итоге взвешенное значение *y* по данным всех типов изданий получим по формуле

$$y = \frac{\sum_{m=1}^{M} \bar{\rho}_m y_m}{\sum_{m=1}^{M} \bar{\rho}_m}, \qquad (5)$$

где $\bar{\rho}_m$ – коэффициент достоверности информации для *m*-го типа изданий.

Целесообразность введения этого коэффициента объясняется тем, что в разные периоды исторического развития России различные источники информации в силу разных причин искажали точную информацию. Исходя из современных представлений о достоверности информации того или иного периода развития России, значение $\bar{\rho}_m$ задается группой экспертов. Наиболее эффективными подходами к определению $\bar{\rho}_m$ являются методы ранжирования и приписывания баллов [6].

Метод приписывания баллов основан на том, что эксперты оценивают достоверность *m*-го типа издания по шкале 0 – 10. При этом им разрешается

оценивать важность дробными величинами или разным типам изданий приписывать одну и ту же величину из выбранной шкалы. Зная балл h_m^r m-го типа у r-го эксперта, весовые коэффициенты ρ_m, $m=\overline{1,M}$ можно найти из соотношения:

$$\overline{\rho}_m = \frac{\sum_{r=1}^{R} \chi_m^r}{\sum_{m}\sum_{r=1}^{l} \chi_i^r}, \; m=\overline{1,M}, \qquad (6)$$

где $\chi_m^r = \frac{h_i^r}{\sum_m h_m^r}$, $m=\overline{1,M}$ – вес, подсчитанный для m-типа издания на основе оценок r-го эксперта; R – количество экспертов.

При оценке отдельных показателей культурного развития города, в особенности для исторического периода до 1900 г. имеется информация из различных источников, которая может быть описана не числами, а словами естественного языка, которые в теории нечетких множеств называются термами [6]. В таком случае значением лингвистической переменной, например, «количество учеников» являются термы «немного», «много» и т. д. Для отображения лингвистической переменной необходимо определить четкие значения ее термов. В этом случае группа экспертов сама определяет конкретный вид функций принадлежности, учитывая при этом какие-то другие показатели, по которым могут быть заданы значения $y_{mj}^{н}$ и $y_{mj}^{в}$ для j-го источника m-го типа издания. Дефазификация нечеткого значения показателя осуществляется тем же методом (2) – (5).

Таким образом, получив множество взвешенных значений показателя y, отнесенных к разным периодам культурного развития города, используя метод наименьших квадратов можно аппроксимировать табличные данные с помощью одной из известных зависимостей (полиномиальной, степенной и т.п.) и оценить динамику его изменения.

3. Формирование информационной модели отдельных культурно-исторических объектов

Реализацию информационной модели рассмотрим на примере комплекса зданий (участка городской застройки), расположенного в городе Тамбове на углу улиц Советской и Коммунальной;

В разные годы на протяжении последних 180-ти лет корпуса этого участка городской застройки предназначались для проведения в них учебно-образовательных процессов. В настоящее время все учебные корпуса рассматриваемого объекта являются структурными подразделениями Тамбовского государственного технического университета (ТГТУ). Состав этого подразделения включает в себя следующие элементы (см. рис. 1): корпус тех-

нологического института (элемент 1), корпус кафедры автоматизированных систем и приборов (элемент 2), корпус кафедры информационных технологий в проектировании (элемент 3), кафе «Меридиан» (элемент 4), подсобные помещения (элемент 5). В свою очередь каждый из выше перечисленных элементов подразделения ТГТУ распадается на отдельные подэлементы, которые в верхней части схемы (см. рис. 1) обозначены как «элемент *k*». Например, в корпусе технологического института размещается деканат заочного факультета, деканат факультета технической кибернетики и т.д. Это и будет являться фреймом, описывающим структурный состав объекта:

$$St_{o,\text{"настоящее время"}} = \{\text{"корпус технологического института"},$$
$$\text{"корпус кафедры автоматизированных систем и приборов"},$$
$$\text{"корпус кафедры информационных технологий в проектировании"},$$
$$\text{"кафе Меридиан"}, \text{"подсобные помещения"}\}.$$

Модели графических образов элементов представлены на рис. 3 – 6.

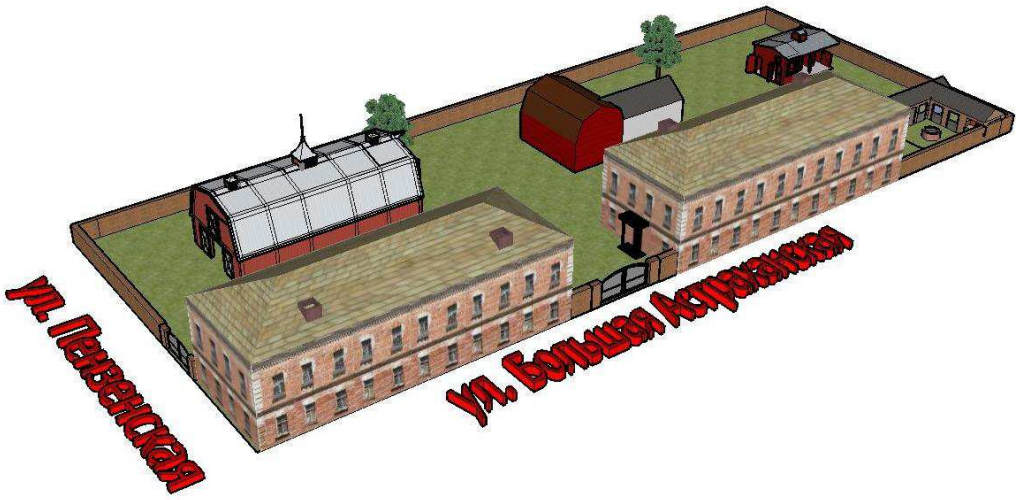


Рис. 3. 3D-вид модели комплекса зданий территории Тамбовской мужской гимназии (1825 – 1865 гг.)

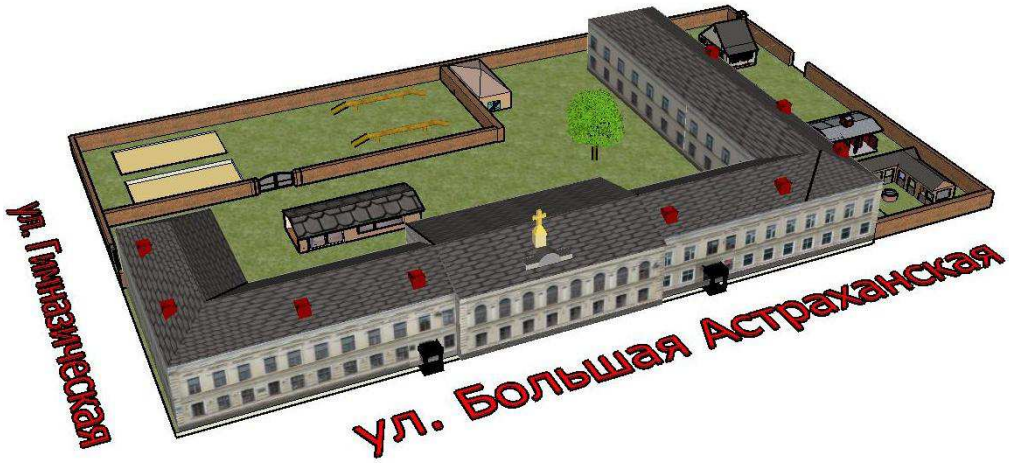


Рис. 4. 3D-вид модели комплекса зданий территории Тамбовской мужской гимназии (70 – 80-е гг. XIX в.)

Рис. 5. 3D-вид модели комплекса зданий территории Тамбовской мужской гимназии (начало XX в.)

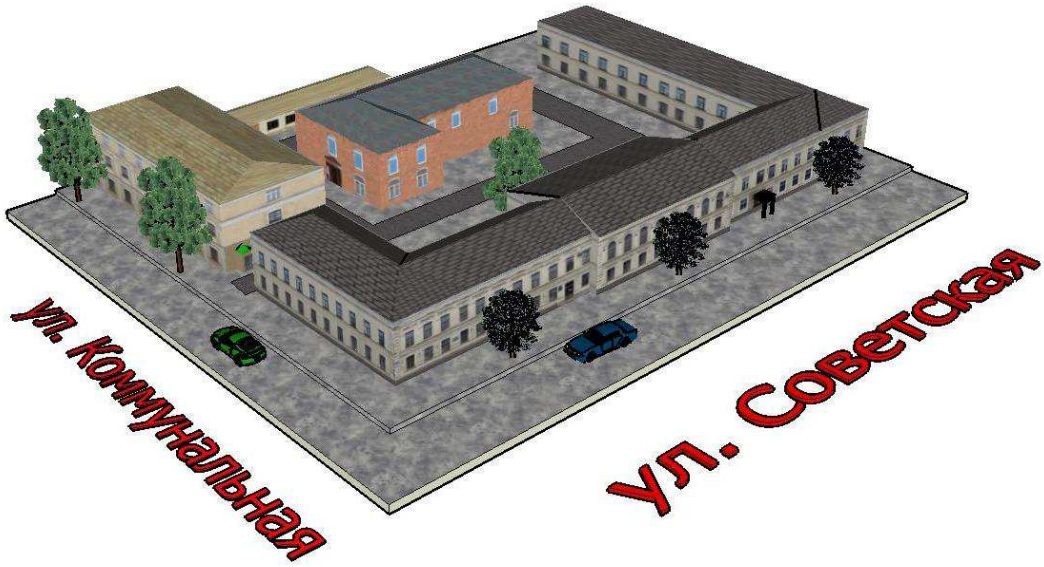


Рис. 6. 3D-вид модели комплекса зданий территории Тамбовского государственного технического университета (начало XXI в.)

В качестве основного свойства рассматриваемого объекта культурно-исторического значения, как отмечалось выше, принимается его основное функциональное назначение – учебно-образовательный процесс. Это свойство действительно соответствует всем элементам объекта и тем самым объединяет их. Значение этого свойства на протяжении рассматриваемого периода времени менялось. В частности, в период с 1825 по 1918 гг. в зданиях рассматриваемого объекта проводилась гимназическая форма образования, с 1921 по 1958 гг. учебный процесс соответствовал средне-специальной форме образования, в третий временной период (с 1958 г. по наши дни) учебно-образовательный процесс ведется в форме высшего технического образования [7 – 9].

Каждое из вышеперечисленных свойств обладает своими специфическими способами задания, по-другому говоря, отличается, и это отличие, прежде всего, просматривается в учебных программах. Однако и последние не являются постоянно стабильными и имеют значительные расхождения, которые в те или иные годы диктовались политическими и экономическими особенностями. Принимая это во внимание, можно на этом построить модель для определения значения свойств. В качестве примера рассмотрим значения свойства «направления деятельности» для разных периодов времени, представленные лингвистической моделью:

$M_{o,\text{"направления деятельности", "1880–е годы"}} = \{$"организация и проведение уч ебного процесса", "жилищная функция", "проведение церковныхх служб", "библиотечная деятельность", "социальная служба питания","медицинское обслуживание", "дополнительные спортивные занятия", "культурно – просветительная деятельность"$\}$;

$M_{o,\text{"направления деятельности", "начало XX века"}} = \{$"организация и проведение учебного процесса", "жилищная функция", "проведение церковных служб", "библиотечная деятельность", "социальная служба питания","медицинское обслуживание", "дополнительные спортивные занятия", "культурно – просветительная деятельность", "деятельность воскресной школы для жителей города", патронажная деятельность учителей по вопросам работы других учебных заведений губернии", "организация религиозных служб для гимназистов и учителей не православного вероисповедания"$\}$.

Значения свойств «общая численность учащихся» и «численность учащихся не православного вероисповедания» в различные периоды времени (от 1825 до 1913 гг.) задаются регрессионными моделями, информация о которых приведена на рис. 7.

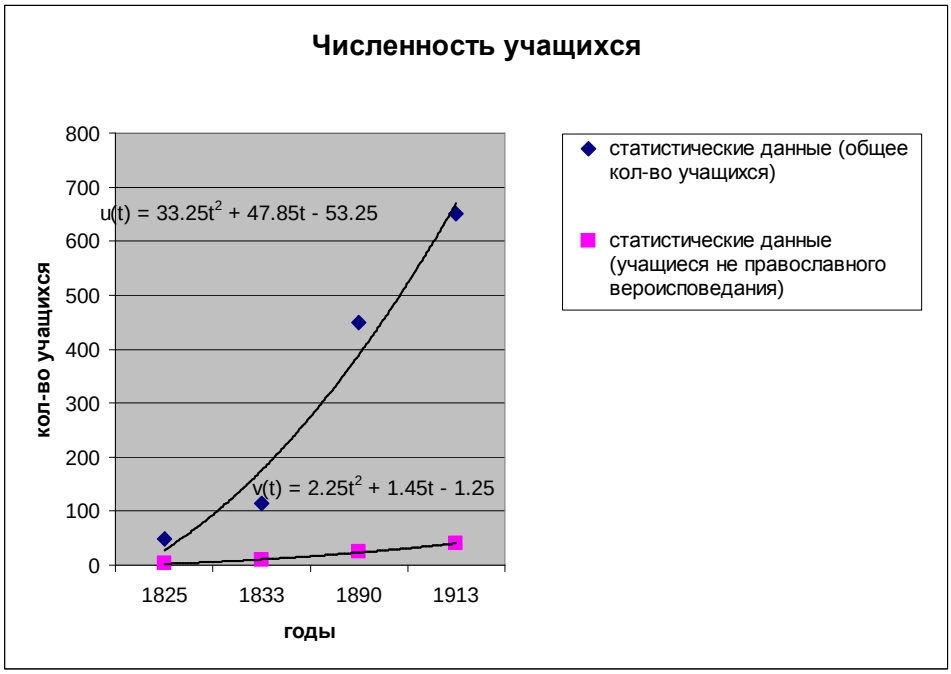


Рис. 7. Функциональная зависимость изменения численности учащихся Тамбовской губернской мужской гимназии

4. Технология создания пространственной модели территории

В качестве базовой информационной системы, используемой для решения задач анализа состояния объектов культурного наследия малых и средних городов России следует использовать географическую информационную систему (ГИС). Эта система обеспечивает хранение и отображение в графической форме объектов, имеющих определенное положение на местности. Для каждого объекта в базе данных хранятся его координаты, размеры, правила отображения, наименование и код для связи с другими базами данных, содержащими дополнительную информацию об объекте. Инструментальная ГИС включает средства создания и редактирования новых тематических слоев, отдельных объектов, выборочной визуализации слоев, измерений и расчетов на модели, средства программирования новых аналитических задач. В ней решены также проблемы ввода и цифрового кодирования изображений непосредственно от первичного источника визуальных данных, проблемы векторизации растровых изображений, совмещения слоев пространственной модели в единой координатной системе и т.д. [10, 11].

При создании цифровой пространственной модели (ПМ) территории целесообразно использовать декартову систему координат. Для описания различных объектов можно использовать растровые и векторные модели данных [2]. Причем, растровую модель следует использовать в качестве первичных данных всего информационного массива сведений об объекте.

В зависимости от сложности формы объекта, для его описания может быть использован тот или иной графический примитив (точечный, линейный или полигональный).

Для решения задач анализа состояния объектов культурного наследия г. Тамбова создана цифровая ПМ особенно значимой территории – района Ленинской площади, включающая в себя все основные объекты, которые когда-то были размещены в ее границах. Тамбов за свою почти 380-летнюю историю прошел этапы становления, начиная от города–крепости на южных рубежах Государства Московского до областного центра Тамбовской области.

В качестве базовых источников данных при построении пространственной модели были использованы:

– растровое изображение ситуационного плана города;

– атрибутивная информация об объектах различного назначения, собранная А. А.Гореловым, Ю. К. Щукиным [5] и авторами за длительный период времени.

Общую стратегию моделирования и создания фотореалистичных изображений фасадов многих объектов в ПМ можно представить в виде схемы, представленной на рис. 8. Использование фотореалистичных текстур является важным моментом при создании городских 3D-моделей. В пользу их применения можно привести несколько значимых аргументов:

– фотореалистичное текстурирование, примененное к 3D-моделям, дает наиболее близкое к действительности отображение окружающего мира;

– текстура содержит информацию, отсутствующую в геометрической модели, например, детали и материалы, из которых сделана отображаемая поверхность.

Рис. 8. Стратегия создания фотореалистичной 3D-модели территории города

Используя современные программные среды можно достичь уровня видового изображения участка городской застройки максимально приближенного к реальности. В этом случае создается реалистичная виртуальная модель территории городской застройки.

Авторами, опираясь на результаты приведенные в работах [10, 11], предлагается следующая технология создания такой модели:

– этап № 1 – на основе чертежа, плана территории (рис. 9) создается объемный каркас модели, учитывая высоту зданий;

– этап № 2 – основные профили конструкций заполняются плоскостями, образуя отдельные блоки;

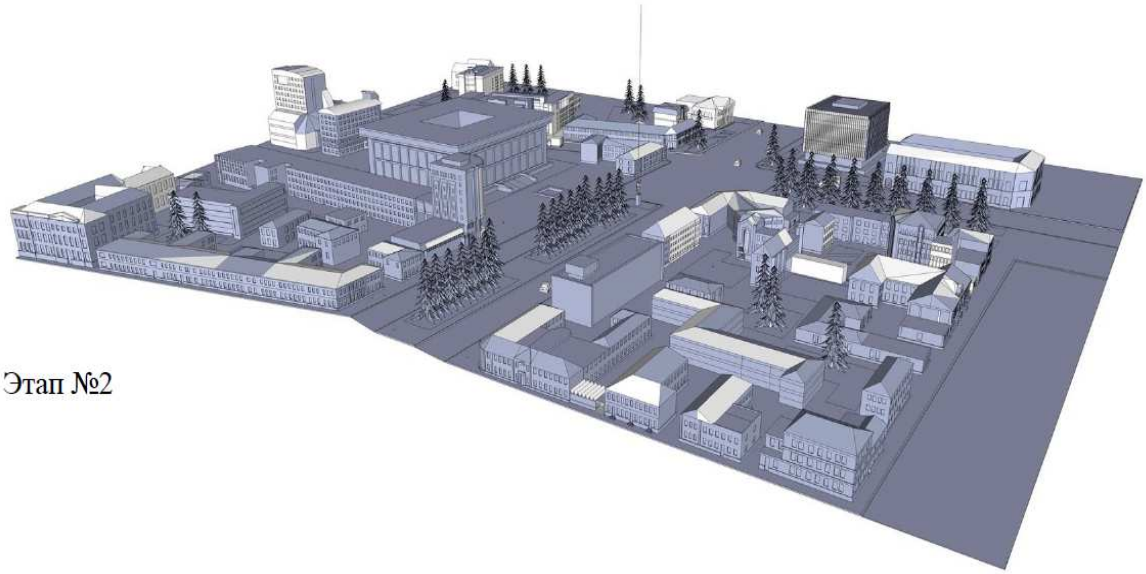
– этап № 3 – объекты «обтягиваются» текстурами в зависимости от их предназначения.

Применяя данную технологию можно построить пространственно-временную модель территории (рис. 10). Использование такой модели территории городской застройки при размещении новых объектов различного назначения позволит решать все необходимые метрические и позиционные задачи, связанные с вопросом организации городского пространства.

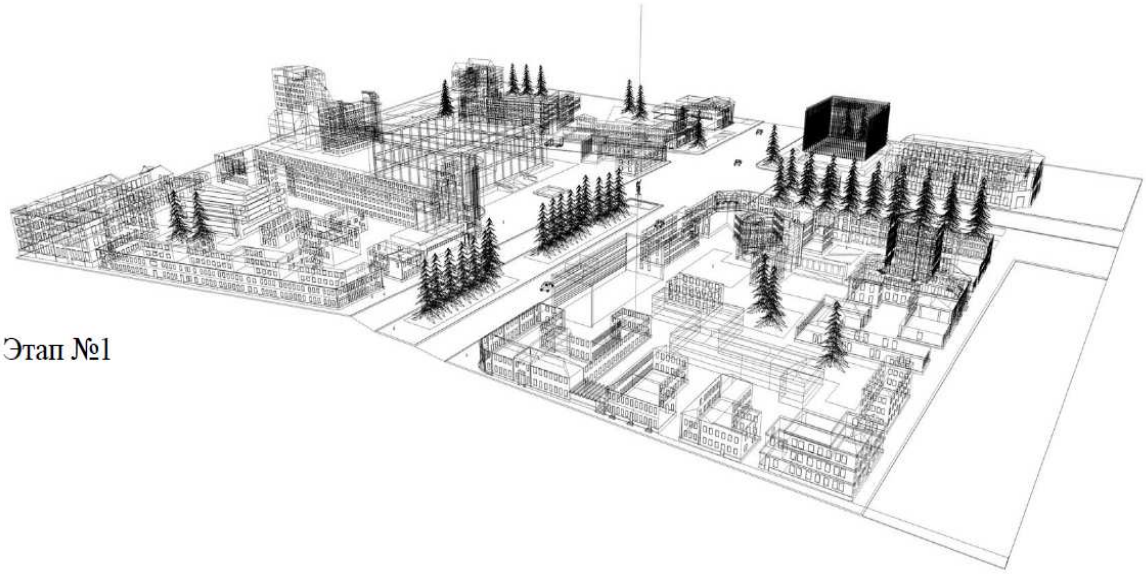
Заключение

Предложена технология создания виртуальной модели объектов культурно-исторического наследия, элементами которой являются: разработка информационной модели объекта комплекса исторического и культурного наследия; методика обработки данных об объектах; этапы создания фотореалистичной пространственной модели территории. На ее основе можно выполнить ретроспективный анализ изменений различных показателей объектов культурного наследия отдельных территорий городской застройки г. Тамбова за определенные временные отрезки.

Этап №3



Этап №2



Этап №1

Рис. 9. Визуализация реализации этапов технологии создания виртуальной модели территории городской застройки

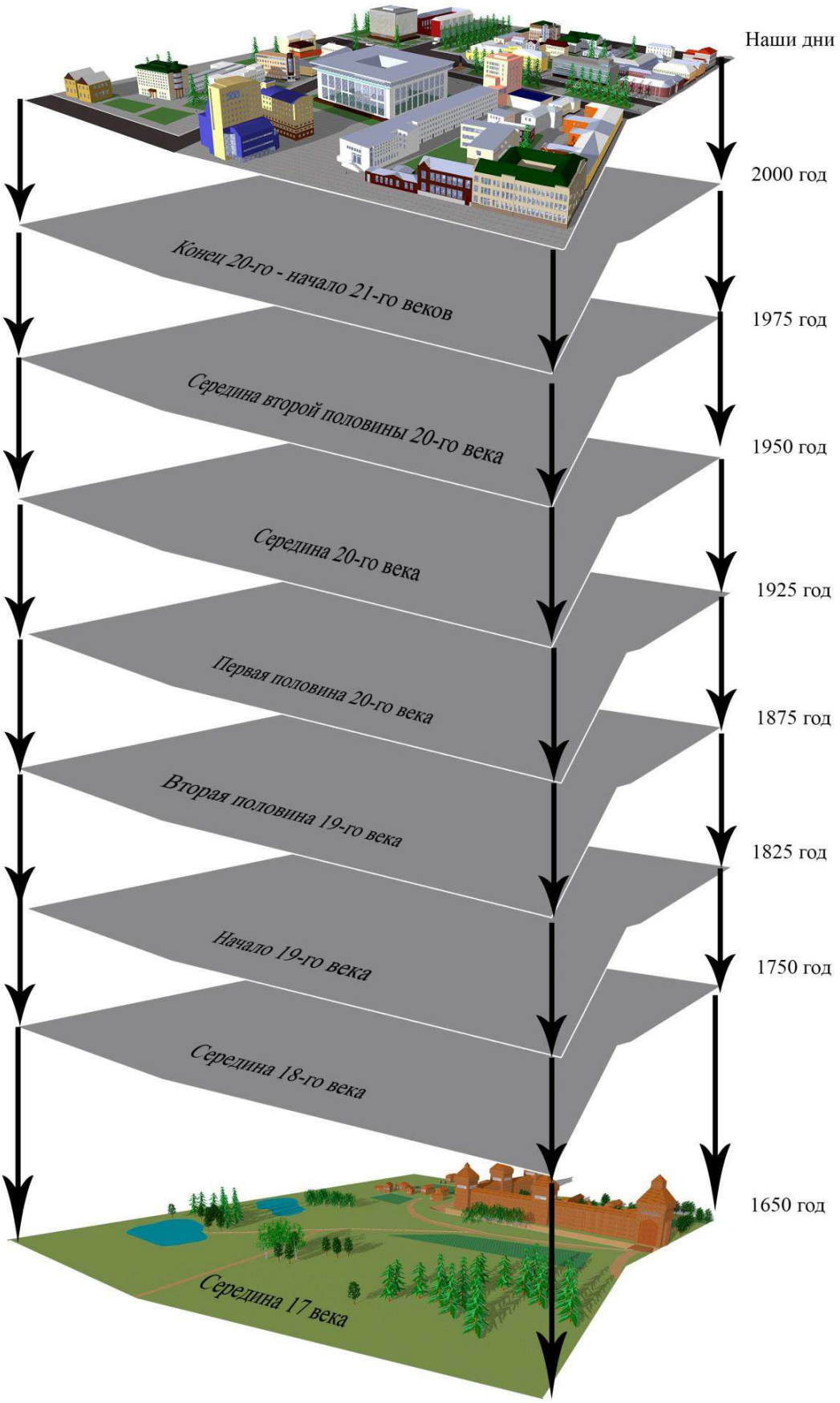


Рис. 10. Визуализация виртуальной пространственно-временной модели территории городской застройки

Библиографический список

1. Горелов, А.А. Тамбов. Справочник-путеводитель (западная часть). / А.А. Горелов, Ю.К. Щукин. – Тамбов, 2011. 267 с.

2. Немтинов, В.А. Информационные технологии при создании пространственно-временных моделей объектов культурно-исторического наследия: монография / В.А. Немтинов А.А. Горелов, П.А. Острожков, Ю.В. Немтинова и др.; М-во обр. и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ТГТУ». Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2013. 216 с.

3. Немтинов, В.А. Технология создания пространственных моделей территориально распределенных объектов с использованием геоинформационных систем /Немтинов В.А., Манаенков А.М., Морозов В.В., Немтинов К.В. // Информационные технологии. 2008. № 8. С. 23-25.

4. Немтинов, В.А. Информационный анализ объектов культурного наследия с использованием ГИС-технологий / В.А. Немтинов, А.А.Горелов, К.В. Немтинов и др./ Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2005. Т. 11. № 4. С. 1001 – 1012.

5. Горелов, А.А. Шли годы… Хронология дат и событий, связанных с городом Тамбовом за период с 1636 по 1918 год. / А.А. Горелов, Ю.К. Щукин. - Тамбов, 2002. 135 с.

6. Немтинов, В.А. Моделирование объектов культурно-исторического наследия - основа клиометрических исследований / Немтинов В.А., Горелов А.А. // Клио. 2010. № 4. С. 3-7.

7. Немтинов, В.А. Методологические основы ретроспективного анализа объектов исторического и культурного наследия с использованием информационных технологий. / Немтинов В.А., Горелов А.А. // Клио. 2008. № 1. С. 3-8.

8. Немтинов, В.А. Виртуальное моделирование объектов культурно-исторического наследия с использованием ГИС-технологий /В.А. Немтинов, В.В. Морозов, А.М. Манаенков / Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2011. Т. 17. № 3. С. 709-714.

9. Немтинов, В.А. Ретроспективный анализ городского участка исторической застройки с целью построения его пространственно-временной модели на примере соборной площади г. Тамбова / В.А. Немтинов, А.А. Горелов, Ю.В. Немтинова, П.А. Острожков / Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2011. № 4. С. 41 – 46.

10. Немтинов, В.А. Пространственно-временная модель объекта культурно-исторического наследия / В.А. Немтинов, А.А. Горелов, П.А. Острожков и др. // Информационные технологии. 2010. № 7. С. 36 –39, обложка.

11. Горелов, И.А. Компьютерные технологии при решении вопросов развития территорий городских муниципальных образований / И.А. Горелов, В.А. Немтинов // Информационное общество. 2014. № 1. С. 49-54.

References

1. Gorelov, A.A. Tambov. Spravochnik-putevoditel (zapadnaya chast). / A.A. Gorelov, Yu.K. Schukin. – Tambov, 2011. 267 s.

2. Nemtinov, V.A. Informatsionnyie tehnologii pri sozdanii prostranstvenno-vremennyih modeley ob'ektov kulturno-istoricheskogo naslediya: monografiya / V.A. Nemtinov A.A. Gorelov, P.A. Ostrozhkov, Yu.V. Nemtinova i dr.; M-vo obr. i nauki RF, FGBOU VPO «TGTU». Tambov: Izdatelskiy dom TGU im. G.R. Derzhavina, 2013. 216 s.

3. Nemtinov, V.A. Tehnologiya sozdaniya prostranstvennyih modeley territorialno raspredelennyih ob'ektov s ispolzovaniem geoinformatsionnyih sistem /Nemtinov V.A., Manaenkov A.M., Morozov V.V., Nemtinov K.V. // Informatsionnyie tehnologii. 2008. № 8. S. 23-25.

4. Nemtinov, V.A. Informatsionnyiy analiz ob'ektov kulturnogo naslediya s ispolzovaniem GIS-tehnologiy / V.A. Nemtinov, A.A.Gorelov, K.V. Nemtinov i dr./ Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2005. T. 11. № 4. S. 1001 – 1012.

5. Gorelov, A.A. Shli godyi… Hronologiya dat i sobyitiy, svyazannyih s gorodom Tambovom za period s 1636 po 1918 god. / A.A. Gorelov, Yu.K. Schukin. - Tambov, 2002. 135 s.

6. Nemtinov, V.A. Modelirovanie ob'ektov kulturno-istoricheskogo naslediya - osnova kliometricheskih issledovaniy / Nemtinov V.A., Gorelov A.A. // Klio. 2010. № 4. S. 3-7.

7. Nemtinov, V.A. Metodologicheskie osnovyi retrospektivnogo analiza ob'ektov istoricheskogo i kulturnogo naslediya s ispolzovaniem informatsionnyih tehnologiy. / Nemtinov V.A., Gorelov A.A. // Klio. 2008. № 1. S. 3-8.

8. Nemtinov, V.A. Virtualnoe modelirovanie ob'ektov kulturno-istoricheskogo naslediya s ispolzovaniem GIS-tehnologiy /V.A. Nemtinov, V.V. Morozov, A.M. Manaenkov / Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2011. T. 17. № 3. S. 709-714.

9. Nemtinov, V.A. Retrospektivnyiy analiz gorodskogo uchastka istoricheskoy zastroyki s tselyu postroeniya ego prostranstvenno-vremennoy modeli na primere sobornoy ploschadi g. Tambova / V.A. Nemtinov, A.A. Gorelov, Yu.V. Nemtinova, P.A. Ostrozhkov / Voprosyi sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. 2011. № 4. S. 41 – 46.

10. Nemtinov, V.A. Prostranstvenno-vremennaya model ob'ekta kulturno-istoricheskogo naslediya / V.A. Nemtinov, A.A. Gorelov, P.A. Ostrozhkov i dr. // Informatsionnyie tehnologii. 2010. № 7. S. 36 –39, oblozhka.

11. Gorelov, I.A. Kompyuternyie tehnologii pri reshenii voprosov razvitiya territoriy gorodskih munitsipalnyih obrazovaniy / I.A. Gorelov, V.A. Nemtinov // Informatsionnoe obschestvo. 2014. № 1. S. 49-54.

УДК 004.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА AXURERPPRO ПРИ РАЗРАБОТКЕ САЙТА

Д. А. Бобров, Е. А. Деменкова

Северный (*Арктический*) *федеральный университет, Россия, Архангельск* (*тел.* (*8182*)*216100, доб. 1918, e-mail:dmitry.b@live.com, e.demenkova@narfu.ru*)

Аннотация: рассматриваются вопросы использования прототипов при разработке сайтов на примере сайта детского центра «Радуга».

Abstract: This article addresses the issues of usig the prototypes for the development of web-sites on the example of children's center «Raduga» web-site.

Ключевыеслова: сайт, прототип, элементы управления.

Keywords: web-site, prototype, controls.

Современный мир – мир информации, и в этом мире имеет существенное значение скорость ее получения. Несомненно, доступ к информации посредством сети интернет самый функциональный способ, использование сайтов дает возможность не только получать, но и передавать информацию одновременно.

Сайты бывают разной ориентированности: коммерческие и некоммерческие; сайты госуслуг, предоставляющие информацию о нормативной базе, доступ к документам в электронном виде; школьные сайты, представляющие как общую информацию, так и рассказывающие об успехах детей и учителей; рекламные сайты, продвигающие определенные товары и др. Особенностью

сайтов является то, что кроме предоставления информации с их помощью можно обеспечить связь с сотрудниками, с клиентами, с друзьями и одноклассниками. При правильном использовании сайта человек освобождается от нецелевой траты времени.

Одним из современных методов разработки сайтов является использование прототипов. На сегодняшний день разработаны средства, поддерживающие функции прототипирования. К сожалению, во многих компаниях при реализации проектов они не используются, руководство компаний не осознает, что это хорошие инвестиции в качественное проектирование. Включение нового этапа в процесс проектирования приведет к уменьшению общих временных затрат и улучшению качества выпускаемой продукции, повышению ее конкурентоспособности.

Применение прототипов обладает некоторыми преимуществами. Первое – это уменьшение времени на созданиеитогового продукта за счет того, что облегчается разработка макета сайта, так как прототип позволяет реализовать «мысль без труда», не требует заострять внимание на технологии и настройках программного продукта. Второе – интерактивность, т.е. способность прототипа реагировать на действия пользователя. Следующее преимущество - возможность эмулировать поведение интерфейса прямо в процессе разработки при использовании качественного прототипа, что является неотъемлемой частью процесса тестирования. Детализация – способность отразить даже мелкие детали, возможность интерактивного внесения изменений в макет.

Процесс проектирования с применением технологии прототипирования можно условно разбить на четыре основные этапа: целеполагание, исследование контекста, создание концепции, моделирование.

Целеполагание необходимо для постановки основных целей и определения конченых результатов. Это является ориентиром для всей последующей работы, все дальнейшие этапы должны придерживаться основных целей.

Далее исследование контекста. Оно необходимо для получения информации, которая будет называться контекстом сайта. Под контекстом сайта понимаются различные обстоятельства, которые способны оказать влияние на сайт, такие как: целевая аудитория и ее потребности, конкуренты и их деятельность, законодательные или иные ограничения и т.д. Исследование контекста помогает определить целевую аудиторию, понять какая информация должна находиться на сайте. Данные о контексте получают у заказчика. В случае, если таких данных у него нет, то предстоит самостоятельно исследовать контекст.

После завершения предыдущих этапов, можно объединить все имеющуюся информацию в концепцию. Под концепцией понимаются основные идеи и возможности, заложенные в проект. Концепция определяет направление проектирования и помогает согласовать точки зрения на проект. Концепция сайта центра – рассказать о деятельности центра, публиковать последние новости, привлечь новых обучающихся и т.д.

Заключительный этап – моделирование. Моделирование – это создание модели сайта, которая описывает функциональные возможности и информационную структуру. В функциональной части описываются возможности, которые предоставляются пользователям сайта. В проектном задании возможности описываются не так детально, так как это просто не требуется. Информационная структура – схема, показывающая, из каких разделов состоит сайт, и какие задачи они решают.

Несомненно, прототипирование – полезный этап проектирования, оно за счет организации процесса проектирования повышает качество продукта, уменьшает затраты по времени и экономит средства.

Сайт муниципального бюджетного образовательного учреждения дополнительного образования детей МО «Город Архангельск» «Детский (подростковый) центр «Радуга» разработан с применением прототипа, использовался продукт AxureRPPro, который создан для быстрого макетирования каркасов интернет-сайтов. Он содержит большую библиотеку с набором объектов для дизайна страниц и пользовательских интерфейсов и позволяет не только создавать графическое представление, но и привязывать события, связывать блоки между собой и многое другое, а также имеет широкие возможности экспорта готовых схем.

Рассмотри разработку прототипа для главной страницы сайта. Основным из требований к ней было наличие элемента slider; шапка сайта должна содержать логотип, название организации и девиз; так же на главной странице должны присутствовать ссылки для перехода на страницы центра в социальных сетях, номер телефона и адрес электронной почты. Далее должны следовать меню и slider. Результат проектирования можно увидеть слева на рис. 1.

Дополнительно на главной странице должно присутствовать краткое описание организации (в центре рис. 1).

Еще одним обязательным элементом, который должен присутствовать на главное странице – новости. В блоке должны отображаться две последние новости за раз, каждая из них должна содержать изображение, дату публикации, иконку, обозначающую содержание контента, анонс статьи и ссылку на новость. Под этим блоком должны располагаться элементы прокрутки последних новостей (рис. 1).

В «подвал» сайта решено было вынести наименования организации, логотип, ссылки социальных сетей, последние сообщения из микроблога Tweeter, последние фотографии и контакты, копирайт и полезные ссылки. Чтобы подвал отличался от основного сайта, было предложено использовать другое цветовое решение.

Компоновка элементов управления была выполнена согласно спроектированному прототипу. Результат приведен на рис. 1.

Полнофункциональный сайт детского центра был разработан за три недели, тогда как этап разработки макета с тестированием совместной работы элементов занял два дня. Сейчас сайт доступен по адресу http://arhraduga.ru/.

Рис. 1. Изображение страниц прототипа и сайта

Библиографический список

1. Румин И. Информация и общественное мнение. М.: Альпина Паблишер, 2010.
2. Дружинин Г.В., Сергеева И.В.Качество информации. М.: Радио и связь, 1990.
3. Кунву ЛиОсновы САПР (CAD/CAM/CAE). М.: Питер, 2004.

References

1. Rumin I. Informatsiya i obschestvennoe mnenie. M.: Alpina Pablisher, 2010.
2. Druzhinin G.V., Sergeeva I.V.Kachestvo informatsii. M.: Radio i svyaz, 1990.
3. Kunvu LiOsnovyi SAPR (CAD/CAM/CAE). M.: Piter, 2004.

УДК658.527.011:621.9.06.52

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

О. А. Соснина, Н. В. Поспелова

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева, Россия, Нижний Новгород
(*тел.* (*831*)*2578672, e-mail: o.a.sosnina@mail.ru*)

Аннотация: представлены результаты выполнения работы по созданию виртуальной модели микрорайона Сортировочный, которая является частью большого проекта «Архитектура Н.Новгорода». Особый акцент в статье сделан на моделирование ландшафта. Результаты работы оформлены в виде информационной системы, при создании которой использовались современные технологии проектирования информационных систем, такие как язык разметки гипертекста *HTML*, каскадные таблицы стилей *CSS*, flash-технологии и язык скриптов *JavaScript*. Виртуальные модели создавались в пакете трехмерной графики *Autodesk 3ds Max*.

Abstract: The article presents the results of creating a virtual model of Sortirovochny residential microdistrict. The model is a part of a larger project called «Nizhny Novgorod Architecture». The article lays special emphasis on modelling the landscape. The results are laid out in the form of an information system developed with the help of modern IS design technologies such as *HTML* hypertext markup language, *CSS* cascading style system and *JavaScript* scripting language. The virtual models have been created in *Autodesk 3ds Max* three-dimensional graphics software.

Ключевые слова: Виртуальная модель, визуализация, ландшафт, карта высот информационная система.

Keywords: Virtual model, visualization, landscape, height map, information system.

Развитие информационных технологий сегодня достигло небывалых высот, что позволило людям оставить в прошлом неэффективную разработку любых проектов на бумаге. Безусловно, это не могло обойти стороной область проектирования архитектурных сооружений, а также столь популярную в течение последних лет область ландшафтного дизайна. Современные технологии позволяют уже на первых этапах проектирования получить наглядный макет будущего объекта и прилегающей к нему территории. Новейшие пакеты трехмерного моделирования позволяют создавать модели любой сложности и, визуализируя их, получать фотореалистичное изображение высочайшего качества.

Любая архитектура, будь то здание или малая архитектурная форма, возводится на определенном месте, имеющем собственные особенности окружающей среды, которые необходимо учитывать в процессе проектирования. Это может быть холмистый, горный или равнинный ландшафт с водоемами, скальными выступами и береговой линией моря. Задача при построении такого ландшафта – выбрать правильный способ моделирования, чтобы максимально сэкономить ресурсы и дифференцированно реализовать весь объем с необходимой детализацией. Существует достаточно много графических пакетов, позволяющих моделировать окружающую среду; при этом для реализации всей глубины замысла зачастую требуется целый ряд программ, а иногда еще и несколько подключаемых к ним модулей. Ориентирование в таком многообразии может стать проблемой даже для профессионального дизайнера.

Разработанная информационная система «Архитектура Н. Новгорода. Микрорайон Сортировочный» призвана помочь пользователю в решении этой нелегкой задачи. В частности, данная система позволяет освоить навыки построения и визуализации ландшафтов и окружающей среды в популярном пакете трехмерного моделирования «3ds Max».

Перед началом построения виртуальной модели микрорайона был смоделирован рельеф местности, на котором впоследствии были размещены здания, объекты инфраструктуры и окружающей среды. Для моделирования были необходимы размеры объектов в заданной области построения и очертания рельефа. Они были получены на основе картографической информации и данных дистанционного зондирования – спутниковых снимков и индексных схем, содержащихся в открытых источниках в сети «Интернет».

Подготовка и оформление картографических материалов микрорайона

Процесс подготовки картографических материалов заключался в формировании растровой карты района с целью ее последующей векторизации и использования для создания карты смещения, а также в уточнении индексного плана района для последующего размещения зданий. Векторизацию карты можно было выполнить в любом удобном графическом редакторе.

В работе использовались схемы из программы «ДубльГИС» и данные дистанционного зондирования, полученные с сайтов [4 – 6].

Создание модели местности

Моделирование ландшафта было начато с определения пределов карты. После выбора точек был получен прямоугольник в реальном масштабе размером примерно 4 км в длину и 1,5 км в ширину. Затем данный участок местности через сервис «Google-Карты» [4] был получен в формате «.jpg» (рис. 1).

С использованием данного изображения в пакете «Adobe Photoshop» была создана карта высот (рис. 2) и карта для текстурирования (рис. 3). Для этого спутниковый снимок при помощи инструмента «Кисть» был раскрашен в черно-белых тонах по принципу, чем ниже точка на местности, тем темнее, и, наоборот: чем выше – тем светлее.

Рис. 1. Снимок со спутника

Рис. 2. Карта высот

Рис. 3. Карта для текстурирования

Полученные карты были использованы в пакете «3ds Max». Была создана плоскость с их размерами, добавлены сегменты по длине и ширине. Нами учитывалось, что в данном случае величина сегментации положительно сказывается на детализации (чем больше, тем выше качество), но отрицательно отражается на скорости визуализации сцены после добавления зданий и окружения – в силу перегруженности сцены полигонами. Поэтому было выбрано такое значение, которое позволило нам получить качественные очертания рельефа, но без несущественных деталей. Затем был применен модификатор «Displace» [1], в котором использовалась созданная карта высот. После задания силы смещения рельеф был готов. Для наглядности была добавлена плоскость, которая послужила заготовкой для водной поверхности, и размещена на уровне воды (рис. 4). Для текстурирования рельефа использовался смешанный материал типа «Blend». В первые два слота были добавлены материалы травы и песка, а в слот «Mask» – созданная карта для текстурирования. В результате получился следующий ландшафт (рис. 5).

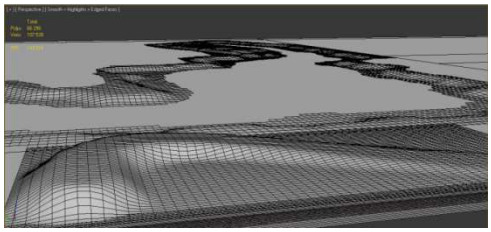


Рис. 4. Промежуточная модель ландашфта

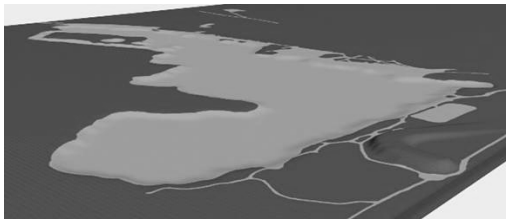


Рис. 5. Готовая модель ландашфта

Рис. 6. Выделенное и выдавленное дорожное полотно

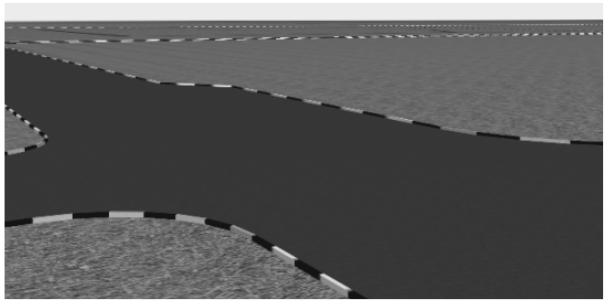


Рис. 7. Готовое дорожное полотно

Далее были созданы дороги. На основе снимка со спутника их область была выделена с помощью сплайнов, а затем они были «выдавлены» на определенное значение (рис. 6). Полученный объект был сконвертирован в полигональную сетку. При текстурировании использовался многокомпонентный материал «Multi\Sub-Object» (рис. 7).

Моделирование зданий

Далее было осуществлено моделирование зданий. Было необходимо создать значительное число моделей, поэтому принцип моделирования всех зданий был выбран одинаковый.

В связи с отсутствием документации по зданиям моделирование производилось на основе собранных картографических и фотографических данных. Все здания строились по единому принципу – на основе полигонального моделирования [2, 3]. На рисунке 8 приведена трехмерная модель типового здания.

Рис. 8. 3D модель готового здания

Создание 3D-карты местности

После моделирования по отдельности ландшафта, дорог, домов и других элементов, было необходимо собрать все модели вместе в одном файле. Карту было целесообразно собирать на модели ландшафта (рис. 9).

После расстановки всех моделей на свои места была добавлена растительность (рис. 10). Для этого использовался специальный плагин «Forest Pack 4», разработанный компанией «iToo Software». С помощью данного плагина можно создавать разнообразные зеленые насаждения и лесные массивы.

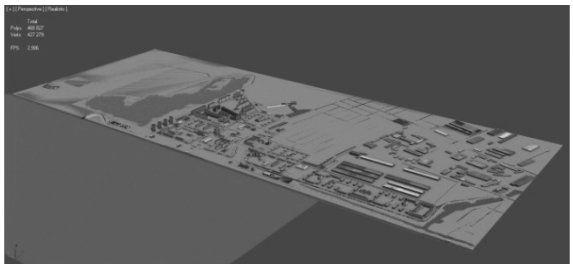


Рис. 9. Собранная 3D -карта

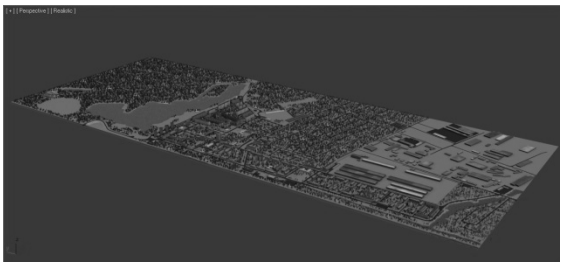


Рис. 10. Окончательный вид карты, готовой к визуализации

Визуализация местности

Визуализация производилась с помощь специальной системы рендеринга «V-Ray». Были созданы и настроены источники света «VRaySun» и «VRaySky», предусмотренные данной системой. С ее помощью была имитирована реалистичная для земли окружающая среда с солнцем и небом. Следующим шагом явилась настройка камеры. Использовалась физическая камера «VRay Physical Camera», которая позволяет использовать для настройки параметры виртуальной CG-камеры. Эти параметры такие же, как и для камеры в реальном мире (глубина резкости, фокусное расстояние и т.д.). Заключительным шагом стала настройка самой системы визуализации «VRay». Для этого было необходимо выбрать «VRay» как текущий визуализатор. Некоторые результаты визуализации представлены на рис. 11 и 12.

В заключение следует отметить, что особенностью данного проекта является использование самых современных технологий представления информации в наиболее понятном и наглядном виде. Информационная система «Архитектура Н. Новгорода. Микрорайон Сортировочный» содержит в себе всю необходимую информацию по моделированию и визуализации ландшафтов, архитектурных объектов и окружающей среды.

Рис. 11. Трехмерная модель микрорайона Сортировочный

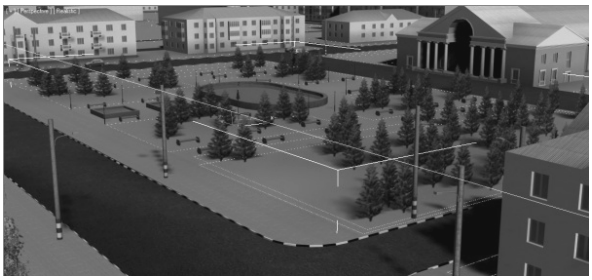


Рис. 12. Вид на клуб

Библиографический список

1. Шишанов А.В. Ландшафтный дизайн и экстерьер в 3ds Max. СПб: Питер, 2010. 264 с.

2. Пекарев Л. 3ds Max для архитекторов и дизайнеров интерьера и ландшафта. СПб: БХВ-Петербург, 2011. 240 с.

3. Миловская О. Дизайн архитектуры и интерьеров в 3ds Max Design. СПб: БХВ-Петербург, 2012. 240 с.

4. Google Карты. URL: http://maps.google.ru/ (дата обращения: 01.12.2014).
5. Яндекс. Карты. URL: http://maps.yandex.ru/ (дата обращения: 01.12.2014).
6. Портал услуг «Публичная кадастровая карта». URL: http://maps.rosreestr.ru/Portal Online/ (дата обращения: 01.12.2014).

References

1. Shishanov A.V. Landshaftnyiy dizayn i eksterer v 3ds Max. SPb: Piter, 2010. 264 s.
2. Pekarev L. 3ds Max dlya arhitektorov i dizaynerov interera i landshafta. SPb: BHV-Peterburg, 2011. 240 s.
3. Milovskaya O. Dizayn arhitekturyi i intererov v 3ds Max Design. SPb: BHV-Peterburg, 2012. 240 s.
4. Google Kartyi. URL: http://maps.google.ru/ (data obrascheniya: 01.12.2014).
5. Yandeks. Kartyi. URL: http://maps.yandex.ru/ (data obrascheniya: 01.12.2014).
6. Portal uslug «Publichnaya kadastrovaya karta». URL: http://maps.rosreestr.ru/Portal Online/ (data obrascheniya: 01.12.2014).

УДК 004.94

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ю. А. Банщиков*, Л. В. Абрамова**

** ООО «Леспроект», Россия, Санкт-Петербург*
(тел. (812)742-41-64, e-mail: lesproekt.spb@mail.ru).
*** Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, Россия, Архангельск*
(тел. (8182)216100, e-mail: l.abramova@narfu.ru)

Аннотация: Природоохранные объекты являются неотъемлемой частью жизни социального общества. Решение проблем по их сохранению являются одними из первоочередных задач. Наиболее полное исследование экологически значимых объектов возможно только на основе многостороннего подхода с применением различных информационных технологий. В данной статье рассмотрены основные этапы создания информационной системы для виртуального моделирования объектов природоохранного значения на примере Кенозерского национального парка.

*Abstract:*Nature protection objects are an integral part of social life. Solution of problems for its preservation is one of the priorities. The most profound research of important ecological objects is possible on multiliteral approach with various information technologies. This article is about the basic steps of creating an information system for a virtual modeling of environmental objects by the example of Kenozersky National Park.

*Ключевые слова:*социально значимый объект, цифровая модель местности, аэрофотоснимок, Кенозерский национальный парк, карта высот, цифровая карта.

Keywords: socially significant facility, digital terrain model, aerial view, Kenozersky national park, height map, digital map.

Проблема сохранения экосистемного (ландшафтного) разнообразия сегодня все больше определяет практические аспекты хозяйственной и природоохранной деятельности человека, что требует развития современных технологий изучения этого важнейшего направления природопользования.

Однако, подход, типичный для большинства стран мира, и основанный на принципах инвентаризации состояния всех аспектов биологического разнообразия и использования этой информации в системе принятия решений, в России практически не выработан.

В связи с этим становится актуальной задача наиболее полного исследования природоохранных объектов. Поэтому одним из ключевых направлений в деятельности по сохранению естественной ландшафтной структуры лесных территорий является разработка соответствующих информационных систем.

Одним из решений поставленной задачи может являться моделирование природоохранного объекта. Моделирование включает в себя отображение состояния объекта на данный момент, выявление существующих проблем развития данного объекта, определение тенденции развития и те факторы, влияние которых может скорректировать нежелательное развитие, и как результат, активизация деятельности государственных общественных и других организаций в поисках оптимальных вариантов решения этих задач.

Природоохранные объекты относятся к социально значимым объектам. Моделирование социально значимых объектов – процедура исследования социальных объектов с помощью отображения их основных структурных характеристик, функциональных особенностей на специально созданных образцах.

Для наглядного отображения информации о лесном комплексе, рельефе и гидрографии используются цифровые модели местности – модели местности, характеризующие рельеф, гидрографию, населенные пункты и структурную информацию определенного участка земли. Наглядным представлением цифровой модели местности является трехмерная модель местности – модель, представляющая участок местности в виде, наиболее соответствующем реальному виду участка [3].

В последние годы технология трехмерного представления территорий и объектов активно развивается. Эта технология открывает новые перспективы перед архитекторами, ландшафтными дизайнерами и проектировщиками. 3D-модели дают возможность значительно улучшить визуальную «читаемость» географической информации, что ведет к повышению эффективности работы с ними, а также к расширению круга пользователей, для которых трехмерное моделирование становится не только полезным, но и необходимым. Трехмерные модели позволяют создавать гораздо более удобные, чем основанные на обычных картах и планах, схемы планирования природоохранных мероприятий, туристические путеводители, инфраструктуру объекта моделирования.

Для того чтобы построить трехмерную модель местности требуется определенные атрибутивные данные, а для обработки и представления этой информации, используется специальный класс систем – геоинформационные системы (ГИС).

ГИС определяет современный вид отображения картографической информации. Данная система позволяет преодолеть основные недостатки обычных карт – статичность и ограниченность в качестве носителя информации,

а так же позволяет управлять визуализацией информации. Появляется возможность просмотра только необходимых в данный момент объектов, осуществлять переход от сложных комплексных карт к множеству понятных и простых. При этом улучшается структурированность информации и повышается эффективность ее обработки и анализа [4]. Появляется возможность построения виртуальной модели местности с привязкой к реальным географическим данным.

Рассмотрим, построение виртуальной модели на примере природного и историко-культурного комплекса – Кенозерский национальный парк. Преимуществом разрабатываемой модели является уникальность, точность и реалистичность, а также наглядность отображаемой действительности.

Парк расположен на территории Архангельской области, которая является одним из крупнейших субъектов Российской Федерации. Особенностью Кенозерского национального парка является то, что в нем сохраняется первозданное состояние лесных массивов. Сохранившиеся природные комплексы являются объектом охраны и научных исследований. Площадь парка составляет 140 тыс. га. На территории парка зарегистрировано 50 видов млекопитающих, 263 вида птиц, 4 вида рептилий, 5 видов земноводных; обнаружено 715 видов высших сосудистых растений, многие из которых занесены в Красную книгу России и Международного Союза охраны природы. В почти 300 озерах и реках, что нетипично для территорий водоразделов, обитают 28 видов рыб и 2 вида миног [2].

Важнейшая задача, которая стоит перед сотрудниками Кенозерского национального парка – охрана природных комплексов и историко-культурных объектов, расположенных на его территории.

На сегодняшний день, существует несколько средств, с помощью которых можно рассмотреть трехмерную модель местности. Это Google Earth, Apple Maps, Совзонд и др. Но в большинстве своем, они не подходят для полноценного изучения местности Кенозерского национального парка, так как, например, Google Earth и Apple Maps рассчитаны на города, а Совзонду требуются изображения, образующие стереопару, которых у парка не имеется.

В качестве исходных данных для построения моделиКенозерского национального паркабыли использованы топографические картыи аэрофотоснимки. Топографические карты – карты, на которых подробно изображена местность. На топографических картах изображены сведения о рельефе, гидрографии, растительности, грунте, хозяйственных и культурных объектах.

Аэрофотоснимки – фотографии территории с высоты нескольких сотен метров. Полученные снимки применяются, как правило, для картографии, кадастра, видовой разведки и археологии [1].

Для построения модели Кенозерского национального парка используются крупномасштабные карты 1:25 000 см и аэрофотоснимки высокой четкости, с разрешением 7500×500 пикселей и масштабом 1:50 см.

Так как, единой системы для перевода топографической карты в полноценную трехмерную модель не существует, а также из-за неоднородности

стандартов различных топографических карт, неточностей при сканировании и неточностей при векторизации было принято решение использовать:

1) свободно распространяемую утилиту EasyTrace дляполуавтоматической векторизации топографических карт с ручной коррекцией некоторых ошибок;

2) ГИС MapInfo для работы с географической информацией и построения каты высот, а также встроенный язык программирования MapBasic. Для построения карты высот используется метод построения по триангуляции Делоне, так как при таком методе построения из карты высот получается наиболее соответствующий действительности рельеф местности;

3) среду разработки Unity3D для построения модели рельефа, наложения на нее аэрофотоснимков, воды, деревьев и других объектов. С помощью наложенных текстур аэрофотоснимков можно определить границы лесной местности и густоту леса. Для обзора местности была реализована камера. Обзор модели представляет собой летающую камеру, с помощью которой можно перемещаться в любом направлении. Камера ограничена пространством парка (рис. 1).

В результате проделанной работы была получена виртуальная модель Кенозерского национального парка (рис. 2).

Созданная трехмерная модель решает следующие задачи:

1) наглядного отображения местности национального парка;
2) уточнения границы национального парка;
3) уточнения границы зон охраны природных памятников;
4) прокладки туристических маршрутов;
5) создания инфраструктуры парка.

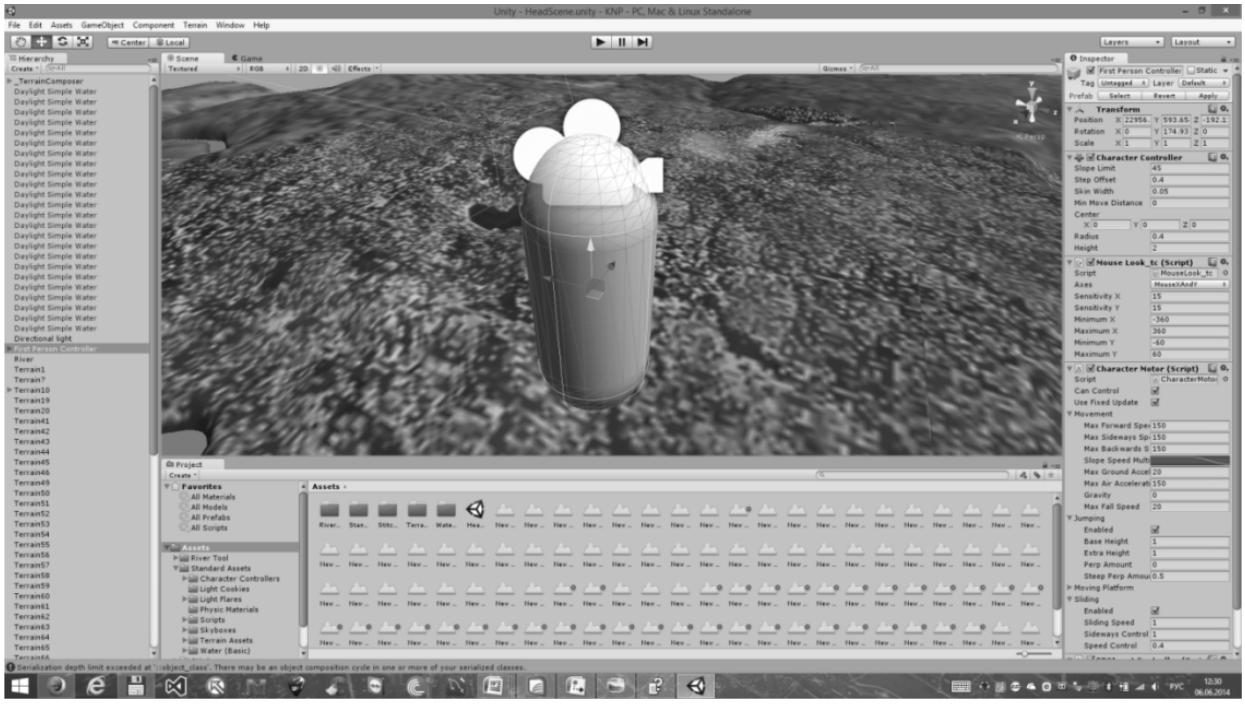


Рис. 1. Компонент First Person Controller

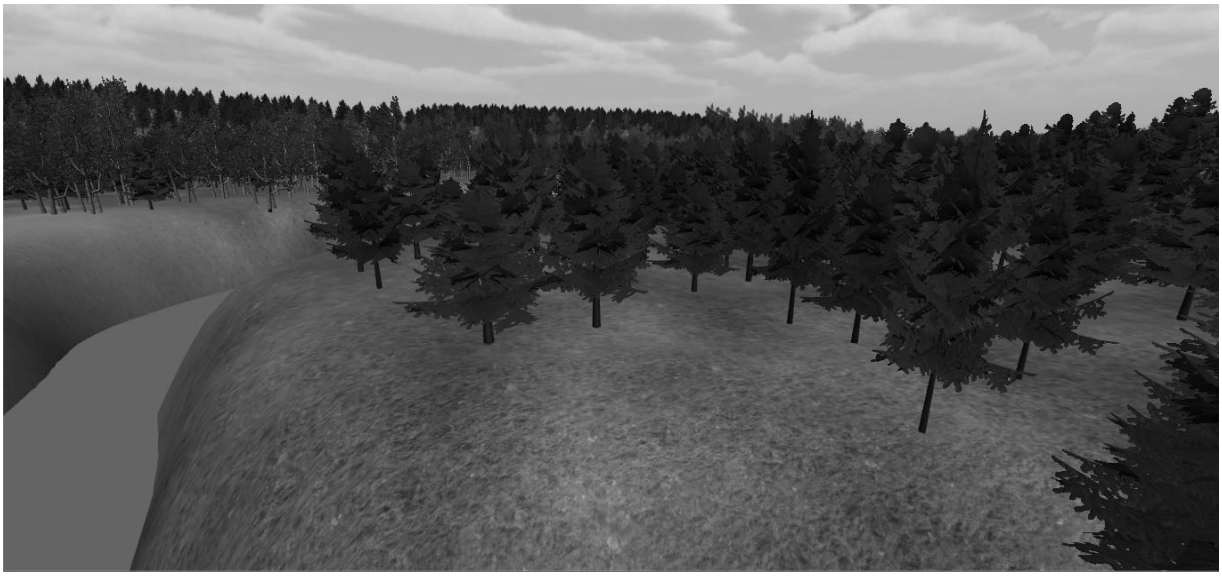


Рис. 2. 3D-модель Кенозерского национального парка

Библиографический список

1. ГОСТ 28441-99. Картография. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. 15 с.

2. Альтернативный путеводитель. Кенозеро(Кенозерский национальный парк). URL: http://altertravel.ru/view.php?id=1003 (дата обращения 20.03.2014).

3. Концепция создания и развития инфраструктура пространственных данных в Российской Федерации [cСайт ГИС-Ассоциации]. URL: http:\\ www.gisa.ru (дата обращения 12.12.2013).

4. Трехмерное моделирование – Данные для построения 3D-моделей местности [сайт КБ «Панорама»]. URL: http:\\www.GisInfo.ru (дата обращения 14.02.2014).

References

1. GOST 28441-99. Kartografiya. Terminyi i opredeleniya. – M.: IPK Izdatelstvo standartov, 2000. 15 s.

2. Alternativnyiy putevoditel. Kenozero (Kenozerskiy natsionalnyiy park). URL: http://altertravel.ru/view.php?id=1003 (data obrascheniya 20.03.2014).

3. Kontseptsiya sozdaniya i razvitiya infrastruktura prostranstvennyih dannyih v Rossiyskoy Federatsii [Sayt GIS-Assotsiatsii]. URL: http:\\ www.gisa.ru. (data obrascheniya 12.12.2013).

4. Trehmernoe modelirovanie – Dannyie dlya postroeniya 3D-modeley mestnosti [Sayt KB «Panorama»]URL:http:\\www.GisInfo.ru (data obrascheniya 14.02.2014).

УДК 624.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ НАДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

А. В. Химич, Е. В. Пояркова

Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург
(*тел.* (*3532*)*776770, e-mail: post@mail.osu. ru*)

Аннотация: В работе рассмотрена актуальная проблема транспортного пространства современных городов, обусловленная пересечением проезжей части пешеходами, решение которой заключается в использовании надземного пространства и сооружении надземных

пешеходных переходов. Выполненный статический расчет и расчет на устойчивость металлической конструкции перехода в программном комплексе APM WinMachine в модуле APM Structure 3D позволил дать оценку напряженно-деформированного состояния спроектированного надземного пешеходного перехода в г. Оренбурге.

Abstract: The paper considers the actual problem of transport space of modern cities due to pedestrians crossing the roadway, the solution of which is the use of above-ground space and the construction of the overground pedestrian crossings. Performed static analysis and calculation on the stability of transition metal structure in the software package APM WinMachine module APM Structure 3D permitted to evaluate the stress-strain state of the projected overground pedestrian crossing in the city of Orenburg.

Ключевые слова: Надземный пешеходный переход, прочностной расчет, напряженно-деформированное состояние.

Keywords: Overground pedestrian crossing, strength calculation, the stress-strain state.

Интенсификация использования надземного пешеходного транспортного пространства в обстановке современных городов и мегаполисов является фактически единственной возможностью для оптимального решения проблем городской транспортной инфраструктуры. Необходимость создания подобных инженерных сооружений обусловлена такими факторами, как:

– постоянно возрастающее количество людей, сменяющих общественный транспорт на личный;

– увеличивающаяся диспропорция между приростом числа автомобилей и приростом протяженности улично-дорожной сети, не рассчитанной на нынешние транспортные потоки.

Сегодня существующая дорожно-транспортная структура среднестатистического города фактически соответствует уровню от 60 до 100 автомобилей на тысячу жителей, в то время как современный уровень обеспечения автомобилями уже превысил отметку в 200 автомобилей на тысячу жителей [1].

Пешеходы являются наиболее уязвимой группой участников дорожного движения. За последние несколько лет численность пешеходов, погибших в ДТП, увеличилась на 30%. В общем, за этот период погибло свыше 100 тысяч и ранено свыше 500 тысяч пешеходов. Одной из проблем, влияющих на состояние аварийности в Российской Федерации, является низкая дорожно-транспортная дисциплина участников дорожного движения.

Тщательный анализ транспортных потоков в городе позволил актуализировать вопрос об установке надземных пешеходных переходов в разных уровнях с автодорогой. Значительное количество переходов (особенно вне населенных пунктов) составляют надземные пешеходные переходы, которые имеют ряд следующих преимуществ перед подземными:

– более низкая стоимость;

– затрагивание меньшего количества коммуникаций, в районе строительства (отсутствие необходимости переноса подземных коммуникаций);

– отсутствие необходимости сужения дороги на время проведения работ;

– меньшая зависимость от геологических условий (в том числе подземных вод);

– отсутствие необходимости круглосуточного освещения (и, как следствие, возможность подключения к линии освещения дороги);

– сроки возведения.

Основным недостатком (по мнению населения) надземного пешеходного перехода является большой перепад высот в сравнении с подземным. Согласно действующим в Российской Федерации нормативным документам, расстояние от уровня проезжей части до низа надземной конструкции (габарит по высоте) должно составлять не менее 5 м.

При выборе типа пешеходного перехода следует учитывать: характер близлежащей застройки, ее архитектурно-градостроительную, историческую и культурную значимость; степень использования подземного пространства в месте размещения; ландшафт; геологические и гидрогеологические характеристики; условия организации движения транспорта и пешеходов.

Пешеходный переход в городе выполняет не только транспортные функции, но и является одним из основных элементов общей планировочной композиции. Поэтому к подобным сооружениям предъявляют довольно высокие эстетические требования. К отличительным особенностям современных надземных пешеходных переходов можно отнести многообразие их архитектурных форм и конструктивных решений.

Моделирование, проектирование и расчет таких сооружений возможно реализовать с помощью САПР, которых в настоящее время существует большое количество. В частности, SCAD, APM WinMachine, SolidWorks, Lira, продукты компании Autodesk. Данные продукты позволяют выполнять расчеты напряженно-деформированного состояния конструкции под действием статических, динамических и вибрационных нагрузок которые полноценно имитируют реальные.

Был произведен проектировочный расчет надземного пешеходного перехода, расположенного в г. Оренбург на ул. Терешковой вблизи остановки «Школа». Необходимость создания данного перехода актуальна в связи с увеличением транспортного потока и отдаленности ближайших пешеходных переходов.

Изначально к проекту предъявлялись требования:

– высота от проезжей части до низа надземной конструкции не менее 5,3 м;

– расстояние между опорами надземной конструкции не менее 32 м;

– совмещение с остановочными павильонами;

– элементы конструкции должны быть выполнены из сортаментных профилей из сталей повышенного класса прочности;

– в прочностном расчете конструкции должны быть учтены:

а) собственный вес конструкции;

б) полезная нагрузка;

в) снеговая нагрузка;

г) ветровое давление и пульсационные ветровые нагрузки (лобовые и боковые);

– предусмотрение возможности модернизации надземного пешеходного перехода за счет его дополнительного оборудования лифтами.

Были произведены статический расчет и расчет на устойчивость металлической конструкции в программном комплексе АРМ WinMachine в модуле АРМ Structure 3D.

Пример конструкции надземного пешеходного перехода в черте города и его металлический каркас приведены на рис. 1 и 2 соответственно.

Расчет напряженно-деформированных состояний конструкции надземного пешеходного перехода с учетом комбинаций собственного веса, полезной и снеговой нагрузок, а также при воздействии лобового или бокового ветров, не выявил значительных различий. Разница в показателях максимальных напряжений, возникающих в стержневых элементах конструкции, не превышает 2 МПа (или 1,5%). Пример карты напряжений в конструкции с учетом лобового ветра представлен на рис. 3.

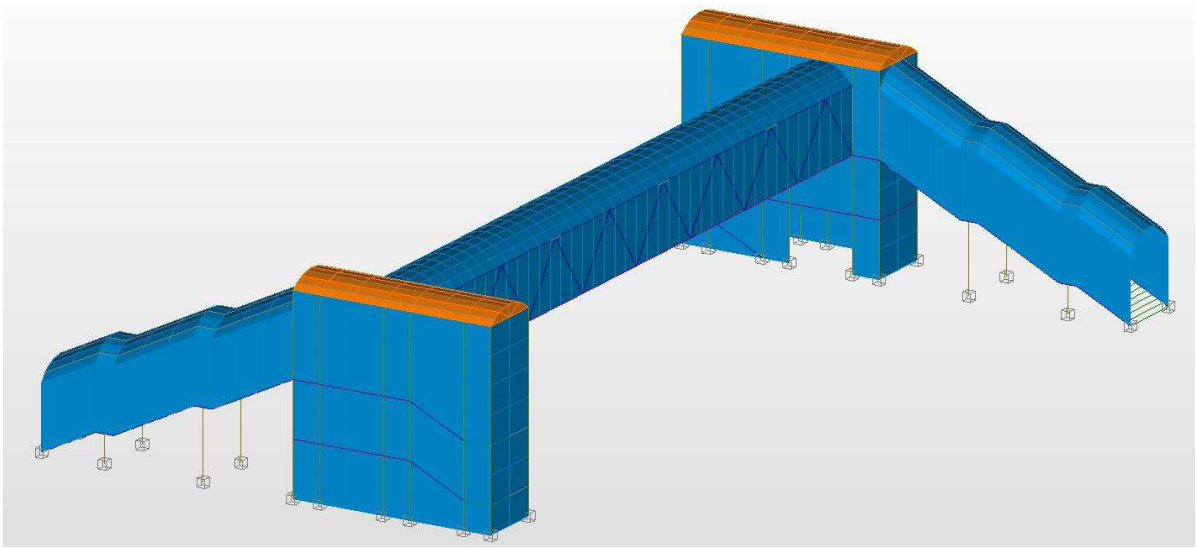


Рис. 1. Конструкция надземного пешеходного перехода

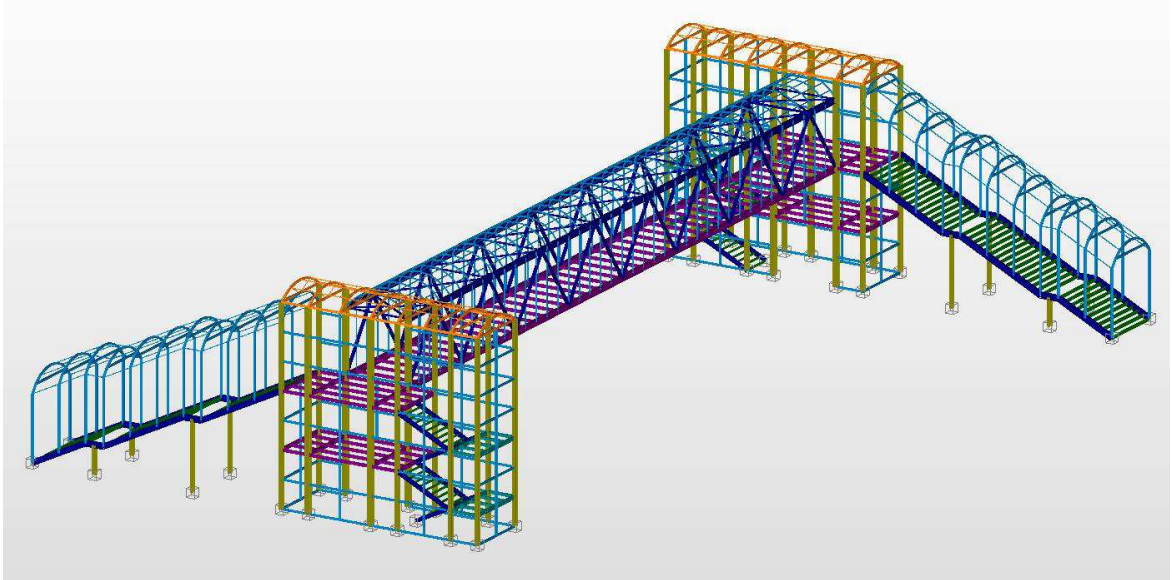


Рис. 2. Металлический каркас надземного пешеходного перехода

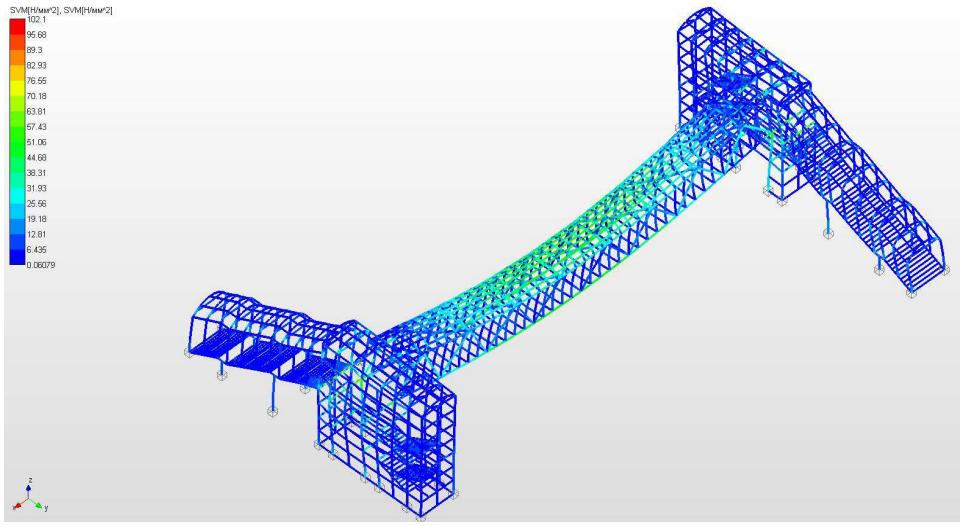


Рис. 3. Карты напряжений в конструкции перехода с учетом лобового ветра

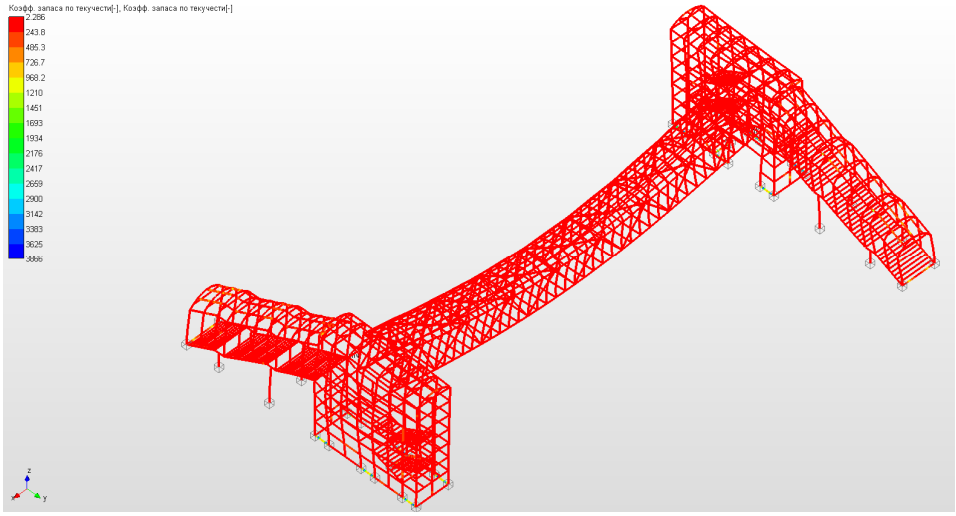


Рис. 4. Результаты расчета коэффициента запаса прочности по отношению к пределу текучести в конструкции перехода

Расчет на устойчивость представленной конструкции надземного пешеходного перехода в заявленном программном комплексе позволил установить значение коэффициента запаса устойчивости, равным 19,321. Данный показатель гарантирует работоспособность и эксплуатацию перехода даже при условии экстремальных нагрузок без потери устойчивости конструкции.

Коэффициент запаса прочности по отношению к пределу текучести показывает (рис. 4), что предполагаемый подбор профилей элементов конструкции не является оптимальным в виду излишней материалоемкости и нуждается в дальнейшей доработке.

Библиографический список

1. Надземный пешеходный переход [Электронный ресурс]. URL: http://mindortrans.tatarstan.ru/innov.proekt/perehod.htm (дата обращения 14.10.2014).

References

1. Nadzemnyiy peshehodnyiy perehod [Elektronnyiy resurs]. URL: http://mindortrans. tatarstan.ru/innov.proekt/perehod.htm (data obrascheniya: 14.10.2014).

УДК 624.94

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ТИХВИНСКО-БОГОРОДИЦКОГО МОНАСТЫРЯ

Н. М. Дуранина, М. В. Щигарева

ТОГАПОУ «Аграрно-промышленный колледж», Россия, г. Кирсанов
(*тел. 89290177098, e-mail: duranina@bk.ru*)

Анотация: Информационные технологии все глубже проникают во все отрасли деятельности человека. Это приводит к тому, что вчерашние инновации должны эффективно внедряться в производство, заставляя производителей самых разных отраслей сокращать сроки и затраты на разработку, увеличивая тем самым конкурентоспособность. Восстановление исторических памятников в настоящий момент практически не обходится без применения 3D технологий, что способствует эффективной работы данной отрасли. В докладе описывается пример использования 3D моделирования при разработке проекта реконструкции Тихвинско-Богородицкого монастыря.

Abstract: Information technologies penetrate more and more in all branches of human activity. This leads to the fact that yesterday's innovations should be effectively implemented in production, forcing manufacturers and various industries to reduce the time and costs of development, thereby increasing competitiveness. The restoration of historical monuments in the moment, almost can not do without the use of 3D technology that contributes to effective rabotes the industry. The report describes an example of using 3D simulation during the development of the project of reconstruction of the Tikhvin mother of God monastery.

Ключевые слова: виртуальные реконструкции, прототипирование объекта, 3D-технологии в истории.

Keywords: virtual reconstruction, prototyping object, 3D-technology in history.

Практически во все отрасли жизнедеятельности человека внедряются автоматизированные системы проектирования, что связано совершенствованием возможностей компьютерной техники и с развитием информационных технологий. 3D моделирование и прототипирование, программирование и теория автоматизации уже сегодня позволяют любому воплощать нематериальные идеи и задумки в реальность максимально просто и быстро. Информационные технологии, в настоящее время, предполагают применение в проектирование различных систем и процессов.

Постоянно возникающий конкурентный спрос, быстро приводит к тому, что вчерашние инновации должны эффективно внедряться в производство, заставляя производителей самых разных отраслей сокращать сроки и затраты на разработку, увеличивая тем самым конкурентоспособность как отдельного изделия, так и предприятия в целом. Наиболее привлекательным и оптимальным оказалось применение компьютерных технологий моделирования, визуализации ипрототипирования, в архитектурно-промышленном комплексе.

Компьютер обеспечивает возможность создавать модель в виртуальной среде. Модель, будучи созданная в компьютере, также как и среда, в которой она находится, свободна от ограничений физического пространства и времени.

Компьютерное прототипирование позволяет не только создать, но и восстановитьсложное изделие, оценить и апробировать его не в реальной среде, а в среде виртуальной реальности. Это особенно актуально для дорогостоящих, сложных, уникальных проектов. Дизайнерская идея может не только создать, но и воссоздать внешний облик объекта из множества вариантов с детально-визуальным анализом отдельных элементов. Если дизайн изделия выполняется с помощью компьютера, то это позволяет сократить в несколько раз время создания объекта. При этом также происходит значительная экономия средств, поскольку все аспекты внешнего вида оцениваются на компьютерных, а не натурных объектах.

Дизайнерская часть прототипного моделирования включает в себя:

– прототипное моделирование, т.е. предварительная обработка нескольких вариантов подобных объектов;

– создание компьютерных «рисунков», представляющих собой ортогональные проекции будущего объекта, учитывая обработанный материал;

– собственно моделирование: т.е. создание с их помощью трехмерных элементов, а затем – построение поверхностей;

– оценку таких свойств моделируемых объектов, как кривизна, непрерывность кривизны, распределение бликов и т.д.;

– задание «материалов» (т.е. оптических свойств поверхностей), выбор и расстановка источников света, задание свойств окружающей среды, выбор фона - все это заканчивается просчетом построенной таким образом сцены с высокой степенью фотореализма;

– передачу трехмерной модели объекта для дальнейшей разработки внутреннего устройства объекта, конструкторских расчетов, оформления чертежной документации и т.д.

Под моделированием в строительном производстве понимается создание прототипных объектов отображающих, с необходимым или возможным приближением к действительности характеристики и параметры будущего объекта. Независимо от моделируемого объекта модели строительного производства должны отвечать следующим основным требованиям: адекватно отражать существенные черты объекта моделирования, отражать динамику строительного производства, быть устойчивыми по отношению к несущественным изменениям объекта моделирования; обладать простотой и удобством анализа системы (1).

Вопрос о восстановлении и сохранения историко-культурного наследия является самым актуальным на сегодняшний день. Протопипное моделирование занимает одно из основных направлений при реализации задач поставленных в процессе реконструкции социально значимых объектов.

В 2009 г. в городе Кирсанове было положено начало восстановлению исторически-значимого городского объекта Тихинско-Богородицкого женского монастыря. Монастырь всегда имел большое значение в жизни города, и восстановление данного социально значимого объекта важное событие для всех горожан. В свою очередь это накладывает большую ответственность на того кто взялся воссоздать данный памятник.

Проект восстановления монастыря, выполнен основываясь на элементах компьютерного прототипного моделирования. Количество исторических документов содержащих сведения об архитектуре монастыря крайне мало, не говоря уже о сохранности чертежей. Единственно доступным источником информации об архитектурной постройке явились сохранившиеся фотографии конца XIX и начала XX вв. Состояние данных материалов не могло дать удовлетворительных данных для разработки проекта.

Разработчики проекта только благодаря современным компьютерным технологиям смогли восстановить первозданную модель здания.

Отправной точкой для создания проекта явилось соединение компьютерной технологии, в которой произошло слияние сохранившейся элементов здания и фотоматериалов прошлого века.

Посредством технологий трехмерного моделирования, осуществляется пространственный анализ территории реконструируемого монастыря. В процессе восстановления внешнего облика здания монастыря выявлялись отдельные противоречия данных, представленныхв источниках разных видов, например в рисункахи фотографиях. Выявилась также частичная неполнота сведений по отдельным элементам строения. Решение этих проблем стало возможнымблагодаря синтезу данных, реализованных с помощьюкомпьютерных программ трехмерного моделирования. В процессе построения виртуальной реконструкции синтез разного рода источников (в частности, фотографий начала XX в.) дал возможность восстановитьвнешний облик здания монастыря, по которым чертежи не сохранились.

Таким образом, посредством программ трехмерного моделирования разнотипные исторические источники были синтезированы в единый образ – виртуальную модель здания монастыря.

Упомянутый выше метод анализа графических изображений для восстановления перспективы изучаемого объекта ранее был апробирован в ходе осуществления проекта виртуальной реконструкции панорамы г. Тамбова конца XVIII – начала XIX вв. для анализа пространства, восстановления облика строений посредством программ трехмерного моделирования (2).

Рис. 1. Сохранившееся здание Тихвино-Богородицкого женского монастыря (фото 2008 г.)

Рис. 2. Тихвинская церковь Тихвино-Богородицкого женского монастыря (фото 1911 г.)

Рис. 3. Изображение здания Тихвино-Богородицкого женского монастыря, созданное с помощью 3D моделирования

Используя созданную модель, были разработаны чертежи по реконструкции Тихвинско-Богородицкого монастыря. В дальнейшем планируется проект воссоздания изображений икон на внешней стороне здания. Возможно, восстановление изображения реально только при использовании лазерного сканирования исследуемой поверхности и дальнейшего виртуального моделирования изображения.

Представленный пример демонстрирует возможности воссоздания внешнего вида и интерьера моделируемых объектов, показывает, что научно обоснованные 3D-реконструкции архитектурных комплексов могут использоваться как полноценный исторический источник с высоким уровнем эстетической и исторической достоверности. Построения виртуальной реконструкции объектов историко-Культурного наследия показала эффективность и перспективность этого инструмента.

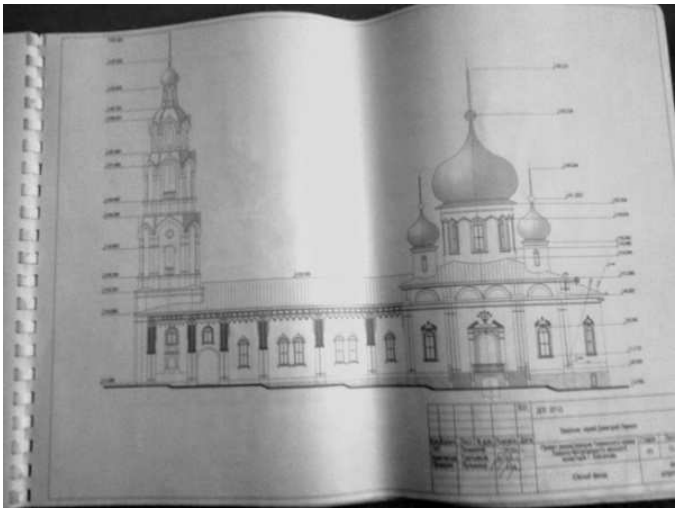


Рис. 4. Чертежи, созданные на основе 3D модели

Библиографический список

1. http://www.gisinfo.ru/download/download.htm
2. http://gistechnik.ru/publik/git.html

References

1. http://www.gisinfo.ru/download/download.htm
2. http://gistechnik.ru/publik/git.html

УДК 658.512.22;23:378.14

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОМАНДНОЙ РАБОТЫ АРХИТЕКТОРОВ

Т. Ф. Ельчищева

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел. 79158616308, e-mail: elschevat@mail.ru*)

Аннотация: Рассматривается применение «метода проектов» в условиях междисциплинарной интеграции для студентов, обучающихся по направлению «Архитектура». Овладение приемами и навыками 3D-проектирования в ходе работы над индивидуальным и коллективным проектами позволяет студентам приобрести необходимый для успешной реализации в профессии пакет знаний и опыт в области профессиональной деятельности, информационных технологий, развития личностных качеств и умения работать в команде.

Abstract: This article considers the application of the «method of projects» in terms of interdisciplinary integration for students of «Architecture» major. Mastering the techniques and skills of 3D-design in the course of work on the individual and collective projects allows students to acquire necessary knowledge and experience in the field of professional activity, information technology, development of personal qualities and the ability to work in a team.

Ключевые слова: информационные технологии, коллективный проект, междисциплинарная интеграция, метод проектов, среда ArchiCAD, 3D-проектирование.

Keywords: information technology, collective project, interdisciplinary integration, project method, Wednesday ArchiCAD, 3D-design.

В работе рассматривается применение метода 3D-проектирования при освоении студентами-архитекторами курса «Архитектурные конструкции и

теория конструирования» (АКиТК), который изучается в 5-м семестре. В качестве метода, стимулирующего самообразование студентов, используется известный «метод проектов» в условиях междисциплинарной интеграции пяти дисциплин: «Архитектурное материаловедение» – «Архитектурное проектирование» – «Компьютерная графика в архитектурном проектировании» – «Архитектурная климатология и теплотехника» – «АКиТК». Первые три дисциплины изучались ранее, а четвертая изучается параллельно с курсом «АКиТК». Такая пятиуровневая интеграция позволяет выявить междисциплинарные связи, расширить содержание образования, сделать его более насыщенным и целостным, активизировать познавательную деятельность обучающихся и формировать интегрированное профессиональное мышление.

«Метод проектов» ориентирован на самостоятельную деятельность студентов. В начале освоения дисциплины это работа каждого студента над своим проектом (индивидуальная деятельность), которую студенты выполняют в течение определенного времени, а затем это работа группы студентов над общим проектом (коллективная деятельность в команде).

В процессе обучения основные акценты ставятся на создание трех видов студенческих проектов: ндивидуального, коллективного и мультимедийного (который может быть как индивидуальным, так и коллективным). Данный прием предполагает творческую деятельность, направленную на достижение определенного результата (создание проекта), имеющую целью формирование интереса и мотивации к исследуемой проблеме, самостоятельное приобретение знаний, умений, навыков, а также развитие творческих способностей и личностных качеств студентов, необходимых для успешной самореализации в профессии.

Задачей индивидуального проектирования является разработка проекта малоэтажного жилого дома из мелкоразмерных элементов. Дом проектируется односемейным, двухэтажным, с чердачной скатной крышей. За основу при разработке проекта принимается объемно-планировочное решение здания, разработанное при изучении дисциплины «Архитектурное проектирование». Владение основами дисциплины «Архитектурное материаловедение» позволяет студентам уверенно подбирать виды строительных материалов в зависимости от типа и местоположения конструкций в здании и качеств, необходимых для выполнения требуемых функций (подбираются технические свойства, цветовое решение, фактура). Знания по дисциплине «Архитектурная климатология и теплотехника» дают возможность студентам осуществить теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций жилого дома – стен и чердачного перекрытия – в зависимости от заданного города и климатического района строительства. Имеющиеся в компьютерном классе на кафедре «Архитектура и строительство зданий» программы позволяют рассмотреть сколько угодно много вариантов конструктивных решений наружных стен и чердачных перекрытий, имеющих слоистую конструкцию. Такая работа предполагает освоение студентами ряда учебно-познавательных приемов, с помощью которых в результате самостоятельной работы обучающимися решаются поставленные задачи.

Проектирование «виртуального» здания в ArchiCAD производится, начиная с планов этажей [1]. Программа позволяет производить работу с виртуальными объемными (трехмерными) конструктивными элементами – эквивалентами реальных конструкций зданий и сооружений. Работа над планом здания идет в пределах создаваемых этажей. На планах этажей, в окнах разрезов и фасадов объемные элементы представляются в виде сечений или видов, а в 3D-окне – в виде объемных конструкций. Основными элементами плана являются стены. Студент задает их требуемые параметры: высоту, значение возвышения относительно уровня текущего этажа, расположение линии привязки (расстояние от внутренней грани стены до координационной оси здания), форму стены (прямоугольная, трапецеидальная, многоугольная) и ее толщину [2]. Стена может быть одно- или многослойной. Для однослойной стены программа предлагает широкий выбор покрытий (облицовки). Кроме того, студент может сам создавать покрытия согласно своему архитектурному замыслу, выбирая ряд параметров: цвет, спецэффекты освещение и текстуру. Последняя видна только при использовании механизма 3D-визуализации. Текстура материалов представляет собой файлы изображений, которые присоединяются к покрытиям для придания им более реалистичного вида. Такие файлы студент может получить самостоятельно, сделав снимки цифровой фотокамерой и загрузив их в списки встроенных текстур. Так можно получить текстуру любого строительного и отделочного материала, который предполагается применить в проекте. Создание текстур является элементом индивидуального творчества студентов и повышает мотивацию овладения навыками 3D-проектирования.

Визуальное представление с помощью автоматической штриховки слоистых стен (на плане, в 2D- и 3D- разрезах), чердачного перекрытия и многослойных крыш (в 2D- и 3D- разрезах) позволяет студентам с точки зрения строительной теплофизики оценить каждый выбранный строительный материал не только при его самостоятельной работе, но и при работе в составе конструкции в «слоеном пироге», и закрепить знания о роли строительных материалов в ограждающих конструкциях.

3D-моделирование в ArchiCAD позволяет студенту оценить конфигурацию и объемно-планировочное решение здания на начальной стадии проектирования, перейдя в 3D-окно и просмотрев нужную проекцию. Такое проектирование позволяет исключить ряд типичных ошибок, возникающих при 2D-проектировании без учета объемов конструктивных элементов здания.

После построения плана 1-го этажа здания студент строит балочное перекрытие 1-го этажа, используя встроенные в ArchiCAD конструкции балок (железобетонные, деревянные, металлические). Далее таким же образом строится план 2-ого этажа здания, в стенах устраиваются вытяжные каналы, устанавливаются внутренние и наружные лестницы, вставляются окна, двери, проемы, которые находятся в стандартной библиотеке ArchiCAD. С помощью инструмента построения крыш строится крыша, автоматически раскладываются деревянные элементы наслонной стропильной системы (мауэрлаты,

лежни, прогоны, стропила и обрешетка, накладки, затяжки). Вокруг здания устраивается отмостка. Далее устанавливается необходимое санитарно-техническое и инженерное оборудование, предметы мебели и интерьера, источники света, элементы для визуализации (фигуры людей, животных, растения, транспортные средства) [3], элементы оформления чертежа (условные обозначения, стандартные таблицы), наносятся надписи, проставляются требуемые размеры, отметки высот (на фасадах и разрезах) и уровня (на плане этажа его возвышение относительно нулевой отметки проекта). В окне разрезов/фасадов строятся требуемые разрезы – продольный, поперечный, по несущей стене. При необходимости разрезы дорабатываются в 2D-графике. Далее проектируется ситуационный план участка застройки с элементами благоустройства. Студенты могут на приусадебном участке проектировать ландшафтный дизайн, включающий элементы приусадебного хозяйства – клумбы, сад, огород, дорожки, теннисные корты, песочницы и т.п. Далее строится 3D-модель и 3D-разрез здания. При реальном проектировании часто важно знать, как объект смотрится в определенное время суток. При построении 3D-модели участка застройки интерес студентов вызывает реалистичное расположение проектируемого здания на местности в соответствии с заданным городом и создание 3D-эффектов в зависимости от географического положения объекта. В ArchiCAD представлен список городов с указанием данных о географической широте, долготе и часовом поясе. В список можно добавлять новые города, указав их данные. Задав часы и минуты съемки, студент получает фотореалистичный проект. Таких проектов можно получить, сколько требуется, для любого времени года и суток. ArchiCAD определяет цвет, интенсивность и рассеянность освещения, наличие дымки. Экспериментируя с освещением модели, студент получает навыки реального проектирования.

Индивидуальные проекты служат основой для создания студенческой группой коллективного проекта – коттеджного поселка. Файлы отдельных проектов объединяются между собой в открытых диалоговых окнах плана этажа, разреза, фасада, внутреннего вида, 3D-документа и отдельных деталей. При присоединении каждого нового индивидуального проекта к коллективному у студентов, прежде окончательного размещения присоединяемых элементов, остается возможность их перемещения, поворота и зеркального отражения. Это позволяет разместить объекты на местности (создать 3D-генеральный план и 3D-модель коттеджного поселка) в соответствии с коллективным (вследствие взаимодействия и обсуждения в группе) архитектурным замыслом. Создание 3D-анимации путешествия по индивидуальному дому, участку и коттеджному поселку является заключительным этапом проектирования, позволяющему студенту почувствовать себя кинорежиссером.

В плане организации процесса обучения активная проектная деятельность вызывает смену ролевых функций в академической группе между преподавателем и студентом. Проект позволяет студенту стать активным участником учебного процесса, проявлять инициативу, познавательную и творческую активность, самостоятельность в решении проблем. Роль преподавателя

заключается в руководстве проектом и его этапами и направлении процесса проектирования. На различных стадиях проекта преподаватель консультирует студентов, оказывает помощь, когда это необходимо. В процессе такого проектирования студент приобретает необходимый личный опыт, заключающийся не только во владении определенным пакетом знаний, но и в организации самого процесса самообразования, умения пользоваться литературой и информацией с профессиональных сайтов. Представление проектов осуществляется на итоговом занятии. Студенты раскрывают тему индивидуальных и групповых проектов, приводят технико-экономические показатели и ссылки на источники информации, отвечают н вопросы по теме проекта. В ходе дискуссии студенты задают друг другу вопросы и отвечают на них. В это время происходит обмен идеями и полученными знаниями. В конце обсуждения подводятся итоги проектирования и выставляется оценка.

В результате работы над проектом студенты приобретают:

– в области профессиональной деятельности: знания по специальной дисциплине; умение работать с нормативной и технической литературой; повышение уровня мотивации овладения профессией; углубление профессионального мышления; расширение профессионального кругозора;

– в области информационных технологий: овладение информацией с профессиональных сайтов; возможность вступать в профессиональные сообщества для общения и обмена информацией; возможность получать профессиональные советы опытных архитекторов в форумах и с помощью Skype; овладение поисковыми системами для получения информации; овладение приемами 2D- и 3D- моделирования; освоение технологии мультимедиа; овладение программой ArchiCAD и Microsoft Word;

– в области развития личностных качеств: овладение методами самообразования; развитие активности, инициативности, ответственности, стремления к самореализации; формирование умения работать в группе, вести предметный диалог на профессиональные темы, спорить и находить единое решение. Очевидно, что 3D- проектирование и моделирование в условиях междисциплинарной интеграции является эффективным средством самообразования студентов, повышая их конкурентоспособность и востребованность на рынке труда.

Библиографический список

1. Справка ArchiCAD. URL: http://www.graphisoft.com (дата обращения 30.11.2014).

2. Проектирование зданий в системе ArchiCAD : метод. указ. / сост.: Т.Ф. Ельчищева, И.В. Матвеева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 24 с.

3. Использование системы ArchiCAD в архитектурном проектировании : метод. указ. / сост.: Т.Ф. Ельчищева, И.В. Матвеева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та. Тамбов, 2004. 31 с.

References

1. Spravka ArchiCAD. URL: http://www.graphisoft.com (data obrascheniya 30.11.2014).

2. Proektirovanie zdaniy v sisteme ArchiCAD: Metod. ukaz. / Sost.: T.F. Elchischeva, I.V. Matveeva. Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tehn. un-ta, 2003. 24 s.

3. Ispolzovanie sistemyi ArchiCAD v arhitekturnom proektirovanii: Metod. ukaz. / Sost.: T.F. Elchischeva, I.V. Matveeva. Tambov: Izd-vo Tamb. gos. teh. un-ta. Tambov, 2004. 31 s.

УДК 658.512.22;23:378.14

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ARCHICAD ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АРХИТЕКТОРОВ

Т. Ф. Ельчищева

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел. 79158616308, e-mail: elschevat@mail.ru*)

Аннотация: 3D-моделирование имеет важное значение для подготовки высококвалифицированных и профессионально востребованных архитекторов. Рассматривается освоение студентами приемов 3D-проектирования в среде ArchiCAD, которое включает три различные области – учебный процесс, научную деятельность и исследования прикладного характера. Такое разделение позволяет каждому студенту выбрать круг своих интересов, что вовлекает его в образовательный процесс и позволяет стать активным участником обучения.

Abstract: 3D-modeling is essential for the preparation of highly sought-after architects and professionally. We consider the development of the students techniques 3D-design in the medium ArchiCAD, which includes three different areas of the educational process, scientific activities and applied research. This separation allows each student to select a range of his interests, which involves him in the educational process and allows you to become an active participant in the learning.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, архитектор, виртуальное проектирование, среда ArchiCAD, учебный процесс, 3D-моделирование.

Keywords: computer-aided design, architect, virtual design, the medium ArchiCAD, the learning process, 3D-modeling.

Освоение приемов 3-х мерного моделирования в среде ArchiCAD для студентов, обучающихся по направлению «Архитектура», ставит своей целью подготовку высококвалифицированных кадров – профессионалов в области 3D-проектирования, моделирования и прототипирования.

Обучение студентов приемам 3D-проектирования охватывает три различные области [1], касающиеся как учебного процесса, так и области научной деятельности и исследований, имеющих прикладной характер (рис. 1).

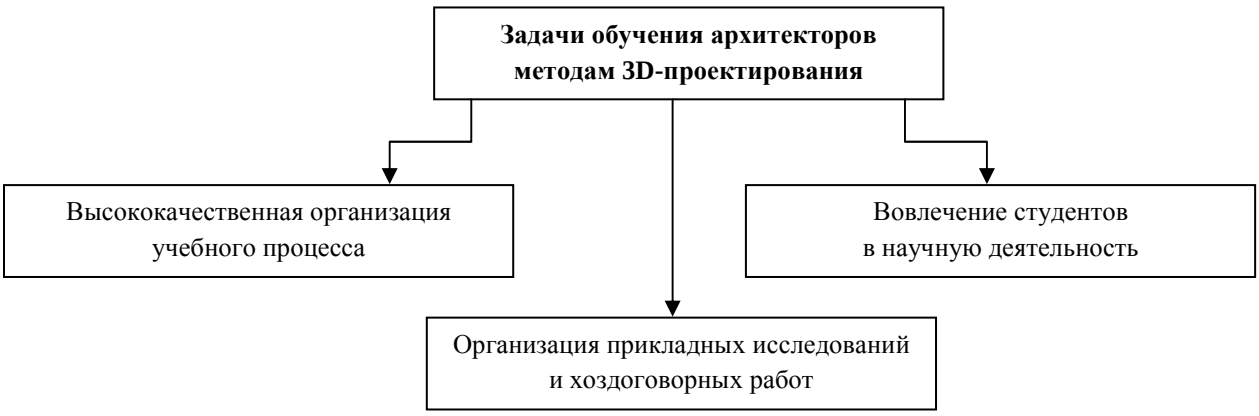


Рис. 1. Основные задачи обучения студентов-архитекторов приемам 3D проектирования

Методы 3D-проектирования для обеспечения высокой организации *учебного* процесса включают:

– разработку учебно-методических материалов – методических указаний и учебных пособий с использованием средств 3D-графики и технологий мультимедиа;

– углубленное изучение в области автоматизированного проектирования ряда специальных дисциплин, таких как «Архитектурное проектирование», «Архитектурные конструкции и теория конструирования», «Современные архитектурные конструкции», «Конструкции и инженерное оборудование сельскохозяйственных зданий», «Компьютерная графика в архитектурном проектировании» и др.;

– выполнение выпускных квалификационных работ на высоком уровне подачи материала с применением современного программного обеспечения (создание 3D-моделей проектов с возможностью проследить все этапы строительства или реконструкции объектов в виде объемных моделей и видеороликов);

– разработку и изготовление демонстрационных материалов с использованием средств виртуального моделирования (учебных стендов, плакатов и макетов, наглядных пособий).

Научная деятельность включает:

– участие в грантах на финансирование научных исследований и проектов по направлениям научной деятельности кафедры «Архитектура и строительство зданий» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»;

– выполнение студенческих научно-исследовательских проектов;

– выполнение научно-исследовательских работ по заказам организаций и Администрации города и области с совместным участием студентов, аспирантов, магистрантов и преподавателей кафедры;

– участие в научно-технических мероприятиях (конференциях, симпозиумах, выставках) и архитектурных конкурсах в России и за рубежом.

Область *прикладных исследований* включает коммерческую реализацию проектов, выполненных студентами, на основе хоздоговоров, заключенных на базе функционирующего в ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Научно-технического центра по проблемам архитектуры и строительства:

– разработка проектов зданий и сооружений (вновь возводимых и реконструируемых) по заказам граждан, организаций и Администрации города и области;

– разработка и изготовление виртуальных и реальных макетов запроектированных объектов строительства любой сложности;

– изготовление рекламных видеоматериалов об объекте строительства с возможностью виртуального путешествия по проектируемому объекту;

– создание виртуальных моделей культурно-исторических объектов – существующих в настоящее время архитектурных памятников, а также тех, которые не сохранились до нашего времени, по уцелевшим чертежам и фотографиям;

– создание 3D-генеральных планов объектов строительства, участков городской застройки и дорожных развязок.

Для решения указанных задач владение виртуальным проектированием совершенно необходимо для будущих практикующих архитекторов. Поэтому значительной мотивацией для активного освоения и использования студентами метода компьютерного проектирования на современном этапе является конкурентная борьба на рынке труда. Обеспечение конкурентоспособности будущих архитекторов, выпускаемых вузом – это идея, которая объединяет интересы преподавателя и студента.

Разделение задач 3D-проектирования на три вышеназванные области позволяет каждому студенту обозначить сферу приложения своих усилий. Образовательный процесс приобретает личностно-ориентированный характер. Обучающиеся могут при этом выстроить свою персональную линию обучения. Это вовлекает студентов в образовательный процесс и дает возможность стать его главными и активными участниками. Такой подход к образованию способствует развитию личностных качеств студентов и, вместе с прочными знаниями в предметной области, сформировать стремление к активному познанию. Наиболее полно учитываются способности и интересы обучающихся, создаются благоприятные условия для их обучения, преподаватель подводит студента к осознанию того, что процесс обучения не сводится только ко временному отрезку обучения в вузе, а является непрерывным и должен обеспечивать профессиональную подготовку в течение всего периода активной трудовой деятельности.

Наиболее органично для обучения архитекторов применение виртуальной среды, специально ориентированной на разработку проектов зданий, сооружений и рельефа местности. Из многих предлагаемых программных продуктов наиболее выгодное место занимает среда ArchiCAD [2].

Будущий архитектор может представить преподавателю или заказчику свой проект на самых ранних стадиях его разработки, что позволяет производить необходимые корректировки. Для получения 3D-изображения на плане этажа можно размещать любое количество камер. Это позволяет получить перспективные изображения проекта с различных ракурсов. Кроме того, можно получить 3D-анимацию, создав из расположенных на плане камер «траекторию съемки», представляющую собой разомкнутую/сомкнутую кривую, кривую Безье или кольцо. Замкнутые линии позволяют получить непрерывный анимационный ролик. Кроме ключевых кадров, где расположены камеры, между ними можно создавать промежуточные кадры, что делает перемещение камер более реалистичным.

В процессе проектирования студент погружается в виртуальный мир проектируемого объекта [3], тем самым вызывается эффект нахождения и личного участия проектировщика в создании не только проекта, но и непосредственно возведении самого объекта. Виртуальное прототипирование, т.е. создание 3D-модели здания, сооружения в среде ArchiCAD, и последующее физическое прототипирование, т.е. создание реального макета проектируемо-

го объекта в заданном масштабе стандартными средствами макетирования с помощью картона и бумаги, позволяют существенно сократить сроки создания проекта, повысить качество проектного решения, выявить все недостатки еще на стадии проектирования.

В работе над проектом студентам часто приходится использовать интероперабельность продукта ArchiCAD – его способность взаимодействовать и функционировать с другими продуктами или системами [2], что позволяет при работе в среде ArchiCAD использовать чертежи, созданные в других программах, либо переводить чертежи, созданные в ArchiCAD, в другие программы, например, в AutoCAD, а также создавать фотоизображения в форматах: SGI; Photoshop, Windows BMP, JPEG, PICT, PNG, TIF, Truevision TGA, JPEG 2000, QuickTime.

Для наилучшего визуального восприятия создаваемого проекта, максимально приближенного к реальному, студентом из диалогового окна 3D-модели может создаваться фотореалистическое изображение объекта. Для создаваемого фотоизображения в диалоговом окне настраиваются такие параметры, как разрешение (dpi), размеры. Здесь же проводится настройка различных спецэффектов: студент самостоятельно выбирает прозрачность и отражательную способность материалов, освещение съемки – солнечное, рассеянное, от источников света или от «вспышки» камеры. Встроенный механизм визуализации позволяет получит фотоизображения для различных городов Земли, в зависимости от времени года и времени суток. Это позволяет вести проектирование в «режиме реального времени» и повышает интерес студентов к излагаемому материалу. Визуальное восприятие объекта зависит и от характера отбрасывания теней от источников света или солнца. Студент выбирает требуемые настройки, при необходимости легко может их изменить. В качестве фона фотоизображения выбирается одноцветный фон или цвет неба и земли, автоматически строится линия горизонта. В качестве фона может быть выбран рисунок – встроенный, имеющийся в библиотеке программы, либо подгружаемый студентом. В случае проектирования на определенной местности это может быть фотография места строительства, выполненная студентом на стадии предпроектных изысканий. Тогда изображение будет наиболее реалистичным. Такие изображения сохраняются в виде снимков текущего состояния проекта и могут иллюстрировать его различные стадии, от начала «строительства» до его завершения. Тем самым студент может создавать фотоотчет своей проектной деятельности.

Встроенные в ArchiCAD средства визуализации проекта достаточно мощные, однако всю модель проекта можно экспортировать, при необходимости дальнейшего усовершенствования 3D-графики, в программу Art·lantis. При этом может устанавливаться связь между исходным файлом в ArchiCAD и файлом в Art·lantis. Планы этажей, а также (когда активно 3D-окно) 3D-модель проекта, можно сохранять в формате файла фотореалистических изображений AutoDesk’s 3D Studio 3DS (.3ds) и других распространенных форматах – Piranesi или Photoshop. Это позволяет произвести более точную

настройку цветовой гаммы проекта и получить ряд дополнительных эффектов. Интероперабельность ArchiCAD является хорошей мотивацией для освоения студентами совместимых с ArchiCAD программами, что расширяет кругозор студентов, позволяет им увереннее владеть персональным компьютером, реализовывать полученные умения и навыки в практической деятельности на высоком профессиональном уровне и повышает профессиональную востребованность.

Библиографический список

1. Кучеренко М.В. Школа 3D инжиниринга. ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет». URL: http://www.google.ru/url?url=http://www.omgtu.ru/scientificactivities/files/%25D0%259A%25D1%2583%25D1%2587%25D0%25B5%25D1%2580%25D0%25B5%25D0%25BD%25D0%25BA%25D0%25BE.pptx&rct=j&q=&esrc=s&sa=U&ei=2nKJVIu7N-j-ywP1w4KoBg&ved=0CBMQFjAA&usg=AFQjCNFAdnSIh69qylaEF6vSKVyLUFFmuw (дата обращения 30.11.2014).

2. Справка ArchiCAD. URL: http://www.graphisoft.com (дата обращения 30.11.2014).

3. Шабров Н.Н., Орлов С.Г., Мельникова Н.Б. Моделирование на вычислительных кластерах и в системе виртуальной реальности. URL: http://www.ict.edu.ru/vconf/files/8380.pdf (дата обращения 30.11.2014).

References

1. Kucherenko M.V. Shkola 3D inzhiniringa. FGBOU VPO «Omskiy gosudarstvennyiy tehnicheskiy universitet». URL: http://www.google.ru/url?url=http://www.omgtu.ru/scientificactivities/files/%25D0%259A%25D1%2583%25D1%2587%25D0%25B5%25D1%2580%25D0%25B5%25D0%25BD%25D0%25BA%25D0%25BE.pptx&rct=j&q=&esrc=s&sa=U&ei=2nKJVIu7N-j-ywP1w4KoBg&ved=0CBMQFjAA&usg=AFQjCNFAdnSIh69qylaEF6vSKVyLUFFmuw (data obrascheniya 30.11.2014).

2. Spravka ArchiCAD. URL: http://www.graphisoft.com (data obrascheniya 30.11.2014).

3. Shabrov N.N., Orlov S.G., Melnikova N.B. Modelirovanie na vyichislitelnyih klasterah i v sisteme virtualnoy realnosti. URL: http://www.ict.edu.ru/vconf/files/8380.pdf (data obrascheniya 30.11.2014).

СЕКЦИЯ III
ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ: СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК. 656.11

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

М. Е. Елисеев*, Т. Н. Томчинская, А. А. Репников***, Е. Н. Моисеева ******

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород:
** доцент кафедры «Высшая математика»*
(*тел. 79040400583, eliseevmic@mail.ru*);
*** доцент кафедры «Графические информационные системы»*
(*тел. 79047868269, tomchinskaya@mail.ru*);
**** аспирант кафедры «Высшая математика»*
(*тел. 79030539907, closer90@gmail.com*);
***** магистрант кафедры «Графические информационные системы»*
(*тел. 79047879180, rianna70@yandex.ru*)

Аннотация: рассматриваются архитектура информационной системы, предназначенной для анализа очагов ДТП, и принципы работы локальной подсистемы статистического анализа очагов аварийности. Результат анализа представляется на интерактивной карте аварийности. К интерактивной карте подключены виртуальные модели дорожно-транспортных происшествий на наиболее опасных участках. Приводятся примеры проведения анализа с использованием разработанного программного обеспечения и программных продуктов Autodesk - AutoCad Map3D и Maya.

Abstract: This paper considers the architecture of the information system for the analysis of the centers of the accident, and principles of statistical analysis of the accidents subsystem. The analysis result submitted on an interactive map of accidents. To interactive map connected virtual model of road accidents on the most dangerous areas. Provides examples of the analysis using the developed software and program products such as AutoCad Map3D and Maya.

Ключевые слова: авария, ДТП, ГИС, геоинформационная система, топографический анализ, виртуальная модель, интерактивная карта.

Keywords: accident, traffic collision, TRC, traffic accident, TRA, GIS, Geographic Information System, *virtual model*, an interactive map.

Анализ существующей дорожно-транспортной ситуации в крупных городах показывает необходимость принятия комплекса неотложных мер по оздоровлению ситуации на дорогах и решения проблем транспортного комплекса. Одним из главных вопросов является - ухудшение условий движения и снижение уровня безопасности движения на улицах мегаполисов. В данной работе для решения этих проблем рассматривается применение топографического анализа, ГИС-технологий и виртуального моделирования. Топографический анализ дорожно-транспортных происшествий (ДТП) – стандартный метод для выявления участков дорог с повышенной аварийностью («очагов ДТП»), ГИС-технологии подразумевают объединение пространственных и табличных данных в единое целое с возможностью использования для анализа динамических SQL запросов. Таким образом, для создания интерактивной карты необходима база данных ДТП, имеющая привязку к ГИС-карте.

В ранних публикациях авторов [1 – 4] разбиралась методика создания интерактивной карты аварийности.

Архитектура информационной системы, предназначенной для анализа ДТП, состоит из ведущей локальной подсистемы, обеспечивающей:

1) подготовку и сопровождение многослойной векторной карты города;
2) разработка виртуальных моделей ДТП на наиболее опасных участках;
3) связь с базой данных ДТП;
4) статистический анализ факторов, сопутствующих ДТП;
5) экспорт в интернет-подсистему (импорт данных из нее).

Интернет-подсистема позволяет осуществлять обратную связь с субъектами дорожного движения, с помощью которой участники дорожного движения получают личностно-ориентированную информацию о ДТП в режиме реального времени в виде тематических карт с аннотациями и рекомендуемыми путями объезда в тех случаях, когда это возможно. В случае необходимости возможен просмотр аварийных ситуаций, возникающих на пути движения.

Представлено исследование аварийности Нижнего Новгорода при помощи создания тематических слоев на основе статистического анализа ДТП.

Статистический анализ осуществляет специальный программный модуль – анализатор очага. В блоке формулируется для данной географической области (обычно не более 500 м^2) статистически наиболее вероятные гипотезы о причинах аварийности и выявляются потенциально опасные категории участников ДТП. Подразумевается, что очаг содержит достаточный объем статистической информации.

Графическое отображение участков ДТП осуществляется посредством выделения их цветом.

Система вывода и визуализации тематической информации включает векторную карту города с подключенной внешней базой данных (табл. 1.). Вывод информации осуществляется посредством SQL-запросов. В качестве инструментальной среды применяется AutoCAD Map 3D.

Очаги разделены по степени опасности на 4 группы на основе индексов мощности очага. Каждой группе присваивается цвет (по степени опасности от «желтый» – наименее опасный, до «красный» – наиболее опасный) которым и окрашивается соответствующий участок дороги (рис. 1).

На рисунке 1 представлен тематический слой «Снежный накат». На карте видно, что наиболее опасные участки находятся на Комсомольской площади, Проспекте Ленина, на улицах Новикова Прибоя и Героя Попова.

Названия улиц и предупреждения, а также детальное описание очага ДТП с рекомендациями соответствующими максимальному индексу из табл. 1 появляются при увеличении масштаба.

Более детальный анализ причин ДТП производится на основе данных об участниках ДТП, представленных в табл. 2.

1. Фрагмент БД содержащей информацию о ДТП

Улица	Дом	nn	Dist	Prior	V	BokInt	Pesch	Засне-женная дорога	Гололе-дица	Снеж-ный накат	Снего-пад
Московское шоссе	9	81	0	0	0	1,7	2,2	1,30	0,42	0,00	0,69
Попова	39	81	1,2	0	0	0	0	0,84	5,74	0,64	0,61
Московское шоссе	9	81	0	0	0	1,7	2,2	1,30	0,42	0,00	0,69
Ларина	9	82	0	1,5	0	0	0	1,40	1,02	0,00	1,98
Ларина	9	82	0	1,5	0	0	0	1,40	1,02	0,00	1,98
Бурнаковский проезд	15	83	1,7	1,8	0	0	1	1,31	0,27	0,00	0,78
Гагарина просп.	186	83	1,7	0	0	2,4	0	1,09	0,00	0,00	1,82
Львовская	8	83	0	0	1,2	0	1,7	0,67	1,40	1,76	1,34
Горького Максима площадь		84	1,5	0	1,1	0	4,3	0,53	0,00	0,72	0,78
Комсомольское шоссе	5	84	1	0	0	1,5	1,6	1,18	1,11	0,00	0,98

Рис. 1. Тематический слой «Снежный накат»

2. Выделенные категории водителей очага «Московское шоссе, 104»

№ класса	u_k / w_k	u_k	Пол	Возраст	Стаж
16	0,594	0,012	Женщина	20 – 25	1 – 3 года
21	0,446	0,035	Мужчина	20 – 25	3 – 7 лет
23	2,58	0,088	Мужчина	40 – 60	3 – 7 лет
28	1,742	0,018	Женщина	40 – 60	3 – 7 лет
34	0,398	0,006	Мужчина	>60	более 7 лет
38	0,264	0,006	Женщина	40 – 60	более 7 лет

Здесь u_k и w_k – доли рассматриваемой категории водителей в выборке и генеральной совокупности соответственно.

Созданы тематические слои содержащие информацию о процентном соотношении числа участников ДТП и количестве представителей определенной категории.

Так как трехмерное моделирование позволяет наилучшим образом описать реальную ситуацию на дороге, объекты дорожного движения, их взаимное расположение (рис. 2). То для повышения безопасности движения, расширения формирования умений и навыков безопасного поведения, на участках с максимальным количеством происшествий предлагается рассмотреть наиболее опасные ситуации с помощью виртуальных моделей ДТП. Модели происшествий привязаны к интерактивной карте.

Для визуализации городской среды применяется метод низкополигонального моделирования. Модели зданий, используемых в проекте менее детальны, но этого достаточно для того, чтобы подчеркнуть все основные особенности сооружения, а мелкие детали отображаются за счет наложения на полигоны реалистичных текстур, созданных на основе фотографий. Остановимся на двух примерах.

1. На рисунке 3 представлен анализ ситуации на карте и виртуальная модель ДТП в районе станции метро Пролетарская. Модель построена в инструментальной среде MAYA.

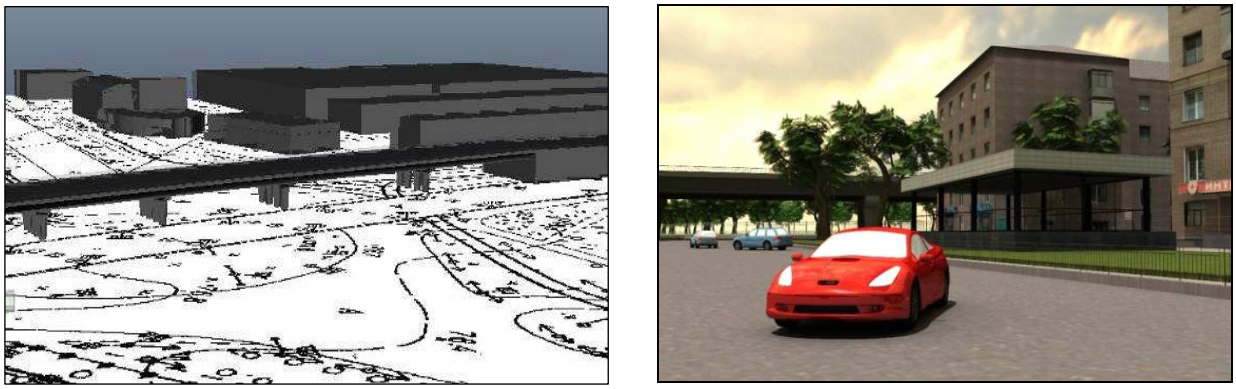


Рис. 2. Этап моделирования городской среды

Рис. 3. Моделирование и визуализация ДТП на опасном участке выезда с круга

Рис. 4. Трехмерная модель Сенной площади и вид из модели автомобиля на участке дороги с вероятным ослеплением водителя

2. В районе Сенной площади на спуске в сторону улицы Белинского (рис. 4) в летнее время года возникает ситуация ослепления водителя солнечными лучами.

Трехмерные модели также могут быть использованы для принятия управленческих решений относительно модификации дорожной инфраструктуры районов с повышенной аварийностью.

Библиографический список

1. Елисеев М.Е., Репников А.А., Томчинская Т.Н., Филинских А.Д. О интерактивной карте аварийности крупного города. Сборник научных трудов Sworld. 2011. Т. 3. № 4. С. 40-45.

2. Елисеев М.Е., Пронин Д.М., Репников А.А., Сангалова М.Е., Томчинская Т.Н. Подсистема анализа очагов интерактивной карты аварийности. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2012. № 4 (97). С. 358-362.

3. Елисеев М. Е., Сангалова М.Е. О классификации очагов аварийности. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 4. С. 320-326.

4. Елисеев М. Е. О статистическом анализе очагов аварийности. Автотранспортное предприятие. 2012. № 4. С. 37-38.

References

1. Eliseev M.E., Repnikov A.A., Tomchinskaya T.N., Filinskih A.D. O interaktivnoy karte avariynosti krupnogo goroda. Sbornik nauchnyih trudov Sworld. 2011. T. 3. № 4. S. 40-45.

2. Eliseev M.E., Pronin D.M., Repnikov A.A., Sangalova M.E., Tomchinskaya T.N. Podsistema analiza ochagov interaktivnoy kartyi avariynosti. Trudyi NGTU im. R.E. Alekseeva. 2012. № 4 (97). S. 358-362.

3. Eliseev M. E., Sangalova M.E. O klassifikatsii ochagov avariynosti. Trudyi NGTU im. R.E. Alekseeva. 2013. № 4. S. 320-326.

4. Eliseev M. E. O statisticheskom analize ochagov avariynosti. Avtotransportnoe predpriyatie. 2012. № 4. S. 37-38.

УКД 007

О ПЕРСПЕКТИВАХ ФОРМИРОВАНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ОБЛАСТИ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

С. Н. Вихляев

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*953*)*7079030*, *e-mail: helpsergejj@yandex.ru*)

Аннотация: представлен альтернативный вариант решения ряда задач, связанных с внедрением различных методов виртуального моделирование в геоинформационные системы. Представленный труд может быть интересен как сотрудникам геоинформационных систем, так и проектировщикам виртуальных моделей.

Abstract: the proposed research article presents alternative solutions to a number of problems associated with the implementation of different methods of virtual modeling in geographic information systems. The presented work can be interesting as employees of geographic information systems and designers of virtual models.

Ключевые слова: геоинформационный, виртуальный, моделирование, прототипирование, система.

Keywords: GIS, virtual, simulation, prototyping, system.

Сравнительно недавно основным источником информации являлись рукописные издания. Книги, газеты, диссертации, научные статьи, карты местности – все это имело максимальную ценность лишь в оригинальном исполнении. Исследователи, ученые или же просто ценители редкой литературы часто терялись в поисках нужной информации и накапливали ее в своих личных архивах; иметь большую домашнюю библиотеку было признаком самодостаточности.

Интернет как мировая сеть получил широкий доступ только в начале XXI в. Сеть сетей постоянно наращивает информационные ресурсы и сейчас доступ к 99% информации Мира можно незатруднительно получить с помощью персонального или карманного компьютера (смартфона). Если принять за среднестатистическую книгу роман Михаила Афанасьевича Булгакова «Мастер и Маргарита», то в наиболее используемом карманными компьютерами объеме памяти (32 Гб) «поместится» более 30 000 книг. Это количество сопоставимо с фондом Российской государственной библиотеки в момент ее основания – 19 июня 1862 г.

Среди всего многообразия видов представления информации в Интернете свое призвание нашли картографические материалы, которые повсеместно используются в навигации и геоинформационных системах (ГИС).

Современная техническая оснащенность общества в области навигации и информатизации позволяет прокладывать и следовать по маршруту, а также получить сведения о любом объекте, отмеченном ранее в ГИС.

К сожалению, не все объекты, содержащие потенциальный интерес, в настоящий момент отмечены в информационных системах, кроме того пользователя подобных систем порой могут интересовать не только текстовые, карто- и фотографические материалы объектов; часто среди предпочтений при-

сутствует возможность рассмотрения объекта под разными углами или, например, возможность ознакомиться с планом помещения. Для решения описанной проблемы было принято решение о взаимодействии с таким направлением как «виртуальное моделирование» или 3D.

В настоящее время существует достаточное количество программных продуктов, позволяющих создать объемные модели. Среди них присутствуют такие как Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya, Autodesk Softimage, Blender, Cinema 4D, Houdini, Modo, LightWave 3D и др. Помимо этих ПО существует широкий спектр инструментов, позволяющих интегрировать созданные модели в набор объектов ГИС.

Проблема заключается в том, что методы моделирования территориальных объектов не так давно стали применяться в системах навигации, и технически менее оснащенные регионы могут отставать в развитии 3D моделирования объектов ГИС.

При анализе проблемы был предложен альтернативный вариант ее решения.

Мы предлагаем:

1) сформировать (или наделить необходимыми полномочиями уже существующую) Ответственную Организацию, в полномочия которой (в том числе) войдет:

– ответственность за поддержание актуальности информации, расположенной на ресурсах геопортала (-ов);

– ответственность за деятельность организаций, вступивших в сотрудничество на правах исполнителя и расположенных на поверенных территориях;

2) сформировать филиалы предлагаемой Организации во всех регионах Российской Федерации и за рубежом;

3) оснастить Ответственную Организацию необходимыми инструментами для размещения (проверенных и предварительно представленных в соответствии с ГОСТ Р иди другом международным стандартом) виртуальных моделей в ГИС;

4) создать единый Виртуальный Пополняемый Пул, в котором будут храниться объекты, ожидающие проектирования и объекты, ожидающие своего внесения в базу данных геоинформационных систем.

Далее мы считаем необходимым пояснить цель предлагаемых действий.

В России около 850 государственных технических высших учебных заведений. В каждом из них есть такие дисциплины, как картография, архитектура, градостроение и т.д. В рамках этих дисциплин, как правило, изучают программные продукты, позволяющие проектировать объемные модели. Мы считаем, что студенты, обучающиеся на технических специальностях, могут принять участие в предлагаемом проекте в роли разработчиков 3D моделей, используя приобретенные в ВУЗе практические навыки в работе с вышеупомянутыми ПО. Результаты этой деятельности по окончанию проверки Ответственной Организацией, могут быть размещены в ГИС как объекты недвижимости, ландшафтные объекты, объекты инфраструктуры населенных пунктов и др.

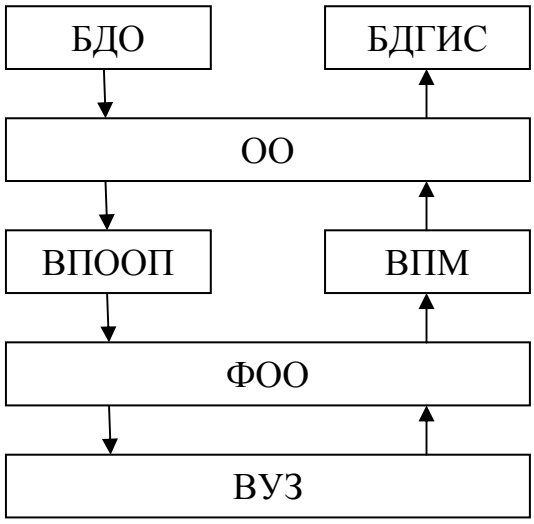


Схема 1

Для наглядности демонстрируем путь сведений об объекте, который планируется занести в базу данных ГИС (схема 1), где приняты обозначения (сверху вниз): БДО – база данных объектов, БДГИС – база данных геоинформационной системы; ОО – Ответственная Организация, ВПООП – Виртуальный Пул объектов, ожидающих проектирования, ФОО – филиал Ответственной Организации, ВУЗ – высшее учебное заведение, ВПМ – Виртуальный Пул моделей (подготовленных).

Таким образом, реализация предлагаемого проекта поможет добиться следующих результатов.

1) *Развитие ГИС-технологий примет равномерный характер.* Ответственная Организация примет на себя обязанности контроля над поверенными территориями и поначалу будет выполнять функции руководства, а затем кураторства деятельности ВУЗов в направлении виртуального моделирования объектов недвижимости, ландшафтных объектов, объектов инфраструктуры населенных пунктов и др.

2) *Международные ГИС-технологии станут на шаг ближе к созданию единой геоинформационной системы.* Ответственные Организации смогут выступать на международном уровне как партнеры, объединяя свои базы данных.

3) *Приобретение учащимися ВУЗов актуальные практические навыки во время учебного процесса.* При сотрудничестве с техническими вузами задания для учащихся не будут повторяться, что заставляет отказаться от выполнения проектирования «по шаблону». Принимать решение о выполнении/невыполнении проектирования модели выбранного учащимся объектом может только Ответственная Организация, взявшая на себя предусмотренные полномочия.

4) *Развитие виртуального моделирования.* Концепции современных реалий направлены на технологичное повышение информативности, следствием чего, в том числе, является поэтапная модернизация имеющихся информационных систем. Широкое внедрение 3D моделирования в такие актуаль-

ные системы как ГИС позволит перейти на новый уровень развития не только информационных систем, но и области применения виртуального моделирования в целом.

5) *Большие перспективы*. Взаимосвязь ГИС с технологиями виртуального моделирования открывает возможности для повышения атрибутивности объектов; в дальнейшем ГИС системы можно связать, например, с городскими сетями видеокамер, которые будут в реальном времени транслировать происходящее для пользователей информационных ресурсов.

6) *Довузовская подготовка*. Помимо таких относительно сложных программных продуктов для виртуального моделирования как Autodesk 3ds Max существуют и такие ПО, которые могут изучить и ученики школ, колледжей, лицеев, гимназий. Одним из таких программных продуктов является SketchUp. Он обладает простым инструментарием, с помощью которого можно создавать 3D модели. Эти модели могут быть так же успешно внесены в базу данных ГИС.

7) *Взаимодействие с программой «Доступная среда»*. Виртуальное моделирование, примененное в ГИС, даст возможность людям с ограниченными возможностями не выходя из дома сформировать представление о реальных объектах, глядя на результат работы 3D проектировщиков.

Библиографический список

1. Ли Дж. Уэр Б. Трехмерная графика и анимация. – 2-е изд. М.: Вильямс, 2002. 640 с.

2. Херн Д. Бейкер М.П. Компьютерная графика и стандарт OpenGL. – 3-е изд. М.: 2005. 1168 с

3. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI: учеб. пос. М. : Изд-во МГУ, 2004. 71 с.

4. Энджел Э. Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL. – 2-е изд. М.: Вильямс, 2001. 592 с.

5. Браун Л. А. История географических карт. М: Центрполиграф, 2006. 479 с.

6. Журкин И. Г., Шайтура С. В. Геоинформационные системы. М: Кудиц-пресс, 2009. 272 с.

References

1. Li Dzh. Uer B. TrYohmernaya grafika i animatsiya. – 2-e izd. M.: Vilyams, 2002. 640 s.

2. Hern D. Beyker M.P. Kompyuternaya grafika i standart OpenGL. – 3-e izd. M.: 2005. 1168 s

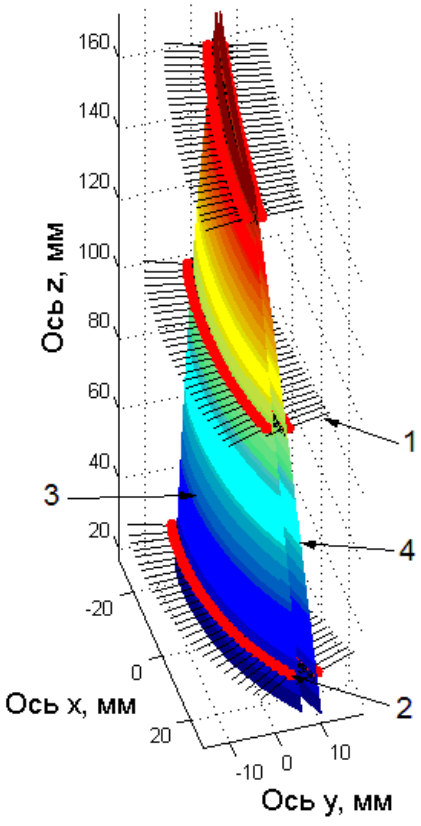
3. Antonov A.S. Parallelnoe programmirovanie s ispolzovaniem tehnologii MPI: ucheb. pos. M. : Izd-vo MGU, 2004. 71 s.

4. Endzhel E. Interaktivnaya kompyuternaya grafika. Vvodnyiy kurs na baze OpenGL. – 2-e izd. M.: Vilyams, 2001. 592 s.

5. Braun L. A. Istoriya geograficheskih kart. M: Tsentrpoligraf, 2006. 479 s.

6. Zhurkin I. G., Shaytura S. V. Geoinformatsionnyie sistemyi. M: Kudits-press, 2009. 272 s.

СЕКЦИЯ IV
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМИНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ И СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ



УДК 004.942

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Т. А. Фролова, Д. С. Туляков

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*631019, e-mail: frolova@mail.gaps.tstu.ru*)

Аннотация: Поставлена и решена задача оценки экономической эффективности химического производства. Результат решения такой задачи поможет лицу, принимающего решение выбрать наиболее эффективный проект на начальном этапе принятия решения, а также позволит более эффективно управлять денежными средствами предприятия.

Abstract: Formulated and solved the problem of evaluating the economic efficiency chemical production. The result of solving this problem will help the decision maker to choose the most effective project at an early stage of decision-making and will be more efficient management of cash flows of the enterprise.

Ключевые слова: критерии эффективности, система поддержки принятия решений, инвестиционный проект, химическое производство.

Keywords: performance criteria, decision support system, investment project, chemical production.

В современных рыночных условиях перед руководством предприятий химических производств стоит задача выбора заказа на производство продукции, а также оценка его инвестиционной привлекательности [1]. Поэтому, лицу принимающему решение о запуске того или иного производства продукта необходимо сделать выбор между текущими заказами, основываясь на критериях экономической эффективности, которые позволят сделать выбор в пользу наиболее экономически выгодных и инвестиционно привлекательных заказов [2]. Такая задача выбора формулируется следующим образом.

Необходимо, для заданного заказа $S_p = \left(Q^p, T^p\right)$ на производство продукта *p*, найти такой способ организации химического производства, для которого:

$$CF \to \max \tag{1}$$

$$NPV > 0 \wedge NPV \to \max \tag{2}$$

$$PI > 1 \wedge PI \to \max \tag{3}$$

$$PBP \to \min \tag{4}$$

$$BEP \to \min \tag{5}$$

$$FCM \to 100\% \tag{6}$$

при выполнении условий:

$$VS_j^p \subset VS^Z,\ X_j^p \subset X^Z,\ T_f^p \le T^p,\ Q_f^p = Q^p, \tag{7}$$

где *CF* – денежный поток; *NPV* – чистый дисконтированный доход; *PI* – индекс доходности; *PBP* – срок окупаемости; *BEP* – точка безубыточности; *FCM* – запас финансовой безопасности производства; $VS_j^p = \left\{VS_1^p,...,VS_j^p,...,VS_J^p\right\}$ – сово-

купность типоразмеров аппаратов на j-ой стадии для p-го продукта; VS^Z – совокупность типоразмеров аппаратов имеющихся в наличии на предприятии; $X_j^p = \left\{X_1^p, ..., X_j^p, ..., X_J^p\right\}$ – тип основного аппарата j-ой стадии p-го продукта; X^Z – типы основных аппаратов имеющихся в наличии на предприятии; T_f^p – плановая продолжительность выпуска p-го продукта; T^p – срок выпуска p-го продукта по контракту; Q_f^p – объем выпуска p-го продукта при плановой продолжительности выпуска T_f^p; Q^p – объем выпуска p-го продукта по контракту.

Решение данной задачи может помочь руководству предприятия оценить доступные на данный момент предложения по производству продукции и выбрать наиболее экономически выгодные.

Алгоритм решения задачи (1) – (7) представлен на рис. 1.

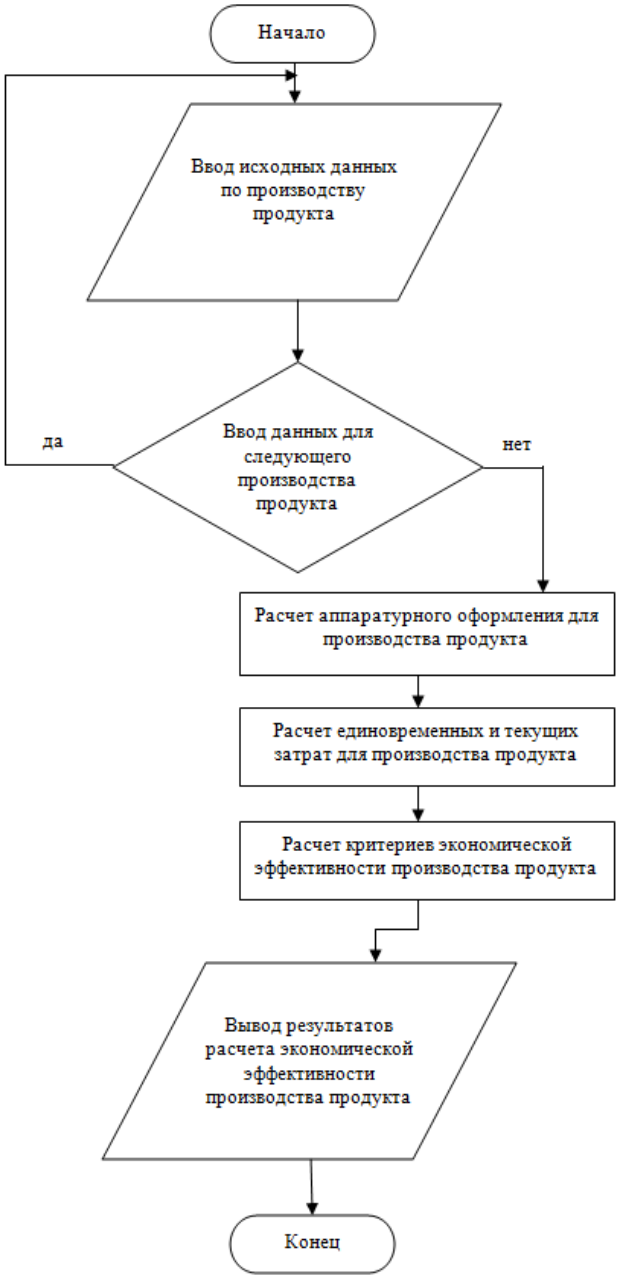


Рис. 1. Алгоритм решения задачи (1) – (7)

На вход подаются исходные данные по производству продукта, такие как объем производимой продукции, сроки выполнения заказа, а также информация по текущим и единовременным затратам и имеющемся на предприятии оборудовании [3]. Аналогично вводятся данные по другим производствам продуктов. Далее, основе данной информации рассчитывается аппаратурное оформление, которое потребуется для производства продукции. Следующий шаг это расчет единовременных и текущих затрат для производства продукта и на основании результатов этого расчета выводятся критерии экономической эффективности для конкретного производства продукта. На основе таких коэффициентов делается вывод об эффективности того или иного варианта производства и выбора такого заказа, который экономически привлекательнее остальных. Решение такой задачи позволит выбрать проект на начальном этапе принятия решения по запуску производства продукции.

Для решения задачи (1) – (7) планируется разработать систему поддержки принятия решений (СППР) оценки экономической эффективности химических производств [5]. Внедрение такой СППР будет помогать лицу принимающему решение в оценке экономической эффективности того или иного производства. Система поддержки принятия решений принимает на вход данные по производствам различных проектов, которые обрабатываются для использования в расчетах оценки эффективности проектов и на выходе СППР получаем набор критериев, по которым оценивается инвестиционная привлекательность проектов (рис. 2).

Нами разработана архитектура СППР оценки экономической эффективности химических производств, она представлена на рис. 3. Пользователь системы вносит в базу данных (БД) информацию по производствам, экономическую эффективность которых требуется оценить. Данные могут быть, как в точном виде, так и в неопределенном [4]. Информация из БД используется для проведения расчетов по аппаратурному оформлению, а далее для расчета единовременных и текущих затрат и критериев эффективности. Пользователю выводится информация по проектам, на основании которой, он принимает решение о дальнейшем рассмотрении того или иного производства.

Данная система поддержки принятия решений поможет лицу, принимающего решение, в кратчайшие сроки и в условиях неопределенности выбрать наиболее выгодное на данный момент производство продукции, а также избежать финансовых потерь от неверного решения при выборе заказа на производство той или иной продукции. Результатом использования такой

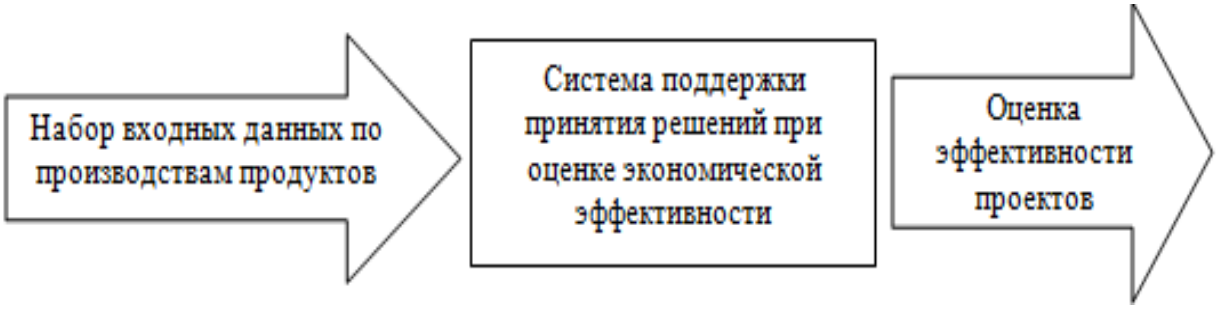


Рис. 2. Работа СППР

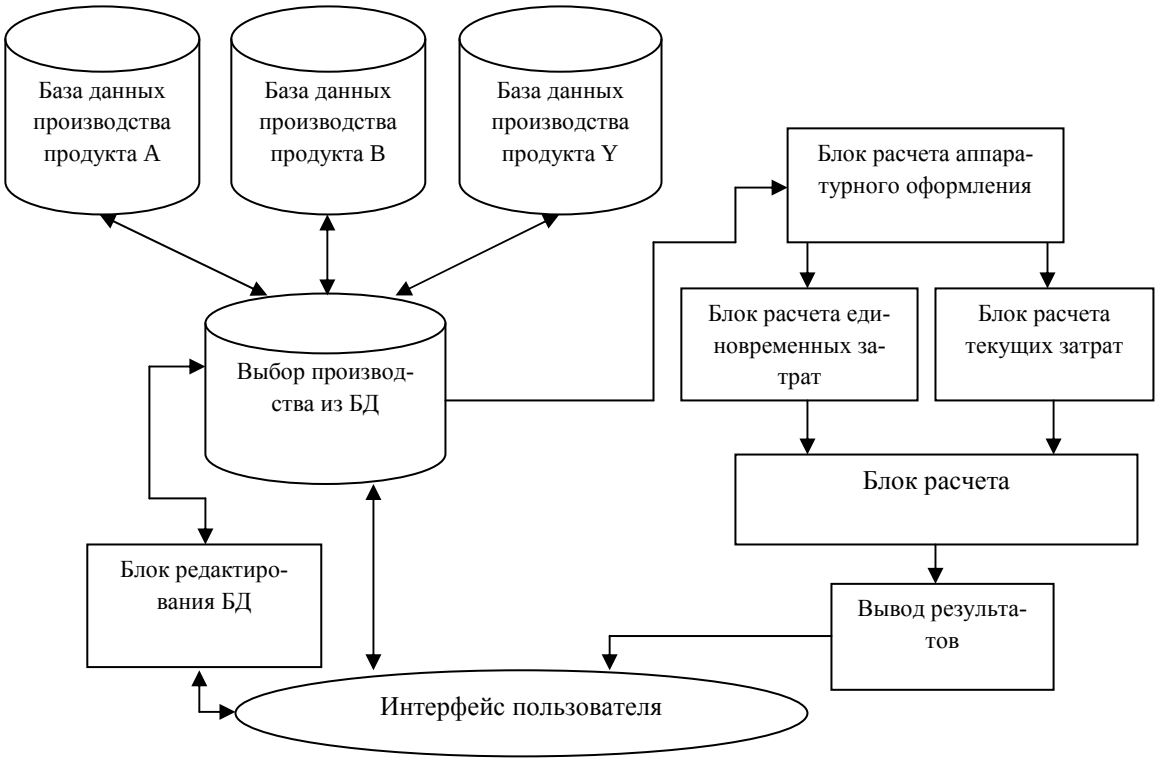


Рис. 3. Архитектура СППР

СППР может стать более эффективная финансовая политика и распределение денежных средств предприятия.

Библиографический список

1. Фролова Т.А., Туляков Д.С. Система поддержки принятия решения оценки инвестиционных проектов в химической промышленности // Математические методы и технологии: Материалы XXVII Международной научной конференции. Тамбов, 2014. С. 112-117.

2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов министерством экономики РФ, министерством финансов РФ, государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 № 477.

3. Малыгин, Е.Н. Проектирование гибких автоматизированных производственных систем: Учебное пособие. / Е.Н. Малыгин, А.Ф. Егоров, С.В. Карпушкин. – М: Машиностроение, 2000, - 112с.

4. Фролов, С.В. Решение интервальных математических моделей технологических процессов. / Т.А. Фролова, Д.С. Туляков // Наука и образование. Инженерное образование. - 2012. - №9. http://technomag.edu.ru/.

5. Туляков, Д.С. Decision support in estimation of the economic efficiency for the chemical industry / Д.С. Туляков, Т.А. Фролова // European Journal Of Natural History - 2014. - №2. С.60.

References

1. Frolova T.A., Tulyakov D.S. Sistema podderzhki prinyatiya resheniya otsenki investitsionnyih proektov v himicheskoy promyishlennosti // Matematicheskie metodyi i tehnologii: Materialyi XXVII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Tambov, 2014. S. 112-117.

2. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnyih proektov ministerstvom ekonomiki RF, ministerstvom finansov RF, gosudarstvennyim komitetom RF po stroitelnoy, arhitekturnoy i zhilischnoy politike 21.06.1999 № 477.

3. Malyigin, E.N. Proektirovanie gibkih avtomatizirovannyih proizvodstvennyih sistem: Uchebnoe posobie. / E.N. Malyigin, A.F. Egorov, S.V. Karpushkin. – M: Mashinostroenie, 2000, - 112s.

4. Frolov, S.V. Reshenie intervalnyih matematicheskih modeley tehnologicheskih protsessov. / T.A. Frolova, D.S. Tulyakov // Nauka i obrazovanie. Inzhenernoe obrazovanie. - 2012. - №9. http://technomag.edu.ru/.

5. Tulyakov, D.S. Decision support in estimation of the economic efficiency for the chemical industry / D.S. Tulyakov, T.A. Frolova // European Journal Of Natural History - 2014. - №2. S.60.

УДК 62.181.1

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КОНТАКТНОМ МЕТОДЕ

В. А. Печенин, М. А. Болотов, А. В. Рыжков

Самарский государственный аэрокосмический университет им. ак. С. П. Королева
Национальный исследовательский университет, Россия, Самара
(*тел.* (*8846*)*2674776, e-mail: vadim.pechenin@mail.ru*)

Аннотация: Для того, что бы оценить точность координатных измерений, относящихся к косвенными методам измерения, необходимо создать модель процесса измерения. Измерения с помощью контактных методов являются наиболее точными и часто применяемыми в современном аэрокосмическом производстве. В статье разработана модель, позволяющая оценить точность контактного измерения сложных криволинейных поверхностей на координатно-измерительных машинах (КИМ). В модели применены два оптимизационных алгоритма, проведено сравнение их производительности. Проведено исследование возникающих погрешностей при измерении пера лопатки компрессора газотурбинного двигателя.

Abstract: In order to assess the accuracy of coordinate measurements relating to indirect measurement methods, it is necessary to create a model of the measurement process. Measurements with contact methods are the most accurate and commonly used in the aerospace industry. The paper developed a model that allows to assess the accuracy of the contact measurement of complex curved surfaces to coordinate measuring machines (CMMs). The model incorporates two optimization algorithm, a comparison of their performance. The investigation errors occurring when measured gas turbine engine compressor blades.

Ключевые слова: координатные измерения, измерительный наконечник, оптимизационный алгоритм, лопатка.

Keywords: coordinate measurement, probe tip, optimization algorithm, blade.

Для измерения сложных поверхностей в промышленности широко применяются КИМ, которые могут быть оборудованы как контактными, так и бесконтактными измерительными системами. КИМ очень гибкие при измерении различных деталей и позволяют измерять точки поверхности с высокой тонностью. Когда точность измерения сложной поверхности имеет решающее значение для работы изделия (лопатки ГТД), измерение, как правило, проводятся на КИМ реализующих контактный метод измерения.

Контактный метод измерения производится посредством касания измерительного наконечника, как правило сферической формы, о поверхность из-

меряемой детали или изделия и получения в результате облака измеренных точек. Облака точек определяют поверхности, линии и точки детали, необходимые размеры изделия. При измерении поверхностей, имеющих сложную геометрическую форму, не описываемую геометрическими примитивами, точность контактных измерений на КИМ определяется как факторами внешней среды и конструкцией КИМ, так и особенностями измеряемой детали. Одними из ключевых факторов, влияющих на точность измерения, являются радиус измерительного наконечника и кривизна поверхности самой детали.

Чем выше кривизна измеряемой поверхности и больше радиус измерительного наконечника, тем больше возникающая при измерении погрешность определения фактических координат точек детали. Подходом, позволяющим определить величину возникающей погрешности, является математическое моделирование процесса измерения.

На рисунке 1 представлены поверхности корыта и спинки лопатки компрессора газотурбинного двигателя, определяемые на облаке измеренных точек с помощью кусочных сплайнов 3 степени [1].

Изготавливаемые поверхности сложной формы всегда отличаются от их CAD-моделей на величину отклонений формы и расположения [2]. Из-за этих отклонений координаты точки на измерительном наконечнике, рассчитываемые по нормали к CAD-модели из координаты центра наконечника, рассчитываются с погрешностью. На рис. 1 представлена схема измерения криволинейной поверхности с отклонениями формы и расположения.

В связи с вышесказанным создана модель, позволяющая производить оценку возникающей погрешности определения точки касания измерительного наконечника о поверхности деталей. Рассмотрим работу созданной модели на примере поверхностей спинки и корыта пера лопатки ГТД (рис. 2).

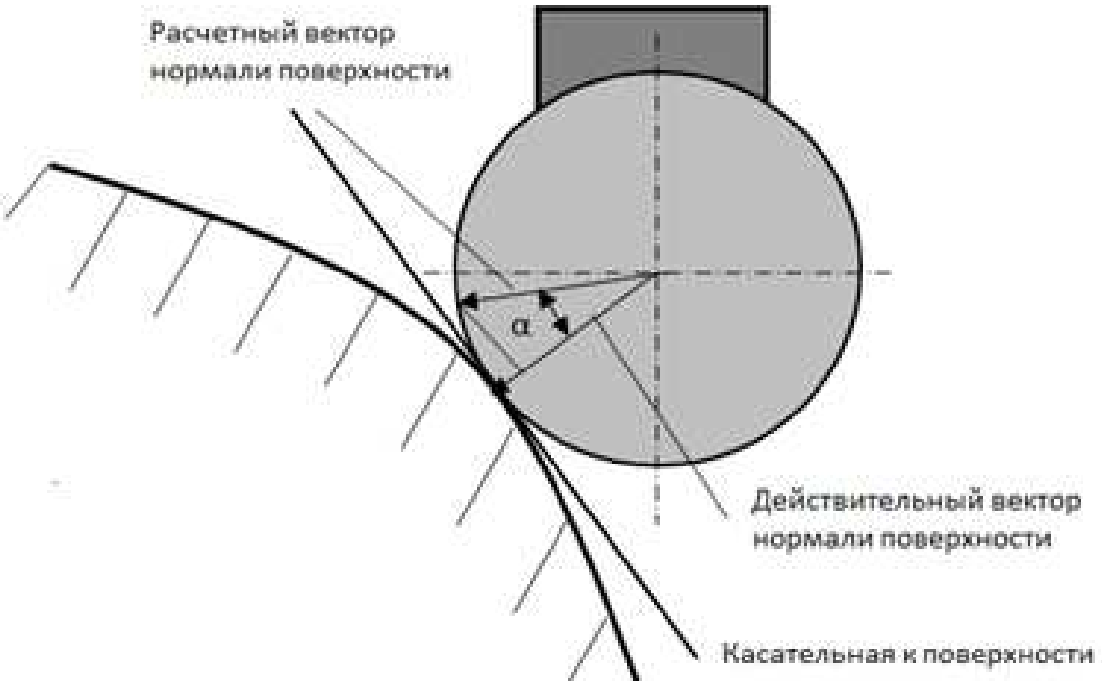


Рис. 1. Оценка погрешности Δ, вызванной несовпадением номинального и реального направления нормали к поверхности

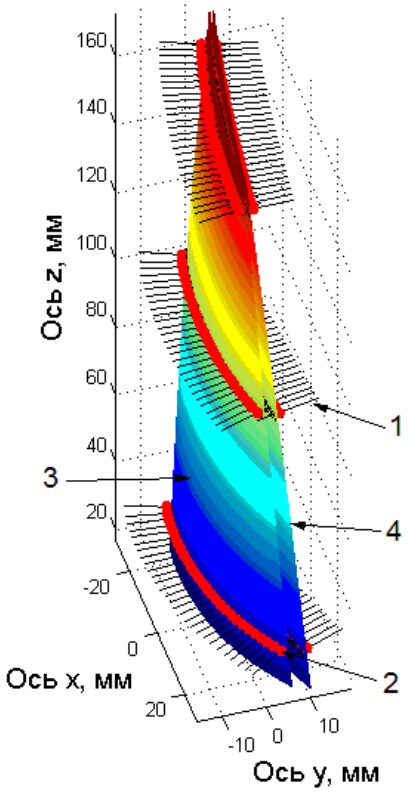


Рис. 2. Модель измерения пера лопатки ГТД по трем сечениям:
1 – нормали к CAD-модели поверхности; *2* – измерительный наконечник;
3, 4 – поверхности спинки и корыта

Поверхности измерения и соответствующие им номинальные поверхности пера лопаток созданы в программном пакете MATLAB по множеству координат измеренных точек на КИМ DEA Global Performance 07.10.07 и соответсвующих им точек, взятых с CAD-модели пера лопатки. Алгоритм поиска точки касания и имеренных точек на измерительном наконечнике содержит следующие этапы.

1. Определяются координаты точек измерения на поврехности CAD-модели детали.
2. Через измеряемые точки строятся нормали к CAD-поверхности.
3. По нормалям к номинальной поверхности движется щуп до касания поверхности.

Рассчитываются координаты точек касания на реальной поверхности детали. Для удобства расчетов для каждой точки производится поворот системы координат таким образом, что нормаль совмещается с осью *z*. Для этого производится два последовательных разворота координат точек поверхностей вокруг координатных осей x и y на соответсвующие углы наклона нормали. После этого производится поиск минимального значения целевой функции в новой системе координат:

$$f(x, y) = \left| z_O - z_n \right| \to \min, \qquad (1)$$

где z_O и z_n - координаты точки на поверхности щупа и измеряемой поверхности по оси *z*.

Координаты *x* и *y* поверхности и щупа совпадают и подчиняются ограничениям:

$$\begin{gathered} \left|O_x - x\right| \le R, \\ \left|O_y - y\right| \le R, \\ x \in E_x, \\ y \in E_y, \end{gathered} \qquad (2)$$

где R – величина радиуса измерительного наконечника; E_x, E_y – области определения измеряемой поверхности в плоскости *XOY*; O_x, O_y – координаты центра измерительного наконечника по осям *x* и *y*.

Базовым алгоритмом поиска координаты точки касания является метод равномерного поиска, состоящем в итерационном разбиении области поиска на N равных интервалов и поиске в них значения целевой функции и выборе наилучшего результата в качетве решения [3]. Более эффективным алгоритмом, примененным в разработанной модели, является метод последовательного квадратичного программирования. При реализации второго метода оценивания с использованием квадратичной аппроксимации предполагается, что в ограниченном интервале можно аппроксимировать функцию квадратичным полиномом, а затем использовать построенную аппроксимационную схему для оценивания координаты точки истинного минимума функции [4].

Сравнение производительности двух методов представлено в табл. 1.

4. Определяется координаты центров щупа, лежащих на нормалях. По точкам центров строится измеренная поверхность. На основании ее уравнений переопределяются уравнения нормалей и на расстоянии радиусов измерительного наконечника от центров рассчитываются координаты измеренных точек.

5. Отклонение координат точек на поверхности от координат измеренных точек характеризует точность измерений.

В таблице 2 представлены результаты расчетов точности при моделировании измерений спинки и корыта лопатки компрессора ГТД.

1. Производительность работы алгоритмов поиска параметров касания

Количество точек	4	8	16	32	64
Равномерный поиск	45,76	89,01	183,05	369,31	741,45
Последовательное квадратичное программирование	0,69	1,16	2,33	4,41	8,18
Отношение производительности двух методов	66,57	76,49	78,52	83,69	90,64

2. Рассчитанные погрешности компенсации радиуса щупа при измерении

Количество точек измерения	30	45	60	84	108
Радиус 1 мм					
Спинка	0,0462	0,0271	0,0216	0,0199	0,0125
Корыто	0,0239	0,0159	0,0123	0,0107	0,0074
Радиус 2 мм					
Спинка	0,0928	0,0547	0,0435	0,0400	0,0255
Корыто	0,0474	0,0315	0,0244	0,0211	0,0146

На рисунке 3 представны погрешности измерения, получаемые при измерении поверхности корыта измерительным наконечником с радиусом 1 мм. Измерение производилось по трем сечениям с 28 точками в сечении.

Как следует из рисунка, величины погрешностей компенсации радиуса щупа возрастают на краях поверхности, особенно в местах резкого увеличения кривизны, в области входных и выходных кромок лопатки. Паспортная точность КИМ составляет 1,7 – 2,2 мкм для поверхности такой протяженности, как перо лопатки. Как видно, реальная точность в некоторых областях значительно выше.

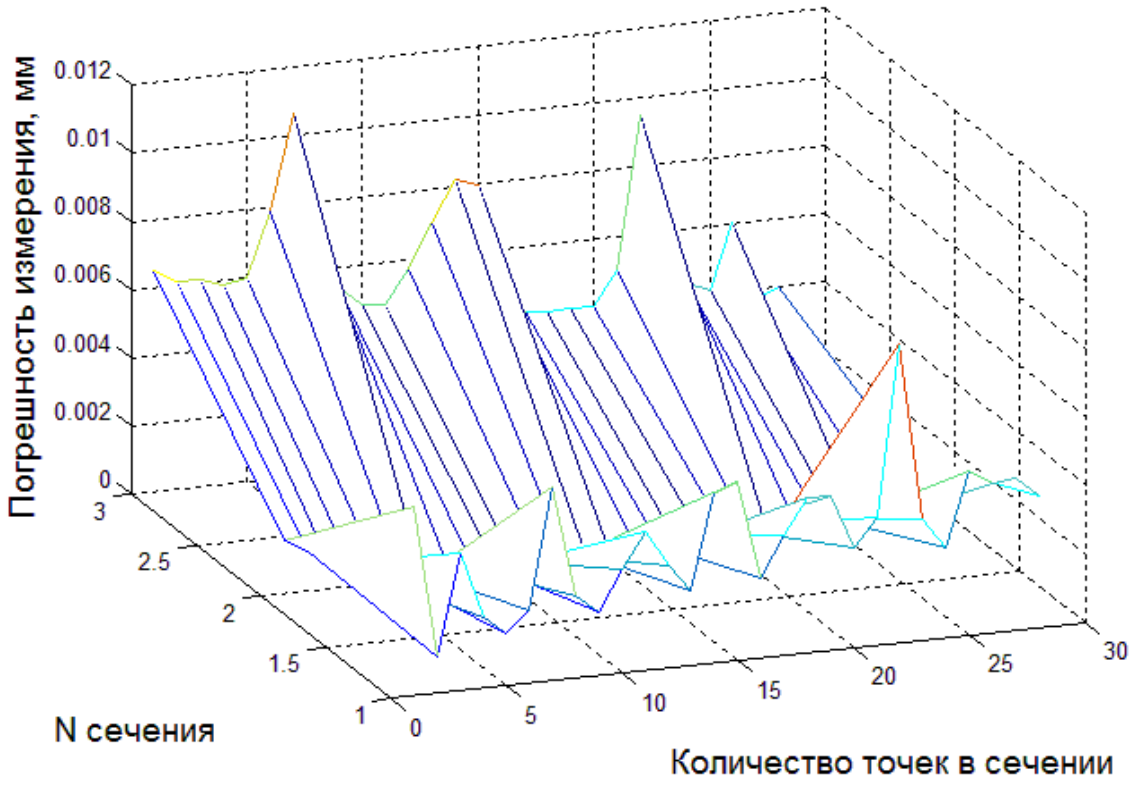


Рис. 3. Погрешность координатных измерений на корыте лопатки

На основании созданной модели можно сделать выводы, что при увеличении кривизны измеряемой поверхности точность координатных измерений уменьшается, при увеличении количества точек она растет. При увеличении радиуса измерительного наконечника сферической формы, ошибки определения точки касания так же возрастают.

Библиографический список

1. Роджерс Д. Математические основы машинной графики / Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. 604 с.

2. Savio E. Chiffre L. De, Schmitt R. Metrology of freeform shaped parts // Elseiver. Pp.810-835.

3. Rajamohan G. Shunmugam M.S., Samuel G.L. Effect of probe size and measurement strategies on assessment of freeform profile deviations using coordinate measuring machine // Measurement, 2011, № 44, Pp. 832-841.

4. Powell M.J.D. A fast algorithm for nonlinearly constrained optimization calculations, numerical analysis// ed. G.A. Watson, Lecture Notes in Mathematics, Springer Verlag. 1978.

References

1. Rodzhers D. Matematicheskie osnovyi mashinnoy grafiki / D. Rodzhers, Dzh. Adams. – M.: Mir, 2001. 604 s.

2. Savio E. Chiffre L. De, Schmitt R. Metrology of freeform shaped parts // Elseiver. Pp.810-835.

3. Rajamohan G. Shunmugam M.S., Samuel G.L. Effect of probe size and measurement strategies on assessment of freeform profile deviations using coordinate measuring machine // Measurement, 2011, № 44, Pp. 832-841.

4. Powell M.J.D. A fast algorithm for nonlinearly constrained optimization calculations, numerical analysis// ed. G.A. Watson, Lecture Notes in Mathematics, Springer Verlag. 1978.

УДК 66.08:004.93

РАСПОЗНОВАНИЕ КРАЕВ ПУЗЫРКОВ ПРИ ПЕННОЙ ФЛОТАЦИИ КАЛИЙНЫХ РУД

А. В. Затонский, С. А. Варламова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал, Россия, г. Березники
(*тел.* (*3424*)*269090, e-mail: zxenon2000@yandex.ru, varlamovasa@ mail.ru*)

Аннотация: Машинное зрение способно точно и быстро получить характеристики пены. В настоящее время системы машинного зрения реализованы на нескольких промышленных объектах по всему миру и технология продолжает пользоваться достижениями в области компьютерных технологий. В статье приведены некоторые алгоритмы распознавания образов для оценки процесса флотации.

Abstract: Machine vision is able to accurately and rapidly extract froth characteristics. Currently, machine vision has been implemented on several industrial sites worldwide and the technology continues to benefit from advances in computer technology. The article describes some pattern recognition algorithms to assess the flotation process.

Ключевые слова: Машинное зрение, Анализ изображений, Флотация, Процесс управления.

Keywords: Machine vision, Image analysis, Flotation, Process control.

Флотация является одним из методов обогащения полезных ископаемых.

В зависимости от характера и способа образования межфазных границ, на которых происходит закрепление разделяемых компонентов различают несколько видов флотации: масляная, пленочная и пенная.

Для обогащения калийных руд применяют пенную флотацию. В этом случае через пульпу, содержащую флотационные реагенты, продувают воздух. Частицы минералов, несмачиваемые водой, прилипают к поднимающимся в пульпе пузырькам воздуха и выносятся на поверхность. Те частицы, которые хорошо смачиваются водой, не прилипают к пузырькам воздуха, остаются в пульпе и тонут.

В настоящее время более 80% калийных удобрений производится флотационным методом.

Качество конечного продукта существенно зависит от структуры и внешнего вида пены. Обычно, для принятия оперативных решений операторам флотации приходится делать визуальную оценку пены. При этом срабатывает человеческий фактор восприятия этих визуальных оценок и они могут существенно отличаться от смены к смене. Это может привести к противоречивым результатам процесса.

Для преодоления субъективных факторов необходимо использовать системы технического зрения и распознавания изображений. Такая система позволит оценивать несколько важных свойств пены: размер пузырьков, цвет пены, стабильность пены, – а также обеспечит статистические данные, связанные с этими показателями. Подобные системы используются в медно-рудных производствах (например, [1]), но в мире для контроля параметров флотации калийных руд не применяются.

Определение характеристик пены осуществляется на основе обработки потокового видео с камер, установленных во флотационных аппаратах. Полученное видео разбивается на кадры, которые при необходимости можно хранить для проведения дальнейшего анализа.

Распознавание изображений пены может дать физические, статистические и динамических характеристики, где последний класс признаков, получен из последовательности изображений, в отличие от первых двух классов.

Форма пузырьков и распознавание размеров пузырьков пены наряду с цветом пены это физические характеристики пены. Форма пузырька анализируется с помощью алгоритмов обнаружения края. Для этого изображение разделяется на сегменты и определяются резкие переходы в интенсивности пикселей изображений.

В классических методах обнаружения края градиенты интенсивностей пикселей между пузырьками оказываются слишком малы и не дают достоверных результатов. Кроме того, необходимо учитывать графические особенности пузырей – большие белые пятна на вершине пузыря, образованные градиентами интенсивности пикселей (рис. 1). Таким образом, для обнаружения границ пузырька разумно использовать методы трассировки [2].

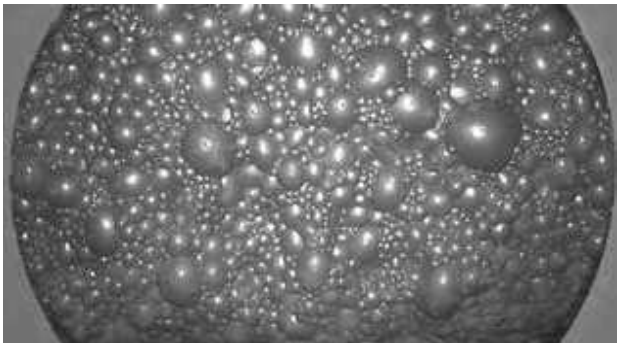


Рис. 1. Изображение флотационной пены с видеокамеры

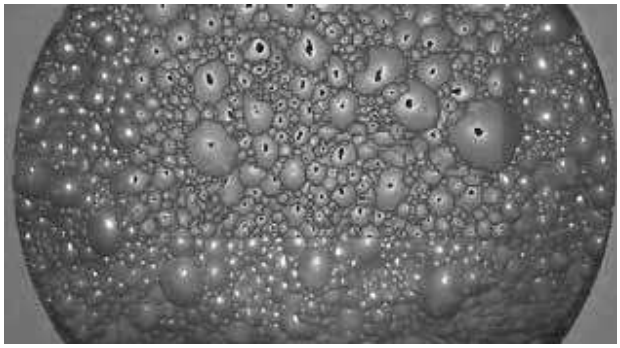


Рис. 2. Этап анализа размера пузырька

Основная идея обнаружения края пузырька заключается в определении границ между пузырьками.

Любая пена имеет слоистую структуру и для разных слоев пены и разных размеров пузырьков целесообразно применять разные алгоритмы определения края.

На первом этапе необходимо отфильтровать шум от изображения с применением метода Отса [4]. Далее выполняется бинаризация изображения. Целью операции бинаризации является радикальное уменьшение количества информации, содержащейся на изображении. Одно изображение можно рассматривать как трехмерный массив данных. Для корректной обработки исходное цветное (RGB) изображение переводится в полутоновое. В процессе бинаризации полутоновое изображение, имеющее некое количество уровней яркости, преобразуется в черно-белое изображение, пиксели которого имеют только два значения – 0 и 1. Следующим этапом обработки изображения является сегментация изображения, позволяющая сформировать множество объектов на изображении [3]. В результате сегментации можно получить объекты типа «пузырек», эти объекты будут самыми большими на изображении.

Это сопровождается оценкой возможных краевых пикселей пузырька путем проверки, находятся ли они на самой низкой точке в плоскости в некоторых направлениях. После этого выполняется процедура очистки (которая основана на отслеживании плоскости края), чтобы гарантировать, что никакие зазоры не находятся между краями. По сравнению с предыдущими методами, этот метод является более надежным и быстрым (рис. 2).

Другой метод сегментации изображений на основе итерационного применения идентификации локальных минимумов интенсивности пикселей, а затем пограничной истончение. После этого диаметр пузырьков может вычислить. Для пузырьков больших размеров, этот метод является более точным, однако при этом увеличивается время расчетов.

Практическая ценность предложенного метода заключается в увеличении скорости и точности расчета характеристик пузырьков пены и в возможности использования веб-камер для оценки параметров процесса флотации. Результат анализа изображений передается в систему автоматического регулирования расходом реагентов.

Библиографический список

1. Романенко С. А., Оленников А. С. Опыт внедрения видеокамер FrothMaster на обогатительной фабрике «Зеленая Гора–2» // Обогащение руд, 2014. №2. С.23-27.
2. Aldrich, C., Marais, C., Shean, B.J. and Cilliers, J.J., 2010. Online monitoring and control of froth flotation systems with machine vision: a review. International Journal of Mineral Processing [online], 96 (1-4), 1-13. URL: http://www.sciencedirect.com.pc124152.oulu.fi:8080/science/article/pii/S0301751610000633 [Accessed 19 January 2014].
3. Gilboa G., Osher S. Nonlocal linear image regularization and supervised segmentation // SIAM Multiscale Model. Simul. 2007. Vol. 6, №. 2. P. 595–630.
4. Hanses P. Deblurring. Images: matrices, spectra, and filtering. Philadelphia: SIAM, 2006.

References

1. Romanenko S. A., Olennikov A. S. Opyit vnedreniya videokamer FrothMaster na obogatitelnoy fabrike «Zelenaya Gora–2» // Obogaschenie rud, 2014. №2. S.23-27.
2. Aldrich, C., Marais, C., Shean, B.J. and Cilliers, J.J., 2010. Online monitoring and control of froth flotation systems with machine vision: a review. International Journal of Mineral Processing [online], 96 (1-4), 1-13. URL: http://www.sciencedirect.com.pc124152.oulu.fi:8080/science/article/pii/S0301751610000633 [Accessed 19 January 2014].
3. Gilboa G., Osher S. Nonlocal linear image regularization and supervised segmentation // SIAM Multiscale Model. Simul. 2007. Vol. 6, №. 2. P. 595–630.
4. Hanses P. Deblurring. Images: matrices, spectra, and filtering. Philadelphia: SIAM, 2006.

УДК 004.94

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРА ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Д. Л. Дедов, С. В. Абрамов, К. С. Корнилов, С. М. Терехов

Тамбовский государственный технический университет, *Россия*, *Тамбов*
(*тел. (4752)630211*, *e-mail: hammer68@mail.ru*)

Аннотация: В статье представлена функциональная модель обучения операторов технических систем.

Abstract: The article presents a functional model of operator training of technical systems

Ключевые слова: информационная система, виртуальный тренажер, SCADA системы.

Keywords: information system, virtual simulator, SCADA system.

Прежде чем преступить к разработке тренажерного комплекса необходимо определится с его структурой. Разработанная и представленная на рисунке 1 функциональная модель включает основные этапы подготовки оператора.

Современные АСУ ТП создаются на базе SCADA-систем. Использование компьютерной техники позволяет существенно облегчить задачу оператора, так как современные устройства сбора данных позволяют в реальном времени снимать показания приборов со всей системы и передавать ее на пульт управления оператора. Поэтому и разработку виртуальных тренажеров логично производить именно с использованием SCADA-систем, так как это позволяет

добиться почти полного соответствия передней панели тренажера и пульта управления оператора [1 – 8].

При разработке виртуального тренажерного комплекса использовалась среда программирования LabVIEW. Ее применение обусловлено возможностью практически полной имитации реальной панели пульта управления оператора, поддержкой протоколов TCP/IP и HTTP с целью создания сетевой версии комплекса, комфортностью среды разработки и совместимостью с современными языками программирования, кроссплатформенностью, наличием удобного отладчика, доступностью.

Прежде всего, для разработки тренажера с возможностью его использования в сети Интернет, необходимо разработать структуру информационных потоков, а также выбрать технологи взаимодействия программы тренажера с обучающимся. Для передачи данных в многофункциональных системах существует технология Remote Panel. Так как тренажер имеет целый комплекс органов управления и контроля, то использование данной технологии целесообразно.

В данной технологии основой для передачи данных служит Web сервер и инструмент WEB Publishing Tool, которые входят в любой из вариантов поставки LabVIEW Basic, Full Development System или Professional. Web сервер LabVIEW генерирует HTML документы, публикует изображения передней панели в Сети путем встраивания виртуального инструмента в Web страничку. Пользователю доступны возможности разграничения доступа браузеров к

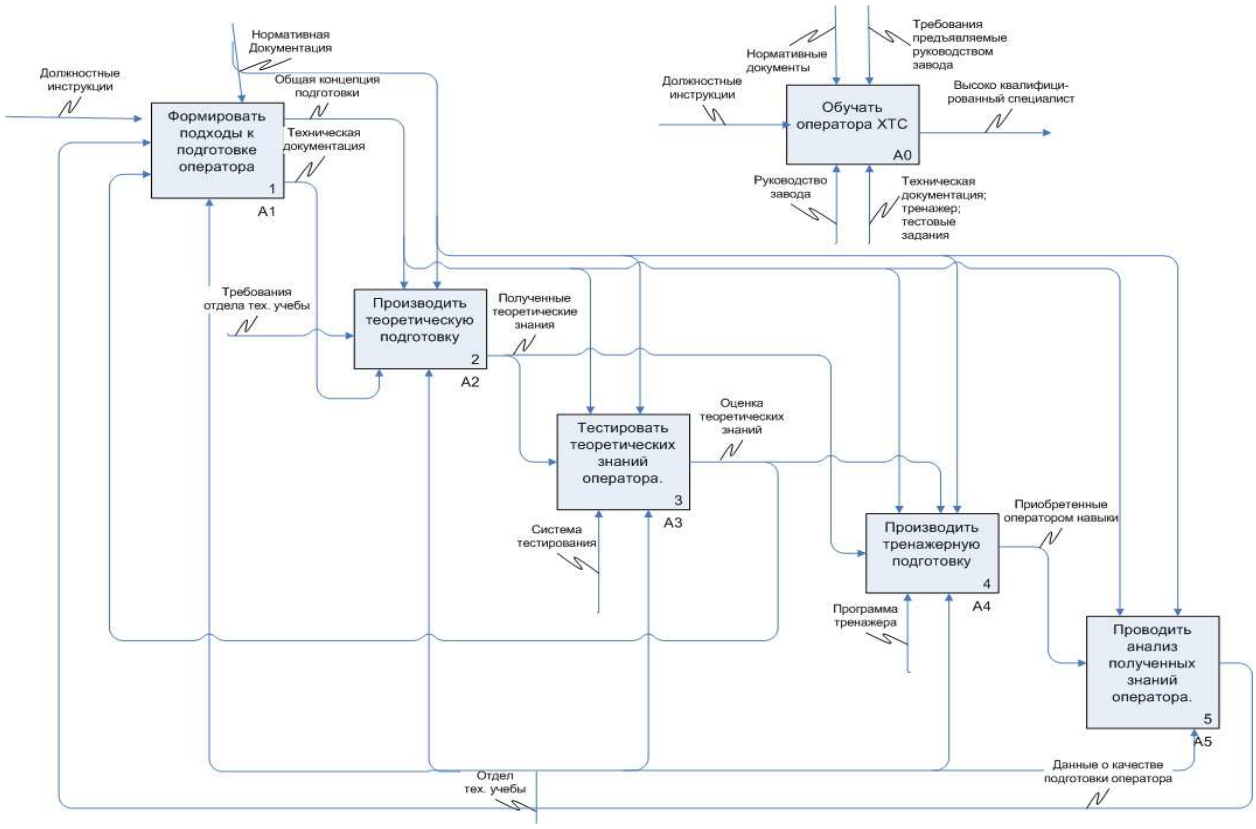


Рис. 1. Функциональная модель обучения оператора химико-технологической системы (ХТС)

публикуемым передним панелям и назначения элементов управления и/или индикации, которые будут видимы в Интернете. Дополнительные возможности управления виртуальным инструментом и защиты публикуемых данных от несанкционированного доступа реализуются через LabVIEW Enterprise Connectivity Toolset. Вначале требуется разрешить запуск Web сервера и определить его настройки, а затем подготовить публикуемые HTML документы. После запуска приложения LabVIEW (когда код загружен в память ПК сервера), передняя панель будет доступна клиентам через Интернет с помощью LabVIEW или Web браузера.

Поэтому виртуальный тренажер включает рабочие места для нескольких операторов, которые разнесены по разным рабочим станциям и взаимодействуют по сетевым протоколам. Применение тренажеров с использованием системы «группа операторов - инструктор» приводит также к отработке взаимодействия между операторами, направленного на снижение влияний возмущающих факторов.

Библиографический список

1. Интеграция виртуальных тренажеров в процесс обучения операторов технических систем с использованием интернет-технологий / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л., Остроух А.В. // Дистанционное и виртуальное обучение. - 2010. № 7. С. 38-49.

2. Системный подход к проектированию автоматизированной информационной системы обучения студентов и тренинга операторов химико-технологических систем. / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2009. Т. 15. № 4. С. 926-935.

3. Обучение операторов химических производств с применением тренажерных систем. / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л. // Химическая промышленность сегодня. - 2011. № 4. С. 44-49.

4. Структура автоматизированной информационной системы и алгоритм проектирования виртуальных тренажерных комплексов для обучения операторов нефтехимических производств. / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л., Остроух А.В., Николаев А.Б. // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - 2011. № 54. С. 170-179.

5. Алгоритм проектирования виртуальных тренажерных комплексов для обучения операторов технических систем / Дедов Д.Л., Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Остроух А.В. // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2012. № 3. С. 68-75.

6. Algorithm of virtual training complex designing for personnel retraining on petrochemical enterprise. / Barinov K., Krasnyanskiy M., Malamut A., Ostroukh A. // International Journal of Advanced Studies. - 2012. Т. 2. № 3. С. 6.

7. Опыт разработки и использования электронных образовательных ресурсов нового поколения для дистанционной технологии обучения. / Остроух А.В., Баринов К.А., Краснянский М.Н., Буров Д.А. // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - 2009. № 141. С. 179.

8. Problems of virtual training complexes design for education of operators of chemical engineering systems / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Karpov S.V. // International Journal of Advanced Studies. 2014. Т. 4. № 1. С. 10-14.

References

1. Integratsiya virtualnyih trenazherov v protsess obucheniya operatorov tehnicheskih sistem s ispolzovaniem internet-tehnologiy. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Ostrouh A.V. // Distantsionnoe i virtualnoe obuchenie. - 2010. № 7. S. 38-49.

2. Sistemnyiy podhod k proektirovaniyu avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi obucheniya studentov i treninga operatorov himiko-tehnologicheskih sistem. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L. // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. - 2009. T. 15. № 4. S. 926-935.

3. Obuchenie operatorov himicheskih proizvodstv s primeneniem trenazhernyih sistem. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L. // Himicheskaya promyishlennost segodnya. - 2011. № 4. S. 44-49.

4. Struktura avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi i algoritm proektirovaniya virtualnyih trenazhernyih kompleksov dlya obucheniya operatorov neftehimicheskih proizvodstv. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Ostrouh A.V., Nikolaev A.B. // Vestnik Harkovskogo natsionalnogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta. - 2011. № 54. S. 170-179.

5. Algoritm proektirovaniya virtualnyih trenazhernyih kompleksov dlya obucheniya operatorov tehnicheskih sistem. / Dedov D.L., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Ostrouh A.V. // Informatsionnyie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2012. № 3. S. 68-75.

6. Algorithm of virtual training complex designing for personnel retraining on petrochemical enterprise. / Barinov K., Krasnyanskiy M., Malamut A., Ostroukh A. // International Journal of Advanced Studies. - 2012. T. 2. № 3. S. 6.

7. Opyit razrabotki i ispolzovaniya elektronnyih obrazovatelnyih resursov novogo pokoleniya dlya distantsionnoy tehnologii obucheniya. / Ostrouh A.V., Barinov K.A., Krasnyanskiy M.N., Burov D.A. // Nauchnyiy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta grazhdanskoy aviatsii. - 2009. № 141. S. 179.

8. Problems of virtual training complexes design for education of operators of chemical engineering systems / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Karpov S.V. // International Journal of Advanced Studies. 2014. T. 4. № 1. S. 10-14.

УДК 004.94

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Д. Л. Дедов, С. В. Абрамов, К. С. Корнилов, С. М. Терехов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630211, e-mail: hammer68@mail.ru*)

Аннотация: В статье представлена постановка задачи проектирования ВТК.
Abstract: The paper presents the formulation of the problem of designing VTC
Ключевые слова: информационная система, виртуальный тренажер, SCADA системы.
Keywords: information system, virtual simulator, SCADA system.

Сформулируем постановку задачи проектирования виртуального тренажерного комплекса для обучения операторов технической системы (ТС).

Необходимо разработать виртуальный тренажерный комплекс [1 – 8] для обучения операторов ТС, включающий:

– кластер информационно-справочных материалов [Λ],

$$[\Lambda] = [\,[T_j], \overline{G}_j, [M_j], DB\,],$$

– кластер функциональных блоков панелей виртуального тренажера [Φ],

$$[\Phi]=\begin{bmatrix} \overline{S}_1 & \overline{W}_1 & \overline{Z}_1 & \overline{C}_1 & [Э_1] \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \overline{S}_n & \overline{W}_n & \overline{Z}_n & \overline{C}_n & [Э_n] \end{bmatrix},$$

– способы и каналы сетевого взаимодействия обучаемых и инструктора $[Net]$;

$$[Net] = [\overline{O}_l,\ \overline{L}_l,\ \overline{P}_l]$$

– методику обучения и тренинга операторов $[MT]$

$$[MT]=[\overline{ШР}_j^M,\ \overline{АР}_j^M,\ \overline{МИ}_j],$$

и формирующий требуемый состав и уровень навыков управления технической системой в штатных и аварийных ситуациях $\overline{U}_j^*$, в соответствии с входящими в состав информационно-аналитического регламента ТС R моделями функционирования и отказов системы, моделями деятельности операторов ТС

$$R:\overline{U}_j \xrightarrow{[\Lambda],[\Phi],\ [Net],[MT]} \overline{U}_j^*.$$

Используемая в постановке задачи матрица элементов функционального блока $[Э_i]$ описывается следующим образом:

$$[Э_i]=\begin{bmatrix} r_1 & x_1 & y_1 & c_1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_K & x_K & y_K & c_K \end{bmatrix}.$$

Кластер $[T_j]$, определяющий состав текстовых информационно-справочных материалов, включает:

$$[T_j]=[\overline{ТП}_j, \overline{АО}_j, \overline{ШР}_j^T, \overline{АР}_j^T, \overline{РО}_j, \overline{РИ}_j, \overline{РП}_j, \overline{ВП}_j].$$

Кластер $[M_j]$, определяющий состав мультимедийных информационно-справочных материалов:

$$[M_j]=[3D,\ \overline{ОР}].$$

В постановке задачи использованы следующие обозначения: $\overline{G}_j$ – вектор, определяющий состав графических информационно-справочных материалов; j –порядковый номер продукта, выпускаемого на ТС; DB – база данных для хранения информационно-справочных материалов; $\overline{S}_i$ – вектор, определяющий состав функционального блока; $\overline{W}_i$ – вектор размеров функционального блока; $\overline{Z}_i$ – вектор координат функционального блока; $\overline{C}_i$ – вектор,

определяющий цветовое исполнение функционального блока; n – число функциональных блоков; $\overline{O}_l$ – вектор объектов взаимодействия; $\overline{L}_l$ – вектор связей объектов; $\overline{P}_l$ – вектор технологий сетевого взаимодействия; l – порядковый номер объекта ВТК; $\overline{ШР}_j^M$ – методика обучения в штатном режиме функционирования; $\overline{АР}_j^M$ – методика обучения в аварийном режиме функционирования; $\overline{МИ}_j$ – методика работы инструктора; r_i – размер элемента, x_i, y_i – координаты элемента в функциональном блоке; c_i – цветовое исполнение элементов; K – число элементов функционального блока; $\overline{ТП}_j$ - материалы по технологии производства; $\overline{АО}_j$ – материалы по аппаратурному оформлению; $\overline{ШР}_j^T$ – описание штатного режима функционирования ТС; $\overline{АР}_j^T$ – описание аварийного режима функционирования ТС; $\overline{РО}_j$ – руководство оператора; $\overline{РИ}_j$ – руководство инструктора; $\overline{РП}_j$ – руководство программиста; $\overline{ВП}_j$ – набор всплывающих подсказок; 3D – интерактивная 3D-модель производственного объекта; $\overline{ОР}$ – обучающие ролики.

Необходимо отметить, что при формировании виртуальных панелей управления тренажерного комплекса необходимо добиваться полного соответствия реальным пультам управления ТС. Любые отклонения могут вызвать появление у оператора навыков, которые не соответствуют реальным производствам и носят негативный характер.

Библиографический список

1. Интеграция виртуальных тренажеров в процесс обучения операторов технических систем с использованием интернет-технологий / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л., Остроух А.В. // Дистанционное и виртуальное обучение. - 2010. № 7. С. 38-49.

2. Системный подход к проектированию автоматизированной информационной системы обучения студентов и тренинга операторов химико-технологических систем / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2009. Т. 15. № 4. С. 926-935.

3. Обучение операторов химических производств с применением тренажерных систем. / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л. // Химическая промышленность сегодня. - 2011. № 4. С. 44-49.

4. Структура автоматизированной информационной системы и алгоритм проектирования виртуальных тренажерных комплексов для обучения операторов нефтехимических производств / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л., Остроух А.В., Николаев А.Б. // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - 2011. № 54. С. 170-179.

5. Алгоритм проектирования виртуальных тренажерных комплексов для обучения операторов технических систем / Дедов Д.Л., Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Остроух А.В. // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2012. № 3. С. 68-75.

6. Algorithm of virtual training complex designing for personnel retraining on petrochemical enterprise. / Barinov K., Krasnyanskiy M., Malamut A., Ostroukh A. // International Journal of Advanced Studies. - 2012. Т. 2. № 3. С. 6.

7. Опыт разработки и использования электронных образовательных ресурсов нового поколения для дистанционной технологии обучения. / Остроух А.В., Баринов К.А., Краснянский М.Н., Буров Д.А. // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - 2009. № 141. С. 179.

8. Problems of virtual training complexes design for education of operators of chemical engineering systems / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Karpov S.V. // International Journal of Advanced Studies. 2014. Т. 4. № 1. С. 10-14.

References

1. Integratsiya virtualnyih trenazherov v protsess obucheniya operatorov tehnicheskih sistem s ispolzovaniem internet-tehnologiy. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Ostrouh A.V. // Distantsionnoe i virtualnoe obuchenie. - 2010. № 7. S. 38-49.

2. Sistemnyiy podhod k proektirovaniyu avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi obucheniya studentov i treninga operatorov himiko-tehnologicheskih sistem. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L. // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. - 2009. T. 15. № 4. S. 926-935.

3. Obuchenie operatorov himicheskih proizvodstv s primeneniem trenazhernyih sistem. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L. // Himicheskaya promyishlennost segodnya. - 2011. № 4. S. 44-49.

4. Struktura avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi i algoritm proektirovaniya virtualnyih trenazhernyih kompleksov dlya obucheniya operatorov neftehimicheskih proizvodstv. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Ostrouh A.V., Nikolaev A.B. // Vestnik Harkovskogo natsionalnogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta. - 2011. № 54. S. 170-179.

5. Algoritm proektirovaniya virtualnyih trenazhernyih kompleksov dlya obucheniya operatorov tehnicheskih sistem. / Dedov D.L., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Ostrouh A.V. // Informatsionnyie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2012. № 3. S. 68-75.

6. Algorithm of virtual training complex designing for personnel retraining on petrochemical enterprise. / Barinov K., Krasnyanskiy M., Malamut A., Ostroukh A. // International Journal of Advanced Studies. - 2012. T. 2. № 3. S. 6.

7. Opyit razrabotki i ispolzovaniya elektronnyih obrazovatelnyih resursov novogo pokoleniya dlya distantsionnoy tehnologii obucheniya. / Ostrouh A.V., Barinov K.A., Krasnyanskiy M.N., Burov D.A. // Nauchnyiy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta grazhdanskoy aviatsii. - 2009. № 141. S. 179.

8. Problems of virtual training complexes design for education of operators of chemical engineering systems / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Karpov S.V. // International Journal of Advanced Studies. 2014. T. 4. № 1. S. 10-14.

УДК 535.36

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОГЛОЩАЮЩИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОНФОРМНО-ОТОБРАЖЕННЫХ ВФРТ

А. Ю. Потлов, С. Г. Проскурин, С. В. Фролов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел. 89204879863, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru*)

Аннотация: Описан способ экспресс регистрации неоднородностей в сильно рассеивающей среде, обладающей оптическими свойствами биологической ткани, до реконструкции изображения на основе принципов диффузионной оптической томографии.

Abstract: A new method of express inhomogeneities detection in strongly scattering media having optical properties of biological tissue before image reconstruction using diffuse optical tomography is described.

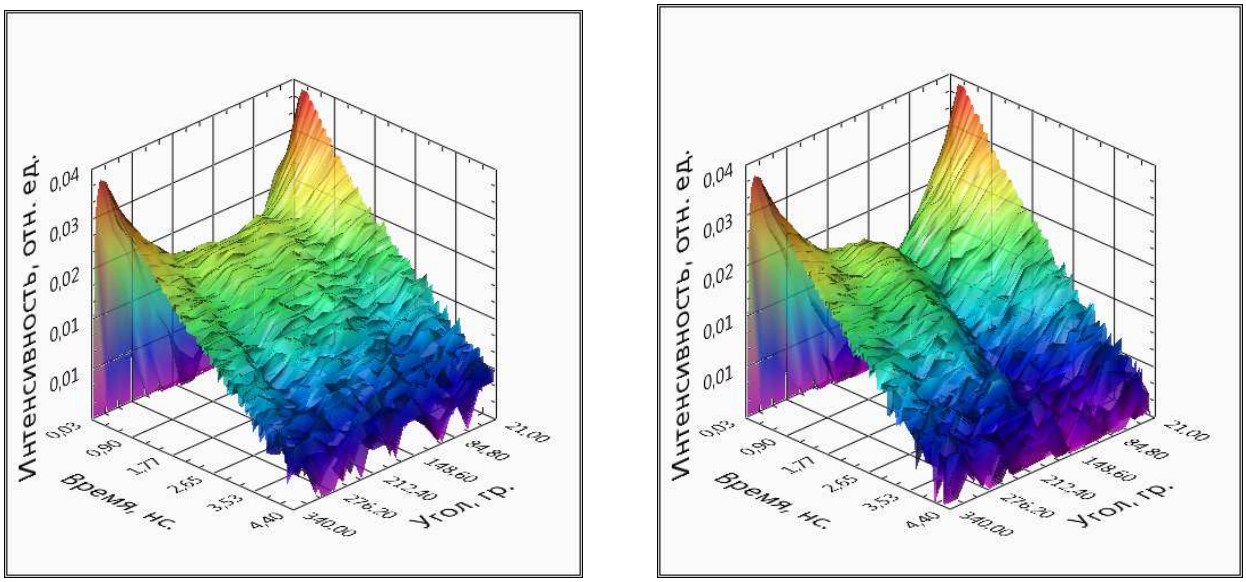
Ключевые слова: сильно рассеивающие среды, биологическая ткань, оптическая неоднородность, экспресс диагностика.

Keywords: strongly scattering media, biological tissue, optical inhomogeneity, express diagnosis.

Прошедшее через биологическую ткань оптическое излучение содержит полезную информацию о форме, размерах, местоположении и оптических свойствах структурных компонентов ткани, т.е. о ее оптическом строении. Однако, для того чтобы использовать эту информацию необходимо решить задачу распространения излучения применительно к конкретной ткани. Поскольку точного решения она не имеет (из-за высокой концентрации рассеивающих частиц, отличающихся при этом формой, размерами, местоположением и т.п.), актуальным является изучение закономерностей прохождения излучения через модельные объекты, которые упрощенно описывают биологические ткани и разработка новых или уточнение существующих приближенных моделей переноса излучения, в соответствии с которыми ключевым фактором ослабления света при прохождении через биологическую ткань является либо процесс поглощения, либо процесс рассеяния.

Существующие методы двумерной и трехмерной медицинской визуализации, в том числе и в диффузионной оптической томографии (ДОТ), требуют больших объемов оперативной памяти и скорости вычислений компьютерных систем. Если для решения большинства задач требуемый объем оперативной памяти может быть сравнительно легко обеспечен добавлением модулей памяти в существующую систему, то быстродействие одного вычислительного блока (ядра процессора) имеет определенный порог [1]. Эту проблему решают переносом расчетов на графические процессоры, существенно увеличивая производительность вычислений. Технология использования графического процессора для общих вычислений (GPGPU), которые обычно проводятся на центральном процессоре, является достаточно новой – первые «открытые» программные коды стали доступны в начале 2007 г. [1]. В связи с этим в данной работе обращается особое внимание на возможность прямой регистрации оптических неоднородностей без решения обратной задачи, т.е. без необходимости использовать высокопроизводительные вычисления и в режиме реального времени.

Если все ВФРТ для одного объекта представить в виде функции $R(\alpha, t)$, где $\alpha = \frac{360^\circ}{N}, \frac{2 \cdot 360^\circ}{N}, \ldots, 360^\circ$ – углы между световодом источника излучения и световодом детектора; N – количество детекторов; t – дискретные моменты времени, и визуализировать их в виде трехмерной поверхности в декартовой системе координат, то однородный случай будет представлять собой седловую функцию (рис. 1, *а*), а неоднородный случай (поглощающая неоднородность) – аналогичную поверхность (рис. 1, *б*), но с провалом, в той ее части, которая соответствует ВФРТ, полученным с наиболее близких к неоднородности детекторов [2 – 5]. Преимуществом такого подхода является то, что он позволяет без решения обратной задачи определить наличие неоднородности



а) *б*)

Рис. 1. Трехмерное представление ВФРТ для однородного (*а*) и неоднородного (*б*) случаев в декартовой системе координат. ВФРТ получены методом Монте–Карло

в режиме реального времени. Однако, на данном этапе расчеты применимы лишь к достаточно большим и сильно поглощающим неоднородностям.

Преимуществом такого подхода является то, что для всех несимметричных случаев он позволяет непосредственно, без решения обратной задачи определить наличие неоднородности в режиме реального времени. Однако, на данном этапе расчеты применимы лишь к достаточно большим и сильно поглощающим неоднородностям [4]. Если диаметр неоднородности менее 0,05 диаметра исследуемого объекта, и она находится достаточно близко к центру объекта (на расстоянии более 0,4 диаметра объекта), то провал трехмерной поверхности будет незначительным (относительное отклонение от однородного случая менее 1%).

В связи с недостаточной информативностью вышеописанного трехмерного представления (рис. 1) временных зависимостей интенсивности излучения, предлагается способ визуализации, основанный на конформном отображении ВФРТ. Он заключается в предварительной обработке $R(\alpha, t)$ и последующем ее представлении в виде трехмерных поверхностей в цилиндрической системе координат. Для этого у всех ВФРТ оставляются только части, соответствующие поздно пришедшим фотонам (ППФ) [5]:

$$R_p(\alpha, t_3) = R(\alpha, t) \setminus R(\alpha, t_2),$$

где $t_2 = n, 2n, \ldots, T_{isot}$ и $t_3 = T_{isot}, T_{isot} + n, \ldots, T$. T_{isot} – минимальное время, прошедшее с момента падения импульса на объект до момента достижения центра диффузии. Затем производится нормировка $R_p(\alpha, t_3)$ относительно $R_p(\frac{360^\circ}{N}, t_3)$:

$$R_n(\alpha, t_3) = \frac{R_p(\alpha, t_3)}{R_p(\frac{360°}{N}, t_3)},$$

при этом для снижения негативного воздействия фоновых шумов, и как следствия из этого повышения точности регистрации неоднородностей, каждая ВРФТ аппроксимируется прямой линией.

На основе $R_n(\alpha, t_3)$ создается эталонная функция [5]:

$$R_{st}(\alpha, t_3) = R_n(\frac{360°}{N}, t_3).$$

Функция $R_n(\alpha, t_3)$ видоизменяется с учетом дополнительного коэффициента отображения, *K*, следующим образом:

$$R_k(\alpha, t_3) = \begin{cases} 1, R_n(\alpha, t_3) = 1 \\ 1 + (R_n(\alpha, t_3) - 1) \cdot K, R_n(\alpha, t_3) \neq 1 \end{cases}.$$

При этом *K* задается пользователем и может быть любым действительным числом, кроме нуля [5].

Функция $R_{st}(\alpha, t_3)$, а также в однородном случае функция $R_k(\alpha, t_3)$ равны единице при любых α, t_3 и *K* из области допустимых значений [5]. Для их визуализации в виде трехмерных поверхностей в цилиндрической системе координат производится преобразование координат:

$$\begin{cases} q = \sqrt{\alpha^2 + t_3^2} \\ \psi = arctg\left(\frac{\alpha}{t_3}\right) \end{cases}$$

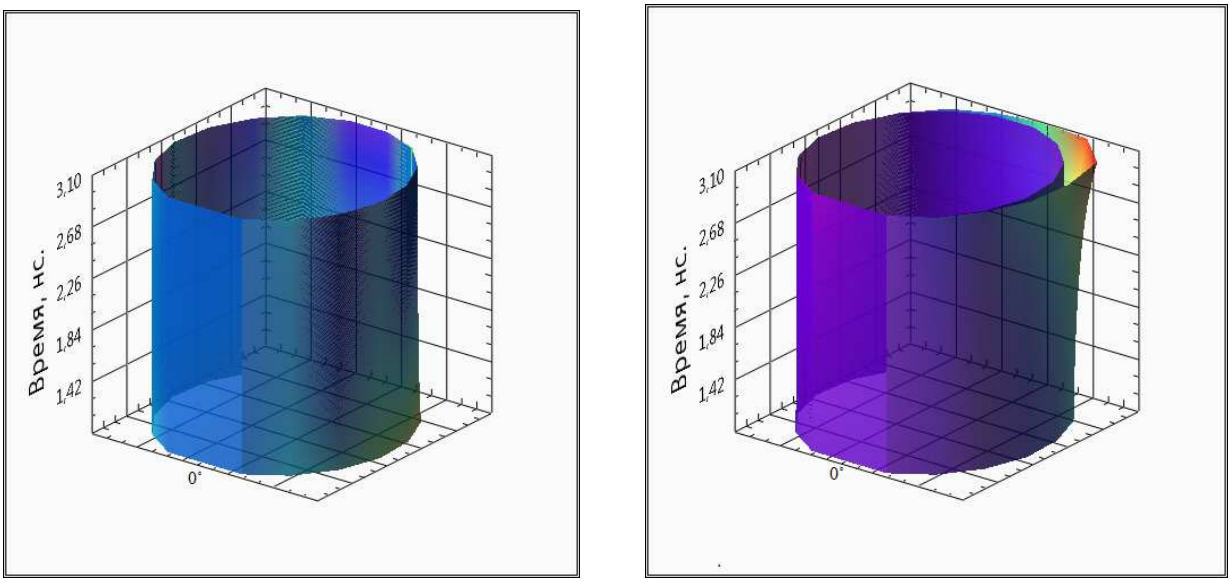
В результате отображения получаются функции $R^*_{st}(q, \psi)$ и $R^*_k(q, \psi)$:

$$R_{st}(\alpha, t_3) \rightarrow R^*_{st}(q, \psi),$$

$$R_k(\alpha, t_3) \rightarrow R^*_k(q, \psi), \quad (1)$$

представляющие собой две совпадающие цилиндрические поверхности (рис. 2, *а*).

В неоднородном случае $R_k(\alpha, t_3)$ будет равна единице только при $\alpha = \frac{360°}{N}$ и любом допустимом t_3. Для других значений α, т.е. других ВФРТ, значение функции $R_k(\alpha, t_3)$ будет отличаться от единицы в большую или меньшую сторону в зависимости от типа неоднородности (поглощающая, рассеивающая), ее местоположения, размера и значения коэффициента *K*.



а) *б*)

Рис. 2. Трехмерное представление ППФ для однородного (*а*) и неоднородного (*б*) случаев. Коэффициент отображения для (*б*) *K* = 1

При преобразовании $R_k(\alpha, t_3)$ к функции (1) получится неровная цилиндрическая поверхность (рис. 2, *б*), причем по характеру ее искривления, можно судить о размере и местоположении неоднородности [5].

Библиографический список

1. Фикс И.И. Использование графических процессоров для решения задачи распространения света в диффузионной флуоресцентной томографии методом Монте-Карло // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2011.№ 4 (1).С. 190–195.

2. Proskurin S.G. Using late arriving photons for diffuse optical tomography of biological objects // Quantum Electron, 2011. Vol. 41 (5). p. 402–406.

3. Proskurin S.G., Potlov A.Yu. Early- and late-arriving photons in diffuse optical tomography // Photonics & Lasers in Medicine, 2013. № 2 (2). doi:10.1515 /plm-2013-0003.

4. Proskurin S.G., Potlov A.Yu., Frolov S.V. Detection of an absorbing heterogeneity in a biological object during recording of scattered photons // Biomedical Engineering, 2013.Vol. 46. №6. p.219–223.

5. Potlov A.Yu., Proskurin S.G., Frolov S.V. Three-dimensional representation of late arriving photons for the detection of inhomogeneous in diffuse optical tomography // Quantum Electronics, 2014. Vol. 44. №2. pp. 174–181.

References

1. Fiks I.I. Ispolzovanie graficheskih protsessorov dlya resheniya zadachi rasprostraneniya sveta v diffuzionnoy fluorestsentnoy tomografii metodom Monte-Karlo // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo, 2011.№ 4 (1).S. 190–195.

2. Proskurin S.G. Using late arriving photons for diffuse optical tomography of biological objects // Quantum Electron, 2011. Vol. 41 (5). p. 402–406.

3. Proskurin S.G., Potlov A.Yu. Early- and late-arriving photons in diffuse optical tomography // Photonics & Lasers in Medicine, 2013. № 2 (2). doi:10.1515 /plm-2013-0003.

4. Proskurin S.G., Potlov A.Yu., Frolov S.V. Detection of an absorbing heterogeneity in a biological object during recording of scattered photons // Biomedical Engineering, 2013.Vol. 46. №6. p.219–223.

5. Potlov A.Yu., Proskurin S.G., Frolov S.V. Three-dimensional representation of late arriving photons for the detection of inhomogeneous in diffuse optical tomography // Quantum Electronics, 2014. Vol. 44. №2. pp. 174–181.

УДК 536.42

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГРАНИЦЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ПОЛИМЕРАХ

Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, С. С. Никулин

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630448, e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru*)

Аннотация: Представлены теоретические выкладки, позволяющие определить закон движения границы твердофазного перехода в полуограниченном теле из полимерного материала при нагреве от плоского круглого нагревателя постоянной мощности. Приведен численный пример реализации.

Abstract: The paper presents theoretical computations, that allow to determine the law of phase transition boundary moving in semi-bounded body, made of polymeric material, when heated with flat round heater of constant power. The numerical ways of implementation are given.

Ключевые слова: неразрушающий контроль; твердофазный переход; теплофизические свойства; теплота фазового перехода.

Keywords: non-destructive control; phase transfer; solid state transformation; thermophysical properties.

Для неразрушающего контроля (НК) теплофизических свойств (ТФС) материалов в качестве измерительной схемы, часто используют схему, включающую нагреватель в виде тонкого диска, действующего на ограниченной части исследуемого тела, а температурное поле контролируется с помощью термопар, расположенных на поверхности тела. Нагреватель и термопары обычно монтируются в подложке измерительного зонда [1, 2].

Можно показать [3, 4], что процесс распространения тепла при больших значениях времени, в такой системе, будет аналогичен процессу распространения тепла в сферическом пространстве (рис. 1). Использование такой эквивалентной тепловой схемы позволяет значительно упростить математическую модель, описывающую тепловые процессы в системе зонд-тело [4]. Однако при составлении математической модели для данной тепловой схемы не учитывается, что в полимерном материале (ПМ) даже при температурах, близких к комнатным, могут проходить структурные переходы, в частности твердофазные, характеризующиеся теплотой фазового перехода – $Q_{\text{п}}$ [Дж/кг]. Например, у политетрафторэтилена (ПТФЭ) фазовые переходы (ФП) наблюдаются при значениях температуры 19,6 и 30,0 °С. При этом, с одной стороны, теплота фазового перехода является важным ТФС полимерного материала, а с другой – неучет данной особенности ПМ может привести к значительной методической погрешности при расчете по модели других ТФС (теплоемкости c, теплопроводности λ, температуропроводности a) [1].

Известно, что распространение тепла в твердом теле с учетом теплоты фазового перехода описываются задачами стефановского типа, аналитические решения которых связаны со значительными трудностями, что является следствием существенной нелинейности таких задач. Решение задачи значительно упрощается, если известен закон движения границы фазового перехода.

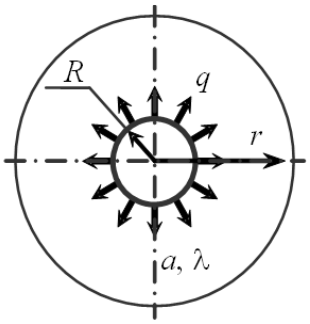


Рис. 1. Тепловая схема системы с поверхностным сферическим нагревателем

Данная работа посвящена вопросу определения закона движения границы фазового перехода для системы с поверхностным сферическим нагревателем (рис. 1). Предполагается, что начальная температура исследуемого тела во всех точках одинакова и равна нулю. В момент времени $\tau = 0$ на сферической поверхности с координатами $r = R$ начинает действовать источник тепла с поверхностной мощностью q. При температуре $T = T_{\text{п}}$ ПМ имеет фазовый переход, теплота которого – $Q_{\text{п}}$. ТФС тела в результате ФП меняются незначительно. До тех пор, пока температура в любой точке тела меньше $T_{\text{п}}$, задача будет описываться классическим уравнением теплопроводности в сферических координатах с граничными условиями второго рода на поверхности с координатами $r = R$.

Решение такой задачи в безразмерном виде имеет вид:

$$\Theta(\zeta,\ \mathrm{Fo}) = \frac{1}{\zeta}\left\{\operatorname{erfc}\left(\frac{\zeta-1}{2\sqrt{\mathrm{Fo}}}\right) - \exp(\zeta-1+\mathrm{Fo})\operatorname{erfc}\left(\frac{\zeta-1}{2\sqrt{\mathrm{Fo}}}+\sqrt{\mathrm{Fo}}\right)\right\}, \qquad (1)$$

где $\Theta = T/T_{\max}$; $\zeta = r/R$; $\mathrm{Fo} = a\tau/R^2$; $T_{\max} = qR/\lambda$.

Температурное поле на момент времени $\tau_{\text{нп}}$ ($\mathrm{Fo}_{\text{нп}}$), соответствующий началу ФП, в безразмерном виде определяется выражением

$$\Theta_{\text{п}} = 1 - \exp(\mathrm{Fo}_{\text{нп}})\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\mathrm{Fo}_{\text{нп}}}\right), \qquad (2)$$

где $\Theta_{\text{п}} = T_{\text{п}}/T_{\max}$.

При условии, что поверхность с координатой $r = R$ достигает $T_{\text{п}}$ при больших значениях Fo, начальное распределение температуры определяется зависимостью

$$\Theta(\zeta,0) = \frac{1}{\zeta}\left\{1-(1-\Theta_{\text{п}})\left(\frac{1}{0{,}5(\zeta-1)(1-\Theta_{\text{п}})^2+1}-\zeta+1\right)\right\}, \qquad (3)$$

Для определения закона движения границы ФП применены два варианта преобразований (использовалась система Maple 11).

Вариант 1. Считаем, что закон движения границы ФП такой же, как закон движения изотермы с температурой $T_{\text{п}}(\Theta_{\text{п}})$ в случае отсутствия перехода. В результате получено выражение

$$\Theta_{\text{п}} = \frac{1}{\zeta_{\text{п}}}\left\{1-\frac{\zeta_{\text{п}}-1}{\sqrt{\pi}\sqrt{\mathrm{Fo}^*}}-\frac{\sqrt{\mathrm{Fo}^*}}{\sqrt{\pi}\left(0{,}5\zeta_{\text{п}}-0{,}5+\mathrm{Fo}^*\right)}\right\}, \quad \mathrm{Fo}^* = \mathrm{Fo}+\frac{1}{\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2}. \qquad (4)$$

Решение уравнения (4) относительно $\zeta_{\text{п}}$ имеет громоздкий вид, но значительно упрощается если допустить, что $\zeta_{\text{п}} - 1 < \text{Fo}$. При этом могут быть получены следующие выражения:

$$\zeta_{\text{п}}(\text{Fo}) = \frac{\sqrt{\text{Fo}\,\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2 + 1} - 1 + \Theta_{\text{п}}}{\Theta_{\text{п}}\sqrt{\text{Fo}\,\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2 + 1}}; \tag{5}$$

$$\zeta_{\text{п}}(\text{Fo}) = \frac{\sqrt{\text{Fo}\,\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2 + 1}}{\Theta_{\text{п}}\sqrt{\text{Fo}\,\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2 + 1} - \Theta_{\text{п}} + 1}. \tag{6}$$

Вариант 2. Анализ системы показывает, что закон движения границы ФП должен удовлетворять следующим условиям.

Условие 1. В момент времени $\text{Fo} = 0$, координата границы перехода должна соответствовать $\zeta_{\text{п}}. = 1$.

Условие 2. При $\text{Fo} \to \infty$ координата перехода должна принимать значение $\zeta_{\text{п}} = 1/\Theta_{\text{п}}$. Условие 2 применимо для ФП, сопровождающегося поглощением тепла.

Условие 3. Значения координат границы перехода будут отставать от координат изотермы с соответствующей температурой в случае отсутствия ФП, если переход идет с поглощением тепла, и опережать, если он идет с выделением тепла.

Для получения закона движения границы ФП в качестве искомых были подобраны функции, удовлетворяющие условиям 1 и 2.

По варианту 1 на основании выражений (5) и (6):

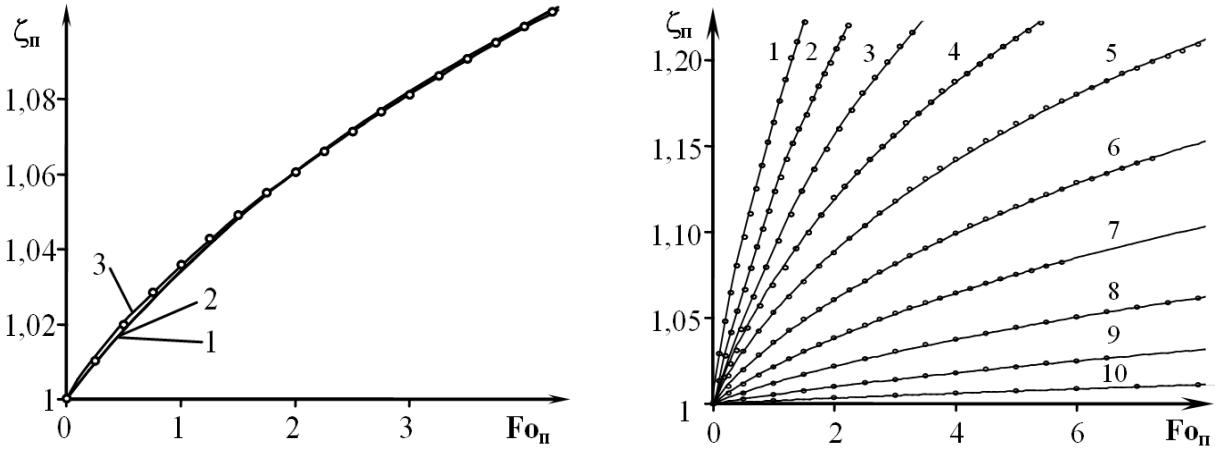
$$\zeta_{\text{п}}(\text{Fo}) = \frac{\left(\text{Fo}\,\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2 + m^{1/k}\right)^k - (1-\Theta_{\text{п}})m}{\Theta_{\text{п}}\left(\text{Fo}\,\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2 + m^{1/k}\right)^k}, \quad k > 0, \quad m > 0; \tag{7}$$

$$\zeta_{\text{п}}(\text{Fo}) = \frac{\left(\text{Fo}\,\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2 + m^{1/k}\right)^k}{\Theta_{\text{п}}\left(\text{Fo}\,\pi(1-\Theta_{\text{п}})^2 + m^{1/k}\right)^k + (1-\Theta_{\text{п}})m}, \quad k > 0, \quad m > 0. \tag{8}$$

По варианту 2:

$$\zeta_{\text{п}}(\text{Fo}) = \frac{\text{Fo}^k + m}{\Theta_{\text{п}}\,\text{Fo}^k + m}, \quad k > 0, \quad m > 0. \tag{9}$$

Подбор параметров *k* и *m* найденных функций осуществляется таким образом, чтобы удовлетворялось условие 3 при наилучшем приближении к данным, полученным в результате численного решения задачи стефановского типа с учетом эквивалентности радиусов реального круглого плоского и модельного сферического источников тепла.



а) *б*)

Рис. 2. Зависимости $\zeta_п$= f (Fo)

Численное моделирование проводилось методом конечных элементов при помощи интерактивной системы моделирования двумерных краевых задач ELCUT 4.2T. Подбор параметров *k* и *m* функций (7), (8), (9) осуществлялся в вычислительной среде MATLAB R2006b.

Результаты моделирования приведены на рис. 2.

Зависимости (рис. 2, *а*) $\zeta_п$=f ($Fo_п$) получены при $\Omega_п = 5$ ($\Omega_П = Q_П a/(qR)$ – теплота ФП в безразмерном виде) и $\Theta_п = 0{,}7$: 1 – по (7); 2 – по (8); 3 – по (9); точки – численное решение. Зависимости (рисунок 2б) $\zeta_п$ = f ($Fo_п$) получены численным моделированием (точки) и по уравнению (9) (линии) при $\Omega_п = 5$ и $\Theta_п$ = 0,45 (1); 0,5 (2); 0,55 (3); 0,6 (4); 0,65 (5); 0,7 (6); 0,75 (7); 0,8 (8); 0,85 (9); 0,9 (10).

Результаты моделирования свидетельствуют о хорошем совпадении теоретических результатов с численными расчетами.

Библиографический список

1. Майникова Н.Ф. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего теплофизического контроля. Часть 1. Стадия нагрева / Н.Ф. Майникова, Н.П. Жуков, А.С. Чех, С.С. Никулин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2007. – Т. 13, № 1. – С. 39 – 45.

2. Майникова Н.Ф. Моделирование теплопереноса в полимерном материале при фазовом переходе / Н.Ф. Майникова, Н.П. Жуков, И.В. Рогов, С.С. Никулин, Д.Г. Бородавкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 490 – 494.

3. Жуков Н.П. Многомодельный метод неразрушающего определения теплофизических свойств твердых материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, Е.В. Пудовкина // Инженерно-физический журнал. – 2012. – Т. 85, № 1. – С. 188 – 194.

4. Жуков Н.П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 2. – С. 153 – 154.

References

1. Maynikova N.F. Modelirovanie teploperenosa v metode nerazrushayuschego teplofizicheskogo kontrolya. Chast 1. Stadiya nagreva / N.F. Maynikova, N.P. Zhukov, A.S. Cheh, S.S. Nikulin // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – 2007. – T. 13, № 1. – S. 39 – 45.

2. Maynikova N.F. Modelirovanie teploperenosa v polimernom materiale pri fazovom perehode / N.F. Maynikova, N.P. Zhukov, I.V. Rogov, S.S. Nikulin, D.G. Borodavkin // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – 2008. – T. 14, № 3. – S. 490 – 494.

3. Zhukov N.P. Mnogomodelnyiy metod nerazrushayuschego opredeleniya teplofizicheskih svoystv tverdyih materialov / N.P. Zhukov, N.F. Maynikova, I.V. Rogov, E.V. Pudovkina // Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal. – 2012. – T. 85, № 1. – S. 188 – 194.

4. Zhukov N.P. Izmeritelno-vyichislitelnaya sistema nerazrushayuschego teplofizicheskogo kontrolya / N.P. Zhukov, N.F. Maynikova // Priboryi i tehnika eksperimenta. – 2005. – № 2. – S. 153 – 154.

УДК 536.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В МНОГОСЛОЙНОМ ИЗДЕЛИИ

С. С. Никулин, Е. В. Комбарова, Б. А. Стромов

Тамбовский государственный технический университет, *Россия*, *Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*630448*, *e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru*)

Аннотация: Исследована возможность обнаружения дефектов в виде металлического включения на границе раздела: покрытие из поливинилхлорида – металлическая пластина с использованием численного моделирования температурных полей.

Abstract: The article provides research results for the possibility of defects detection in the form of metallic inclusions on the boundary partition: polyvinylchloride coating – steel plate, using numerical modeling of temperature fields.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, полимерно-металлическое изделие, численный расчет, метод конечных элементов, температурное поле.

Keywords: nondestructive control, polymer-metal product, numerical calculation, finite element method, temperature field.

Моделирование теплопереноса и численное исследование теплового метода неразрушающего контроля (НК) качества двухслойных полимерно-металлических изделий осуществляли с помощью пакета программ Elcut Student [1]. Исследована возможность обнаружения дефекта в виде металлического включения на границе раздела: покрытие – стальная пластина.

Схема метода представлена на рис. 1.

Изделие в виде пластины (Сталь40) с полимерным покрытием из поливинилхлорида (ПВХ) характеризуется следующими теплофизическими свойствами слоев (теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость, плотность): первый – λ_1, a_1, c_1, ρ_1; второй – λ_2, a_2, c_2, ρ_2. Толщины слоев: покрытие из поливинилхлорида – h_1, стальная пластина – h_2. Тепловое воздействие на изделие осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде диска, встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ). Зонд помещают на поверхность покрытия из поливинилхлорида. Подложка зонда выполнена из теплоизолятора – рипора. Размеры подложки ИЗ: высота – 20 мм; радиус – 25 мм. Толщина покрытия – 1 мм, толщина металлической пластины – 10 мм. Нагреватель из меди имеет диаметр 20 мм, высоту 1 мм.

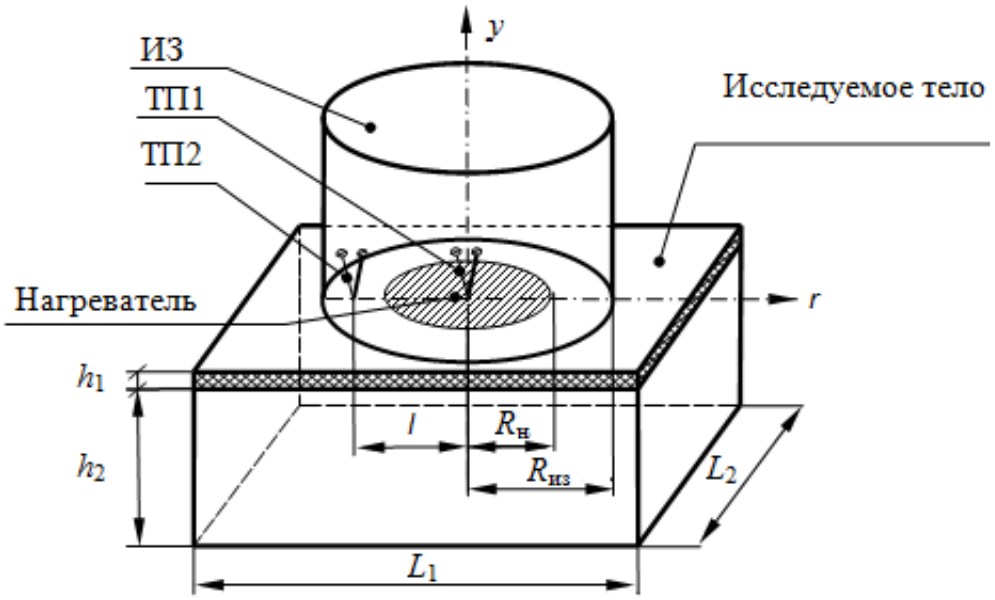


Рис. 1. Измерительная схема метода

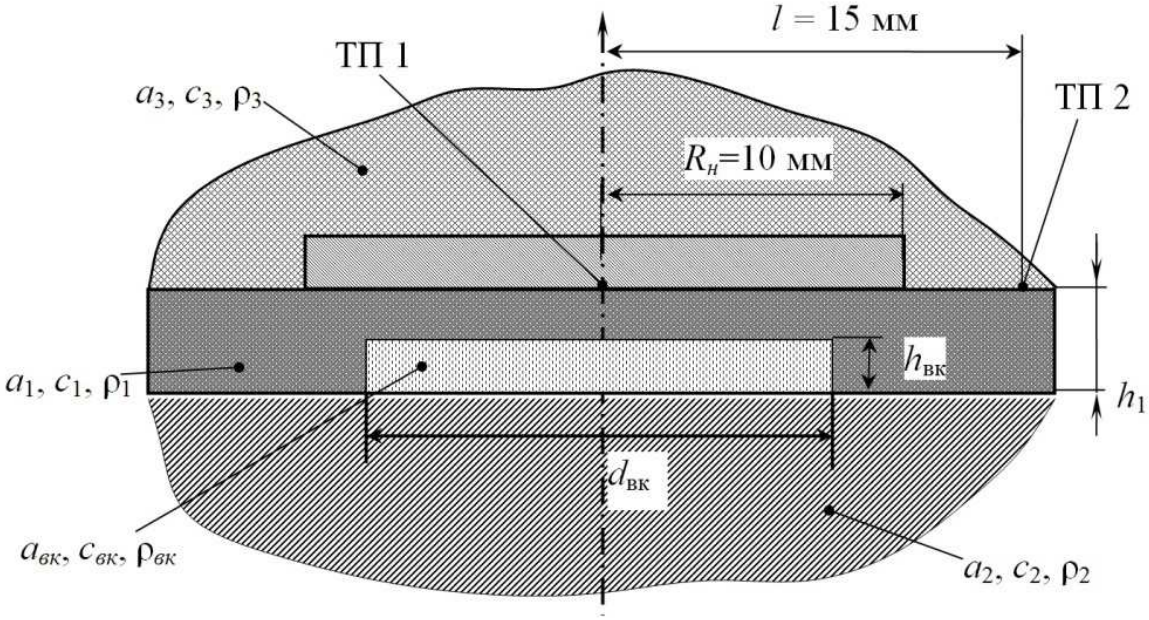


Рис. 2. Схема моделирования включений

Размеры подложки ИЗ и металлической пластины подобраны так, что их можно считать полуограниченными.

Температура в точках контроля поверхности покрытия измеряется с помощью термоприемников (ТП 1 и ТП 2). Регистрируют термограммы – зависимости температуры от времени (рис. 3).

Наиболее сложной задачей при создании новых методов НК является разработка физико-математических моделей, адекватно описывающих теплоперенос [2, 3]. В основе метода НК лежат предположения, что на термограммах имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям. Причем, этим участкам соответствуют тепловые режимы опыта, вышедшие на стадию регуляризации [3].

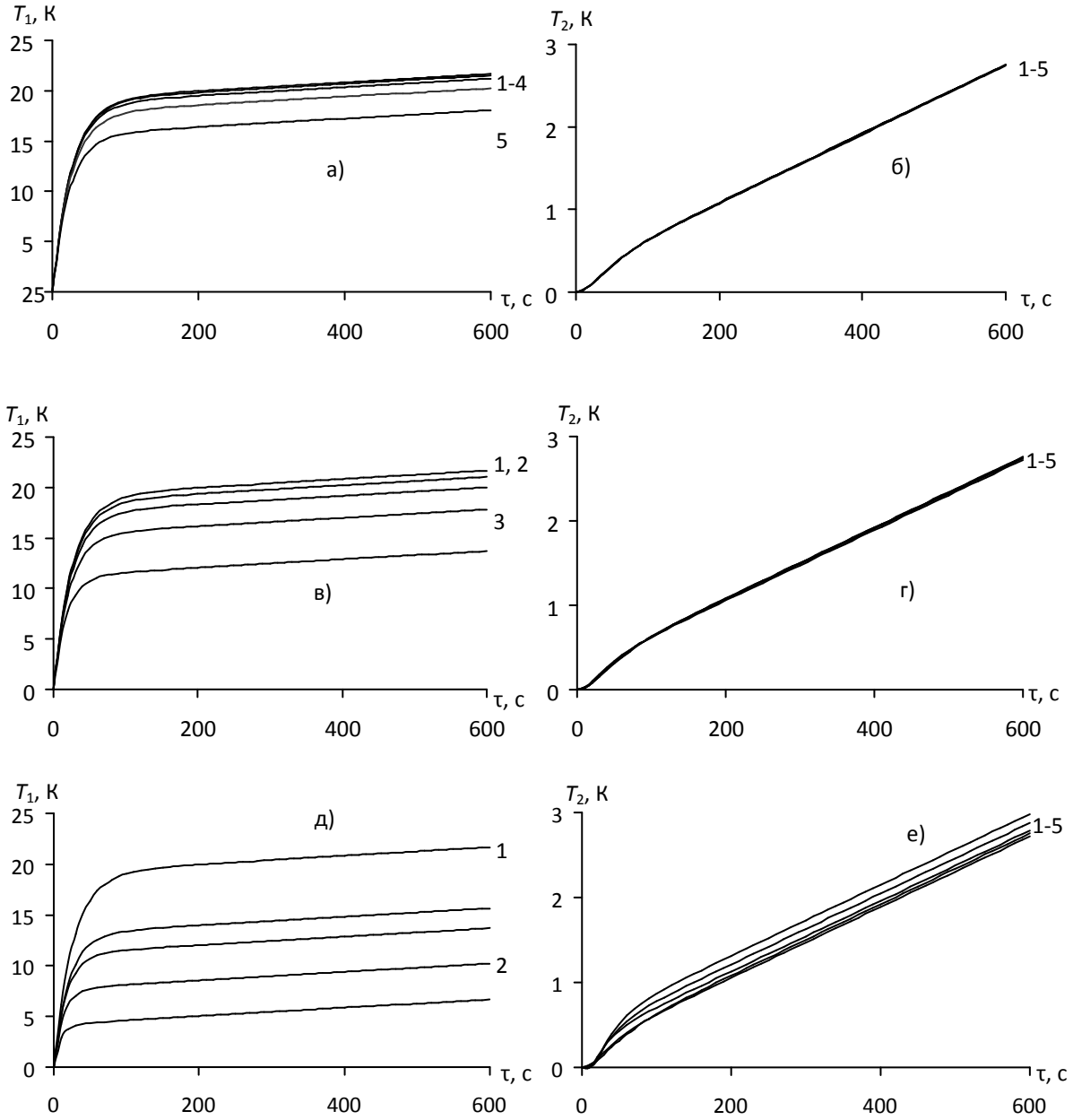


Рис. 3. Термограммы $T_1=f(\tau)$ (*а, в, д*) и $T_2=f(\tau)$ (*б, г, е*):
1 – модель без дефекта; *2 – 5* – с дефектом в виде металлического включения диаметром $d_{вк}$ = 5 мм (*а*, *б*), $d_{вк}$ = 10 мм (*в*, *г*), $d_{вк}$ = 20 мм (*д*, *е*) и толщиной $h_{вк}$ = 0,1; 0,25; 0,5; 0,75 мм

Ранее получено решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности [4]:

$$T_1(\theta,\tau)=\frac{2q\cdot\sqrt{\tau}}{(\varepsilon_2+\varepsilon_п)\cdot\sqrt{\pi}}+\frac{q\cdot h_1}{\lambda_1}\cdot\frac{\varepsilon_2^2-\varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2+\varepsilon_п)^2}-\frac{q\cdot C_н}{(\varepsilon_2+\varepsilon_п)^2},$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м^2; h – толщина слоя материала, м; T – избыточная температура, К; ε – тепловая активность, (Вт·с^{0,5}/(м^2·К); λ – теплопроводность, Вт/(м·К); x – координата, м; a – температуропроводность, м^2/с; τ – время, с; $C_н$ – теплоемкость единицы площади бесконечного

плоского нагревателя, Дж/(м^2·К). Индексы: 1, 2 – материалы первого и второго тел; п – материал подложки зонда.

Данное решение в форме, пригодной для использования на рабочем участке термограммы, может быть использовано для получения математических выражений для расчета теплофизических свойств, толщины покрытий. Выявление наличия посторонних включений.

Составлены описание задачи, ее геометрия, источники тепла, граничные и другие условия. Для упрощения схемы и расчетов пренебрегаем теплоемкостью нагревателя и оттоками тепла по проводам теплоприемников. Принимаем, что все элементы схемы находятся в идеальном тепловом контакте друг с другом. Боковые поверхности тел имеют тепловую изоляцию.

Численно определили температуру в точках, расположенных на оси нагревателя: на границе раздела подложка ИЗ – покрытие; в середине слоя покрытия; на границе раздела покрытие – металл. Полученные результаты позволили сделать вывод о наличии кратковременного одномерного распространения тепла в плоском полупространстве и регуляризации теплового процесса для локальной области [4]. Появляется возможность выделить на термограммах рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности и использовать для расчета ТФС слоев или толщины покрытия решение [4], полученное ранее.

На рисунке 3 представлены термограммы, полученные численно для термоприемников ТП 1 и ТП 2, с целью выявления возможности контроля дефектов в двухслойных полимерно – металлических изделиях.

Данные, представленные на рис. 3, *а*, *в*, *д*, регистрируемые термоприемником ТП 1, расположенным на оси нагревателя в плоскости контакта подложки ИЗ с поверхностью полимерного покрытия, позволяют выявить наличие дефекта в виде частицы металла диаметром 5 мм и выше. Толщину включения также возможно оценить. Наиболее надежные результаты возможно получить при наличии включений с размерами более 5 мм в диаметре. Толщина включения надежно определяется для размеров включения >5 мм.

Данные, представленные на рис. 3, *б*, *г*, *е*, регистрируемые термоприемником ТП 2, расположенным на расстоянии 15 мм от центра нагревателя свидетельствуют о том, что для обнаружения дефектов покрытия с размерами менее размера нагревателя, применять ТП2 не целесообразно в плоскости контакта подложки ИЗ с поверхностью полимерного покрытия, позволяют выявить наличие дефекта в виде частицы металла диаметром 5 мм и выше.

Следует отметить, что на рис. 3 представлены результаты исследования на момент времени 600 с. Однако полученные данные позволяют сделать вывод о том, что одной – двух минут нагрева вполне достаточно для выявления дефектов покрытия в виде металлических включений данных размеров. Различия между графиками зависимостей 1 и 2 – 5, представленными на рис. 3, *а*, *в*, *д* на моменты времени 60 – 120 с, существенны.

Реализацию неразрушающего теплового контроля качества покрытий на металлических основаниях осуществляют с помощью измерительной системы, детальное описание которой представлено в работе [2].

Библиографический список

1. ELCUT/ Руководство пользователя. СПб., 2003. – 231 с.

2. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов / С.В. Мищенко, Ю.Л. Муромцев, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, О.Н. Попов // Учебное пособие. Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов. – 2012. – 112 с.

3. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. М.: Высшая школа, 1967. 599 с.

4. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, А.О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т.19, №3. – С. 506 – 511.

References

1. ELCUT/ Rukovodstvo polzovatelya. SPb., 2003. – 231 s.

2. Mnogomodelnyie metodyi v mikroprotsessornyih sistemah nerazrushayuschego kontrolya teplofizicheskih harakteristik materialov / S.V. Mischenko, Yu.L. Muromtsev, N.P. Zhukov, N.F. Maynikova, I.V. Rogov, O.N. Popov // Uchebnoe posobie. Izdatelstvo FGBOU VPO «TGTU». – Tambov. – 2012. – 112 s.

3. Lyikov, A.V. Teoriya teploprovodnosti / A.V. Lyikov. M.: Vyisshaya shkola. 1967. 599 s.

4. Modelirovanie teploperenosa v metode nerazrushayuschego kontrolya dvuhsloynyih materialov / N.P. Zhukov, N.F. Maynikova, I.V. Rogov, A.O. Antonov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – 2013. – T.19, №3. – S. 506 – 511.

УДК 536.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ИЗДЕЛИИ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА

С. С. Никулин, К. С. Хромый, А. Ю. Ярмизина

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630448, e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru*)

Аннотация: представлено распределение температуры в полимерно-металлическом изделии от действия круглого нагревателя постоянной мощности, действующего на поверхности покрытия из поливинилиденфторида. Результаты численного исследования позволяют сделать вывод об одномерном распространении тепла по толщине покрытия и реализации режима регуляризации теплопереноса для локальной области изделия.

Abstract: The paper presents the distribution of temperature in the polymer – metal product from the action of a heater constant power round, acting on the coating surface in polyvinylidene fluoride. Numerical results allow to conclude that the one-dimensional heat conduction through the thickness of the coating and the implementation of regularization mode of heat transfer products for the local area.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, поливинилиденфторид, полимерно-металлическое изделие, температурное поле, тепловой анализ, численный расчет.

Keywords: nondestructive testing, polyvinylidene fluoride polymer- metal product, temperature field , thermal analysis , numerical calculation.

Известны контактные методы неразрушающего теплового контроля (НК), позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) твердых материалов и температурные характеристики структурных переходов в полимерных материалах (ПМ) [1, 2].

ТФС определяют по рабочим участкам термограмм, полученных при тепловом воздействии на поверхность объекта исследования от источника тепла постоянной мощности в виде диска, встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ). По математическим моделям, полученным в результате решения краевых задач теплопроводности, рассчитывают ТФС. Значение температуры перехода в ПМ определяют по аномалиям ТФС на температурных зависимостях с помощью статистических критериев.

В данной работе представлены результаты численного исследования температурных полей, возникающих в двухслойных полимерно-металлических изделиях. Тепловое воздействие на двухслойную систему осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска. Радиус нагревателя – $R_{Н.}$. Подложка зонда выполнена из политетрафторэтилена. Радиус зонда – $R_{ИЗ}$ (рис. 1).

Размеры подложки зонда и металлической пластины подобраны так, что их можно считать полуограниченными. Значения температуры в точках контроля измеряются с помощью термопреобразователей (ТП1, ТП2). Регистрируют термограммы – зависимости температуры от времени.

Наиболее сложной задачей при создании новых методов НК является разработка физико-математических моделей, адекватно описывающих теплоперенос.

В основе метода НК двухслойных полимерно-металлических изделий лежат следующие предположения.

На экспериментальной термограмме имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычисли-

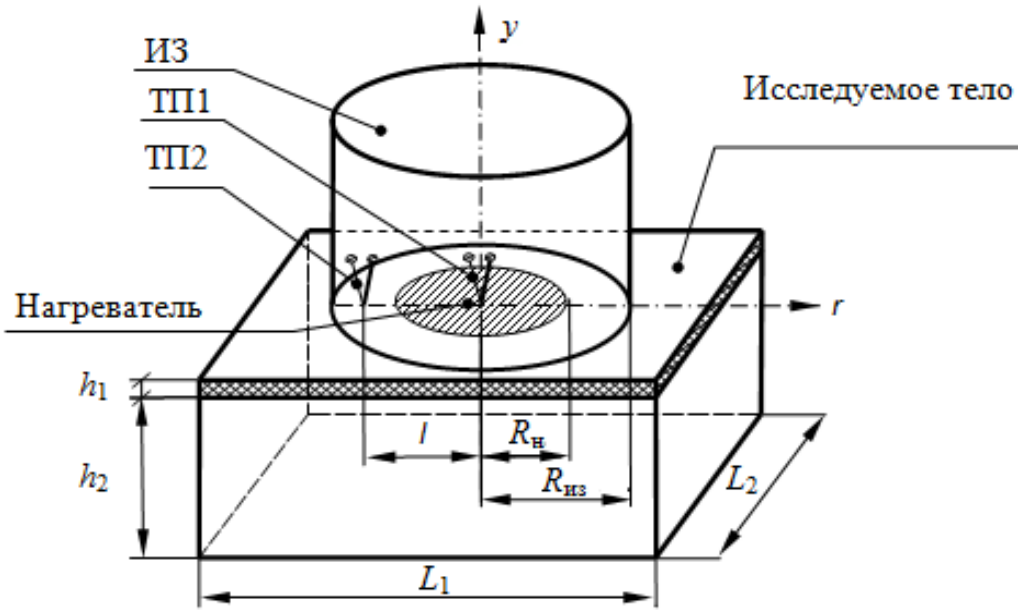


Рис. 1. Измерительная схема метода

тельных экспериментов по аналитическим моделям. Этим участкам соответствуют тепловые режимы, вышедшие на стадию регуляризации и характеризующееся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку тепла на его поверхности. Данное свойство доказано А. В. Лыковым. Применительно к методам НК следует говорить не о регулярном тепловом режиме для всего тела (так как оно принимается неограниченным), а о регуляризации теплового процесса только для определенной (локальной) области тела. В нашем случае можно проводить термический анализ, основываясь только на участке термограммы, соответствующем регуляризации теплового режима в области нагревателя и термопреобразователей. Полученные ранее решения краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, в форме, пригодной для использования на рабочем участке термограммы (при регуляризации), были использованы для получения математических выражений для расчета толщины покрытий на металлических основаниях [4]. Численно возможно выявить наличие стадии регуляризации теплового процесса.

Исследуемый объект состоит из двух слоев: первый – с теплофизическими свойствами λ_1, c_1, ρ_1; второй – с теплофизическими свойствами λ_2, c_2, ρ_2. Толщины слоев – h_1, h_2. Рассмотрено изделие – стальная пластина с полимерным покрытием из поливинилиденфторида. Для упрощения схемы и расчетов пренебрегаем теплоемкостью нагревателя и оттоками тепла по проводам термопреобразователей. Принимаем, что все элементы схемы находятся в идеальном тепловом контакте друг с другом. Боковые поверхности тел имеют тепловую изоляцию.

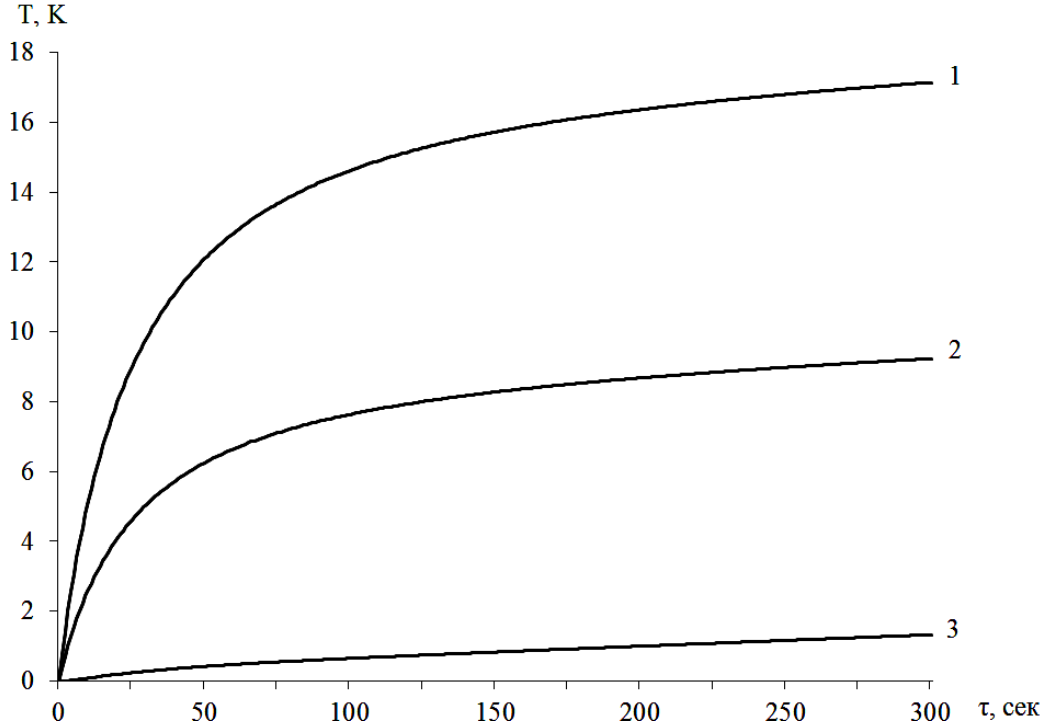
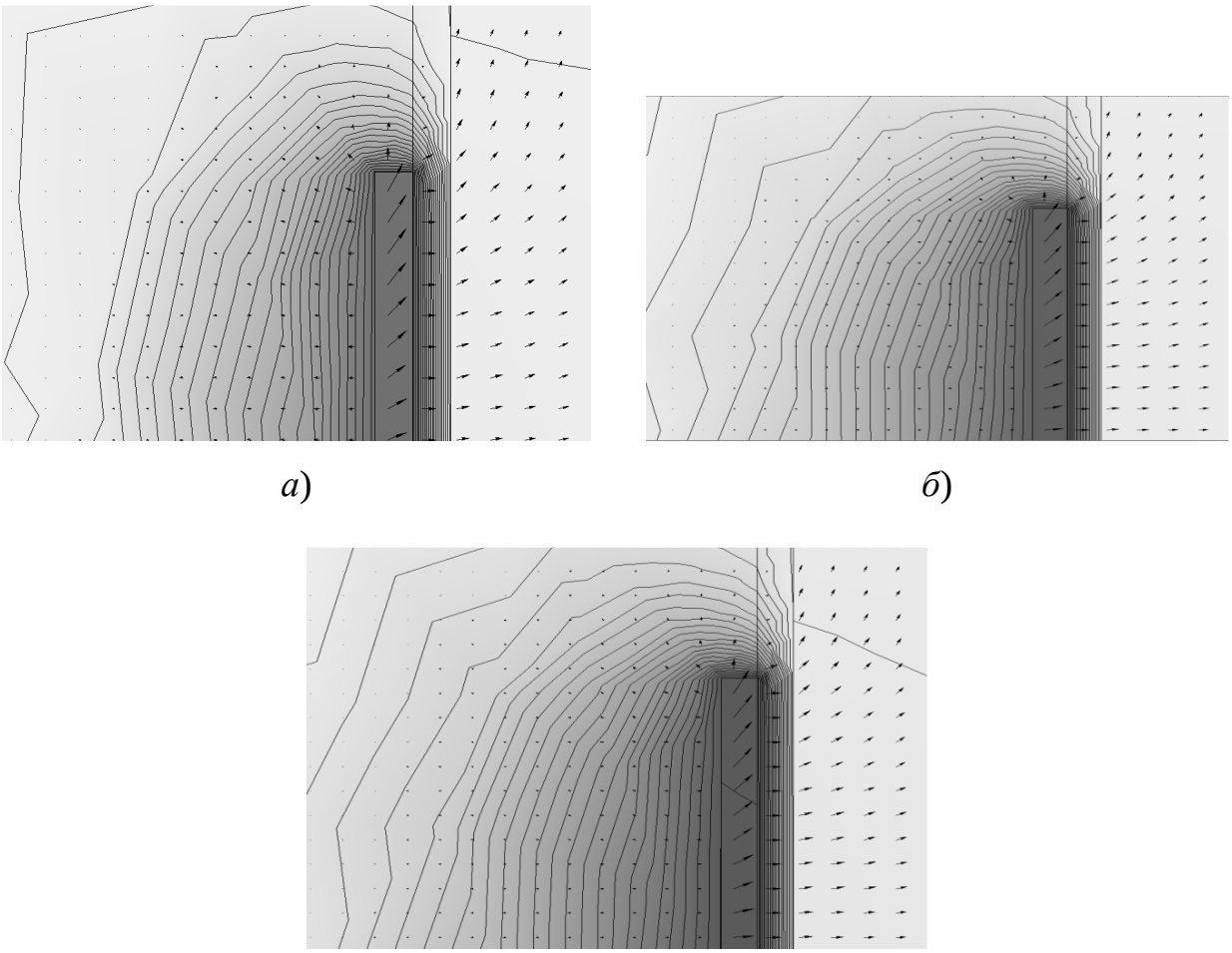


Рис. 2. Термограммы в точках контроля, расположенных на оси нагревателя:
1 – на границе раздела подложка зонда – покрытие; 2 – в середине слоя покрытия;
3 – на границе раздела покрытие – металл

1. Теплофизические свойства материалов

Материал	Теплопроводность λ, Вт/(К·м)	Теплоемкость с, Дж/(кг·К)	Плотность ρ, кг/м^3
Покрытие: поливинилиденфторид	0,14	1200	1750
Нагреватель: медь	400	385	8890
Подложка зонда: политетрафторэтилен	0,25	970	2150
Пластина: сталь 40	47	462	7800



а) *б*)

в)

Рис. 3. Эволюция теплового поля в двухслойном изделии и подложке зонда на моменты времени:
а – 100 с; *б* – 200 с; *в* – 300 с

Авторы воспользовались моделированием температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student. Составлены описание задачи, ее геометрия, свойства сред, источники тепла, граничные и другие условия моделирования. Для построения геометрии задачи использованы следующие размеры: высота подложки зонда 20 мм, радиус 25 мм. Толщина покрытия из поливинилиденфторида – 1 мм, толщина металлического основания 10 мм. Нагреватель из меди имеет размеры: радиус 10 мм, высота 1 мм.

Теплофизические свойства материалов, из которых изготовлен объект исследования, сведены в таблицу.

После задания всех свойств и граничных условий выполнено построение сетки конечных элементов. На рисунке 2 представлены термограммы. Контролировали температуру в точках, расположенных на оси нагревателя: на границе раздела подложка зонда – покрытие (термограмма 1); в середине слоя покрытия (термограмма 2); на границе раздела покрытие – металл (термограмма 3).

Данные, представленные на рис. 3, позволяют выделить на термограммах 1 – 3 рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Можно сделать вывод о реализации режима регуляризации теплового процесса для локальной области двухслойного изделия.

На рисунке 3 представлено распределение температуры по толщине покрытия и подложки зонда на моменты времени – 100, 200 и 300 с.

Данные численного исследования свидетельствуют о реализации одномерного распространения тепла в локальной зоне покрытия, расположенной вблизи центра нагревателя.

Таким образом, ранее полученное решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, можно использовать для расчета толщины покрытия [4]. Повышения точности метода возможно достичь, если учитывать возможные структурные переходы в полимерных покрытиях.

Библиографический список

1. Жуков, Н.П. Метод, устройство и автоматизированная система неразрушающего контроля теплофизических свойств композитов / Н.П. Жуков, А.П. Пудовкин. Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, В.В. Орлов, Д.Ю. Муромцев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 1997. – Т.3, № 4. – С. 406 – 415.

2. Жуков, Н.П. Моделирование процесса теплопереноса от плоского источника тепла постоянной мощности при теплофизических измерениях / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова // Инженерно-физический журнал. – 2005. – Т.78. №6 – С.1104–1112.

3. Жуков, Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н.П.Жуков, Н.Ф. Майникова. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 288 с.

4. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, А.О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т.19. №3. – С. 506 – 511.

References

1. Zhukov, N.P. Metod, ustroystvo i avtomatizirovannaya sistema nerazrushayuschego kontrolya teplofizicheskih svoystv kompozitov / N.P. Zhukov, A.P. Pudovkin. N.F. Maynikova, I.V. Rogov, V.V. Orlov, D.Yu. Muromtsev // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – 1997. – T.3, № 4. – S. 406 – 415.

2. Zhukov, N.P. Modelirovanie protsessa teploperenosa ot ploskogo istochnika tepla postoyannoy moschnosti pri teplofizicheskih izmereniyah / N.P. Zhukov, N.F. Maynikova // Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal. – 2005. – T.78. №6 – S.1104–1112.

3. Zhukov, N.P. Mnogomodelnyie metodyi i sredstva nerazrushayuschego kontrolya teplofizicheskih svoystv materialov i izdeliy / N.P.Zhukov, N.F. Maynikova. – M.: Mashinostroenie-1, 2004. – 288 s.

4. Modelirovanie teploperenosa v metode nerazrushayuschego kontrolya dvuhsloynyih materialov / N.P. Zhukov, N.F. Maynikova, I.V. Rogov, A.O. Antonov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – 2013. – T.19. №3. – S. 506 – 511.

УДК 612.13.001.575

МОДЕЛЬ ГЕМОДИНАМИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВНУТРИЧЕРЕПНЫХ АНЕВРИЗМ

С. В. Фролов*, С. В. Синдеев*, В. А. Лишук **, D. Liepsch*, A. Balasso******

** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. 9204817586, e-mail:sergej.frolov@gmail.com).*

*** Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева РАМН, Россия, Москва (тел. 9204817586, e-mail: Lischouk@rambler.ru).*

**** Мюнхенский университет прикладных наук, Германия, Мюнхен (тел. 9204817586, e-mail: liepsch@hm.edu).*

***** Технический университет Мюнхена, Германия, Мюнхен (тел. 9204817586, e-mail:balasso@tum.de)*

Аннотация: Основным нарушением церебрального кровообращения являются внутричерепные аневризмы. В работе предложена концепция построения многоуровневой математической модели гемодинамики сердечно-сосудистой системы, включающей в себя модель глобальной гемодинамики, модель артериального русла и модель бифуркации церебральной артерии. Данная модель позволит рассчитать основные гемодинамические параметры в области бифуркации артерии. На основе анализа полученных результатов можно сделать вывод о вероятности возникновения внутричерепной аневризмы.

Abstract: Main disease of cerebral circulation is an intracranial aneurysm. The paper presents the concept of developing a multiscale hemodynamics mathematical model of the cardiovascular system, including a model of global hemodynamics, arterial tree model and the model of bifurcation of intracranial vessel. This model allows calculating the hemodynamic parameters at the bifurcation of the cerebral artery. Using mathematical modeling results we can conclude the probability of aneurysm.

Ключевые слова: гемодинамика, сердечно-сосудистая система, аневризма, церебральная артерия, многоуровневая модель.

Keywords: hemodynamics, cardiovascular system, aneurysm, cerebral artery, multiscale model.

Церебральное кровообращение является чрезвычайно сложной системой сосудов ответственной за транспортировку крови и питательных веществ в клетки мозга. Одним из самых распространенных нарушений церебрального кровообращения является внутричерепная аневризма и, в частности, аневризма базилярной артерии [1].Базилярная артерия является главной артерией головного мозга, образованной путем слияния позвоночных артерий.

Под аневризмой понимают выпячивание стенки сосуда вследствие ее истончения или растяжения. Аневризма возникает в тех местах, где стенка сосуда повреждена (как правило, в местах бифуркации артерий).

Для исследования кровообращения церебральной артерии предлагается использовать многоуровневую математическую модель гемодинамики [2],

представляющую собой совокупность математических моделей кровообращения различных уровней детализации (модели 0D, 1Dи 3D).

Модель 0D служит для описания гемодинамики сердечно-сосудистой системы в целом. При таком способе описания вся сердечно-сосудистая система разбивается на группу отдельных элементов (отделов) [3 – 5]. Структура разработанной модели приведена на рис. 1.

Для построения модели глобальной гемодинамики использовалась камерная аналогия. При таком подходе сердечно-сосудистая система представляется в виде последовательно соединенных камер - упругих резервуаров наполненных кровью. В каждый момент времени камера характеризуется объемом крови $V(t)$ в ней, давлением $P(t)$в стенке камеры, скоростью входного кровотока $q_{вх}(t)$ и выходного кровотока $q_{вых}(t)$. Схема упругой камеры приведена на рис. 2.

В соответствии с законом сохранения массы уравнение для объема i-й камеры записывается в виде:

$$\frac{dV_i(t)}{dt} = q_i^{вх}(t) - q_i^{вых}(t), \qquad (1)$$

где $q_i^{вх}(t)$ – вектор входных кровотоков, см^3/с; $q_i^{вых}(t)$ – вектор выходных кровотоков.

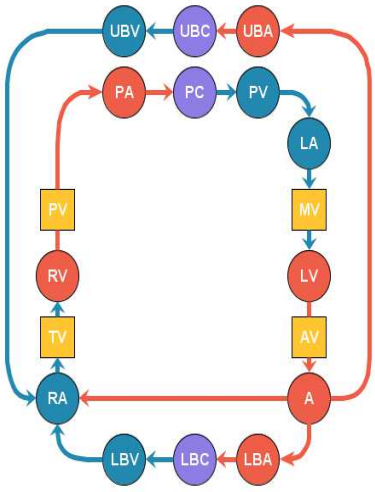


Рис. 1. Схема 0D модели гемодинамики сердечно-сосудистой системы:
LV – левый желудочек; AV – аортальный клапан; A - аорта; UBA – артерии верхней части тела; UBC – капилляры верхней части тела; UBV – вены верхней части тела; LBA – артерии нижней части тела; LBC – капилляры нижней части тела; LBV – вены нижней части тела; RA – правый желудочек; TV – трехстворчатый клапан; RV – правый желудочек; PV – клапан легочного ствола; PA – легочные артерии; PC – легочные капилляры; PV – легочные вены; LA – левое предсердие; MV – митральный клапан

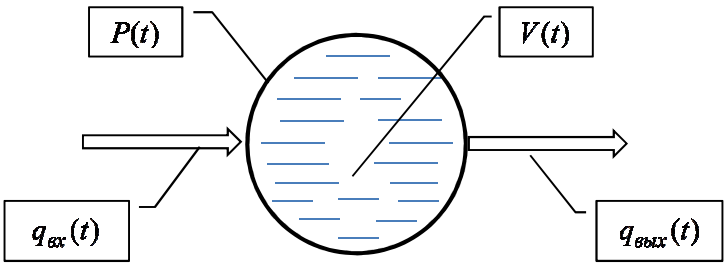


Рис. 2. Схема камеры модели сердечно-сосудистой системы

Для определения давления $P_i(t)$ в стенке i-й камере принимается следующее предположение: чем больше крови в камере, тем сильнее растянуты ее стенки и тем, соответственно, больше давление в стенке камеры. Рассматриваемая зависимость описывается выражением:

$$P_i(t) = e_i(V_i(t) - U_i), \tag{2}$$

где e_i – жесткость стенки камеры, Торр/см^3; U_i – объем крови, расправляющий, но не растягивающий стенки камеры, см^3.

Расправляющий объем крови составляет ту наибольшую часть полного объема заполнения камеры, которая сама по себе еще не растягивает стенки камеры. Наполняя камеру, кровь сначала расправляет ее и лишь потом, когда объем станет достаточным, растягивает.

Кровоток определяется согласно закону Пуазейля:

$$q_{вх,вых}(t) = \rho_{вх,вых}(P_{вх}(t) - P_{вых}(t)), \tag{3}$$

где $\rho_{вх,вых}$ – проводимость связи, см^3 / Торр·с.

Для кровотоков из аорты в артерии большого круга кровообращения учитываются инерционных свойства крови:

$$\frac{dq_{вх,вых}(t)}{dt} = \frac{1}{L_{вхi,вых}}(\Delta P_{вх,вых} - \frac{q_{вх,вых}(t)}{\rho_{вх,вых}}), \quad \Delta P_{вх,вых} = P_{вх}(t) - P_{вых}(t),$$

где $L_{i,j}$ – инерционность кровотока, Торр·с^2/см^3.

Камерная аналогия использовалась и для моделирования сердца. Сердце представляется как совокупность четырех камер – левого желудочка, левого предсердия, правого желудочка и правого предсердия. Камеры левого и правого предсердия являются пассивными т.к. они не участвуют в сократительной деятельности сердца – следовательно, для них можно применить формулы (1) – (3). Для описания сократительной деятельности левый и правый желудочки рассмотрены как источники давления. Для записи давления в камере i-ого желудочка использовался закон Лапласа для тонкостенной сферы [5]:

$$\sigma_i(t) = \frac{P_i(t) \cdot r_i(t)}{2h_i}, \tag{4}$$

$$r_i(t) = \sqrt[3]{\frac{3V_i(t)}{4\pi}}, \qquad (5)$$

где $\sigma_i(t)$ – напряжение в стенке камеры, Торр; h_i – толщина стенки, см; $r_i(t)$ – радиус сферы, см.

Из уравнений (4), (5) следует:

$$P_i(t) = 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{\pi}{6}} \cdot \frac{h}{\sqrt[3]{V_i(t)}} \cdot \sigma_i(t)$$

Стенка камеры представляет собой сердечную мышцу (миокард), состоящую из четырех элементов. Функциональная структура миокарда включает сократительный элемент (*CE*), который способен укорачиваться при возбуждении, последовательно связанный с ним упругий элемент (*SE*) и параллельный упругий элемент (*PE*). Для адекватного описания поведения миокарда в фазе расслабления, параллельно сократительному элементу включен вязкостный элемент (*VE*).

В модели пульсирующего сердца, деятельность сердца рассматривается как чередование фаз сокращения (систол) и фаз расслабления (диастол). Характеристиками этого процесса являются: период сердечных сокращение T и длительности систолы T_{sys}. Началом сердечного цикла является момент смены диастолы на систолу. В общем случае T и T_{sys} могут быть разными для разных циклов, тогда моменты окончания систолы $T_{es}(n)$ и окончания диастолы $T_{ed}(n)$ n-го цикла (n = 1, 2, 3…) выражаются формулами:

$$t_{es}(n) = \sum_{j=1}^{n-1} T(j) + T_{sys}(n) + t_0, \quad t_{ed}(n) = \sum_{j=1}^{n} T(j) + t_0.$$

Для полного описания работы сердца учтена работа клапанов. Клапаны представляются элементами с переменной проводимостью, зависящей от перепада давления между соседними камерами. Тогда модифицированная формула (3) для кровотока через клапан будет выглядеть следующим образом:

$$q_{вх,вых}(t) = \rho_{вх,вых}(\Delta P_{вх,вых}) \cdot \Delta P_{вх,вых},$$

Для адекватного описания работы клапанов сердца учтена регургитация крови через клапан (обратный кровоток). При появлении перепада давления в сторону открытия клапан открывается. Закрытие клапана происходит перемещением некоторого объема крови Δ через клапан в направлении противоположном его нормальной пропускной способности:

$$\rho_{вх,вых}(\Delta P_{вх,вых}) = \frac{2 \cdot \rho^*_{вх,вых}}{1 + e^{-\beta\Delta}}), \quad \text{при} \quad |\Delta| < \Delta^*,$$

где Δ – объем крови, прошедшей через клапан в обратном направлении; Δ^* – закрывающий объем; β – скорость снижения проводимости клапана.

Предполагаемая структура модели 1D, состоящей из 48 артерий, представлена на рис. 3. В данной модели отражены артерии верхней части туловища, а также подробно описано церебральное кровообращение. Для правильного функционирования модели 1D требуется задание соответствующих граничных условий на краевых участках артериальной системы. Такие граничные условия могут быть получены при использовании модели 0D. При таком подходе, рассчитанные по модели глобальной гемодинамики значения функций кровотока и давления преобразуются в соответствии с определенным алгоритмом и задаются в качестве граничных условий для модели 1D.

С помощью модели 3D планируется описать гемодинамику базилярной артерии. В результате расчета модели исследователь получит сведения об изменении скорости крови и давления в любой точке базилярной артерии. По данным показателя может быть спрогнозировать риск появления и развития аневризма базилярной артерии.

Для моделей 3D, также как и для моделей 1D, остается важной проблема с определением соответствующих граничных условий. Для этого в качестве граничных условий применяются преобразованные по соответствующему алгоритму результаты расчета модели 1D.

Таким образом, для корректного моделирования исследуемого сосудистого участка (базилярной артерии) требуется построение набора взаимосвязанных моделей 0D, 1Dи 3D, которые в совокупности образуют многоуровневую математическую модель гемодинамики сердечно-сосудистой системы (рис. 4).

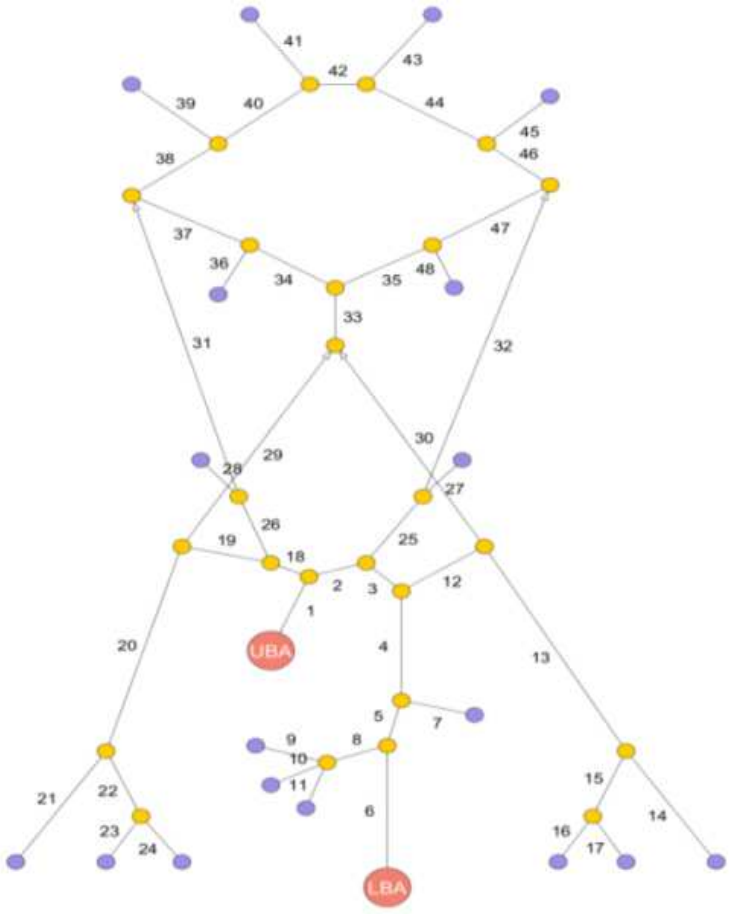


Рис. 3. Структура одномерной математической модели артерий верхней части тела и мозга. Красным обозначены узлы модели 0D, желтым обозначены места бифуркаций, фиолетовым обозначены терминальные элементы

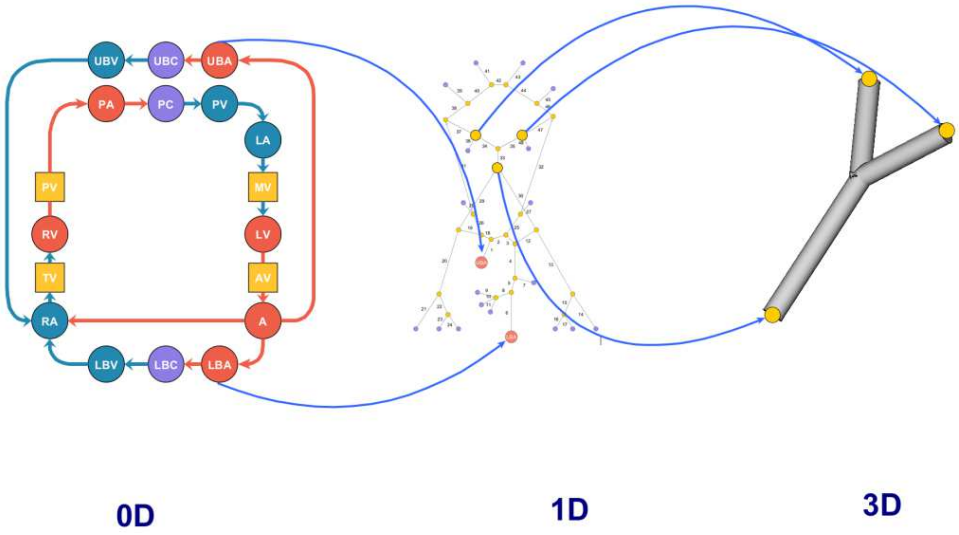


Рис. 4. Структура многоуровневой математической модели гемодинамики

Такая модель позволяет объединить модели глобальной гемодинамики, гемодинамики артериального русла и локальной гемодинамики, что позволяет использовать преимущества каждого вида моделей и минимизировать их недостатки. Так, например, многоуровневой модели гемодинамики появляется возможность исследования влияния регуляции (0D модель) на локальный участок (3D модель).

Для проверки адекватности численных расчетов гемодинамики базилярной артерии планируется использовать экспериментальную установку, расположенную в Техническом университете Мюнхена (г. Мюнхен, Германия) в клинике Рехтсдер Изар [6]. Для этого с помощью методов ангиографии будет построена геометрическую модель базилярной артерии, после чего с помощью метода стереолитографии получают силиконовую модель, которая устанавливается на XYZ-подвижный стол так, что скорость крови может быть замерена точно в любой точки модели.

Установка включает лазерный доплеровский анемометр для измерения скорости тока крови в силиконовых эластичных моделях сосудов, а также лазерный виброметр для измерения колебания стенки сосуда.

Библиографический список

1. Passerini T. Computational hemodynamics of the cerebral circulation: multiscale modeling from the circle of Willis to cerebral aneurysms //PhD thesis – Milano, 2009. 127 P.

2. Formaggia L., Quarteroni A., Veneziani. Cardiovascular Mathematics. Modeling and simulation of the circulatory system. Series MS&A, Vol. 1. – Milan: Springer-Verlag, 2009. 528 P.

3. Лищук В.А. Система закономерностей кровообращения. // Клиническая физиология кровообращения. 2005. №4. С. 14–24.

4. Лищук В.А., Фролов С.В., Газизова Д.Ш. и др. Математическая модель сосуда в обыкновенных производных как инструмент для исследования сосудистой патологии. Часть 2 // Клиническая физиология кровообращения. 2007. №1. С. 64-70.

5. Фролов С.В., Синдеев С.В., Лищук В.А., Газизова Д.Ш. Медведева С.А. Черырехкамерная модель сердечно-сосудистой системы // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. 2012.№2. С. 51-60.

6. Mijovic B., Liepsch D. Experimental flow studies in an elastic Y-model //Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine. – 2003. №11(2). P. 115-141.

References

1. Passerini T. Computational hemodynamics of the cerebral circulation: multiscale modeling from the circle of Willis to cerebral aneurysms //PhD thesis – Milano, 2009. 127 P.

2. Formaggia L., Quarteroni A., Veneziani. Cardiovascular Mathematics. Modeling and simulation of the circulatory system. Series MS&A, Vol. 1. – Milan: Springer-Verlag, 2009. 528 P.

3. Lischuk V.A. Sistema zakonomernostey krovoobrascheniya. // Klinicheskaya fiziologiya krovoobrascheniya. 2005. №4. S. 14–24.

4. Lischuk V.A., Frolov S.V., Gazizova D.Sh. i dr. Matematicheskaya model sosuda v obyiknovennyih proizvodnyih kak instrument dlya issledovaniya sosudistoy patologii. Chast 2 // Klinicheskaya fiziologiya krovoobrascheniya. 2007. №1. C. 64-70.

5. Frolov S.V., Sindeev S.V., Lischuk V.A., Gazizova D.Sh. Medvedeva S.A. Cheryirehkamernaya model serdechno-sosudistoy sistemyi // Voprosyi sovremennoy nauki i praktiki. Universitet imeni V. I. Vernadskogo. 2012.№2. C. 51-60.

6. Mijovic B., Liepsch D. Experimental flow studies in an elastic Y-model //Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine. – 2003. №11(2). P. 115-141.

УДК 004.928

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПЛАГИНА, РЕАЛИЗУЮЩЕГО МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ, ДЛЯ AUTODESK MAYA

А. А. Букатов, Е. Е. Гридчина, Д. А. Заставной

Южный федеральный университет, *Россия*, *Ростов-на-Дону*
(*e-mail: baa@sfedu.ru, helen.gridchina@gmail.com, dzast@sfedu.ru*)

Аннотация: описывается создание и применение прототипа плагина метода контрольных кластеров для редактора трехмерного графики Autodesk Maya. Рассматриваются различные варианты разработки прототипа плагина для Autodesk Maya, обосновывается выбор встроенного языка MEL.

Abstract: In the paper creating an Autodesk Maya plug-in prototype for Control Cluster Method is considered as well as its application to a sample model. Different ways of an Autodesk Maya plug-in prototype development are discussed, built-in language MEL being considered the best option.

Ключевые слова: Деформация трехмерных поверхностей, контрольный кластер, плагин, Maya, MEL.

Keywords: 3D surface deformation, Control cluster, Plugin, Maya, MEL.

В прикладных областях трехмерной графики реалистичная деформация полигональных моделей является одной из базовых задач [1-3]. Однако при применении традиционных методов деформации возникают так называемые артефакты, обусловленные линейными компонентами методов.

Ранее авторами был описан алгоритм корректировки деформаций двумерных антропоморфных моделей, основанный на использовании контрольных кластеров [4]. Универсализированный метод деформации трехмерных полигональных моделей, метод контрольных кластеров (Control Cluster

Method), описан авторами в работе [5]. Применение обобщенного подхода возможно в широком спектре областей, включая анимацию трехмерных персонажей в программах-тренажерах. Предложенный метод основан на использовании так называемых контрольных кластеров для создания реалистичной анимации.

Задача метода контрольных кластеров состоит в упрощении работы аниматора: специалист по анимации задает положение лишь малой группе вершин модели, называемых кластерными; деформация остальных проблемных вершин модели, называемых свободными, рассчитывается алгоритмом без участия пользователя на базе данных о положении кластерных вершин. Положение кластерных вершин рассчитывается на основе каких-либо входных данных (например, задается скелетной анимацией). Ключевые области модели состоят из кластерных вершин, которые задают форму самой модели. Как следствие, деформации модели контролируются с помощью кластерных вершин. При этом трансформация свободных вершин рассчитывается при помощи нелинейных методов, таких как кардинальные сплайны или поверхности Безье [4].

Для того чтобы использовать предложенный метод на практике, необходимо реализовать его в виде плагина трехмерного графического редактора. Авторами выбран Autodesk Maya, так как он является одним из наиболее распространенных редакторов трехмерной графики на сегодняшний день, в том числе благодаря тому, что имеет открытую архитектуру и позволяет внедрять дополнительные модули, расширяющие возможности программы.

Разработка плагина Autodesk Maya возможна на трех языках программирования: C++, Python и MEL. Реализация прототипа плагина была выполнена при помощи встроенного скриптового языка Autodesk Maya MEL. Данный язык является интерпретируемым и не требует компиляции. Как следствие, язык MEL представляет собой гибкий инструмент для разработки прототипа плагина в связи с тем, что записанные на языке MEL инструкции немедленно выполняются в среде Autodesk Maya [6]. Таким образом, при использовании MEL весь циклический процесс создания и тестирования прототипа плагина становится простым и оперативным. Файлы проектов Autodesk Maya, включая все данные о геометрии и анимации, сохраняются как последовательности операций MEL, что позволяет с легкостью работать с ними с применением внешних инструментов. Кроме того, скриптовый язык MEL является кроссплатформенным. Основным недостатком языка MEL является меньшая производительность по сравнению с компилируемыми языками. В связи с этим для разработки финальной версии плагина планируется использование C++ API с учетом быстроты выполнения операций. Также существенно, что при использовании компилируемого языка C++ плагин будет подключаться к Autodesk Maya в виде бинарного, а не текстового файла, что позволяет защитить исходный код приложения.

Ключевым инструментом Autodesk Maya является граф зависимостей Dependency Graph, который не только включает все составляющие трехмерной сцены (объекты, анимацию, материалы и пр.), но представляет их струк-

турно, в иерархии. По сути граф зависимостей и представляет собой сцену 3D-пакета Autodesk Maya – сеть взаимосвязанных узлов. Каждый узел характеризуется рядом атрибутов, его свойств. При создании, изменении или анимации объекта, создается или изменяется один либо несколько атрибутов одного или нескольких узлов, которые составляют объект.

Для простоты описания разработки прототипа плагина все операции рассматриваются на примере демонстрационной модели – упрощенной модели руки (рис 1). Метод контрольных кластеров предполагает деление всех вершин объекта на кластерные и свободные, при этом кластерные вершины могут трансформироваться фактически произвольным деформатором, например, при помощи скелета – иерархической структуры узлов (skeleton), решетки (lattice), морфов (blend shape) или процедурной зависимости. В связи с этим, при помощи оператора MEL addAttr для каждой вершины создается добавочный атрибут vertGroup, который хранит информацию о принадлежности вершины к той или иной группе (кластерной или свободной). В демонстрационном примере вершины делятся на 3 группы: кластерная группа № 1, вершины которой деформируются при помощи универсального метода скелетной анимации LBS или DLB; кластерная группа № 2, вершины которой деформируются с учетом заданной эталонной формы; свободная группа (рис. 1). При этом пользователю необходимо определять лишь принадлежность кластерных вершин, так как алгоритм предполагает, что все неразмеченные вершины являются свободными.

Результат деформации в каждом кадре анимации – это результат обработки статичного персонажа, поданного на один конец конвейера графа зависимости, с получением на втором конце деформированного персонажа. По ходу создания прототипа плагина в граф зависимости будут встраиваться новые узлы, осуществляющие деформации исходной формы модели.

Сначала все вершины модели привязываются к скелету модели при помощи встроенной функции Smooth Skinning (LBS) или Dual Quaternion Skinning (DLB) соответственно (рис. 2).

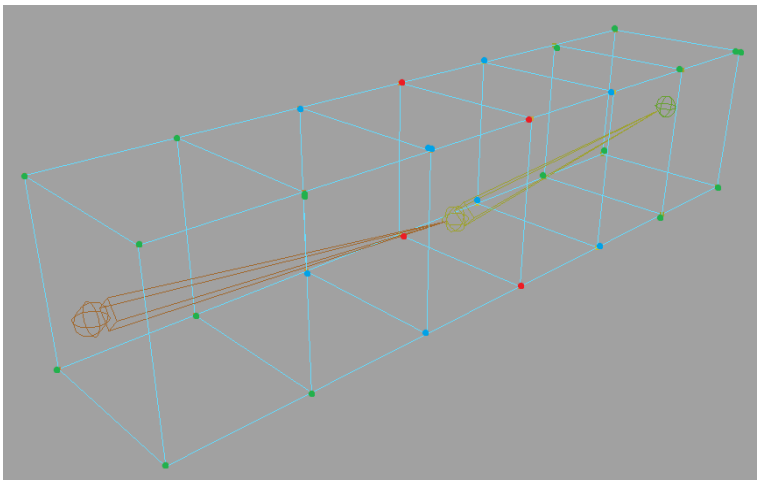


Рис. 1. Демонстрационная модель
(распределение вершин по группам: зелёным отмечены вершины кластерной группы № 1; красным – вершины кластерной группы № 2; синим – вершины свободной группы)

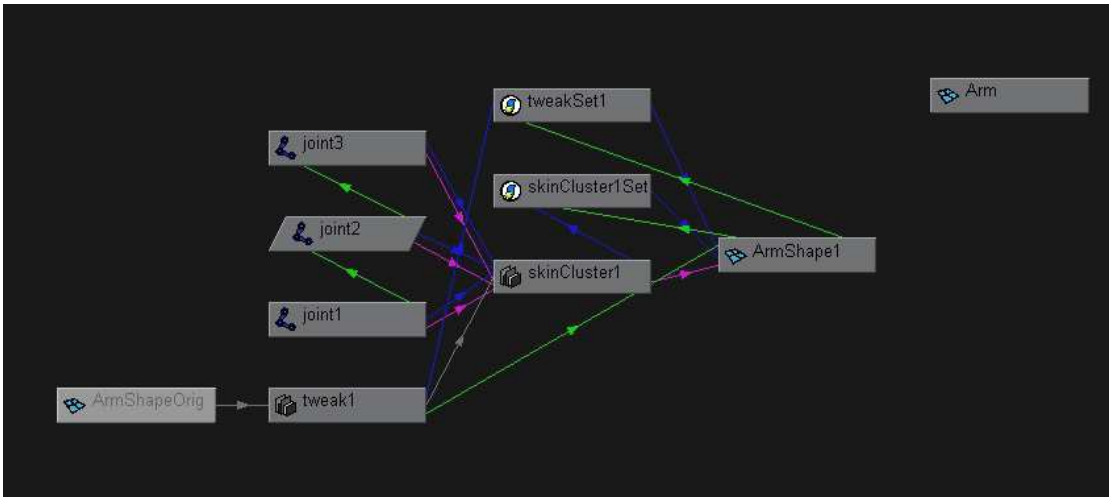


Рис. 2. Граф зависимости. Модель с привязкой к скелету из трех узлов

Вершины кластерной группы № 2 относятся к наиболее проблемной зоне модели, которая связана с появлением нежелательных артефактов традиционных методов анимации LBS и DLB – недостаточный или излишний объем соответственно [3]. С помощью MEL создается копия вершин данной кластерной группы в деформированном положении модели, которое соответствует конфигурации скелета при максимальном сгибе руки. Впоследствии аниматор деформирует вручную копию данных вершин для достижения наиболее реалистичного конечного результата, ориентируясь на деформации конечной модели, вызванные изменением копии вершин. Далее полученную аниматором форму копии вершин кластерной группы № 2 будем называть эталонной формой. Затем при помощи команды деформатора blendShape создается новый узел, который задает связь между оригинальной моделью и эталонной формой. При этом атрибут созданного деформатора Envelope находится в зависимости от угла вращения кости, чтобы влияние эталонной формы при заданном сгибе было максимальным. На вход узлу деформатора blendShape подается эталонная форма и текущая конфигурация скелета (см. Рис 3). В зависимости от расстояния между текущей конфигурацией скелета и конфигурацией скелета эталонной формы, рассчитываемого по норме, определяется степень влияния эталонной формы на текущее положение вершин модели, относящейся к кластерной группе № 2. После необходимо изменить порядок применения деформаторов к модели: сначала отрабатывает деформатор-blendShape, после – деформатор-скелет.

Далее необходимо подвергнуть дополнительным преобразованиям вершины свободной группы. Для этого при помощи команды createNode вводится новый узел-деформатор splineDeformer. Все динамические атрибуты узла создаются командой addAttr. Новый узел графа зависимости изначально не соединен с другими узлами. Для того, чтобы задать связи между узлами, используется команда connectAttr. При этом связываемые атрибуты должны быть одного типа. Подробно способ вычисления выходных атрибутов узла описан в работе [4]. Финальный граф зависимости полученной сцены изображен на рис. 3.

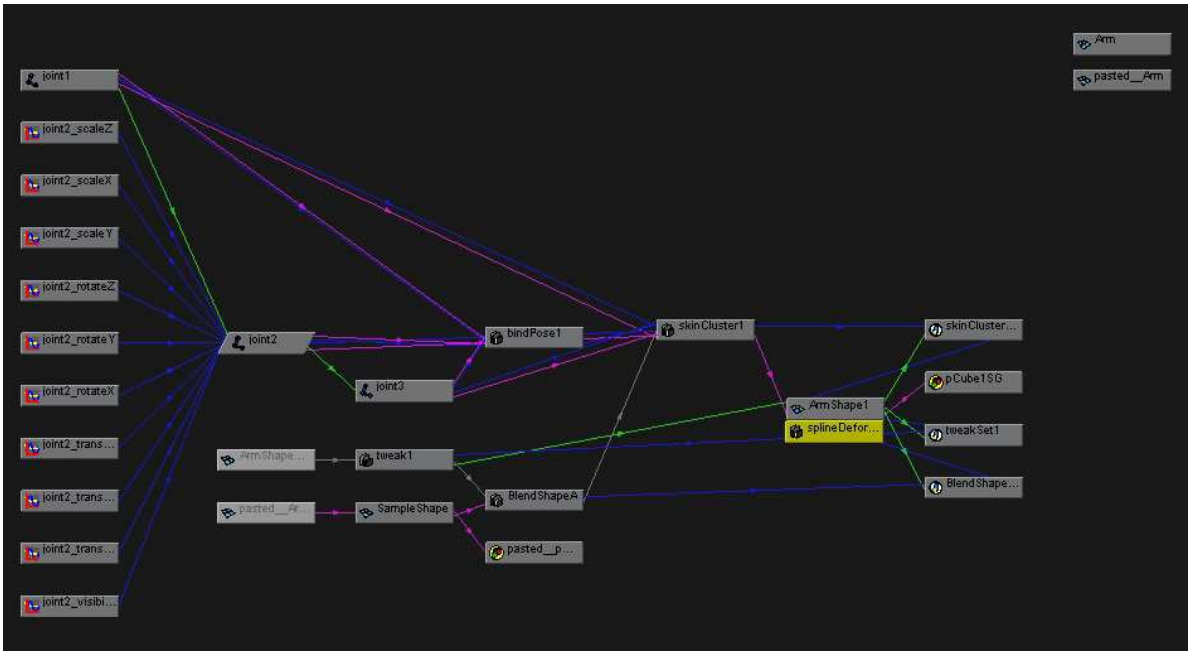


Рис. 3. Граф зависимости. Введение эталонной формы и узлов-деформаторов

Библиографический список

1. Deformation Models: Tracking, Animation and Applications, Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics / ed. By M. González Hidalgo [et al.]. – NY: Springer, 2013. – 297 p.

2. Polygon Mesh Processing / ed. M. Botsch [et al.]. – AK Peters, Ltd., 2010. – 250 p.

3. Букатов А.А., Гридчина Е.Е., Заставной Д.А. Методы скелетной анимации для трансформации полигональных поверхностей трехмерных моделей // Инженерный Вестник Дона. – 2012. – № 3. – С. 59-74.

4. Bukatov, A. A spline-based approach to control cluster deformation / A. Bukatov, E. Gridchina, D. Zastavnoy // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 26, № 6. – P. 724-727.

5. Bukatov, A., Gridchina, E., Zastavnoy, D. A control cluster approach to non-linear deformation // WSCG 2014 – Poster Paper Proceedings, Vaclav Skala, Ed., Plzen, Czech Republic, 2014. – P. 97-100.

6. Гоулд Д. А. Д. Полное руководство по программированию Maya. Подробное описание языка MEL и интерфейса C++ API / Пер. с англ. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 528 с.

References

1. Deformation Models: Tracking, Animation and Applications, Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics / ed. By M. Gonz

2. Polygon Mesh Processing / ed. M. Botsch [et al.]. – AK Peters, Ltd., 2010. – 250 p.

3. Bukatov A.A., Gridchina E.E., Zastavnoy D.A. Metodyi skeletnoy animatsii dlya transformatsii poligonalnyih poverhnostey trehmernyih modeley // Inzhenernyiy Vestnik Dona. – 2012. – № 3. – S. 59-74.

4. Bukatov, A. A spline-based approach to control cluster deformation / A. Bukatov, E. Gridchina, D. Zastavnoy // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 26, № 6. – P. 724-727.

5. Bukatov, A., Gridchina, E., Zastavnoy, D. A control cluster approach to non-linear deformation // WSCG 2014 – Poster Paper Proceedings, Vaclav Skala, Ed., Plzen, Czech Republic, 2014. – P. 97-100.

6. Gould D. A. D. Polnoe rukovodstvo po programmirovaniyu Maya. Podrobnoe opisanie yazyika MEL interfeysa C ARI / Per. s angl. – M.: KUDITs-OBRAZ, 2004. – 528 s.

УДК 004.9

ВИРТУАЛЬНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

Н. Е.Пятко

Азовский технологический институт – филиал ДГТУ, Россия, г. Азов
(*тел. 89889914591, e-mail: copybird@yandex.ru*)

Аннотация: говорится об областях применения виртуальных тренажеров, о их значении в современном мире.

Abstract: this article refers to the applications of virtual simulators of their importance in the modern world.

Ключевые слова: виртуальные тренажеры, эмитирующие модели, виртуальные технологии, симуляторы, виртуальное обучение.

Keywords: virtual simulators, emitting models, virtual technology, simulators, virtual learning.

Виртуальные тренажеры представляют собой мультимедийные анимационные имитаторы, предназначенные для имитации изменения состояний физического оборудования при различных условиях, создавая иллюзию действий с физической аппаратурой [1].

Основной их особенностью является максимально полное воспроизведение внешнего вида физических устройств и элементов управления ими, а также движения отдельных элементов в соответствии с воздействиями пользователя на основе создания анимационных объектов и сложных сцен.

Широкое применение виртуальные тренажеры получили в различных областях: военно-промышленные комплексы, машиностроение, медицина, рекламная индустрия и т.д.

Тренажеры и симуляторы имеют достаточно высокую цену, однако, их использование оказывает существенное влияние на качество подготовки обучающихся, что делает их покупку коммерчески оправданной.

Многие брендовые компании успешно применяют современные виртуальные возможности для достижения поставленных целей. К примеру, финская фирма-производитель мобильных телефонов и другого телекоммуникационного оборудования Nokia использует виртуальное обучение и создание виртуальных руководств по ремонту своего оборудования, что позволяет сэкономить несколько миллионов долларов. Американская корпорация The Boeing Company несколько десятков миллионов долларов вкладывает в создание виртуальных инструкций по ремонту своих лайнеров.

В настоящее время виртуальные тренажерные технологии представляют собой сложные многофункциональные комплексы, системы визуализации, симуляции и моделирования, компьютерные программы и физические модели, специальные методики разработки. Современные тренажеры и основанные на них программы подготовки и обучения, служат источником развития практических навыков человека с одновременной теоретической подготовкой, то есть тренажер склонен к развитию вместе с обучаемым. Осуществле-

ние такого подхода стало возможным благодаря огромного скачку в развитии, а соответственно, и удешевлению компьютерной техники, а также прогрессивным развитием технологий виртуальной реальности, систем искусственного интеллекта, машинного зрения, и т.д. На принципе данных технологий были спроектированы и реализованы многочисленные тренажеры для военных целей, которые позволяют эмитировать боевые действия в режиме реального времени. На сегодняшний день существует огромное количество приложений, основанных на технологии виртуальной реальности, в медицине, позволяющих проводить операции электронному пациенту с высокой степенью достоверности и т.д.

Особое место стоит уделить развитию виртуальных технологий в образовании. Для развития практических умений студентов уже практически все учебные заведения практикуют так называемые виртуальные тренажеры, которые в большинстве случаях используются в дистанционном формате обучения.

Использование современных технологических тренажеров в образовании дает следующие преимущества.

1. Развитие самостоятельности обучающегося, способности без чужой помощи организовывать учебный процесс. При этом общение с преподавателем минимизировано.

2. Тренажеры могут быть использованы в курсах подготовки специалистов, входящих в программы различных учебных заведений.

3. Удобная форма представления материала способствует более эффективному восприятию обучающегося.

Но конечно, обучение, основанное на компьютеризации учебного процесса, должно быть построено на определенной теоретической базе знаний.

Виртуальный мультимедийный тренажер должен иметь минимум два режима работы: тренировочный и основной режим выполнения. В тренировочном режиме обучающийся имеет возможность познакомиться с программой, а также ее режимами и этапами работы. Этот режим можно назвать работой по алгоритму. Так, степень взаимодействия тренажера с обучающимся становится выше, пользователь может многократно просматривать выбранные им этапы, независимо от их порядка.

Основной режим выполнения позволяет обучающемуся выполнить главную часть тренажера, при этом он уже не имеет права на ошибки, за этим позволяет следить специальная система контроля, которая отслеживает все действия обучающегося. Если возникнут ошибки, обучающийся увидит подсказки или предупреждения. Если ошибки будут грубыми, то возможно возникновение «аварийной ситуации». Таким образом, возможность проектирования или моделирования таких ошибок является достоинством виртуальных тренажеров. Это связано с невозможностью обучающегося на физическом оборудовании выполнять такие действия.

В связи с тем, что тренажерные комплексы могут применяться в различных областях и выполнять абсолютно разные задачи по своему назначению,

невозможно разработать универсальное программное обеспечение, удовлетворяющее любым технологическим требованиям. Поэтому целесообразно строить тренажерный комплекс по модульному принципу.

Библиографический список

1. http://ckto.narod.ru/stvirttr.htm
2. http://www.ask-technology.ru/projects/electrolysis.html

References

1. http://ckto.narod.ru/stvirttr.htm
2. http://www.ask-technology.ru/projects/electrolysis.html

УДК: 004.942

К ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНТИВИРУСНЫХ СКАНЕРОВ

А. А. Даурова*, А. А. Будаева, А. А. Астахова*****

** Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, Владикавказ (тел. (8672)949675, e-mail: albina_daurova@mail.ru).*

*** Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический Университет), Россия, Владикавказ (тел. 8(905)4885500, e-mail:budalina@yandex.ru).*

**** Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, Владикавказ (тел. 8(963)1792982, e-mail: astahovalg@mail.ru)*

Аннотация: Определяется значение частоты запуска антивирусных программ, позволяющее минимизировать время обеспечения безопасной работы компьютера.

Abstract: The frequency for running the antivirus software that provides the minimum time for information security is defined in the article.

Ключевые слова: антивирусный сканер, частота запуска, безопасная работа компьютера.

Key words: antivirus software, test frequency, information security.

Введение

Применение антивирусного сканирования для защиты информации приводит к ряду задач, среди которых задача выбора интервала времени между запусками антивирусных программ при полной проверке ЭВМ. Понятно, что от периода между запусками зависят общие затраты времени на проверку и восстановление данных. Однако, в зависимости от условий, в которых функционирует антивирусная система, и ее характеристик, можно отыскать оптимальное значение периода запуска сканера, которое бы минимизировало общие затраты времени на обеспечение информационной безопасности.

Определение частоты запуска антивирусного сканера

Одной из разновидностей задачи защиты данных с помощью антивирусного сканирования является задача поиска оптимального режима функциони-

рования антивирусного программного продукта: требуется отыскать значение частоты его запуска, минимизирующее время обеспечения безопасной работы компьютера.

Постановка и решение задачи предполагают, что время, затрачиваемое на поиск объектов, повергнутых заражению, прямо пропорционально частоте запуска сканера, а время, затрачиваемое на восстановление данных обратно пропорционально ему [1].

Введем следующие обозначения: v – частота запуска антивирусного сканера, мин$^{-1}$; t – время обеспечения безопасной работы компьютера, с; t_1 – время, затрачиваемое компьютером на поиск и блокаду вредоносных объектов антивирусным сканером, c. В первом приближении время t_1 прямо пропорционально частоте v запускасканера, что подтверждается полученными в ходе эксперимента данными (рис. 1.); t_2 – время, затраченное на восстановление запорченных данных, обнаруженных сканером, с. Экспериментально также подтверждается, что время t_2 обратно пропорционально частоте v запуска сканера (рис. 2.) [2, 3]. Экспериментальные значения времен t_1 и t_2 сведены в табл. 1.

Очевидно, $t_1 + t_2 = t$.

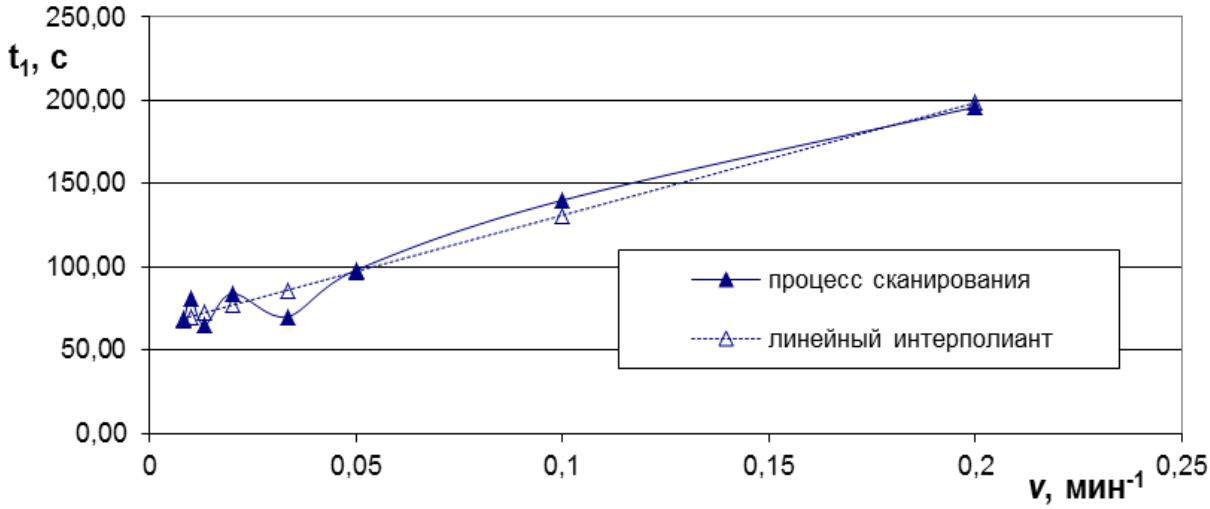


Рис. 1. Зависимость времени t_1 поиска и блокады вирусовот частоты v запуска антивирусного сканера CureIt производителя ПО Dr.Web.

Уравнение линейной регрессии: $t_1 = 675.66 * v + 63.57.$

Таблица 1

Частота v, мин$^{-1}$	0,0083	0,0100	0,0133	0,0200	0,0333	0,0500	0,1000	0,2000
Время t_1, с	68	81	65	84	70	98	140	196
Время t_2, с	270,6	238,0	214,6	175,4	149,0	120,0	80,0	58,0

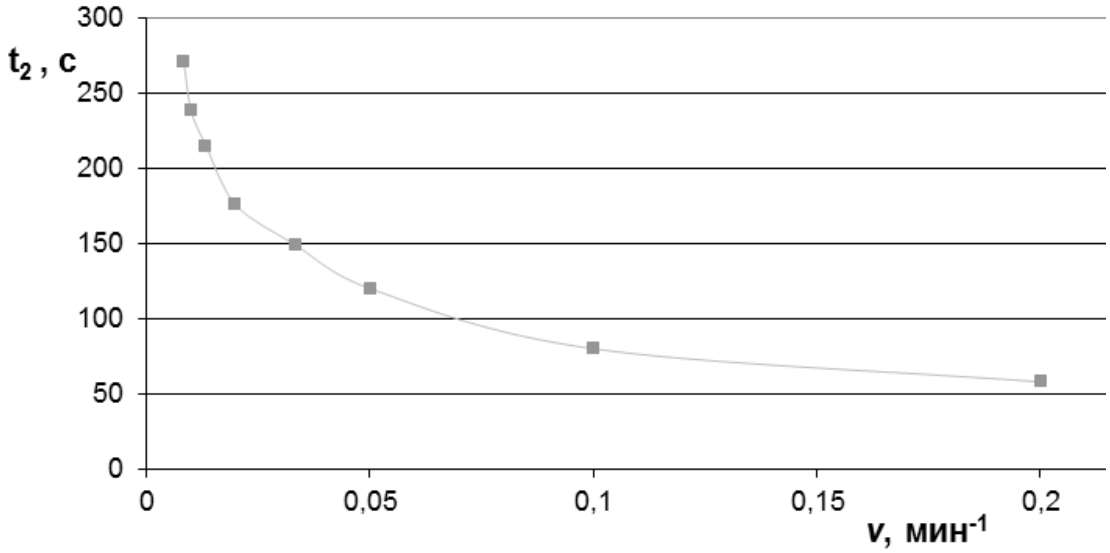


Рис. 2. Зависимость времени t_2 восстановления запорченных данных от частоты v запуска антивирусного сканера CureIt производителя ПО Dr.Web. Экспериментальные данные

Предположение об обратной связи $t_2 = a + \frac{b}{v}$, на котором и основывалось дальнейшее решение задачи, приводит к уравнению регрессии вида:

$$t_2 = 75{,}32 + \frac{1{,}71}{v}. \quad (1)$$

Индекс корреляции и средняя ошибка аппроксимации для этой регрессии составляют соответственно: $R \approx 0{,}9755$ и $A_{ср} \approx 13{,}0664\%$.

Попытаемся точнее определить связь между параметрами t_2 и v, что позволит, в конечном счете, более точно найти оптимальное значение частоты v.

Очевидно, что увеличение частоты v сканирования на «раннем» этапе приводит к более значительному уменьшению времени t_2, чем такое же увеличение частоты сканирования на этапе более «позднем». Другими словами, изменение (в нашем случае – уменьшение) времени t_2 замедляется с ростом частоты v, т.е. имеет место следующая зависимость:

$$\frac{dt_2}{dv} = -\frac{b}{v}. \quad (2)$$

Проинтегрировав уравнение (2), будем иметь уравнение регрессии для исследуемых параметров t_2 и v: $t_2 = a - b * \ln(v)$.

Применение метода наименьших квадратов позволяет получить уравнение вида:

$$t_2 = -65{,}85 - 65{,}60 * \ln(v). \quad (3)$$

При этом значения индекса корреляции и средней ошибки аппроксимации указывают на то, что найден более точный характер зависимости между параметрами t_2 и v: $R \approx 0{,}9837$ и $A_{ср} \approx 8{,}9419\%$.

Найдем и проанализируем степенную регрессию $t_2 = a * v^b$. Предположение о таком характере зависимости дает уравнение регрессии вида:

$$t_2 = 27{,}52 * v^{-0{,}48}. \quad (4)$$

Индекс корреляции $R \approx 0{,}9972$. Средняя ошибка аппроксимации $A_{ср} \approx \approx 2{,}7893\%$.

Таким образом, можно считать, что экспериментальные данные наилучшим образом аппроксимируются степенной регрессией (табл. 2.).

Найдем теперь частоту $v_{опт}$ запуска антивирусного сканера, минимизирующую время t обеспечения безопасной работы компьютера.

Как уже отмечалось, $t = t_1 + t_2$, т.е., исходя из предположения об обратной связи между параметрами t_2 и v, будем иметь:

$$t = 63.52 + 675.66 * v + 75.32 + \frac{1{,}71}{v}. \quad (5)$$

Минимум t^*_{min} этой функции равен 243,56 с и достигается в точке $v^*_{опт} = 0{,}1364$ мин$^{-1}$, что соответствует периоду запуска антивируса 7,33 мин.

Если же исходить из предположения о степенной связи между параметрами t_2 и v, задача сведется к поиску минимума $t^{**}_{\min}$ функции

$$t = 63.52 + 675.66 * v + 27.52 * v^{-0.477}, \quad (6)$$

который равен 208,78 с и достигается в точке $v^{**}_{опт} = 0{,}0656$ мин$^{-1}$, что соответствует периоду запуска антивируса 15,23 мин.

Таблица 2

	v_i	t_{2i}	$t_{2i} = 75{,}32 + \frac{1{,}71}{v_i}$	$t_{2i} = -65{,}85 - 65{,}60 * \ln(v_i)$	$t_{2i} = 27{,}52 * v_i^{-0{,}48}$
1	0,0083	270,6	281,10	248,23	270,03
2	0,0100	238,0	246,79	236,27	247,54
3	0,0133	214,6	203,92	217,40	215,80
4	0,0200	175,4	161,06	190,79	177,85
5	0,0333	149,0	126,76	157,28	139,40
6	0,0500	120,0	109,61	130,68	114,88
7	0,1000	80,0	92,46	85,21	82,54
8	0,2000	58,0	83,89	39074	59,31
R			**0,9755**	**0,9837**	**0,9972**
$A_{ср}$			**13,0664%**	**8,9419%**	**2,7893%**

Приняв за базу сравнения результат, полученный при интерполяции гиперболической регрессией, имеем:

$$\frac{t^{*}_{min}}{t^{**}_{min}} = \frac{208.78}{243.56} \approx 0.8572$$

или ≈85.72%.

Таким образом, выигрыш во времени обеспечения безопасной работы компьютера составляет ≈14,28%.

Заключение

Получено аналитическое выражение значения частоты запуска антивирусного сканера, позволяющего минимизировать время, затрачиваемое на обеспечение безопасной работы компьютера. Показано, что использование степенной регрессии для моделирования функционирования антивирусных программ более эффективно с точки зрения аппроксимации экспериментальных данных по сравнению с обратной связью [2, 3]. Пределен выигрыш во времени обеспечения безопасной работы компьютера.

Библиографический список

1. Сорокин С. В. Система оптимальной защиты информации (СОЗИ) // Труды Северо-Кавказского государственного технического университета. 2002, вып. 9.

2. Петров А.Ю. Многофакторная оптимизация задачи антивируснойзащиты. // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж: Издательство воронежского ГТУ, 2011, №7, С. 137-144.

3. Гроппен В.О., Петров А. Ю. Многокритериальная задача оптимизации режимов функционирования антивирусных сканеров. // Сборник научных трудов Северо-Осетинского отделения Академии наук высшей школыРФ – Владикавказ: «Терек», 2011, №9, С. 56-58.

References

1. Sorokin S. V. Sistema optimalnoy zaschityi informatsii (SOZI) // Trudyi Severo-Kavkazskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2002, vyip. 9.

2. Petrov A.Yu. Mnogofaktornaya optimizatsiya zadachi antivirusnoyzaschityi. // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – Voronezh: Izdatelstvo voronezhskogo GTU, 2011, №7, S. 137-144.

3. Groppen V.O., Petrov A. Yu. Mnogokriterialnaya zadacha optimizatsii rezhimov funktsionirovaniya antivirusnyih skanerov. // Sbornik nauchnyih trudov Severo-Osetinskogo otdeleniya Akademii nauk vyisshey shkolyiRF – Vladikavkaz: «Terek», 2011, №9, S. 56-58.

УДК 519.233.5

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Т. А. Фролова, Е. П. Ионченко, М. П. Аленичева

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630706, e-mail: frolova@mail.gaps.tstu.ru*)

Аннотация: Решается задача прогнозирования сложных динамических систем на примере определения объема продаж многоассортиментных производств, выпускающих продукцию быстро меняющегося ассортимента в небольших объемах.

Abstract: The article provides solution to the problem of prediction of complex dynamic systems on the example of determining the volume of sales of multi-assortment manufacturing, producing goods with rapidly changing assortment in small quantities.

Ключевые слова: факторные признаки, объем продаж, результативный признак.

Keywords: factorial signs, sales volume, effective symptom.

Прогнозирование развития сложных динамических систем является чрезвычайно актуальной задачей. Такие задачи находят практическое применение во многих отраслях человеческой деятельности. При прогнозировании объема продаж используются различные подходы. Эта проблема ярко выражена на предприятиях, выпускающих многоассортиментную химическую продукцию в небольших объемах.

Среди методов прогнозирования выделяются такие, как корелляционный анализ и метод множественной регрессии, так как они позволяют получить зависимость определенного вида между факторными признаками и результативным, а также оценить силу связей.

При построении зависимости объема продаж от различных факторов авторами предлагается использовать пакет *Statgraphics plus for Windows*. Зависимость представляется в виде:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + ... + b_m x_n,$$

где $\hat{y}$ – результативный признак (спрос); b_0, …, b_m – коэффициенты регрессии; x_1, …, x_n – факторные признаки.

Для проведения анализа используются известные значения объема продаж продукта А за 1 год с дискретностью 1 месяц (рис. 1).

После предварительного анализа выявляются факторы, наиболее влияющие на значение результативного признака. Такими факторами являются: портфель заказов, цена на продукт, индекс цен, доходы населения, прожиточный минимум, уровень безработицы, ввод жилых домов в регионе, посещаемость интернет-сайта предприятия [1].

Затем проводится корелляционный анализ. Исходные данные приведены в табл. 1. Результаты анализа сведены в табл. 2.

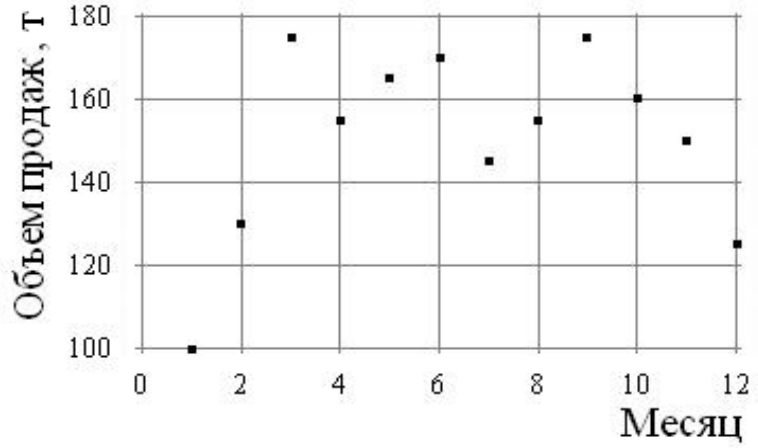


Рис. 1. Известные значения объема продаж

1. Исходные данные

№	Спрос, y	Портфель заказов, x_1	Цена, x_2	Ввод жилых домов, x_3	Индекс цен, x_4	Доходы, x_5	Прожиточный минимум, x_6	Уровень безработицы, x_7	Посещаемость сайта, x_8
1	100	70	35000	10	100,4	108,9	1568	17238	540
2	130	100	35000	15	100,5	109,7	1568	17636	660
3	175	145	35600	19	103,9	108,4	1568	17632	560
4	155	105	35650	16	104,7	106,6	1607	17454	635
5	165	120	35650	15	104,8	112,9	1607	16593	662
6	170	135	35650	21	105	105,3	1607	15524	452
7	145	105	35600	5	105,7	107,9	1630	15510	888
8	155	115	35600	10	107	107,6	1630	15147	445
9	175	125	35650	38	107,8	112,7	1630	14240	556
10	160	140	35650	23	107,8	109,9	1683	14010	1124
11	150	130	35700	24	108,7	106,2	1683	14317	661
12	125	100	35700	62	109,4	112,8	1683	14662	354

2. Результаты корелляционного анализа

	Портфель заказов	Цена	Ввод жилых домов	Индекс цен	Доходы	Прожиточный минимум	Уровень безработицы	Посещаемость интернет-сайта
Коэффициент корреляции	0,8853	0,6974	–0,0138	0,3886	–0,0723	0,1036	–0,2251	0,1339
Уровень значимости	0,0001	0,012	0,9659	0,2119	0,8233	0,7486	0,4817	0,6783

Показателем силы связи является коэффициент корелляции. Он колеблется в пределах [–1; 1]. Сильная положительная связь присутствует между объемом продаж и портфелем заказов, а также между объемом продаж и ценой.

Следует обратить внимание именно на эти факторы, так как от их значения будет наибольшим образом зависеть объем продаж.

Потом проводится множественный регрессионный анализ. Используются исходные данные из табл. 1. Чтобы уменьшить размерность задачи и упростить конечное уравнение, применяется метод последовательного исключения факторных признаков из модели. Результатом расчета является регрессионная модель зависимости объема продаж от трех факторов

$$y = -1288{,}94 + 0{,}689115x_1 + 0{,}0485706x_2 - 0{,}225981x_3,$$

где x_1 – портфель заказов; x_2 – цена, x_3 – прожиточный минимум.

Адекватность полученного уравнения проверяется при помощи скорректированного коэффициента множественной регрессии R^2. В данном случае R^2 = 0,8748. Это значит, что значение объема продаж на 87,48% зависит от выбранных факторных признаков. Следовательно, полученная модель адекватна.

Для визуального отображения результата работы строится график сравнения реальных значений объема продаж с расчетным (рис. 2).

На этом графике y' – реальные значения объема продаж; y – значения объема продаж, рассчитанные по полученной зависимости. Чем ближе к диагональной прямой расположены точки, тем точнее модель описывает исходные данные. Результаты расчета представлены в табл. 3.

В результате проведенной работы построена математическая модель зависимости объема продаж продукции малотоннажных химических производств от факторов, влияющих на него.

Следующим этапом является непосредственно прогнозирование.

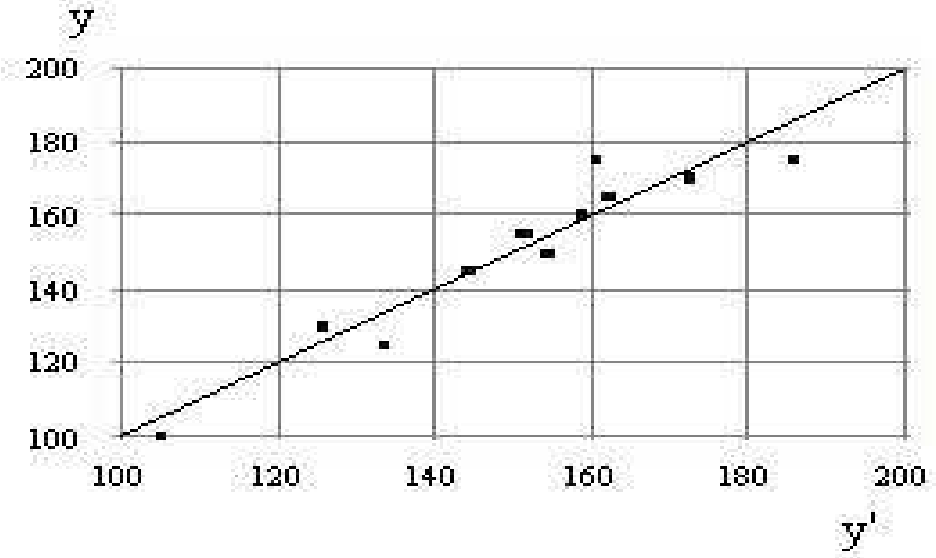


Рис. 2. Сравнение реальных значений объема продаж с расчетным

3. Результаты расчета

Номер временного периода	Реальные значения объема продаж *y'*, т	Расчетные значения объема продаж *y*, т
1	100	104,9
2	130	125,6
3	175	185,8
4	155	151,8
5	165	162,1
6	170	172,5
7	145	144,2
8	155	151,1
9	175	160,4
10	160	158,8
11	150	154,3
12	125	133,6

Для этого необходимо знать прогнозные значения всех входящих в модель факторов. Эти значения могут быть получены на основе экстраполяционных методов, например, с использованием средних абсолютных приростов факторных признаков; они могут быть также определены методами экспертных оценок или непосредственно заданы исследователем экономического процесса. Прогнозные значения факторов подставляются в модель и получается прогнозное значение объема продаж [2].

Библиографический список

1. Ионченко Е.П., Аленичева М.П. Информационная система прогнозирования емкости рынка многоассортиментных производств // Материалы третьей Всероссийской научно-прктической конференции»Решение-2014»-Пермь: Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2014. С.71-73.

2. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Методы эксперимента в химической технологии: Учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 327 с., ил.

References

1. Ionchenko E.P., Alenicheva M.P. Informatsionnaya sistema prognozirovaniya emkosti ryinka mnogoassortimentnyih proizvodstv // Materialyi tretey Vserossiyskoy nauchno-prkticheskoy konferentsii»Reshenie-2014»-Perm: Bereznikovskiy filial Permskogo natsionalnogo issledovatelskogo politehnicheskogo universiteta, 2014, S.71-73.

2. Ahnazarova S. L., Kafarov V. V. Metodyi eksperimenta v himicheskoy tehnologii: Ucheb. posobie dlya him.-tehnol. spets. vuzov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Vyissh. shk., 1985. – 327 s., il.

УДК 004.928

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КУЛЬТУРНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

З. С. Баймухамбетова

Астраханский Государственный Технический Университет, Россия, Астрахань (*тел. 89275512058, e-mail: b.meteora@yahoo.com*)

Аннотация: Система предназначена для учреждений культуры и вышестоящих органов, разработанная система включает три подсистемы: учета и организации работы клубных формирований (регистрация участников, планирование и учет обучения, формирование отчетов); поддержки проведения культурно-массовых мероприятий (планирование мероприятий, автоматическое назначение ответственных за мероприятия, учет фактического выполнения мероприятий); анализа деятельности культурных учреждений (настройка показателей оценки КДУ, загрузка, ввод и расчет значений показателей, формирование отчетности в разрезе отдельных проекций на разных уровнях абстракции).

Abstract: The project is intended for cultural institutions and parent bodies, the developed system consists of three subsystems: accounting and organization of the club groups (registration of participants, planning and accounting training, reporting); support of cultural events (event planning, automatic assignment of responsibility for actions, taking into account actual implementation of activities); analysis of cultural institutions (set of indicators to measure the DCD, upload, input and calculation of indicator values, the formation of statements in the context of individual projections at different levels of abstraction).

Ключевые слова: Анализ, клубные формирования, критерии, культурно-досуговые учреждения, мероприятие, отчетность, подсистема, показатели.

Keywords: Analysis, club formation, criteria, cultural and recreational institutions, event reporting, subsystem, performance.

Культура на протяжении всей российской истории передавала новым поколениям духовный опыт нации, обеспечивала единство многонационального народа России. Культурно-досуговые учреждения (далее КДУ) исходят из понимания важнейшей общественной миссии культуры как инструмента передачи новым поколениям свода нравственных, моральных ценностей, составляющих основу национальной самобытности, основывается на признании огромного воспитательного и просветительского потенциала культуры и необходимости его использования в процессе формирования личности.

За последнее десятилетие сфера культуры России совершила значительный прорыв в использовании новейших технологий, несмотря на существенные проблемы финансирования, технического обеспечения, коммуникаций. В существующих системах не предусмотрено решение проблем КДУ в комплексе, они узкоспециализированы, не учитывают сложной функциональной структуры культурных учреждений, не всегда полностью ориентированы на специфику работы культурных учреждений и часто не позволяют проводить полноценный анализ их работы.

Поэтому был разработан комплексный проект, включающий три подсистемы: подсистема по учету и организации работы клубных формирований; подсистема поддержки организации культурных мероприятий; подсистема анализа деятельности культурных учреждений.

Цель проекта – повышение эффективности учета, мониторинга и планирования деятельности КДУ на основе использования информационных технологий разработанной информационной системы.

Задачи проекта:

– сокращение времени на обработку данных и обеспечение интеграции информации различных сфер деятельности КДУ;

– упрощение процедур организации учета деятельности клубных формирований, повышение оперативности и качества составления расписания занятий клубных формирований;

– обеспечение эффективного планирования и оценки результатов культурно-массовых мероприятий;

– разработка системы критериев для комплексной объективной оценки эффективности деятельности КДУ;

– обеспечение оперативного доступа к данным культурных учреждений по различным критериям, автоматизация сбора и комплексного анализа показателей отрасли культуры;

– автоматизированное формирование предложений по улучшению и совершенствованию работы в области культуры, составление перспективных планов работы культурных учреждений на следующий год.

Первые две подсистемы планируется использовать в культурных учреждениях, последнюю – как на уровне культурных учреждений, так и в Министерстве культуры. В системе предусмотрены механизмы обмена информацией между ее компонентами, изображенные на рис. 1.

Рис. 1. Взаимодействие подсистем управления деятельностью КДУ

В «подсистеме по учету и организации работы клубных формирований» помимо стандартных функций учета, следует выделить задачу составления расписания занятий клубных формирований. Расписание составляется автоматически в соответствие с имеющимся аудиторным фондом, числом клубных формирований в культурном учреждении и ограничениями на продолжительность, количество и режимы занятий участников формирований различного профиля. На основе введенных данных система формирует расписание занятий клубных формирований, отслеживается возникновение коллизий в заданных параметрах, влияющих на составление расписания. В системе используется алгоритм самообучения, позволяющий усовершенствовать качество составления расписания на каждой новой итерации. Благодаря этому ответственный за составление расписания, сможет сэкономить временя. Сгенерированное расписание может быть изменено в интерактивном режиме и использовано для анализа загруженности клубных формирований и эффективности использования аудиторного фонда. При необходимости данный модуль может быть адаптирован под особенности планирования занятий учебного заведения другого профиля.

В подсистеме «поддержки организации культурных мероприятий» по аналогии с известными системами управления проектами предусмотрена возможность планирования мероприятий, назначение ресурсов, установка хронологической взаимосвязи между мероприятиями. При этом данная подсистема имеет свои особенности: исключены избыточные с точки зрения культурных мероприятий функции, используется более привычная для специалистов культурной сферы терминология, добавлены задачи, учитывающие особенности предметной области, например, предусмотрены возможности привязки мероприятий к праздничным дням, отдельное внимание в подсистеме уделено проведению и организации репетиций. Следует отметить, что практически во всех системах управления проектами исполнители воспринимаются как что-то легко взаимозаменяемое, не учитываются их особенности, квалификация, специализация и прочие факторы. В разработанной программе данная проблема решается благодаря реализованному в подсистеме венгерскому алгоритму, решающему задачу о назначении ответственных за мероприятие или его этапы с учетом компетенций и загруженности сотрудников. Редактировать информацию по планируемому мероприятию в подсистеме может только ответственный за него сотрудник, либо руководитель КДУ.

Обработанные с помощью первых двух подсистем данные для анализа и принятия решений передаются из учреждений культуры в областной методический центр и министерство культуры. Для данных учреждений предусмотрена третья подсистема.

Для определения показателей анализа данных по культурным учреждениям были исследованы бизнес-процессы предметной области (рис. 2). Для каждого функционального блока бизнес-процесса, отражающего основные направления работы культурного учреждения авторами были

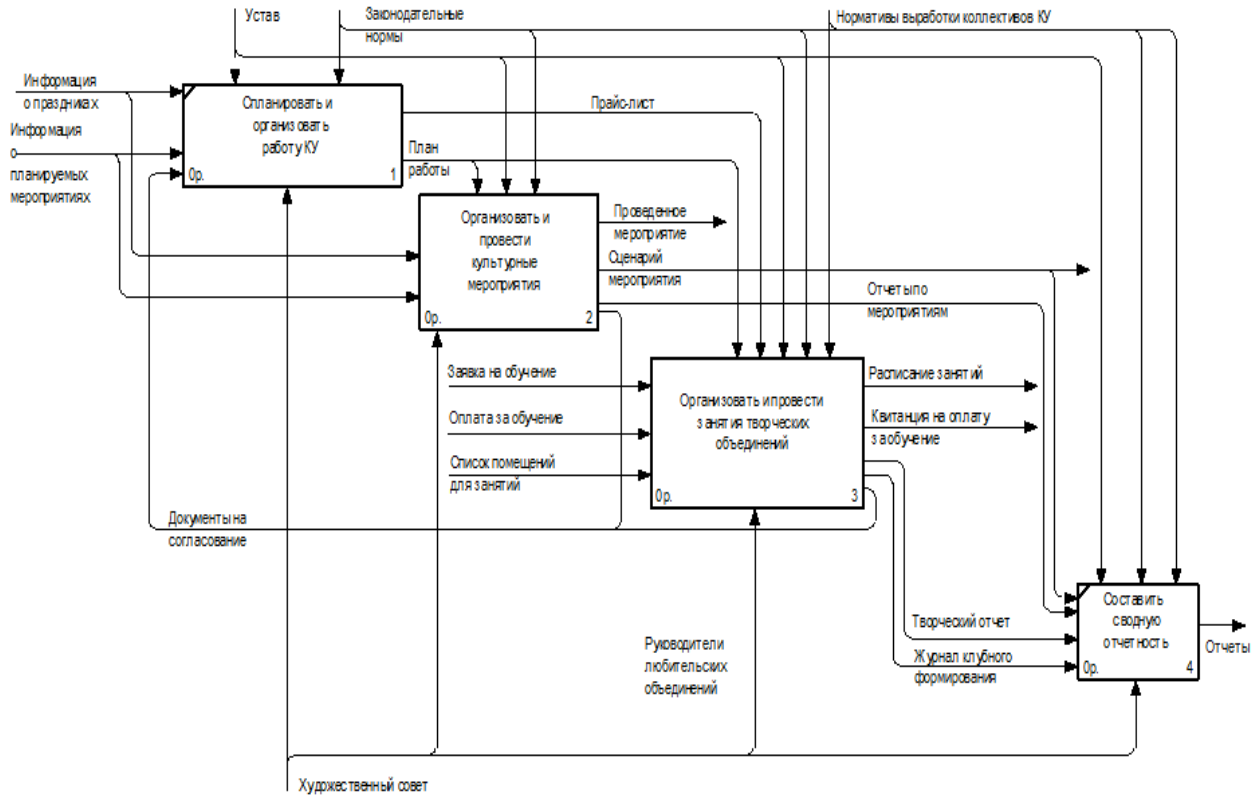


Рис. 2. Бизнесс-процессы культурных учреждений

разработаны система показателей, алгоритмы, методы и формулы их расчета. Показатели отражают абсолютные значения достигнутых результатов, эффективность работы культурно-досугового учреждения с учетом его специфики, масштаба и демографической ситуации в регионе (например, вместо учета общего количества посетителей за год, количество посещений на одного жителя региона или количество посетителей платных мероприятий на одного жителя). Для каждого показателя были определены нормативные и допустимые значения, а также линии тренда, определяющие направления улучшения значений показателей (в сторону увеличения или уменьшения). Совокупность показателей и связи между ними были представленные в виде морфологических матриц.

Полученные показатели были распределены между пятью проекциями, отражающими основные направления деятельности КДУ – «Поступление и использование финансовых средств», «Культурно-массовые мероприятия», «Материально-техническая база», «Культурно-досуговые формирования», «Персонал учреждения». Для уменьшения количества показателей, с которыми одновременно оперирует руководитель КДУ и сотрудники вышестоящих ведомств, они были организованы в иерархические структуры. Для каждого показателя верхнего уровня задан метод расчета его значений на основе значений показателей нижнего уровня.

Подсистема анализа деятельности культурных учреждений реализована на основе разработанной системы оценки показателей и позволяет конфигурировать структуру взаимосвязи показателей, загружать, вводить и рассчитывать значения показателей (часть показателей может быть

импортировано или рассчитано из данных статистической отчетности в форме 7-НК, передаваемой из КДУ), выдавать статистическую отчетность в разрезе отдельных проекций на разных уровнях абстракции, а также предлагать рекомендации по улучшений значений целевых показателей. Проводимый анализ позволяет, вскрыть недостатки работы КДУ и их причины, наметить меры и внести предложения по улучшению работы, составить перспективные планы работы культурных учреждений на следующий год.

Внедрение информационной системы в культурных учреждениях позволит повысить качество и оперативность планирования мероприятий, снизит трудоемкость работы при клубных формирований, упростит контроль за организацией и проведением работы культурных учреждений, повысит качество предложений по улучшению и совершенствованию работы в области культуры.

Библиографический список

1. Асанова, И. М. Организация культурно-досуговой деятельности: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / И. М. Асанова, С.О. Дерябина. М.: Академия, 2011. 192 с.

2. Баймухамбетова, З.С. Качественный подход к оценке эффективности работы дома культуры / З.С. Баймухамбетова, М.И. Шкульский // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2012, 628 с.

References

1. Asanova, I. M. Organizatsiya kulturno-dosugovoy deyatelnosti: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyissh. prof. obrazovaniya / I. M. Asanova, S.O. Deryabina. M.: Akademiya, 2011. 192 s.

2. Baymuhambetova, Z.S. Kachestvennyiy podhod k otsenke effektivnosti rabotyi doma kulturyi / Z.S. Baymuhambetova, M.I. Shkulskiy // Innovatsii na osnove informatsionnyih i kommunikatsionnyih tehnologiy. 2012, 628 s.

УДК 004.942

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*635620, e-mail: mashaflor@gmail.com*)

Аннотация: Для создания системы поддержки принятия решений (СППР) выбора оптимальной модели изделия медицинской техники (ИМТ) разработана информационная модель (ИМТ) на основе метода объектно-ориентированной декомпозиции, которая представляется в виде диаграммы классов на языке UML. Выявлены основные группы параметров ИМТ, которые объединены в классы и являются общими для всех видов ИМТ. Выявлены наиболее значимые виды ИМТ, ошибки при выборе которых могут привести к значительным финансовым потерям. Для этих видов ИМТ должны быть составлены информационные модели, которые будут являться базовыми для разработки СППР выбора оптимальной модели ИМТ.

Abstract: To create a decision support system (DSS) selection of the optimal model of medical technology products (BMI) we have developed an information model (BMI) on the basis of object-oriented decomposition, which is represented as a class diagram in the language UML. The basic parameter group BMI, which are combined into classes and are common to all types of BMI. We have identified the most important types of BMI, errors in the choice of which can lead to significant financial losses. For these kinds of BMI information models should be drawn, which would be the base for the development of DSS selection of the optimal BMI model.

Ключевые слова: информационная модель, метод объектно-ориентированной декомпозиции.

Keywords: information model, the method of object-oriented decomposition.

В понятие моделирования современная наука вкладывает гораздо более широкое и глубокое содержание, чем то, которое вкладывалось в это понятие ранее [1]. Когда при моделировании используется известная информация об объекте, речь идет об информационном моделировании. Согласно ГОСТ Р ИСО 10303-1–99, «информационная модель (information model) – это формальная модель ограниченного набора фактов, понятий или инструкций, предназначенная для удовлетворения конкретному требованию» [2]. Информационная модель изделия (product information model) содержит абстрактное описание фактов понятий и инструкций об изделии [2]. Согласно ГОСТ 2.053–2006, «Информационная модель (изделия) – совокупность данных и отношений между ними, описывающая различные свойства реального изделия, интересующие разработчика модели и потенциального или реального пользователя» [3].

Информационная модель объекта представлена в виде информации, которая описывает параметры объекта, связи между ними, которые интересуют разработчика и пользователя для конкретной рассматриваемой задачи. Средством фиксации информации любой конкретной информационной модели являются языки, в большей степени, искусственные языки, строящиеся в процессе накопления и передачи знаний (например, символический язык алгебры или язык чертежей) [1]. Информационная модель, представленная на каком угодно языке (естественном или искусственном), может быть закодирована в любом другом языке [1], записана в виде последовательности чисел и введена в память компьютера [1]. Стоит отметить, что информация, представленная в информационной модели, должна быть преобразована в соответствии с конкретными правилами преобразования.

В настоящее время используются различные подходы и языки информационного моделирования. Например, модель сущность-связь (ER-модель), (entity-relationship model, ERM), предложенная в 1976 г. П. Ченом, которая применяется для концептуального проектирования баз данных. Для ее визуализации разработана графическая нотация – ER-диаграмма.

Язык UML (Unified Modeling Language) так же создан для информационного моделирования, который является унифицированным графическим языком моделирования для описания, визуализации, проектирования и документирования объектно-ориентированных систем. Язык UML призван поддерживать процесс моделирования на основе объектно-ориентированного подхода,

организовывать взаимосвязь концептуальных и программных понятий, отражать проблемы масштабирования сложных систем.

В настоящее время актуальной задачей является выбор оптимальной модели изделия медицинской техники (ИМТ) для лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ). Основой построения системы поддержки принятия решений (СППР) выбора оптимальной модели ИМТ для ЛПУ является разработка информационной модели ИМТ.

В настоящее время известны информационные модели ИМТ, которые используются актуально для создания систем надежного взаимодействия между ИМТ [4]. Задача улучшения связи между ИМТ и электронной картой пациента исследуется в Национальном Институте Стандартов и Технологии в США (The National Institute of Standards and Technology (NIST)). Основная цель проекта – создать взаимодействие между ИМТ, которое осуществляет принцип «включай и работай» [5]. Этот принцип подразумевает автоматическое распознавание и конфигурирование подключенных устройств, реализуемый в компьютерах и отдельных их компонентах. Необходимой составляющей работы описываемой системы является информационная модель [5]. Предлагаемая модель написана при помощи языка XML и основывается на стандарте ISO/IEEE 11073 Domain Information Model (DIM) (стандарте X73). Используется и абстрактное представление ИМТ, необходимое для его описания и уточнения, какие его свойства реализованы в конкретный момент [5].

Однако, пока отсутствуют информационные модели ИМТ, которые предназначены для решения задач выбора оптимальной модели ИМТ для ЛПУ.

На основе проведенного технико-экономического анализа выявлены группы ИМТ (табл. 1), где ошибки при выборе ИМТ могут привести к значительным финансовым потерям ЛПУ и региона в целом. Представленные ИМТ являются сложными и дорогостоящими приборами, аппаратами или комплексами, обладают множеством опций и функций.

В этом случае требуется решать задачу выбора оптимальной модели ИМТ.

Для решения задачи выбора оптимальной модели ИМТ для ЛПУ необходимо разработать обобщенную информационную модель ИМТ. Информационное моделирование должно быть применено, когда необходимо произвести анализ сложного процесса. Как показано выше, при выборе многофункциональных ИМТ для ЛПУ основополагающую роль играет разработка технического задания на ИМТ, так как в этот момент определяются основные характеристики закупаемого изделия. Для решения задачи выбора оптимального ИМТ для ЛПУ целесообразно создать информационные модели ИМТ и технического задания на ИМТ.

Для разработки информационной модели ИМТ применяется метод объектно-ориентированной декомпозиции (object-oriented decomposition), который есть «процесс разбиения системы на части, каждая из которых представляет собой некоторый класс или объект из предметной области» [6].

Таблица 1

№	Функциональное назначение	Изделия медицинской техники
1	Функциональная диагностика	• системы суточного мониторирования (холтеры); • суточные мониторы артериального давления; • стресс-системы; • полисомнографы; • электроэнцефалографы; • электромиографы; • спироанализаторы; • фетальные мониторы; • электрокардиографы
2	Медицинская визуализация	• ультразвуковые сканеры; • компьютерные томографы; • магнито-резонансные томографы; • ангриографы; • маммографы; • с-дуги (мобильные хирургические рентгеновские системы); • флюороскопы; • рентгенографические системы; • комбинированные системы позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ/КТ); • комбинированные системы однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ/КТ); • системы однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ); • эндоскопы
3	Терапия и реанимация	• аппараты для искусственной вентиляции легких; • наркозные аппараты; • наркозно-дыхательные аппараты; • инкубаторы; • системы экстракорпоральной очистки крови; • системы лучевой терапии; • системы вспомогательного и заместительного кровообращения; • дефибрилляторы; • литотрипторы
4	Хирургия	• лазерные системы; • лапароскопические системы; • коагуляторы
5	Лабораторная диагностика	• биохимические анализаторы; • иммунохимические анализаторы; • гематологические анализаторы

В общем случае ИМТ является системой, которая представляет собой совокупность объектов, компонентов или элементов, образующих целостность. Эффективным методом объектно-ориентированной декомпозиции информационной модели ИМТ является использование языка информационного моделирования UML. Предлагается информационную модель ИМТ представить в виде диаграммы классов на языке UML.

При помощи Официального сайта РФ для размещения информации о размещении заказов [7] был проведен анализ технический заданий ИМТ, представленных в табл. 1. Несмотря на то, что технические задания различны, и каждый врач предъявляет свои требования к ИМТ, было выявлено, что существуют основные группы параметров, которые являются общими для представленных в табл. 1 ИМТ. Эти группы параметров предлагается сгруппировать в классы.

На рисунке 1 на языке UML построена информационная модель ИМТ в виде диаграммы классов.

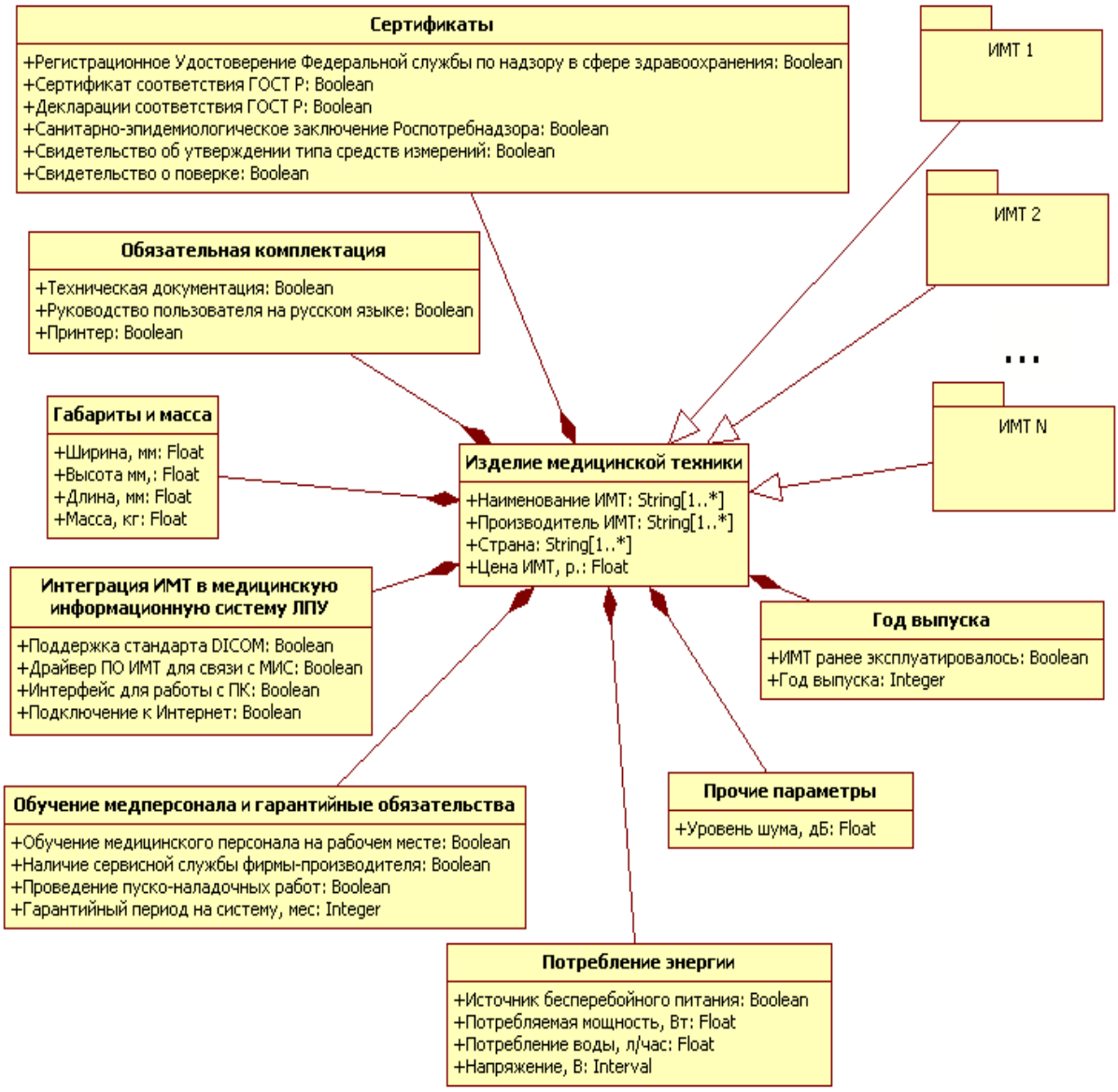


Рис. 1. Диаграмма классов: «Информационная модель ИМТ»

На верхнем уровне иерархии информационной модели ИМТ находится класс «Изделие медицинской техники». В отношении композиции с классом «Изделие медицинской техники» состоят классы «Сертификаты», «Обязательная комплектация», «Обучение медперсонала и гарантийные обязательства», «Габариты и масса», «Интеграция ИМТ в медицинскую информационную систему ЛПУ», «Потребление энергии», «Год выпуска», «Прочие параметры». Класс «Сертификаты» построен в соответствии с разработанными логистическими цепями поставок ИМТ от Производителя в ЛПУ. На основе проведенного в работе исследования составлен класс «Интеграция ИМТ в медицинскую информационную систему ЛПУ».

Свойства классов (рис. 1) наследуют пакеты классов, которые соответствуют конкретным видам ИМТ и также представляют собой совокупность взаимосвязанных классов. На диаграмме ИМТ показаны как пакеты классов: ИМТ 1, ИМТ 2, …, ИМТ N, которые состоят с классом «Изделие медицинской техники» в отношении обобщения.

Нами рассмотрены информационные модели в виде диаграмм классов видов ИМТ, входящие в информационную модель ИМТ в виде пакетов: информационные модели медицинского прибора (in vitro) – биохимического анализатора, медицинского прибора (in vivo) – ультразвукового диагностического аппарата, медицинского оборудования – медицинского стола.

Выявлены наиболее значимые виды ИМТ, ошибки, при выборе которых, могут привести к значительным финансовым потерям. Для этих видов ИМТ должны быть составлены информационные модели, которые будут являться базовыми для разработки СППР выбора оптимальной модели ИМТ.

Библиографический список

1. Глушков, В.М. Гносеологическая природа информационного моделирования / В.М. Глушков // Вопросы философии – 1963. - №10. – С.12-18.

2. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы. М.: Изд-во стандартов, 1999. – 16 с.

3. Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения. ГОСТ 2.053-2006 (введен Приказом Ростехрегулирования от 22.06.2006 N 119-ст)

4. Medical Device Communications Testing Project. The National Institute of Standards and Technology (NIST), September 2012 (http://hit-testing.nist.gov/medicaldevices/)

5. John J. Garguilo, Sandra Martinez, Julien Deshayes. Helping the Cause of Medical Device Interoperability: A standards-based testing approach based on identifying and obtaining testable assertions. The National Institute of Standards and Technology (NIST)

6. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений / Гради Буч, Роберт А.Максимчук, Майкл У Энгл, Бобби Дж.Янг.-3-е изд.: Пер. с англ. - М.: ООО «И.Д. Вильяме», 2008. - 720 с.

7. Официальный сайт РФ для размещения информации о размещении заказов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zakupki.gov.ru

References

1. Glushkov, V.M. Gnoseologicheskaya priroda informatsionnogo modelirovaniya / V.M. Glushkov // Voprosyi filosofii – 1963. - №10. – S.12-18.

2. GOST R ISO 10303-1-99 Sistemyi avtomatizatsii proizvodstva i ih integratsiya. Predstavlenie dannyih ob izdelii i obmen etimi dannyimi. Chast 1. Obschie predstavleniya i osnovopolagayuschie printsipyi. M.: Izd-vo standartov, 1999. – 16 s.

3. Edinaya sistema konstruktorskoy dokumentatsii. Elektronnaya struktura izdeliya. Obschie polozheniya. GOST 2.053-2006 (vveden Prikazom Rostehregulirovaniya ot 22.06.2006 N 119-st)

4. Medical Device Communications Testing Project. The National Institute of Standards and Technology (NIST), September 2012 (http://hit-testing.nist.gov/medicaldevices/)

5. John J. Garguilo, Sandra Martinez, Julien Deshayes. Helping the Cause of Medical Device Interoperability: A standards-based testing approach based on identifying and obtaining testable assertions. The National Institute of Standards and Technology (NIST)

6. Buch, G. Ob'ektno-orientirovannyiy analiz i proektirovanie s primerami prilozheniy / Gradi Buch, Robert.

УДК 004.946

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СРЕДЕ VIRTUAL ACADEMIA

В. А. Немтинов, И. М. Манаенков

* *Тамбовский государственный технический университет*, *Россия*, *Тамбов* (*тел.* (*4752*)*999999*, *e-mail: author1@tstu.ru*).

Аннотация: Рассматривается пример создания виртуальной лаборатории, компонентами которой являются: 3D-объекты технологического оборудования; презентации, транслирующиеся на интерактивных досках и информация различного характера.

Abstract: The article provides an example of a virtual laboratory creation. Its main components are: 3D-objects of manufacturing equipment; presentations, which are broadcasted on interactive whiteboards and various types of information.

Ключевые слова: Виртуальная академия, 3D- объект, web 2.0.

Keywords: Virtaul academia, 3D object , web 2.0.

Виртуальная академия – это трехмерная многопользовательская образовательная платформа, предоставляющая сервисы, с помощью которых пользователь может проводить и посещать учебные курсы, совещания, презентации, тренинги для групп от одного до нескольких десятков пользователей одновременно. Виртуальная академия предоставляет качественно новый подход к обучению в виртуальных мирах. Использование технологий web 2.0 в сочетании с возможностями виртуального мира позволяет создавать интерактивный образовательный контент, доступный всем пользователям Интернета. На рисунке 1 представлен набор инструментов, реализующих функциональные возможности системы.

Пользователь системы (виртуальный преподаватель) может провести занятие и присутствовать на занятии, сделать это можно в разделе «Я учу», в подразделе «Занятия» или «Курсы». После нажатия кнопки добавления нового занятия или курса и заполнения предлагаемых формы, следуя указаниям. На последнем шаге, он может пригласить за свое занятие или курс слушателей, выбрав их из разных категорий пользователей сайта. Также пользователь посещает занятия, проводимые другими пользователями (преподаватели).

vAcademia обеспечивает широкий набор инструментов для преподавания и совместной учебной деятельности:

- интерактивные доски,
- указки,
- инструменты рисования,
- презентации Power Point,
- удаленный рабочий стол,
- стикеры-наклейки,
- 3D-объекты,
- систему голосования, и т.п.

Рис. 1. Инструменты системы

На рисунках 2 – 5 представлены фрагменты виртуальной лаборатории технологического оборудования, созданной авторами. На рис. 2 показан общий вид лаборатории.

На рисунке 3 показаны модели отдельных единиц оборудования.

На рисунке 4 проиллюстрирована функция реализации презентаций образовательных курсов на интерактивных досках.

На рисунке 5 представлена реализация функций использования указки при проведении занятий.

В ближайшей перспективе планируется создать серию виртуальных лабораторий, используемых при подготовки инженеров по специальности 151701.65 – «Проектирование технологических машин и комплексов».

Рис. 2. Общий вид лаборатории

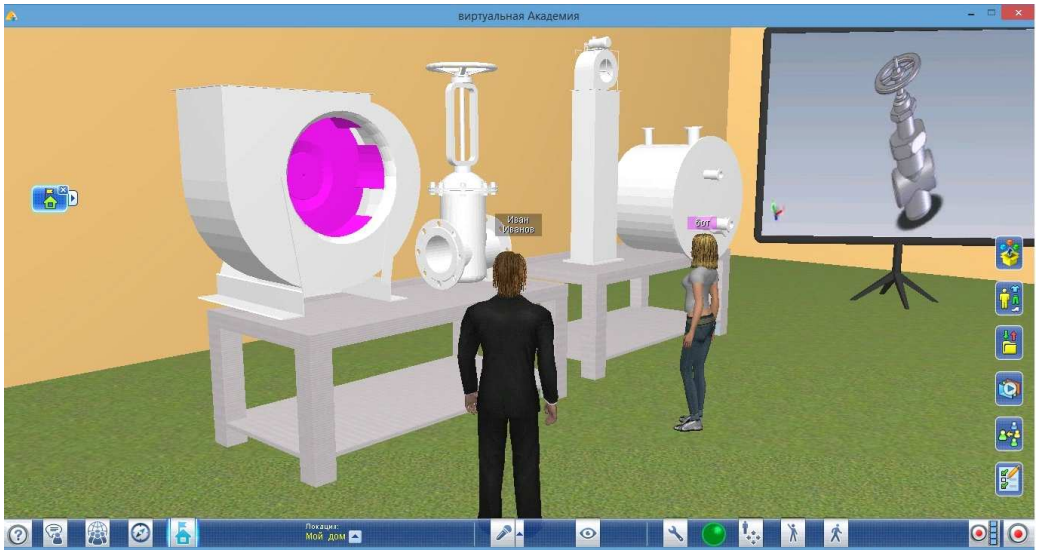


Рис. 3. Модели отдельных единиц оборудования

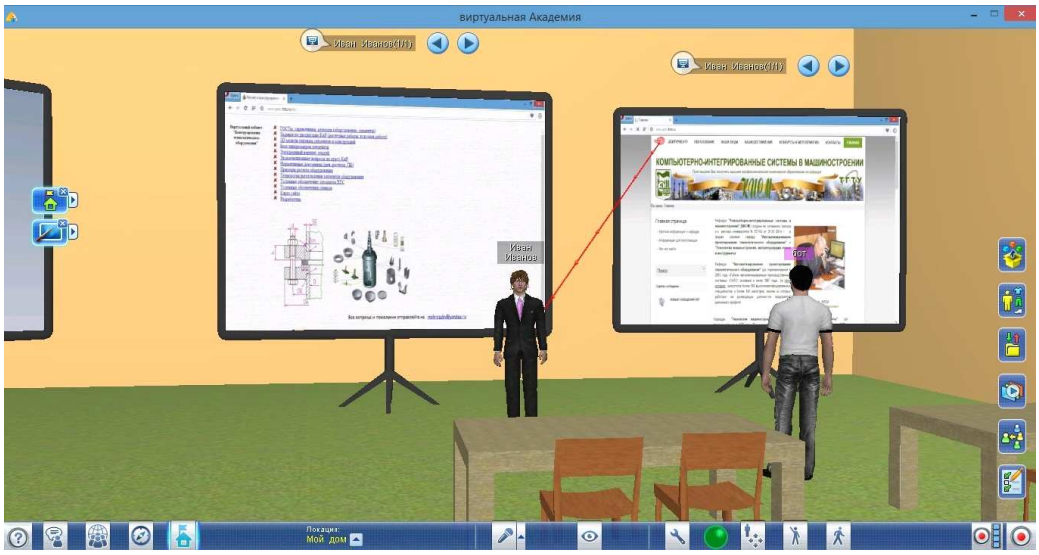


Рис. 4. Визуализация презентаций на интерактивных досках

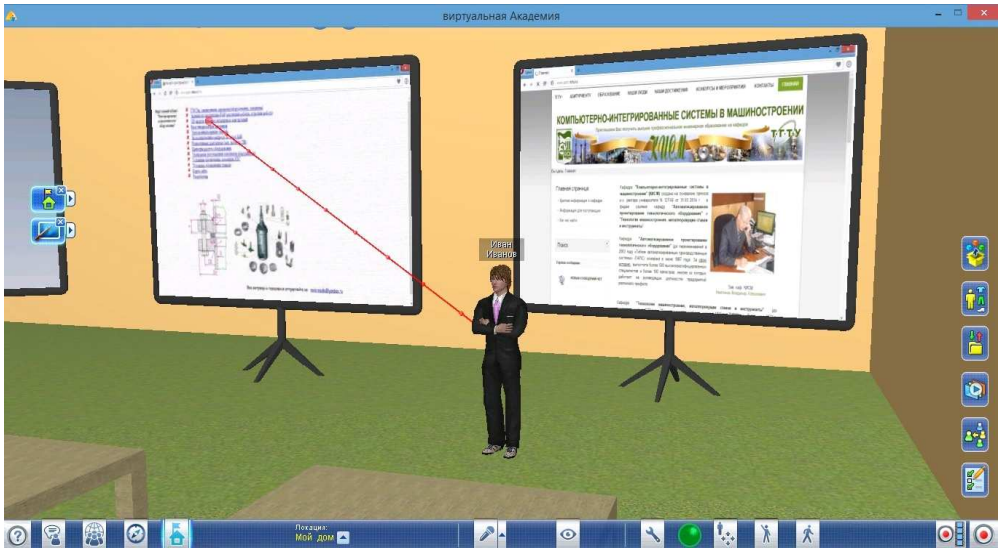


Рис. 5. Использование указки

Библиографический список

1. Официальный сайт virtual academia URL: http://vacademia.com/ (дата обращения: 5.12.2014).
2. https://www.google.ru/ (дата обращения: 5.12.14).

References

1. Ofitsialnyiy sayt virtual academia URL: http://vacademia.com/ (data obrascheniya: 5.12.2014).
2. https://www.google.ru/ (data obrascheniya: 5.12.14).

УДК 681.3

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕКРЕСТКОВ С КРУГОВОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ДВИЖЕНИЯ

Э. И. Воробьев, Б. Н. Тишуков

Воронежский государственный технический университет, Россия, Воронеж
(*тел.* (*473*)*2437704, tishykov_boris@mail.ru*)

Аннотация: В данной статье рассмотрены проблемы эффективного функционирования транспортных сетей крупных городов, а также возможность применения имитационного моделирования для решения указанной задачи. В ходе проведенного исследования был проведен анализ и определение наиболее загруженных участков дорожной сети города Воронежа, а затем для одного из таких участков была построена имитационная модель, с помощью которой осуществлялся выбор оптимального варианта реорганизации движения на данном участке.

Abstract: This article deals with the problems of effective functioning of the transport networks in large cities, as well as the possibility of using simulation to solve this problem. In the course of the study was the analysis and definition of the busiest stretches of the road network of the city of Voronezh, and then for one of these plots was built simulation model, which was made the selection of the optimal variant of the reorganization of movement in this area.

Ключевые слова: транспортные сети, системы массового обслуживания, имитационная модель, реорганизация движения, эффективное решение.

Keywords: transport networks, Queuing systems, simulation model, the reorganization of the movement, effective solution.

Процессы функционирования транспортных сетей города могут быть представлены той или иной совокупностью систем массового обслуживания. Имитационная модель отображает стохастический процесс смены дискретных состояний СМО в непрерывном времени в форме моделирующего алгоритма. При его реализации на ЭВМ производится накопление статистических данных по тем атрибутам модели, характеристики которых являются предметом исследований. По окончании моделирования накопленная статистика обрабатывается, и результаты моделирования получаются в виде выборочных распределений исследуемых величин или их выборочных моментов.

Одним из наиболее эффективных и распространенных языков моделирования сложных дискретных систем является в настоящее время язык GPSS. Он может быть с наибольшим успехом использован для моделирования сис-

тем, формализуемых в виде систем массового обслуживания. В качестве объектов языка используются аналоги таких стандартных компонентов СМО, как заявки, обслуживающие приборы, очереди и т.п. Достаточный набор подобных компонентов позволяет конструировать сложные имитационные модели, сохраняя привычную терминологию СМО [1].

Самыми перегруженными участками улично-дорожной сети города по статистике являются перекрестки.

Рассмотрим перекрестки дорог с кольцевой организацией движения. Через перекресток движутся потоки автомобилей. Для упорядочивания движения на нем служат светофор или регулировщик.

Концептуальную модель перекрестков такого типа представим на рис. 1. По рисунку 1 разработаем далее моделирующий алгоритм для одного из направлений прибытия потоков машин. С помощью разработанного алгоритма решаются задачи формирования очередей в IJ-ом направлении, а также ведется подсчет количества машин, остающихся и добавляющихся в очереди и успешно преодолевших перекресток.

Одним из участков дорожной сети города Воронежа, на котором присутствует такая организация движения, является Остужевское кольцо. На указанном участке в период с мая по сентябрь приблизительно в 2–3 раза увеличивается поток транспорта, движущегося в направлении из города. Причинами этому служат развитие и обустройство жилого микрорайона больницы «Электроника», ежегодное увеличение количества людей, которые на время летнего сезона меняют место жительства с города на дачи, рост численности населения поселков Репное и Отрадное и т.д.

По собранным статистическим данным был получен закон распределения, соответствующий интенсивности прибытия транспортных средств к очереди. Так же на вход задается начальная длина и пропускная способность исследуемого участка дороги.

В результате мы получаем данные об образовании пробок, заторов, а также время нахождения автомобилей в очереди, время прохождения ими исследуемого участка дороги, а также количество машин, преодолевших затрудненный участок дороги.

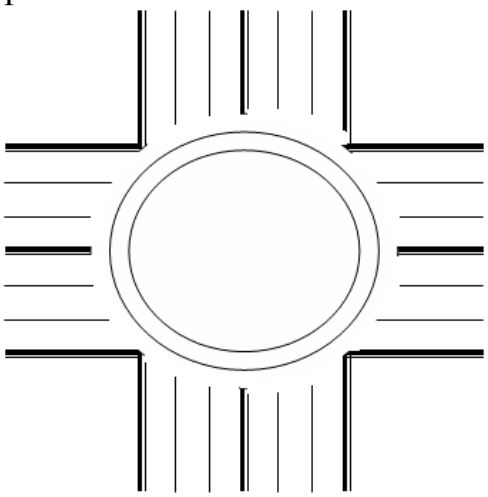


Рис. 1. Концептуальная модель перекрестка с круговым движением

По полученным результатам функционирования созданной gpss-модели построим график, характеризующий суточное изменение общего количества транспортных средств, поступивших и преодолевших исследуемый участок дороги и кол-во машин, находящихся в очереди (рис. 2).

Проанализировав организацию улично-дорожной сети на исследуемом участке, а также нормативную и техническую документацию, было принято решение о проектировании транспортной развязки. В частности предлагается построить эстакаду над Остужевским кольцом, которая будет начинаться после перекрестка ул. Остужева – ул. Переверткина и уходить за перекресток ул. Остужева и ТЦ «Метро». По результатам проведенного анализа была проведена модернизация построенных ранее имитационных моделей под новый тип организации движения, изменены входные параметры, после чего было произведено моделирование, результаты которого представлены в виде графиков на рис. 3.

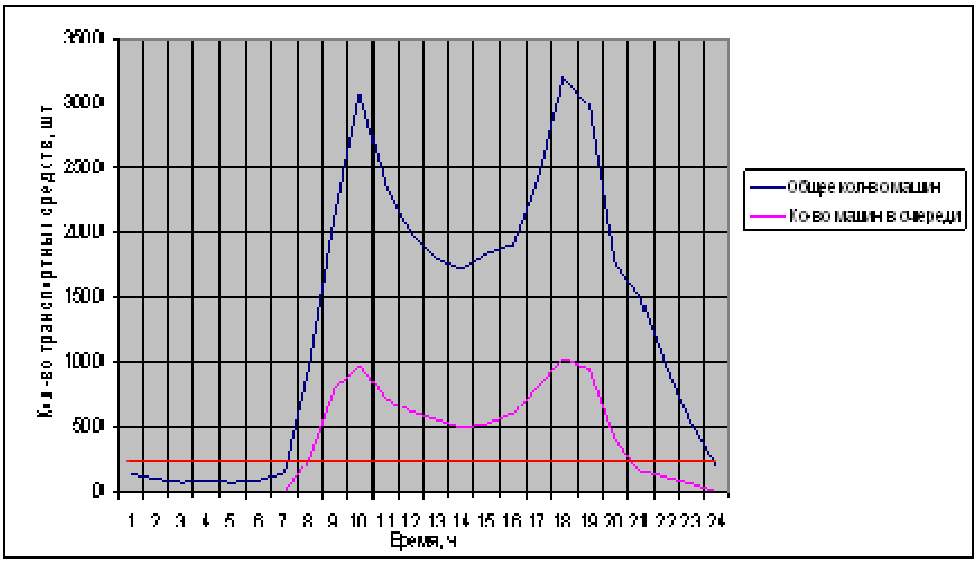


Рис. 2. График суточного изменения количества транспортных средств на исследуемом участке дорожной сети

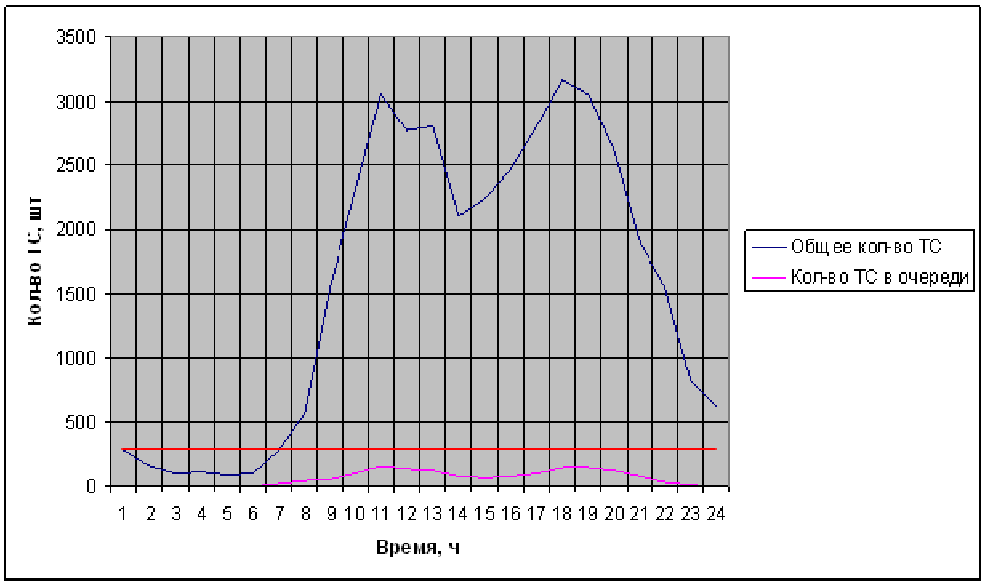


Рис. 3. График суточного изменения количества транспортных средств на проектируемом участке дорожной сети

Сравнив результаты, представленные на рис. 2 и 3, можно заметить, что полученный в ходе проведенного моделирования проект реорганизации дорожной сети на исследуемом участке является эффективным, его реализация позволит значительно разгрузить транспортную ситуацию и решить транспортную проблему на нем.

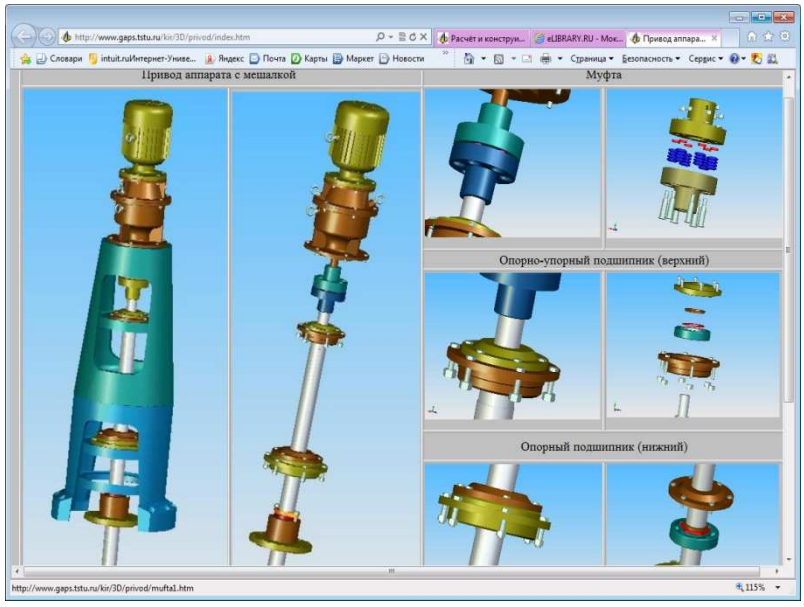
Библиографический список

1. Воробьев Э. И., Щеглова О. Л. Моделирование на GPSS: учебное пособие. Воронеж : ГОУВПО «ВГТУ», 2006.

References

1. Vorobev E. I., Scheglova O. L. Modelirovanie na GPSS uchebnoe posobie. Voronezh : GOUVPO «VGTU», 2006.

СЕКЦИЯ V
СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ



УДК: 519.834

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАНЖИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ ЧИСТЫХ СТРАТЕГИЙ В АНТАГОНИЧЕСКОЙ ИГРЕ N ЛИЦ[1]

В. О. Гроппен*, А. А. Будаева**

** Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, Владикавказ (тел. 8672407107, e-mail: groppen@mail.ru).*

*** Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, Владикавказ (тел. 8672407108, e-mail: budalina@yandex.ru)*

Аннотация: В представленной работе исследуется эффективность применения технологии ранжирования для поиска оптимальных чистых стратегий в антагонистической игре n лиц, в которой цена игры при любом сочетании стратегий игроков является константой. Приводятся формальные постановки задачи поиска оптимального сочетания стратегий игроков, доказана теорема, облегчающая поиск такого сочетания.

Abstract: In this study, we investigate the effectiveness of technology using ranking for the search of optimal pure strategies in antagonistic game of n persons in which the price of the game for any combination of players' strategies is constant. The paper includes formal statements for the problem of finding of the optimal combination of strategies of the players, as well as the theorem that facilitates the search for such a combination.

Введение. Ниже исследуется эффективность применения технологии ранжирования, базирующейся на использование метода эталонов [1 – 3], для поиска оптимальных чистых стратегий в антагонистической игре *n* лиц, обладающей рядом особенностей:

– каждый *i*-й игрок имеет возможность использовать одну из m_i «своих» стратегий ($i = 1, 2, \ldots, n$);

– каждому *j*-у сочетанию стратегий всех игроков $(1 \le j \le m;\ m = \prod_{i=1}^{n} m_i)$ отвечает выигрыш *i*-го игрока ($i = 1, 2, \ldots, n$), равный $b_{i,j}$;

– $$\forall j : \sum_i b_{i,j} = b. \qquad (1)$$

Последние *m* равенств означают, что при любом сочетании чистых стратегий игроков их суммарный выигрыш является константой, равной *b*. Иными словами цена игры *b* является фиксированной величиной, различным сочетаниям стратегий игроков отвечают различные распределения этой цены между ними.

[1] Работа выполнена в рамках базовой части гос. задания № 2014/207 п. 3.2 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности.

Легко показать, что к игре такого рода может быть сведен поиск чистых стратегий в любой антагонистической игре n лиц добавлением фиктивного $(n + 1)$-го игрока, для которого справедлива система:

$$\begin{cases} b = \sum\limits_{i \le n} \max\limits_{j} b_{i,j}; \\ \forall j : b_{n+1,j} = b - \sum\limits_{i \le n} b_{i,j}. \end{cases} \quad (2)$$

2. Формальная постановка задачи. Пусть a_i – наилучшее значение выигрыша для i-го игрока. Иными словами, если i-й игрок является максимизирующим, то $a_i = \max\limits_{j} b_{i,j}$, и $a_i = \min\limits_{j} b_{i,j}$, если i-й игрок является минимизирующим. Возможны три варианта:

1. $\sum\limits_{i \le n+1} a_i = b; \exists\, j < n+1, \forall i : a_i = b_{i,j}.$
2. $\sum\limits_{i \le n+1} a_i = b; \forall j < n+1 : \sum\limits_{i < n+1} \left| a_i - b_{i,j} \right| > 0.$
3. $\sum\limits_{i \le n+1} a_i \ne b.$

Первым является случай, когда одно из сочетаний стратегий устраивает всех игроков. Во втором случае будем полагать, что, несмотря на антагонистический характер игры, ей присущи черты кооперативных игр: игроки могут договариваться о распределении величины b в рамках своих стратегий. Целью является поиск k-й стратегии ($0 < k < m$), для которой справедливо:

$$\sum_{i \le n} \left| a_i - b_{i,k} \right| = \min_{j} \sum_{i \le n} \left| a_i - b_{i,j} \right|. \quad (3)$$

В третьем случае поиск оптимальных стратегий игроков осуществляется в два этапа: на первом этапе целью является поиск для каждого игрока таких выигрышей x_i, для которых справедливо:

– разница между величинами a_i и x_i минимальна;
– сумма x_i по i равна b.

На втором этапе решается задача, аналогичная (3): осуществляется поиск такой величины k ($0 < k < m$), для которой справедливо:

$$\sum_{i \le n} \left| x_i - b_{i,k} \right| = \min_{j} \sum_{i \le n} \left| x_i - b_{i,j} \right|. \quad (4)$$

В общем случае формальная постановка задачи первого этапа является многокритериальной:

$$\begin{cases} \forall i \le n : F_i = (a_i - x_i)^2 \to \min; \\ \sum\limits_{i=1}^{n+1} x_i = b. \end{cases} \quad (5)$$

Суммируя в (5) целевые функции F_i по i, получим однокритериальную задачу, решение которой совпадает с одним из Парето – оптимальных планов системы (5) [2]. В этом случае система (5) может быть преобразована к виду:

$$\begin{cases} F(X) = \sum_{i=1}^{n} (a_i - x_i)^2 \to \min; \\ \sum_{i=1}^{n+1} x_i = b, \end{cases} \tag{6}$$

где X – вектор переменных.

Справедлива следующая теорема:

Теорема 1. Оптимальному решению системы (6) отвечают значения переменных, для которых справедливо:

$$\forall i \le n : x_i = a_i - 4\left(\sum_{t \le n} a_t - b \right) / n. \tag{7}$$

Доказательство. Пользуясь методом множителей Лагранжа, на основании (6) можно получить систему:

$$\begin{cases} \forall i \le n : x_i - a_i = -\lambda / 2; \\ \sum_{i \le n+1} x_i = b. \end{cases} \tag{8}$$

Решением (8) является:

$$\lambda = 2\left(b - \sum_{i=1}^{n} a_i \right) / n; \ \forall i \le n : x_i = a_i - 2\lambda. \tag{9}$$

Для того, чтобы убедиться, что (9) отвечает минимуму целевой функции (6), обозначим вектор переменных, определяемых (7), как X_1, после чего изменим только i-ю и j-ю переменные следующим образом: к x_i добавим малую величину ε и вычтем ее из x_j, обозначив новый вектор переменных символом X_2. Очевидно, что сумма значений переменных при этом не изменилась и осталась равной b. Разность значений целевой функции $F(X_1) – F(X_2)$ обозначим ΔF. Легко убедиться, что $\Delta F<0$, т.е. $F(X_1) < F(X_2)$. Отсюда следует справедливость теоремы.

1. Пример. Пусть требуется определить оптимальное сочетание стратегий двух игроков, в игре для которой величина b равна десяти, а распределение выигрышей задается табл. 1, строки которой отвечают стратегиям первого игрока, а столбцы – второго.

Таблица 1

2; 8	3; 7
9; 1	5; 5
6; 4	0; 10

Первое число в каждой ячейке отвечает выигрышу первого игрока, второе – выигрышу второго. Требуется выбрать сочетание стратегий игроков, отвечающее системе (5).

1. Поскольку из табл. 1 следует, что $a_1 = 9$, а $a_2 = 10$, на основании (9) получим: $x_1 = 4{,}5$; $x_2 = 5{,}5$.

2. Легко убедиться, что суммарное минимальное отклонение от полученных значений переменных обеспечивает сочетание вторых стратегий игроков, гарантирующее каждому игроку выигрыш, равный пяти.

Заключение. Одним из приложений предлагаемой технологии является ценообразование [4], другим – выбор педагогом стратегии обучения для случая, когда каждому сочетанию «понятие-метод обучения» ставится в соответствие прогноз времени его усвоения каждым учеником в классе [5].

Библиографический список

1. Гроппен В.О. Принципы принятия решений с помощью эталонов // АиТ, № 4 , 2006, с. 167 – 184.

2. Groppen V.O. New Solution Principle for Multi-criteria Problems Based on Comparison Standards: Models, Algorithms, Applications // Applications to Industrial and Societal Problems. CIMNE, Barcelona, Spain, 2008, p. 201 – 209.

3. Гроппен В.О., Вагин В.С., Позднякова Т.А., Будаева А.А. Многокритериальное ранжирование объектов методом эталонов как инструмент оптимального управления. Устойчивое развитие горных территорий, №1, 2010, с. 47 – 56.

4. John L. Daly. Pricing for Profitability: Activity-Based Pricing for Competitive Advantage. Wiley, 2001.

5. Серебряная М.И. Некоторые вопросы стратегии обучения. Орджоникидзе, Ир. 1974.

References

1. Groppen V.O. Printsipyi prinyatiya resheniy s pomoschyu etalonov // AiT, № 4 , 2006, s. 167 – 184.

2. Groppen V.O. New Solution Principle for Multi-criteria Problems Based on Comparison Standards: Models, Algorithms, Applications // Applications to Industrial and Societal Problems. CIMNE, Barcelona, Spain, 2008, p. 201 – 209.

3. Groppen V.O., Vagin V.S., Pozdnyakova T.A., Budaeva A.A. Mnogokriterialnoe ranzhirovanie ob'ektov metodom etalonov kak instrument optimalnogo upravleniya. Ustoychivoe razvitie gornyih territoriy, №1, 2010, s. 47 – 56.

4. John L. Daly. Pricing for Profitability: Activity-Based Pricing for Competitive Advantage. Wiley, 2001.

5. Serebryanaya M.I. Nekotoryie voprosyi strategii obucheniya. Ordzhonikidze, Ir. 1974.

УДК 681.3

РАЗВИТИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д. В. Иванов [*], Б. Н. Тишуков [*], Н. А. Тишукова [**]

[*] *Воронежский государственный технический университет, Россия, Воронеж* (*тел.* (*473*)*2437704, ivanov.sapris@mail.ru, tishykov_boris@mail.ru*).

[**] *Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей № 3, Воронеж* (*тел.* (*473*)*2261745*)

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы развития современных учебных материалов на основе компьютерного моделирования в условиях образовательного процесса вуза. Рассмотрены современные учебные материалы на основе моделирования, выявлены их недостатки, предложены пути их разрешения. Определены требования к моделям и прототипам для создания учебных материалов на основе компьютерного моделирования.

Abstract: The article deals with the development of modern teaching materials on the basis of computer simulation in terms of the educational process of the university. The modern teaching materials based on modeling, revealed their deficiencies and proposed ways of solving them. The requirements for models and prototypes to create educational materials

Ключевые слова: моделирование, прототипирование, учебный процесс, модель «Школа-ВУЗ», научно-технические проекты, работа в коллективе.

Keywords: modeling, prototyping, training process, the model of «school-high school» science and technology projects, teamwork.

На сегодняшний день существует большое количество учебных материалов в каждой образовательной области. К учебным материалам можно отнести книги, учебники, научные статьи, учебные пособия, методические указания и т.д.

С момента применения компьютерной техники в образовательном процессе учебные материалы стали разделяться на два вида: традиционные (учебные пособия, конспекты, лекции, книги) и электронные (текстовая информация, хранящаяся на дисках, фильмы, ролики и т.д.).

В современной педагогике одним из ключевых моментов успешного использования тех или иных учебных материалов является создание различного рода моделей, отражающих их суть. К таким учебным материалам можно отнести презентации, 3D-модели объектов, флеш-ролики, обучающие программы. Так, например, успех решения практически любой задачи в разделе математики «Стереометрия» в значительной степени зависит от правильности построения чертежа. И именно компьютерное моделирование помогает нам в этом, значительно упрощая эту задачу. И это далеко не единственный пример, где нашел широкое применение процесс моделирования.

Также одной из значительных проблем современного образования является снижение мотивации обучающихся к процессу получения знаний. Это обусловлено такими факторами, как недостаточный уровень базовой подготовки, низкий уровень современного технического оснащения учебных лабораторий. И здесь можно выделить ряд требований с психологической точки зрения к создаваемым учебным материалам, позволяющих вызвать интерес к изучению образовательной дисциплины. Такими требованиями являются: наглядность, достаточно несложный уровень для понимания (простота изложения), демонстративность, выстраивание образа преподаваемого объекта и пр.

Проблема создания учебных материалов с применением технологий компьютерного моделирования и прототипирования заключается в необходимости постоянного совершенствования моделей, применяющихся в учебном процессе. В самом деле, в компьютерном моделировании и прототипировании имеют место программные продукты, которые применяются при обучении. Любое современное программное обеспечение сопровождается разработчиками посредством выпуска новых версий с улучшенными и обновлен-

ными функциями. В то же время и средства моделирования постоянно развиваются в силу отсутствия на практике идеальных моделей. Любая модель будет иметь погрешность в сравнии с фактическими значениями. Постоянное развитие вычислительной техники, средств обработки информации и методов программирования позволяет улучшать существующие модели.

В соответствии с требованиями ФГОС необходимо постоянное обновление учебных планов. В первую очередь это вызвано вышеуказанными причинами. В свою очередь выполнение требований образовательных стандартов и необходимость постоянного обновления учебного материала предъявляют новые требования к преподавателям в смысле повышения профессиональной квалификации.

Одним из наиболее оптимальных путей модернизации учебных материалов на основе компьютерного моделирования является интеграция учебного процесса с научно-исследовательской работой. В рамках научных конференций, конкурсов, выставок сотрудники ВУЗа и обучающиеся представляют свои научные проекты, часть из которых будет внедрена на производстве. Соответственно, аккумуляция современных идей научных проектов и воплощение их в различных учебных моделях и прототипах будут способствовать обновлению и развитию учебных материалов.

Кроме того, необходимо повышать уровень подготовки студентов, начиная со школьной скамьи, постепенно приучать их к образовательной системе ВУЗа. Одной из современных образовательных технологий, позволяющих решить поставленную задачу, является проектная деятельность учащихся, а также создание и апробация модели «Школа-ВУЗ», элементами которой служат научно-практические конференции, проводимые ВУЗом на площадке базовых школ, олимпиады, занятия школьников старшего звена в ВУЗе.

Проведение научно-практических конференций несет в себе возможность представить авторские разработки по профильной дисциплине на секционных заседаниях, оценить своих коллег-учеников, узнать о развитии науки в выбранной предметной области. Лучшие работы отмечаются дипломами и их результаты внедряются в образовательный процесс путем создания учебных моделей и различных прототипов программных продуктов.

Олимпиады позволяют выявить наиболее талантливых ребят по профильным предметам и заинтересовать их в дальнейшем обучении по выбранному направлению. Занятия школьников в ВУЗах по специально разработанным программам позволяют учащимся попробовать себя в качестве студентов той или иной специальности. Рабочие программы таких занятий включают в себя основы выбранного направления, что в свою очередь позволяет определиться с дальнейшим выбором специальности при поступлении в ВУЗ.

Таким образом, тесная интеграция учебного и научно-исследовательского процессов на основе компьютерного моделирования будут способствовать внедрению и обновлению учебных материалов в образовательный процесс. Промышленные версии прототипов можно адаптировать под учебный процесс с помощью компьютерного моделирования. В данном процессе необходимо участие обучающихся. Подобная работа возможна в рамках внут-

ривузовских проектов, одним из которых является «АСУ Абитуриент». В современных условиях каждый ВУЗ должен быть интегрирован с федеральной системой посредством информационной системы для работы с данными абитуриентов. Создание учебных материалов на основе реального действующего проекта повышает качество учебного процесса.

Приведенный пример будет применим для создания учебных материалов на занятиях по программированию. Для этого требуется описание архитектуры программного обеспечения, создание прототипов обучающих программных модулей, а также программных библиотек классов и методов (framework). Представленные прототипы будут являться ценным материалом с возможностью их расширения и модернизации посредством рефакторинга.

Подводя итоги, следует определить требования к моделям и прототипам, использующимся при создании учебных материалов.

1. Актуальность. Требуется постоянная работа по сбору и обработке информации с помощью конференций различного уровня и научных технический проектов.

2. Доступность. Требуется создание информационных технических условий для доступности учебных материалов обучающимся. Здесь альтернативой выступают облачные технологии.

3. Расширяемость. Требуется возможность каждого обучающегося самостоятельно работать и изменять учебные модели и прототипы.

4. Педагогичность. Требуется создание и преобразование учебных прототипов для восприятия обучающихся.

Таким образом, интеграция всех описанных компонентов в единую систему позволит создавать современные модели и прототипы на основе компьютерного моделирования для создания учебных материалов с привлечением студенческих коллективов для обучения и сопровождения.

УДК 004.928

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОНЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

В. В. Чернопятова, А. А. Злобин

ТОГАПОУ «Аграрно-промышленный колледж», Россия, Тамбовская область, г. Кирсанов (тел. 89537164861, e-mail: antonzlobin9@mail.ru)

Аннотация: представлено описание учебных материалов с применением технологии виртуального моделирования.

Abstract: This article provide the description on the training materials using the technology of virtual simulation.

Ключевые слова: информационная система, учебные материалы, виртуальное моделирование.

Keywords: information system, training materials, virtual simulation.

Ежедневно любому человеку, живущему в социуме, приходится сталкиваться с инновационными технологиями. При этом то, что еще накануне было на передовых позициях инноваций, сегодня уже может стать «вчерашним днем». Именно поэтому применение компьютеров в научных исследованиях является необходимым условием изучения сложных систем. Традиционные методы взаимосвязи теории и эксперимента должна быть дополнена принципами компьютерного моделирования. Создание 3D модели, дает возможность целостного видения как естественных, так и создаваемых для проверки теоретических гипотез.

Методами компьютерного моделирования пользуются специалисты практически всех отраслей и областей науки и техники, поскольку с их помощью можно прогнозировать и даже имитировать явления или проектируемые предметы в заранее заданных параметрах. Практически все естественнонаучные теории внутренней логикой своего построения похожи на математику. После накопления экспериментальных данных, построить традиционными методами модель желаемого проекта очень сложно, а иногда и невозможно.

Эффективный путь преодоления этих трудностей - построение компьютерной модели изучаемого предмета, под которым понимается совокупность численных методов решения основных уравнений, алгоритмов их реализации и компьютерных программ.

Результативность компьютерной модели в значительной степени определяется качеством используемого программного обеспечения. Основные требования, предъявляемые к программам – это, конечно, простота ввода и корректировки исходных данных, а также визуализация (наглядность) результатов счета. Сегодня имеются и мощные специализированные системы программирования (MAPLE, SolidWorks, AutoCAD и др.) и специальные программы, в которых реализуется удобные графические пользовательские возможности.

Использование компьютерных моделей превращает компьютер в универсальную экспериментальную установку. В компьютерном эксперименте обеспечен полный контроль за всеми параметрами системы, компьютерный эксперимент дешев и безопасен, с помощью компьютера удается создание проектов и т.д.

Компьютерное проектирование позволяет не только создавать, но и совершенствовать модель в среде виртуальной реальности. Это особенно актуально для образовательных учреждений.

В настоящее время, мы наблюдаем все более массированное применение технологий виртуального прототипирования, т.е. процесса создания виртуальной (электронной) модели объекта, предназначенного для его последующего воспроизводства, ее всесторонней оценки на этапе наличия виртуального прототипа, оптимизации технологических процессов его изготовления. Только после получения удовлетворительных результатов принимается решение об изготовлении физического объекта.

Немаловажным также, является и внешний вид изделия, его формы, характеристики – дизайн. Обычно цель дизайнерской проработки нового изде-

лия – выбор наиболее удачной концепции внешнего облика изделия из множества вариантов и детальный визуальный анализ выбранной концепции. Если дизайн изделия выполняется с помощью компьютера, то это позволяет сократить в несколько раз время как на дизайнерскую проработку, так и на общий цикл разработки.

В качестве создания электронных учебных материалов можно выделить:

– проведение научно-исследовательских работ;

– демонстрация современных технологий при проведении учебных занятий;

– привлечение студентов к научной работе и производственной деятельности с созданием компьютерных моделей;

– изготовление прототипов выполненных проектов.

В перечне современного оборудования материально-технической базы в учебных заведениях должен иметься принтер трехмерной печати, работающий по технологии прототипирования.

Технология получения прототипов на специальных машинах прототипирования или 3D принтерах – это способ быстрого и точного получения новых деталей и изделий, по созданной или отсканированной трехмерной CAD-модели послойно выращивается модель (прототип).

УДК 004.9

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ОБОРУДОВАНИЯ

В. Г. Мокрозуб, А. В. Мокрозуб

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*) *630706, e-mail: mokrozubv@yandex.ru*)

Аннотация: При выполнении механических расчетов предлагается заменить конструктора управляющей программой. Управляющая программа для принятия решений использует продукционные правила.

Abstract: In this article, we propose to replace the designer by control program to perform mechanical calculations. The control program for decision-making uses production rules.

Ключевые слова: Технологическое оборудование; расчеты; виртуальный кабинет; интеллектуальные системы.

Keywords: technological equipment; calculations; virtual office; intelligent systems.

Проектирование и эксплуатация технологического оборудования (емкостные, колонные, выпарные и др. аппараты) в современных условиях невозможны без применения автоматизированных систем, как в процессе разработки проектной документации, так и в учебном процессе при подготовке специалистов различных уровней (бакалавры, магистры, инженеры-специалисты) и направлений (конструкторы, механики, системотехники).

Одной из систем объединяющих свойства классических систем автоматизированного проектирования и электронных обучающих систем является виртуальный кабинет (ВК) «Конструирование технологического оборудова-

ния», функции и структура которого достаточно подробно описаны в [1]. Интернет составляющая ВК находится по адресу www.gaps.tstu.ru\kir .

В настоящее время наблюдается тенденция перехода от электронного обучения (e-Learning) [2 – 4] к «умному» электронному образованию (Smart e-Learning) [5]. И хотя «умное» образование очень широкое понятие, несомненным является то, что оно должно включать в себя использование электронных ресурсов, которые в свою очередь так же являются «умными».

В контексте настоящей работы это значит, что ВК должен иметь соответствующее математическое, программное и информационное обеспечение, позволяющее использовать при принятии технических решений знания по расчету и конструированию ТО, т.е. иметь интеллектуальную составляющую.

Ниже на примере системы механических (прочностных) расчетов ТО рассматривается способ интеллектуализации ВК. При этом термин интеллектуализация применяется потому, что для реализации предлагаемых подходов используются правила (продукционные знания) вида «Если ..., то ...».

Существующая в настоящее время в ВК «Конструирование технологического оборудования», подсистема механических расчетов ТО состоит из отдельных модулей, каждый из которых производит определенный вид расчета (прочность, жесткость, устойчивость) определенного элемента (обечайки, фланцы, валы и др.). Элементы, подлежащие расчету, и вид расчета определяются ЛПР. Схема расчета представлена на рис. 1.

На машиностроительных предприятиях существуют специальные подразделения, которые выполняют механические расчеты. Так как эти предприятия выпускают в основном типовое технологическое оборудование, определить элементы, подлежащие расчету, и виды расчетов этих элементов не представляет особого труда.

Совсем иначе обстоит дело при обучении студентов. В рамках лекционного курса невозможно рассказать обо всех видах оборудования и методиках расчетов его элементов. Существующие учебные материалы, несомненно, являются полезными, но реальный расчет, по крайней мере емкостного оборудования, необходимо проводить по стандартам, например, серии ГОСТ Р 52857–2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность».

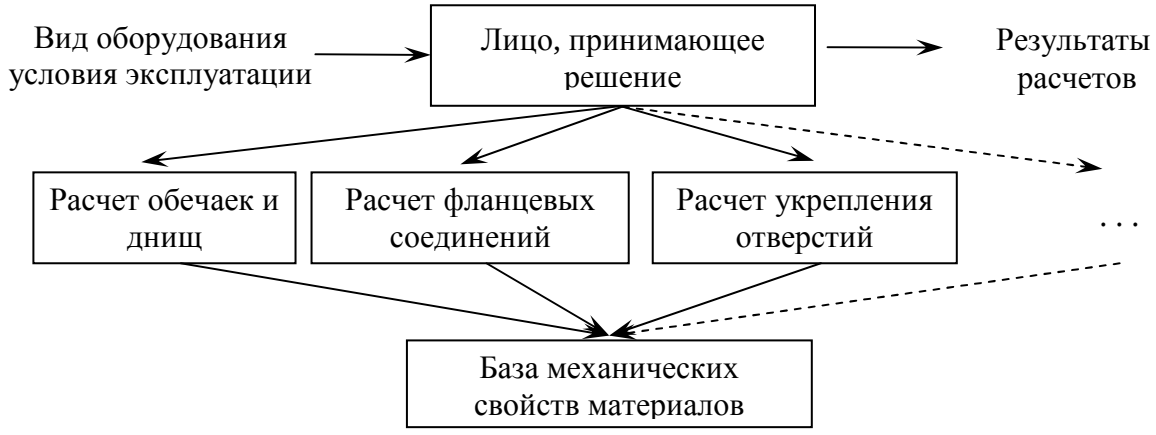


Рис. 1. Схема существующей системы механических расчетов ТО

Эти стандарты предназначены для специалистов, а не для обучения студентов. Для того чтобы их использовать, неподготовленному человеку необходимо затратить много сил и времени на то, чтобы определить какие элементы и какие виды расчетов надо выполнить для заданного ТО в заданных условиях эксплуатации.

Из сказанного следует, что для обучения студентов необходимо иметь автоматизированную систему, которая подскажет какие расчеты и каких элементов надо производить для заданного ТО. Кроме того эта система позволит студентам «поиграть» не только с заданным аппаратом в заданных условиях, но и с другими аппаратами и условиями, при этом затраты времени будут минимальными. Схема выполнения механических расчетов для этого случая представлена на рис. 2.

В этой схеме вызов модулей выполнения самого расчета оставлен за студентом (ЛПР), так как, при вызове студент вынужден пользоваться электронной книгой MathCad, и в этот момент происходит дополнительное обучение. Элементы ТО, подлежащие расчету и виды этих расчетов, определяются автоматически с использованием базы знаний.

При разработке подобной промышленной системы модуль собственно механических расчетов может вызываться управляющей программной.

Для практической реализации этой схемы необходимо разработать соответствующее математическое и программное обеспечение.

Элементы, подлежащие расчету, и виды расчетов зависят от действующих на них нагрузок (внутреннее или внешнее давление, осевая сжимающая сила и др.). Зависимость вида расчета элемента от совокупности нагрузок будем задавать правилами вида «Если ..., то». Примеры правил приведены далее.

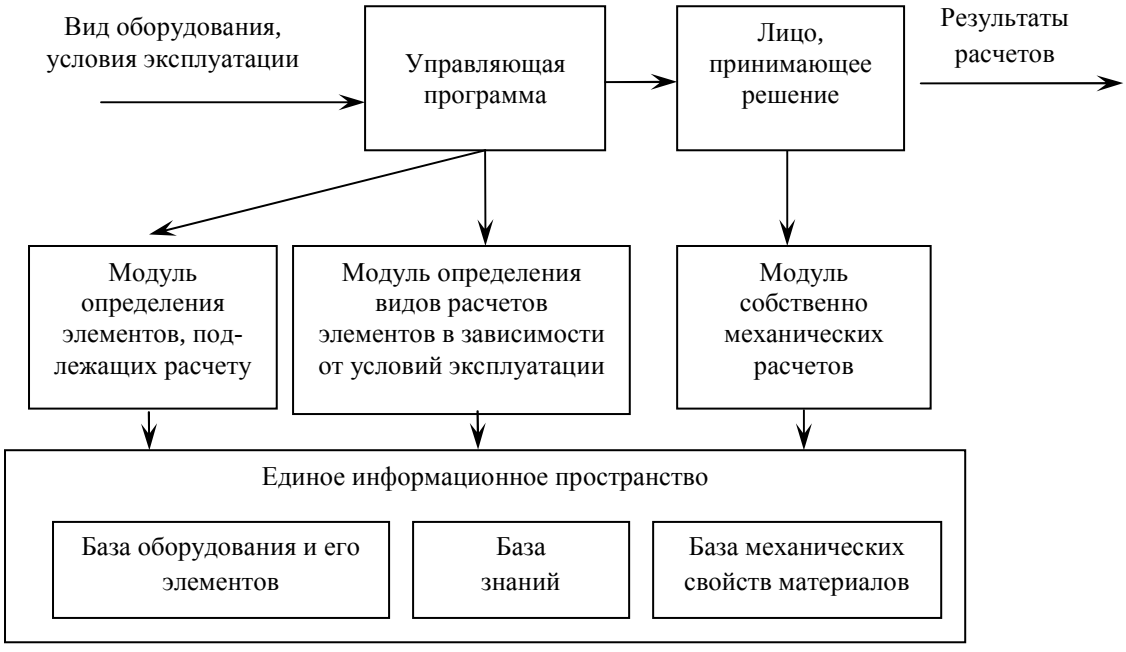


Рис. 2. Предлагаемая схема выполнения механических расчетов ТО

Рис. 3. Схема базы данных определения элементов, подлежащих расчету, и видов расчетов

Правило 1. Если нагрузка – внутреннее давление в аппарате, то обечайка корпуса рассчитывается на прочность.

Правило 2. Если нагрузка – давление в рубашке, то обечайка корпуса рассчитывается на прочность и устойчивость.

В качестве базового программного обеспечения для реализации, представляемой системы механических расчетов используется система управления реляционными базами данных (РБД). Так как, во-первых, РБД в настоящее время наиболее распространенный способ хранения информации, во-вторых, в работах [6 – 9] доказана возможность их использования для хранения продукционных знаний и, в-третьих, разработанная на основе РБД база знаний достаточно легко может быть интегрирована с существующими базами данных, например, с базой элементов технологического оборудования [10, 11].

На рисунке 3 представлена схема базы данных, позволяющая по типу аппарата (емкость, теплообменник и др.) и видам нагрузки (внутреннее давление, внешнее давление и др.) определить элементы (обечайка, фланец, днище и др.), подлежащие механическому расчету, и виды этих расчетов (прочность, жесткость, устойчивость и др.).

Библиографический список

1. Мокрозуб В.Г., Борисяк А.А., Егоров Е.С. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2011. №10. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (дата обращения 10.07.2014).

2. Белоус В.В., Смирнова Е.В. 77-48211/654234 Электронное обучение. Платформы и системы // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2011. №10. Режим доступа: http://engbul.bmstu.ru/doc/654234.html (дата обращения 10.07.2014).

3. Егоров С.Я., Немтинов В.А., Мокрозуб В.Г., Милованов И.В. Опыт разработки электронной графической справочной системы по технологическому оборудованию и ее использование в учебном процессе // Информационные технологии. 1999. № 8. С. 35–37.

4. Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л. Системный подход к проектированию автоматизированной информационной системы обучения студентов и тренинга операторов химико-технологических систем // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2009. Т. 15. № 4. С. 926–935.

5. Тихомирова Н.В. «Умные» кадры для смарт-города. // Информационное общество. 2012. Вып. 6, с. 58–61 .

6. Калиниченко Л.А. Эффективная поддержка баз данных с онтологическими зависимостями: реляционные языки вместо дескриптивных логик // Программирование. 2012. № 6. С. 45–62.

7. Когаловский М.Р., Калиниченко М.Р. Концептуальное и онтологическое моделирование в информационных системах // Программирование. 2009. Т. 35. № 5. С. 3–25.

8. Когаловский М.Р. Системы доступа к данным, основанные на онтологиях // Программирование. 2012. № 4. С. 55–77.

9. Мокрозуб В.Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов // Информационные технологии. 2009. № 11. С. 18–22.

10. Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Морозов С.В., Коновалова А.С. База данных стандартных и типовых элементов технических объектов // Радиотехника. 2010. № 12. С. 29–32.

11. Мокрозуб В.Г., Красильников В.Е., Мариковская М.П. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4.2 (30). С. 264-267.

References

1. Mokrozub V.G., Borisyak A.A., Egorov E.S. 77-30569/227902 Virtualnyiy kabinet «Konstruirovanie tehnologicheskogo oborudovaniya» // Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn. 2011. №10. Rezhim dostupa: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (data obrascheniya 10.07.2014).

2. Belous V.V., Smirnova E.V. 77-48211/654234 Elektronnoe obuchenie. Platformyi i sistemyi // Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn. 2011. №10. Rezhim dostupa: http://engbul.bmstu.ru/doc/654234.html (data obrascheniya 10.07.2014).

3. Egorov S.Ya., Nemtinov V.A., Mokrozub V.G., Milovanov I.V. Opyit razrabotki elektronnoy graficheskoy spravochnoy sistemyi po tehnologicheskomu oborudovaniyu i ee ispolzovanie v uchebnom protsesse // Informatsionnyie tehnologii. 1999. № 8. S. 35–37.

4. Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L. Sistemnyiy podhod k proektirovaniyu avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi obucheniya studentov i treninga operatorov himiko-tehnologicheskih sistem // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2009. T. 15. № 4. S. 926–935.

5. Tihomirova N.V. «Umnyie» kadryi dlya smart-goroda. // Informatsionnoe obschestvo. 2012. Vyip. 6, s. 58–61 .

6. Kalinichenko L.A. Effektivnaya podderzhka baz dannyih s ontologicheskimi zavisimostyami: relyatsionnyie yazyiki vmesto deskriptivnyih logik // Programmirovanie. 2012. № 6. S. 45–62.

7. Kogalovskiy M.R., Kalinichenko M.R. Kontseptualnoe i ontologicheskoe modelirovanie v informatsionnyih sistemah // Programmirovanie. 2009. T. 35. № 5. S. 3–25.

8. Kogalovskiy M.R. Sistemyi dostupa k dannyim, osnovannyie na ontologiyah // Programmirovanie. 2012. № 4. S. 55–77.

9. Mokrozub V.G. Taksonomiya v baze dannyih standartnyih elementov tehnicheskih ob'ektov // Informatsionnyie tehnologii. 2009. № 11. S. 18–22.

10. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Morozov S.V., Konovalova A.S. Baza dannyih standartnyih i tipovyih elementov tehnicheskih ob'ektov // Radiotehnika. 2010. № 12. S. 29–32.

11. Mokrozub V.G., Krasilnikov V.E., Marikovskaya M.P. Intellektualnaya avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema proektirovaniya himicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. № 4.2 (30). S. 264-267.

УДК 004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В. Г. Мокрозуб, О. И. Дудышев

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630706*, *e-mail: mokrozubv@yandex.ru*)

Аннотация: Механические расчеты в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования» выполняются в настоящее время в среде Mathcad. Расчет ведется на стороне клиента. Предлагается выполнять механические расчеты на стороне сервера. Представлен пример программы, выполняющей механический расчет на стороне сервера.

Abstract: Mechanical calculations in the virtual office of «Designing technological equipment» are perfomed in Mathcad environment. The calculation is carried out on the client's side. We propose to carry out mechanical calculations on the server side and provide an example of a program that performs mechanical calculation on the server side.

Ключевые слова: Технологические аппараты, автоматизированное проектирование, механические расчеты.

Keywords: Technological devices, computer-aided design, mechanical calculations.

Технологические аппараты (емкостные, колонные, выпарные и др.) используются в химической, нефтехимической, пищевой и др. областях промышленности и является опасным для человека и окружающей среды. В соответствии с этим для них необходимо выполнять механические (прочностные) расчеты, гарантирующие безопасность этих аппаратов как при испытании и монтаже, так и в заданных рабочих условиях (температура, нагрузки, коррозионная активность среды, сейсмичность района установки и др.).

Несмотря на различия процессов, протекающих в технологических аппаратах (химические превращения, выпаривание, ректификация и др.) все они состоят из однотипных элементов: обечайки, днища, фланцы, опорные и строповые устройства и др. Основным стандартом для проведения механических расчетов элементов технологических аппаратов является ГОСТ Р 52857.1–2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность». Кроме того имеются отдельные стандарты для колонных аппаратов, сильфонных и линзовых компенсаторов, валов и др.

Для автоматизации механических расчетов технологических аппаратов существуют специальные программы, одной из которых является модуль механических расчетов виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» [1], www.gaps.tstu.ru\kir.

Механические расчеты в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования» выполняются в среде Mathcad и представляют собой электронную книгу, содержащую тексты стандартов и примеры расчетов.

Главное меню электронной книги представлено на рис. 1. Кроме того в интернет составляющей виртуального кабинета имеются примеры расчетов (рис. 2), которые можно переписать на компьютер клиента для дальнейшего использования.

Рис. 1. Главное меню электронной книги механических расчетов

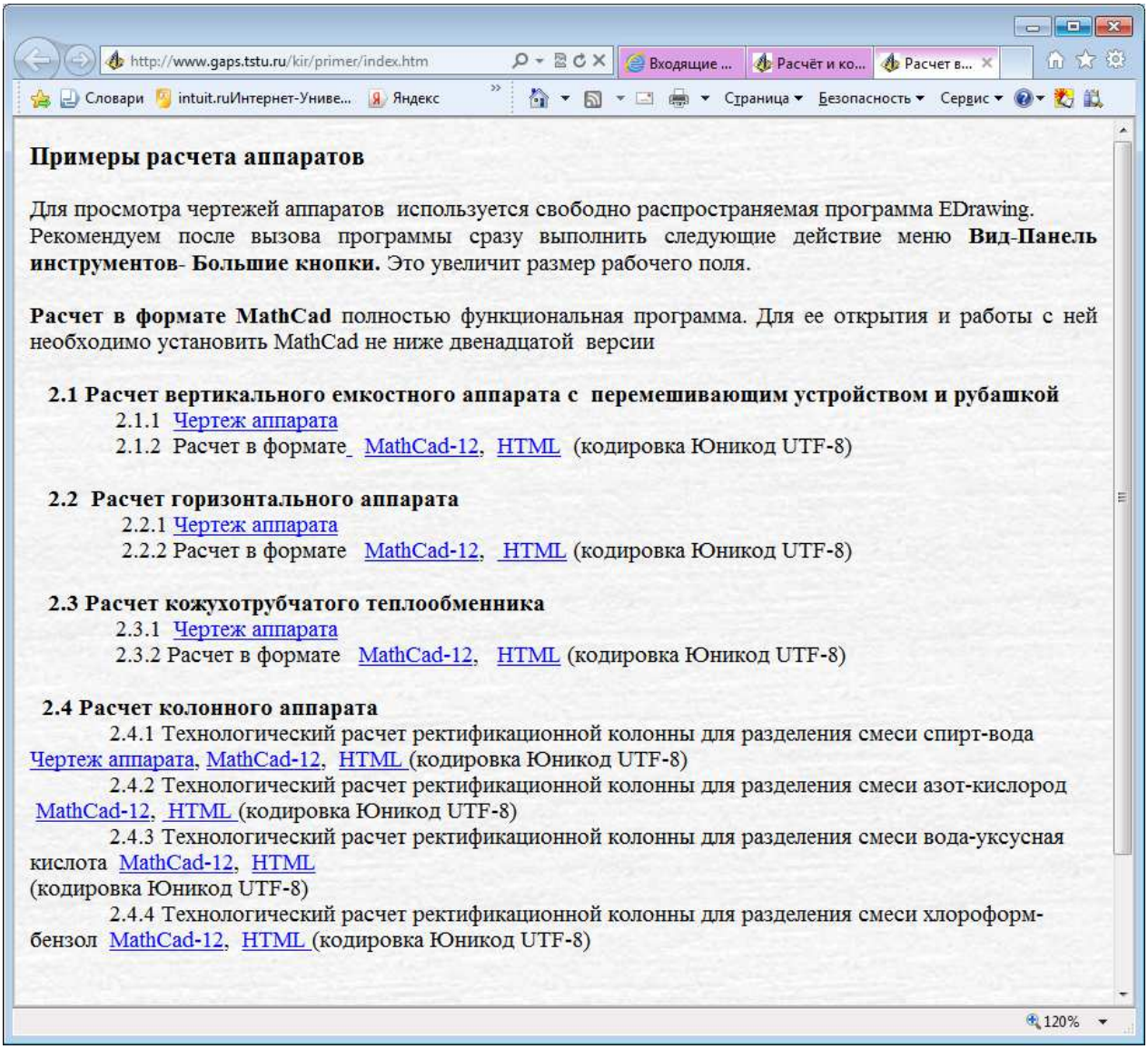


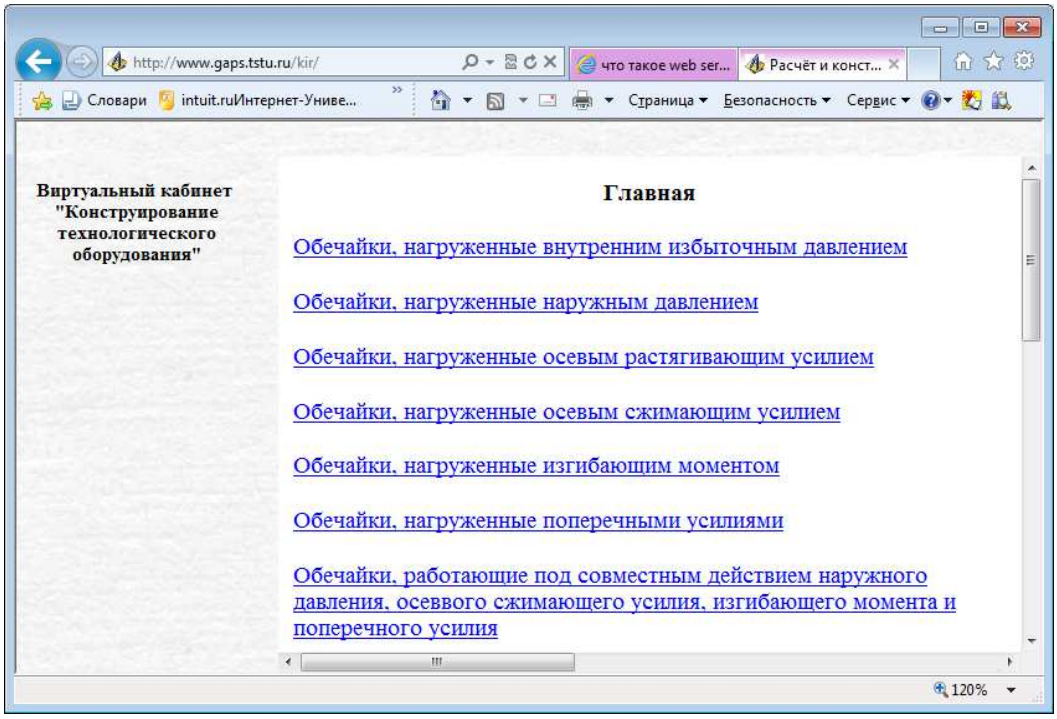
Рис. 2. Меню вызова примеров расчетов технологического оборудования

При всей привлекательности существующих программ механических расчетов технологических аппаратов, они выполняются на стороне клиента, и не являются кросс-платформенными, что в современных условиях, когда имеются многочисленные типы компьютерных систем, является существенным недостатком.

В связи с этим одним из направлений развития виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» является разработка программного обеспечения, выполняющегося на стороне сервера.

На рисунке 3 представлено главное меню и пример расчета толщины стенки цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением. Расчет проводится по ГОСТ Р 52857.2–2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек выпуклых и плоских днищ и крышек».

Разработанный модуль установлен на Linux-платформе, Web-сервер – Apache HTTP-сервер. Язык программирования PHP.



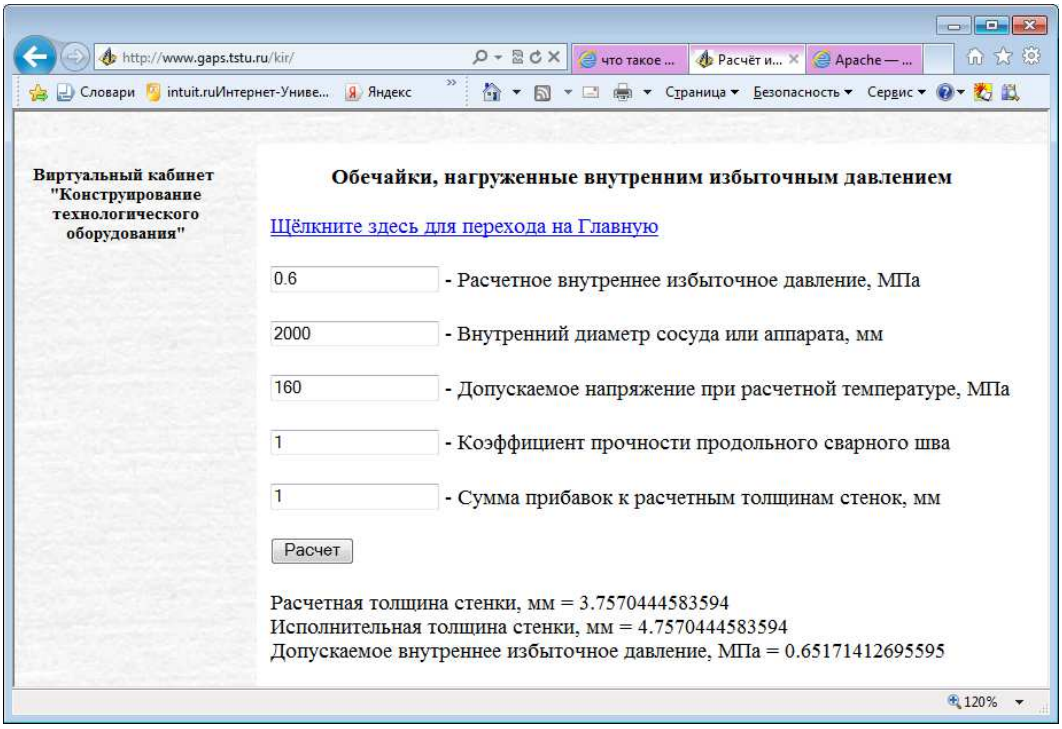


Рис. 3. Пример расчета толщины стенки цилиндрической обечайки

Рассмотренное программное обеспечение является составной частью разрабатываемой авторами системы автоматизированного проектирования технологического оборудования [2, 3].

Библиографический список

1. Мокрозуб В.Г., Борисяк А.А., Егоров Е.С. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2011. №10. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (дата обращения 01.12.2014).

2. Мокрозуб В.Г., Красильников В.Е., Мариковская М.П. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4.2 (30). С. 264-267.

3. Мокрозуб В.Г., Мариковская М.П., Красильников В.Е. Методологические основы построения автоматизированной информационной системы проектирования технологического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. Т. 27. № 1.2. С. 259-262.

References

1. Mokrozub V.G., Borisyak A.A., Egorov E.S. 77-30569/227902 Virtualnyiy kabinet «Konstruirovanie tehnologicheskogo oborudovaniya» // Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn. 2011. №10. Rezhim dostupa: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (data obrascheniya 01.12.2014).

2. Mokrozub V.G., Krasilnikov V.E., Marikovskaya M.P. Intellektualnaya avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema proektirovaniya himicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. № 4.2 (30). S. 264-267.

3. Mokrozub V.G., Marikovskaya M.P., Krasilnikov V.E. Metodologicheskie osnovyi postroeniya avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi proektirovaniya tehnologicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. T. 27. № 1.2. S. 259-262.

СЕКЦИЯ VI
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

УДК 621 (075)

ЦВЕТОВОЕ ОФОРМЛЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ДИЗАЙНА

Д. В. Водин*, М. В. Соколов**

**ОАО «Тамбовский завод «Электроприбор», Тамбов*
(*тел. 89290156425, e-mail: vodin.dmitrij@yandex.ru*).
***Тамбвский государственный технический университет, Россия, Тамбов*
(*тел. 89106582725, e-mail: msok68@mail.ru*)

Аннотация: Рассмотрены вопросы цветного оформления металлорежущих станков как одно из направлений развития промышленного дизайна.

Abstract: This article describes the problems of color desing of machine tools as one the areas of industrial design.

Ключевые слова: промышленный дизайн, цвет, станки, психофизиологическое воздействие.

Keywords: industrial design, color, tools, psychophysiological effects.

До последнего времени в нашей стране промышленному дизайну уделялось недостаточно внимания, были другие более насущные проблемы промышленности. Промышленный дизайн – отрасль дизайна, область художественно-технической деятельности, целью которой является определение формальных качеств промышленно производимых изделий, а именно, их структурных и функциональных особенностей и внешнего вида. Цветовое оформление является одним из важных элементов промышленного дизайна. Правильное цветовое оформление металлорежущих станков способствует эффективному их продвижению на рынке данной продукции и росту продаж. Цветовое оформление металлорежущих станков как одно из направлений развития промышленного дизайна все чаще определяет направление развития таких областей производства, где еще относительно недавно эстетические характеристики продукции, а именно цвет не принимались во внимание [1]. Психофизиологическое воздействие цвета есть первый и наиболее важный фактор, учитываемый в промышленном дизайне. Установлено, что красные, оранжевые, желтые цвета действуют на человека возбуждающе: расширяют зрачки, учащают пульс и в конечном итоге вызывают общее утомление. Наоборот, синие, голубые, зеленые цвета успокаивают и уменьшают зрительную утомляемость. Применяя различные цвета в оформлении металлорежущих станков можно создавать впечатление легкости и тяжести, холода и тепла, простора и тесноты, объемности основных элементов конструкции и узлов. Цвет необходим для выделения нужных элементов и частей металлорежущих станков, прежде всего опасных в плане травматизма работников. Однако цветовыми предупреждениями злоупотреблять нельзя, к ним следует прибегать только в случае необходимости. Цвет служит средством эстетического воздействия, положительно влияет на настроение и эмоциональный тонус способствует повышению производительности рабочих работающих на металлорежущих станках, а также имеет важное значение при обеспечении безопасности труда.

Библиографический список

1. Кочегаров Б.Е. Промышленный дизайн: учебное пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – 297 с.

References

1. Kochegarov B.E. Promyishlennyiy dizayn: Ucheb. posobie. Vladivostok: Izd-vo DVGTU, 2006. – 297 s.

УДК658.522:658.527

ЦИФРОВОЙ ПРОТОТИП ДЛЯ ЛИТЬЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАССЫ

Н. В. Поспелова, О. А. Соснина

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева, Россия, Н. Новгород
(*тел.* (*831*)*2578672, e-mail: pospelovangtu@gmail.com*)

Аннотация: Рассмотрены вопросы комплексного проектирования изделия из пластмассы от эскиза до проектирования пресс-формы для литья пластмассы на основе цифрового прототипа с использованием программных продуктов компании Autodesk. Показаны основные возможности проектирования пресс-форм в специализированной среде Inventor Mold Design.

Abstract: Considered in the article are the issues related to the computer-aided design of a plastic product – from designing the mold to the actual molding of the plastic, which is effected on the basis of a digital prototype with the use of Autodesk software products. The article also demonstrates the basic capabilities of mold design provided by Inventor Mold Design special work environment.

Ключевые слова: Цифровой прототип, пресс-форма для литья пластмассы, управление геометрией зависимых деталей, тип пластмассы, литник, пуансон и матрица.

Keywords: Digital prototype, mold for plastics, managing the geometry of constrained parts, type of plastic, molding channel, punch-and-die set.

В данной работе представлены результаты выполнения инновационного проекта «РОДОС 6» на специализированном предприятии. Требовалось разработать цифровой прототип газоанализатора и создать на его основе пресс-форму. Используемые в настоящее время газоанализаторы имеют две невзаимосвязанные характеристики – это портативность и количество измеряемых газов одновременно. То есть при увеличении количества фиксируемых газов увеличивается масса и габариты прибора.

Традиционные методы построения моделей газоанализаторов [1] не отвечают современным требованиям производства, которые предполагают, что изделия создаются из прочных, но легких материалов, дефекты конструкции обнаруживаются на более ранних стадиях разработки изделий, сокращается время от эскиза до физического прототипа. Поэтому была поставлена задача создать конкурентоспособное изделие, имеющее тонкие стенки, повышенную стойкость к химическому воздействию, улучшенные механические, физические и электрические свойства.

Использование металла для корпуса изделия могло бы улучшить его прочность, однако металл оказывает неблагоприятное воздействие на внутреннюю электронику, увеличивая при этом издержи производства [2]. С уче-

том данных обстоятельств было решено разработать вариант корпуса из пластмассы с добавлением углерода для снижения статического электричества на пластике [3]. На сегодняшний день уровень и степень сложности литья пластмассы существенно изменились. Использование литья под давлением позволяет производить очень сложные изделия из пластмасс с использованием современных высоких технологий. Для конкурентоспособности изделия, необходимо отслеживать качество отливок, процесс литья под давлением, свойства материалов – все это наиболее существенные факторы комплексной интегрированной системы.

При расчете структуры пластмассовых изделий были учтены следующие факторы: геометрическая форма изделия; условия закрепления краев на опорах; условия нагружения; условия окружающей среды; механические свойства материала; факторы безопасности.

Для решения поставленных задач использовалось программное обеспечение компании Autodesk, продвигающей технологии цифровых прототипов для проектирования и производства деталей из пластмассы. Это позволило обеспечить высокое качество и резко сократить сроки, тем самым значительно упростив технологическую подготовку производства.

Был последовательно реализован переход от эскиза к цифровой 3D модели. Дизайн изделия был разработан также в программных продуктах Autodesk. Эскизы были созданы в Autodesk Sketch Book (рис. 1). На основе них разрабатывалась поверхностная модель корпуса в Autodesk Alias Surface (рис. 2).

Рис. 1. Эскизы газоанализатора

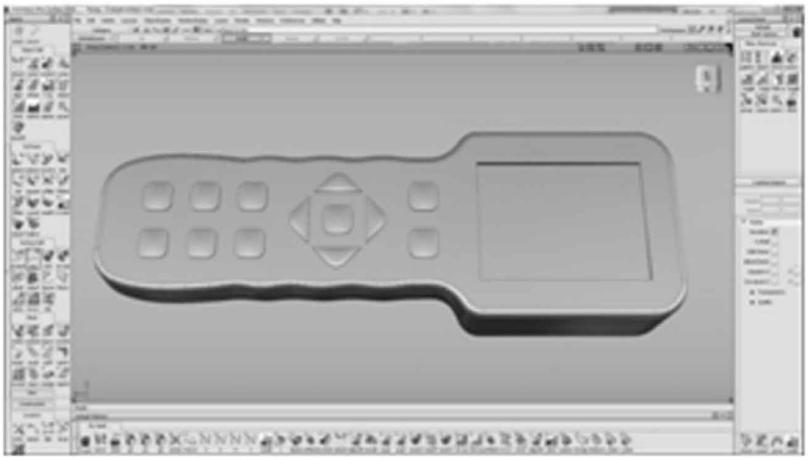


Рис. 2. Поверхностная модель газоанализатора

Для выполнения модели из пластмассы, для проектирования пресс-формы необходимо, чтобы модель была твердотельной [4]. С помощью функционала Autodesk Inventor, была получена твердотельная модель корпуса газоанализатора. Так же был проведен анализ по расположению элементов газоанализатора внутри корпуса. Для этого были спроектированы отдельные составляющие внутренней структуры газоанализатора. После чего была выполнена сборка в Autodesk Inventor и наложены зависимости. Проводя 3D симуляции в Autodesk Inventor можно было сразу видеть проблемы в структуре газоанализатора и их тут же исправлять, чтобы не проводить дорогостоящих коррекций позже.

Все эти подготовительные шаги были необходимы для дальнейшего проектирования пресс-формы для литья пластмассы. Это стало возможным благодаря дополнительному модулю Inventor Tooling, который поддерживает технологию изготовления пластмассовых элементов.

Данный модуль является хорошей основой для дальнейшей высокоэффективной работы. Итак, рассмотрим основные возможности проектирования пресс-форм в специализированной среде Inventor Mold Design.

Одним из важнейших качеств является выбор *типа пластмассы* (рис. 3): база данных Moldflow содержит полную информацию о более чем 7750 материалов, сгруппированных по компаниям-производителям. В дальнейшем это позволило обеспечить точный анализ литья на основании выбранного материала.

Также было необходимо установить расположение *литника* (рис. 4), то откуда будет поступать пластмасса. Сделать это можно вручную или выполнить автоматически.

Далее приступили к самому важному процессу – *построению пуансона и матрицы* (Пуансон/матрица). От них во многом зависят сложность пресс-формы и технологичность, а, следовательно, стоимость ее изготовления и соответственно себестоимость изготавливаемых деталей.

Для начала был проведен «Анализ заполнения детали». В результате были получены наглядные данные по времени заполнения (рис. 5), скорости потока пластмассы, достоверности заполнения (рис. 6), прогнозу качества, наличию воздушных включений и линий спая.

Рис. 3. Выбор материала для литья газоанализатора

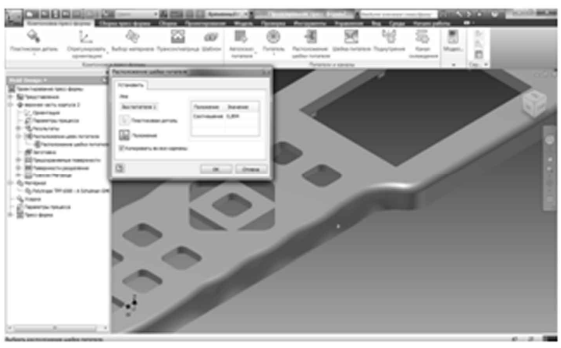


Рис. 4. Размещение литника

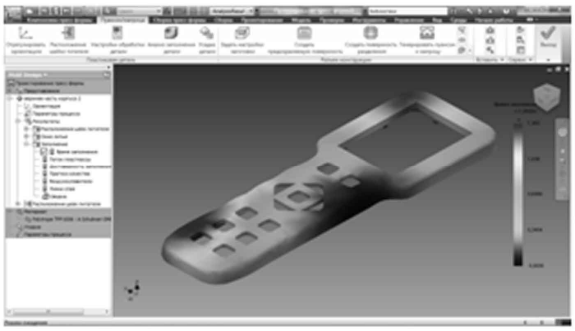


Рис. 5. Время заполнения формы пластмассой

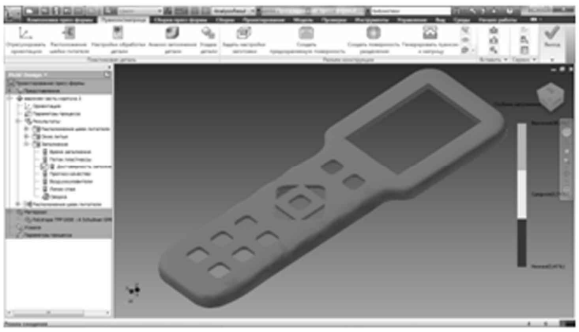


Рис. 6. Достоверность заполнения

Затем выполнялось непосредственное создание пуансона и матрицы. Создание правильной поверхности разъема является ключевым шагом для успешного проектирования пресс-формы. В Inventor Mold Design поверхность разъема разделена на две части: поверхность зашивки (предохраняемая поверхность) и поверхность разделения. Зачастую пластмассовые детали имеют отверстия или щели, которые необходимо предварительно зашить поверхностями. Возможность автоматического и ручного построения поверхности разделения (рис. 7) обеспечивает значительную гибкость в работе.

Функция «Диагностика разделения» позволила удостовериться, что поверхность разъема была создана безошибочно, при этом мы получили предварительный просмотр граней пуансона и матрицы (рис. 8), выделенных разными цветами. Для наглядности их можно «раздвинуть» и визуально оценить правильность выполненной работы на этом очень важном этапе проектирования.

Теперь можно было приступать к *сборке пресс-формы* (рис. 9). Для этого необходимо было выбрать требуемое исполнение из обширной библиотеки производителей: HASCO, DME, FUTABA, LKM, POLIMOLD, STRACK – или же создать собственную библиотеку на базе стандартных блоков.

И еще несомненное преимущество создания элементов на основе цифрового прототипа – возможность управлять геометрией зависимых деталей (газоанализатор и пресс-форма) посредством изменения параметров исходного корпуса.

Рис. 7. Создание поверхности разделения матрицы и пуансона

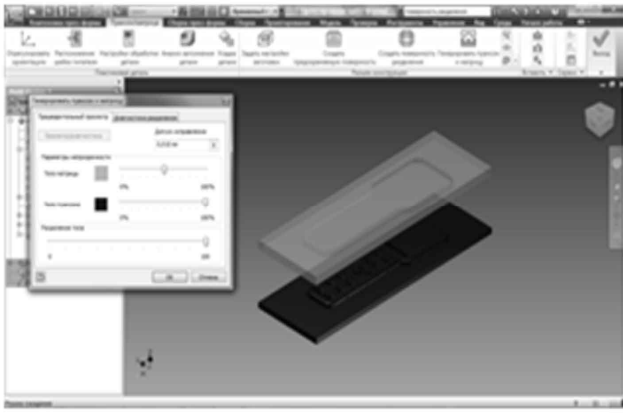


Рис. 8. Матрица и пуансон

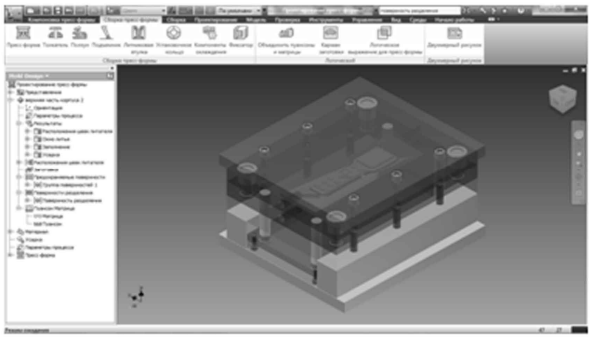


Рис. 9. Пресс-форма

После получения начальных параметров для нового газоанализатора ушло всего четыре месяца на то, чтобы превратить эскиз в реальный прототип [5]. Ранее у разработчиков уходило вдвое больше времени, чтобы получить физический прототип модели. Важно, что у нас была возможность моментально видеть отклонение профиля поверхности от идеального в наших моделях и симуляциях, без какой бы то ни было потери производительности. Раньше у нас не было возможности рендерить изображения настолько быстро, чтобы успевать проверить на программном уровне такие вещи, как технологичность изделия и время остывания формы или протестировать прочность различных сегментов газоанализатора.

Проводя 3D симуляции в Autodesk Inventor мы смогли сразу увидеть проблемы в структуре газоанализатора и их тут же исправить, чтобы не проводить дорогостоящих коррекций позже. Более быстрые итерации позволили сократить расходы на разработку газоанализатора и быстрее получить его прототип.

При этом дополнительное время, потраченное на изменение конструкции пресс-формы, в сочетании с возможностями оптимизации изделия из пластмассы, окупается тем, что испытания, анализ и проверка изделий еще на этапе проектирования дают производителям и их заказчикам реальное представление об изделии и сокращают затраты на изготовление дорогостоящих физических образцов.

Библиографический список

1. Бикулов А.М. Методы и средства газового анализа: учебное пособие. М.: АСМС, 2002. 82 с.

2. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. М.: Машиностроение, 1983. 424 с.

3. Пирог В.П.и др. Метрологическое обеспечение приборов газового анализа, используемых в производстве продуктов разделения воздуха // Технические газы. 2007. № 2. С. 68 – 72.

4. Концевич В.Г. Твердотельное моделирование в Autodesk Inventor. М.: ДиаСофтЮП, 2008. 672 с.

5. Поспелова Н.В., Булавина Н.П. Проектирование элементов газоанализатора на основе цифрового прототипа: Материалы 23-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам «КОГРАФ-2013» в рамках VI Международного форума информационных технологий «ITForum 2020/Взгляд в будущее».

References

1. Bikulov A.M. Metodyi i sredstva gazovogo analiza: uchebnoe posobie. M.: ASMS, 2002. 82 s.

2. Kulakov M.V. Tehnologicheskie izmereniya i priboryi dlya himicheskih proizvodstv. M.: Mashinostroenie, 1983. 424 s.

3. Pirog V.P. i dr. Metrologicheskoe obespechenie priborov gazovogo analiza, ispolzuemyih v proizvodstve produktov razdeleniya vozduha // Tehnicheskie gazyi. 2007. N 2. S. 68 – 72.

4. Kontsevich V.G. Tverdotelnoe modelirovanie v AutodeskInventor. M.: DiaSoftYuP, 2008. 672 s.

5. Pospelova N.V., Bulavina N.P. Proektirovanie elementov gazoanalizatora na osnove tsifrovogo prototipa: Materialyi 23-ey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po graficheskim informatsionnyim tehnologiyam i sistemam «KOGRAF-2013» v ramkah VI Mezhdunarodnogo foruma inform-atsionnyih tehnologiy «ITForum 2020/Vzglyad v buduschee».

СЕКЦИЯ VII
СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

UDC 004.42

A GPU-ACCELERATED BRANCH-AND-BOUND ALGORITHM FOR THE OPTIMAL DESIGN OF MULTI-PRODUCT BATCH PLANTS

A. Borisenko*, M. Haidl, S. Gorlatch****

** Tambov State Technical University, Russia, Tambov*
(*tel. +7(4752)630706, e-mail: borisenko@mail.gaps.tstu.ru*).
*** University of Muenster, Germany, Muenster*
(*tel. +49(251)8332740, e-mail: {michael.haidl | gorlatch}@uni-muenster.de*)

Abstract: In this paper, we propose a novel implementation of the branch-and-bound algorithm on a system with multiple GPUs (Graphics Processings Units) using the CUDA approach. The developed implementation is used for solving a real-world problem – the optimal selection of the chemical equipment for multi-product batch plants. We propose two implementations for the searching algorithm – an iterative and a recursive one – and we describe their optimizations, as well as compare them to each other. We report experimental results about the speedup of our GPU-based implementations as compared to the sequential CPU version.

Keywords: branch-and-bound, combinatorial optimization, CUDA, GPU programming.

Branch-and-bound (B&B) is one of the most universal and popular techniques for solving NP-hard combinatorial optimization problems. In the B&B method, the search space can be represented as a tree whose root node is the original unsolved problem, the internal nodes are partially solved subproblems and the leaves are the potential solution(s). B&B proceeds in several iterations during which the best solution found so far (upper bound) is progressively improved. During the exploration, a bounding mechanism, based on a lower bound function, is used to eliminate all the subproblems (i.e., cut their corresponding sub-trees) that are not likely to lead to optimal solutions. Such a powerful mechanism allows reducing significantly the size of the explored search space and, thus, its exploration time cost [1].

In this paper, the focus is on a particular practical application of B&B – the optimal selection of chemical equipment for multi-product batch plants. This kind of plants manufactures a number of related products using the same equipment in (almost) the same operation sequence. There is a great deal of interest in the manufacture of fine chemicals, pharmaceutical products, polymers, and food and beverages using batch operations [2]. Typically, the most common approach used to solve this problem has been to formulate it as a mixed-integer nonlinear programming (MINLP) model. It is well recognized that nonlinear non-convex models are difficult to solve and, with the available solvers, they cannot guarantee global optimal solutions. An option to guarantee global optimality in the solution of the batch design problem is based on the development of linear models. Many nonlinear models for batch design, which are based on the assumption of continuous sizes, can be reformulated as MILP problems when sizes are restricted to discrete values [3, 4]. We reduce the computational effort for our application by using the B&B approach which is a popular technique for solving optimization problems in various fields (e.g., combinatorial optimization, artificial intelligence, etc.), including MINLPs and MILP [5, 6].

Modern computers increasingly become heterogeneous, with different types of computational units. For example, multicore systems gain performance not only by adding cores, but also by incorporating specialized processing capabilities (Graphics Processing Units (GPUs), Digital Signal Processors (DSPs), etc.) to handle particular tasks. GPUs are currently the most powerful computational hardware available at an affordable price. Assisting the Central Processing Unit (CPU), GPUs nowadays not only render 3D graphics, but also perform high-performance, general-purpose computations [7].

The GPU-accelerated approach [3] is based on the programming paradigm according to which the programmer writes a serial, so-called host program that runs on the CPU and calls parallel kernels (simple functions or full programs) on one or several GPUs. In this paper, we investigate an implementation of the B&B method on a CPU-GPU system via Compute Unified Device Architecture (CUDA) [8].

To divide the initial search tree into subtrees for parallels processing, we use the static strategy illustrated in Figure 1. A sequential *host* process on the CPU dispatches a subset of computations to multiple *device* threads on the GPU and then gathers computed results from these threads.

For the tree traversal we used both recursive and iterative approaches. Using stack (sometimes also called Last-In-First-Out (LIFO) data structure) is the obvious way to traverse tree without recursion. CUDA encompasses two application programming interfaces: the CUDA Driver API and the CUDA Runtime API. The low-level driver API provides explicit control over GPUs. It is implemented by a runtime library and can be used with any standard C compiler. The runtime API is based on an additional runtime library and the CUDA C programming language. To develop a parallel program on the GPU, we use the C programing language with the CUDA Runtime API. Unlike the driver API, the runtime API does not require explicit initialization in the host program in order to use a GPU: all necessary initialization steps are performed automatically when the first function of the runtime

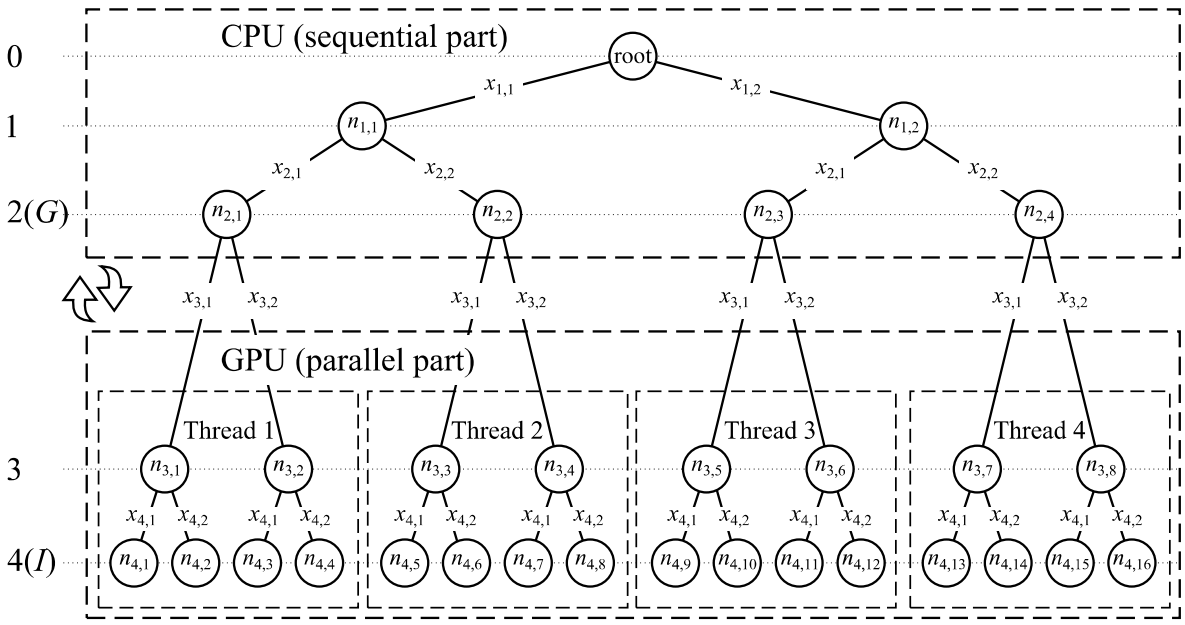


Fig. 1. Dividing the search tree into subtrees for parallel processing.

API is called. The recursive approach can be used on NVIDIA GPU devices of *Compute Capability* 2.0 and higher. On older NVIDIA devices, the iterative approach should be used. The NVIDIA GPU device have some *Streaming Multiprocessors* (SMs) contains some *Streaming Processors* (SP) (since Fermi microarchitecture NVIDIA changes the name SP to *CUDA cores*). These SMs only get one instruction at a time which means that the CUDA cores all execute the same instruction. Because threads (and not data) are mapped to the CUDA cores and executed in the *Single-Instruction, Multiple-Data* (SIMD) like fashion, the style of execution is called *Single-Instruction, Multiple-Thread* (SIMT): each thread executes the same instruction, but possibly on different data. Threads within a *warp* (groups of 32 threads, which use in the hardware implementation to coalesce memory access and instruction dispatch) must execute the same instruction each cycle. When the execution encounters a divergent control flow, the SM is forced to execute both control-flow paths to the point where they join back together. The warp serially executes each control-flow path taken, disabling threads that are not on that path (also known as *branch divergence*). We examine two optimizations that aim at improving the performance of our programs: shared memory (the fastest on device, but only 48KB on each SM), as well as utilizing and reducing brunching in the kernel function.

Our experiments were conducted on a system comprising: an Intel Xeon processor (E5-1620 v2, 4 cores with Hyper-Threading Technology, Smart Cache 10MB, running at 3.7 GHz) with 16 GB RAM; a GPU NVIDIA Tesla K20c which features 13 SM with 192 CUDA Cores (total 2496 CUDA Cores), 5GB of global memory and up to 48KB of shared memory per SM. We use Ubuntu 14.04.1, NVIDIA Driver version 340.29, CUDA version 6.5 and GNU C++ Compiler version 4.8.2.

A *chemical-engineering system* (CES) is a set of equipment (reactors, tanks, filters, dryers etc.) which implement the processing stages for manufacturing certain products. We study the design of a CES consisting of 16 processing stages with 3 variants of devices at every stage as test case (total 3^{16} = 43 046 721 CES variants), with 4 variants of devices at every stage (total 4^{16} = 4 294 967 296 CES variants) and with 5 variants of devices at every stage (total 5^{16} = 152 587 890 625 CES variants).

In Figure 2, the speedups as compared to the sequential CPU-program for both tree traversal implementations are presented.

We observe in Fig.2 that the speedup value for the recursive version is between 2.66 and 5.79, and for the iterative version it is between 1.67 and 4.43. In all the presented test examples, the recursion is faster than the iteration. Based on these experiments, we can conclude than the direct implementation of the B&B algorithm on GPUs did not produce any significant speedup. The most obvious problem with tree traversal on GPU is a high warp divergence due to many control-flow execution paths (such as *if-else* instructions). Each tree node processed in a parallel manner represents a different CES variant, therefore every searched subtree may have a different structure. Similar problems have been described, for example, in the arti-

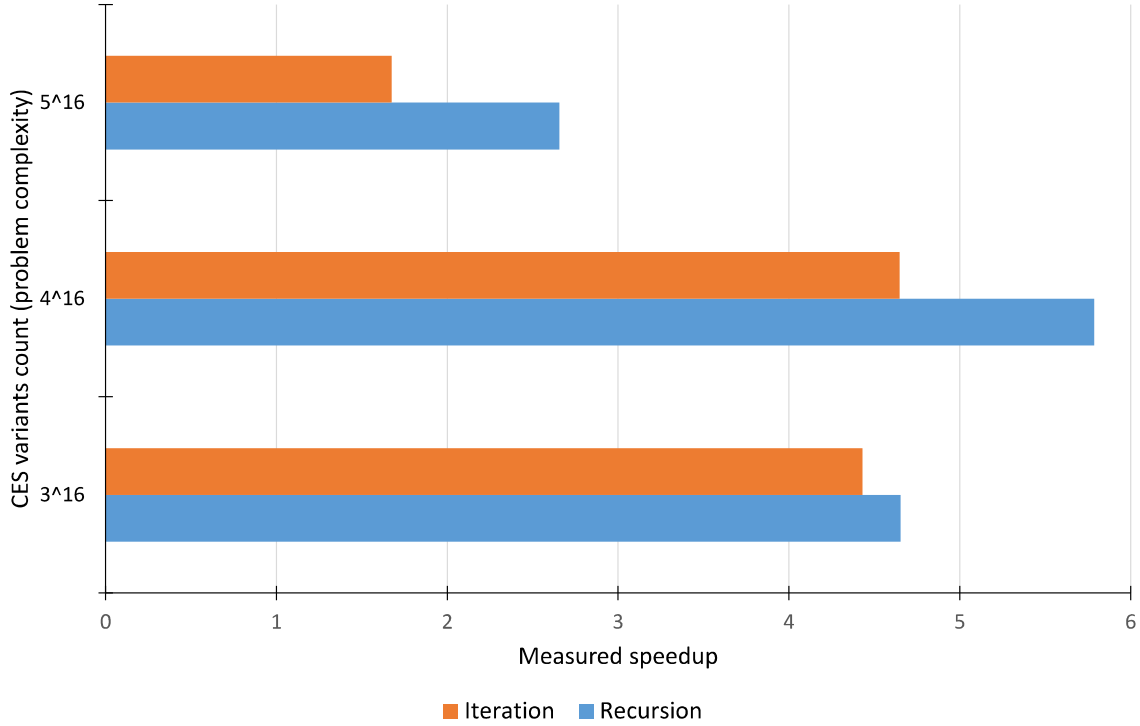


Fig. 2. Experimental results. Measured speedup

cle [9] which describes the results of a minimax tree searching algorithm, also implemented using the CUDA approach.

Our future work can have several directions. First, we can try to use multiple GPUs. Some graphics units can work independently and algorithm would scale well enough. Second, we can optimize our implementation of the mathematical model of CES for working within GPUs hardware restrictions (reducing divergence, improving memory utilization etc.). Finally, we plan to use CPU and GPU simultaneously for tree traversing. In this case, we will need to develop another parallel algorithm and corresponding load-balancing methods.

References

1. Melab N., Chakroun I., Mezmaz M., Tuyttens D. A GPU-accelerated branch-and-bound algorithm for the flow-shop scheduling problem. // In: Cluster Computing (CLUSTER), 2012 IEEE International Conference. 2012. pp.10–12.

2. Seid E.R., Majozi T. Design and synthesis of multipurpose batch plants using a robust scheduling platform. // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2013. No. 52(46). pp. 16301–16313.

3. Fumero Y., Corsano G., Montagna J.M. A Mixed Integer Linear Programming model for simultaneous design and scheduling of flowshop plants. // Applied Mathematical Modelling. 2013. No. 37. pp. 1652–1664.

4. Moreno, M.S., Montagna, J.M. Multiproduct batch plants design using linear process performance models. // AIChE journal. 2011. No.57. pp. 122-135.

5. Burer S., Letchford A.N. Non-convex mixed-integer nonlinear programming: A survey. // Surveys in Operations Research and Management Science. 2012. No.17. pp.97–106.

6. Borisenko A., Kegel P., Gorlatch S. Optimal design of multi-product batch plants using a parallel branch-and-bound method. // In: Parallel Computing Technologies. Lecture Notes in Computer Science (LNCS). 2011. No.6873. pp. 417–430.

7. Sluga D., Curk T., Zupan B., Lotric U. Heterogeneous computing architecture for fast detection of SNP-SNP interactions. // BMC bioinformatics. 2014. No. 15(1). URL: http://www.biomedcentral.com/1471-2105/15/216.

8. NVIDIA Corporation: CUDA C programming guide 6.5. // NVIDIA Corporation. URL: http://docs.nvidia.com/cuda/pdf/CUDA_C_Programming_Guide.pdf

9. Rocki K., Suda R. Parallel minimax tree searching on GPU. // In: Parallel Processing and Applied Mathematics. 2010. pp.449–456.

УДК 004.415.25

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

К. А. Алтунин*, М. В. Соколов, Н. А. Храмова*****

** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (89622)341517, e-mail: costjaaltunin@yandex.ru).*

*** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (89106)582725, e-mail: msok68@mail.ru).*

**** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. (89537)040491)*

Аннотация: Описаны этапы создания базы данных параметров процесса резания. Разработана программа, выбирающая параметры процесса резания на основе таблиц базы данных.

Abstract: This article describes the steps of database creation for parameters of the cutting process. A program, which selects the cutting process parameters based on database tables is developed.

Ключевые слова: выбор параметров процесса резания, базы данных параметров процесса резания, экспертные системы.

Keywords: choice of the parameters for the cutting process, the databases parameters of the cutting process, expert systems.

Для того чтобы осуществлять моделирование и оптимизацию процесса резания требуется знать все исходных данных об этом процессе, как то: сведения об обрабатываемом материале (вид, твердость и т.д.), режущем инструменте (его вид, тип, материал), режимах резания (скорость резания, подача, глубина резания, сила резания), металлообрабатывающем оборудовании (паспортные данные станка).

Параметры инструмента, станка и обрабатываемого материала могут быть занесены в базу данных. Так в работе [1] предложена методика разработки базы данных токарных резцов и обрабатываемых материалов. В таблицах собрана информация о геометрических параметрах резца, физико-механических и теплофизических свойствах материала режущей части резца и материала заготовки.

Но для того чтобы обеспечить наибольшую полноту информации по всем исходным данным, необходимым при проектировании технологического процесса механической обработки, следует создать базу данных металлорежущих станках. В основу ее создания может быть положена классификация

станков по виду обработки и паспортные данные станка. В этом случае создается главная таблица, содержащая данные о группе и типе станка. В связанную с ней вспомогательную таблицу заносится информация о параметрах станков конкретной марки.

Следующим этапом работы стала разработка приложения, которое, используя разработанную базу данных, выбирает параметры процесса резания соответствующие заданным условиям обработки. Эти параметры могут быть в дальнейшем использованы при моделировании и оптимизации процесса резания. Таким образом, результатом работы станет программа, осуществляющая задание начальных параметров обработки. Приложение было разработано в среде программирования Delphi 7. Программа предназначена для определения параметров обработки при точении деталей типа тел вращения. Форма приложения представлена на рис. 1. Разработанное приложение обрабатывает исходную информацию о процессе обработки (материал заготовки, размеры заготовки и детали, требования к точности и качеству обработки и т.д.). В соответствии с этой информацией осуществляется выбор из БД режущего инструмента и металлообрабатывающего оборудования. Вместе с тем из БД выводится информация необходимая для дальнейшего моделирования процесса резания (свойства материала заготовки, геометрические параметры

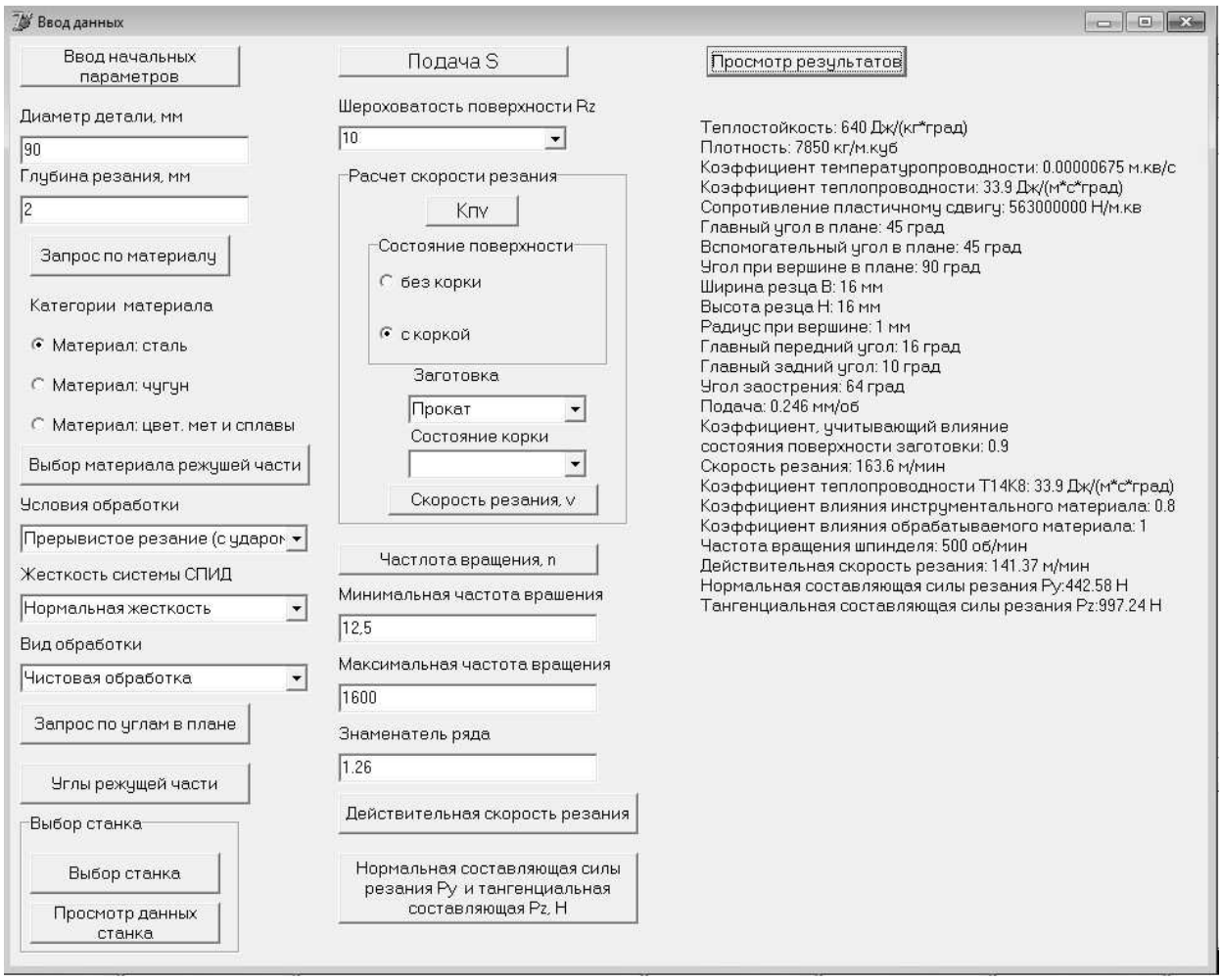


Рис. 1. Форма приложения

режущего инструмента, паспортные данные станков и др.). За эти действия на форме отвечают кнопки (рис. 1): «Запрос по материалу» – свойства обрабатываемого материала, «Выбор материала режущей части» – свойства материала режущей части, «Запрос по углам в плане» – геометрические параметры резца, «Выбор станка» – параметры станка. Кнопка «Выбор материала режущей части» осуществляет также подбор марок инструментального материала в зависимости от вида, характера и условий обработки на основе рекомендаций данных в [2].

Также была предусмотрена возможность ввода в БД новой информации. Это может понадобиться, в случае если, например, пользователю понадобится данные о резце, которого нет в таблицах. Тогда можно самостоятельно занести недостающую информацию в БД и использовать ее при дальнейших расчетах.

Просмотреть характеристики выбранного станка можно нажав кнопку «Просмотр данных станка». При этом открывается вспомогательная форма (рис. 2). На ней отображаются паспортные данные станка, которые необходимы при оптимизации токарной обработки.

После выбора данных об инструменте, обрабатываемом материале и металлорежущем оборудовании осуществляется расчет режимов резания. Режимы резания в разработанном приложении определяются по формулам и зависимостям, взятым из [3]. Данные формулы учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Все полученные в результате работы модуля данные пользователь может просмотреть при нажатии на кнопку «Просмотр результатов».

Разработанное приложение может быть использовано в качестве блока обработки начальных данных при создании системы автоматизированного проектирования (САПР) процессов резания. Здесь разработанная подпрограмма должна будет отвечать за получение начальных данных, переработку этой информации, сверку ее с базой данных и передачу параметров необходимых для расчетов другим блокам системы. Схема взаимодействия данного блока с БД и основными блоками САПР показана на рис. 3.

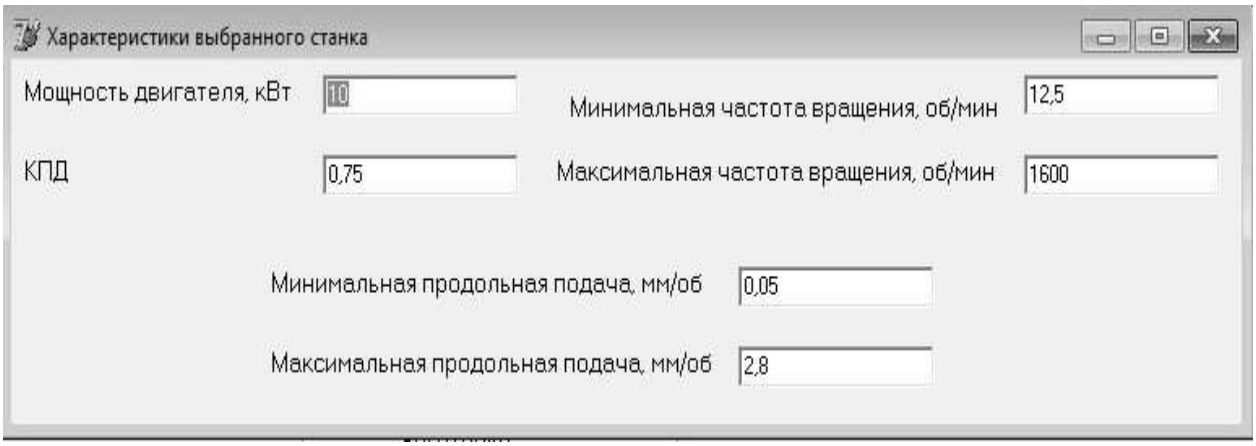


Рис. 2. Вспомогательная форма приложения

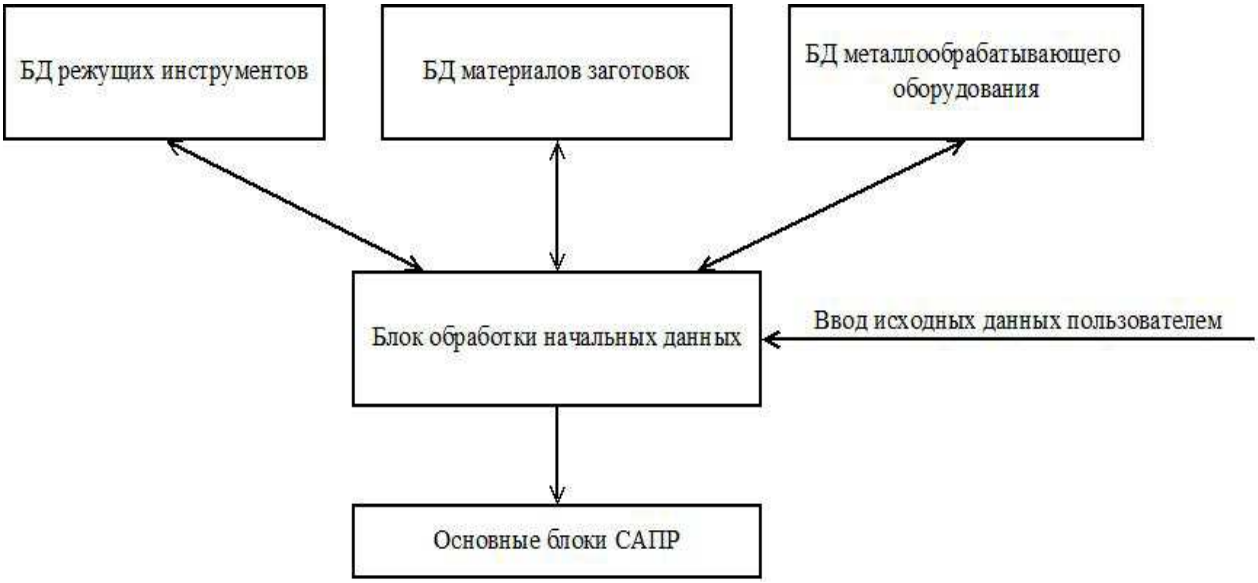


Рис. 3. Взаимодействие приложения с основными блоками САПР

Результаты работы с приложением показали, что большое количество начальных данных о процессе резания пользователю приходится вводить самому. Это происходит из-за того, что выбор некоторых параметров процесса резания (таких как материал режущей части режущего инструмента и др.) является трудноформализуемой задачей. Трудноформализуемой называется задача, которая не имеет полного и точного математического решения. Для правильного выбора инструмента и металлообрабатывающего оборудования могут понадобиться знания эксперта в данной области. Решить данную проблему может помочь применение методов искусственного интеллекта. В частности на основе баз данных параметров процесса резания и правил выбора начальных данных можно создать экспертную систему. Экспертные системы – сложные программные комплексы, содержащие знания специалистов о некоторой конкретной области и способные принимать решения в пределах данной области. Дополняя базу данных параметров процесса резания эмпирическими знаниями специалистов можно создать базу знаний. Таким образом, экспертная система сможет лучше справляться с решением трудноформализуемых задач, возникающих при выборе параметров процесса резания.

Библиографический список

1. База данных режущих инструментов и обрабатываемых материалов для САПР процессов резания материалов. / Пестрецов С. И., Алтунин К. А., Соколов М. В. // Вестник ТГТУ. – 2012. – Том 18. № 3. – С. 688-695.

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Суслова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.

3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.

References

1. Baza dannyih rezhuschih instrumentov i obrabatyivaemyih materialov dlya SAPR protsessov rezaniya materialov. / Pestretsov S. I., Altunin K. A., Sokolov M. V. // Vestnik TGTU. – 2012. – Tom 18. № 3. – S. 688-695

2. Spravochnik tehnologa-mashinostroitelya. V 2-h t. T.2 / Pod red. A. M. Dalskogo, A. G. Suslova, A. G. Kosilovoy, R. K. Mescheryakova. M.: Mashinostroenie-1, 2001. – 944 s.

3. Obschemashinostroitelnyie normativyi rezhimov rezaniya dlya tehnicheskogo normirovaniya rabot na metallorezhuschih stankah. Chast 1. M.: Mashinostroenie, 1974. – 416 s.

УДК 004.5

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И НАВИГАЦИИ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛОВ ПО ПРЕДОСТАВЛЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ

Л. Д. Казимирова*, Л. В. Абрамова**

Северный (*Арктический*) *федеральный университет имени М. В. Ломоносова*, *Россия*, *Архангельск*:
* **(***тел. 8-909-551-83-26*, *e-mail: Liya0610@yandex.ru*);
**(*тел.* (*8182*)*216100*, *e-mail: l.abramova@narfu.ru*)

Аннотация: Развитие информационных технологий, широкое использование Интернета, повышение информационной культуры в России ставят вопросы оказания государственных и муниципальных услуг населению в электронной форме как первостепенные для всей системы органов исполнительной власти. Предоставление таких услуг должно сопровождаться разработкой удобного и хорошо структурированного, с точки зрения пользователя, портала. Именно эта проблема рассматривается в данной статье на примере портала государственных и муниципальных услуг Архангельской области.

Abstract: The development of information technology, the widespread use of the Internet, an increase of information culture in Russia put the issues of providing state and municipal services to the public in electronic form as paramount for the entire system of executive power. Such services must be accompanied by the development of a convenient and well-structured, in terms of the user portal. This problem is considered in this paper for a portal of public and municipal services of the Arkhangelsk region.

Ключевые слова: сервисное государство, государственные услуги, юзабилити-тестирование, документооборот, портал государственных и муниципальных услуг Архангельской области.

Keywords: service state, public services, usability testing, workflow, portal of public and municipal services of the Arkhangelsk Region.

Процесс взаимодействия по формуле «государство-человек» на сервисной основе начал развиваться в передовых странах еще в 80-90 гг. Так в п 3 ст 13 Европейской социальной хартии от 3 мая 1996 г. закреплено, что страны-участницы «обязуются обеспечить, чтобы каждый человек мог получить от государственной или частной службы такие консультации или такую индивидуальную помощь, которые могут потребоваться для предотвращения, преодоления или облегчения ситуации личной или семейной нужды».

Активное внедрение в систему государственного управления и взаимодействияграждан и органов государственной власти сервисной концепции, сопровождаетсяодновременными процессами интернетизации государственных услуг и электронизации официального документооборота. Основное требование при построении сервисного государства - открытость к информационным технологиям. Интернет-отрасль в России развивается стремительными темпами, чему способствует как рост количества интернет-пользователей, так и по-

вышенный спрос на онлайн-сервисы. Российский сегмент Интернета по объему аудитории является крупнейшим в Европе, по количеству пользователей интернета Россия еще в 2012 г. вышла на первое место в Европе и на шестое место в мире. С каждым годом Интернет в России становится все доступнее.

Переход на предоставление государственных и муниципальных услуг в электронном виде существенно повысит их доступность, снизит коррупционные риски, сократит временные и финансовые затраты государства и граждан.

17 октября 2009 г. Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1555-р (ред. от 20.05.2014) «О плане перехода на предоставление государственных услуг и исполнение государственных функций в электронном виде федеральными органами исполнительной власти» был утвержден план перехода на предоставление государственных услуг и исполнение государственных функций в электронном виде органами исполнительной власти.

Предоставление государственных услуг на федеральном уровне определяет Федеральный закон № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг», который действует со дня официального опубликования – 30 июля 2010 г. В соответствии с законом № 210-ФЗ государственным и муниципальным органам власти при оказании услуг запрещено требовать от заявителей документы, находящиеся в распоряжении других органов исполнительной власти. Со вступлением данного документа в законную силу органы властиобязаны запрашивать и получать такие документы и сведения путем межведомственного, в том числе электронного, взаимодействия. Таким образом, закон № 210-ФЗ явился методологической основой для организации межведомственного взаимодействия и информатизации сферы государственных услуг в целом.

В настоящее время деятельность по переводу государственных услуг в электронный вид набирает обороты. Государственные учреждения предлагают воспользоваться своими услугами через интернет. Однако большинство пользователей данных услуг сталкиваются со сложностями при взаимодействии с интернет порталом. Из-за большого количества услуг пользователи не всегда могут быстро найти интересующиеих услуги. Увеличение объема контента портала делает навигацию более сложной и нагруженной для восприятия пользователя. Перечисленные проблемы являются препятствиями на пути развития сервисного государства. Поэтому, разработка концепции построения структуры и навигации таких порталов является актуальной на сегодняшний день.

В статье решение данной проблемы демонстрируется на примере портала государственных и муниципальных услуг Архангельской области.

В целях реализации перехода к предоставлению государственных услуг в электронном виде в Архангельской области был разработан Портал государственных и муниципальных услуг Архангельской области (ПГМУ АО), который содержит полную информацию об услугах, предоставляемых данным субъектом Российской Федерации, и позволяет получить услуги в электронном виде.

На данный момент на ПГМУ АО переведено в электронный вид более 800услуг. Дляудобного пользования данным порталом, а также минимизации времени поиска необходимой услуги, необходимо сделать портал интуитивно понятным и простым в использовании.

Для того, чтобы понять какие именно ошибки были допущены при проектировании структуры портала, и каким образом можно ее усовершенствовать было проведеноюзабилити-тестирование. Этометод оценки удобства продукта в использовании, основанный на привлечении пользователей вкачестве тестировщиков и анализа полученных результатов. Тестирование проводилось с участием нескольких сот человек из целевой аудитории, так называемых респондентов.

Для проведения юзабилити-тестирования ПГМУ АО были привлечены респонденты, относящиеся к разным группам целевой аудитории, разделенные по возрастному и половому признакам. А именно всю целевую аудиторию условно разделили на четыре группы: молодые люди и девушки до 25, женщины от 25, мужчины от 25 и пожилые люди.

Первым этапом юзабилити-тестирования было проведеноисследование методом обратной карточной сортировки для проверки информационной архитектуры портала. Большинство респондентов, начиная поиск услуги на портале, прежде всего, обращаются к спискам категорий услуг. Именно поэтому правильно выбранная категория услуги это уже залог того, что пользователь сможет найти интересующую его информацию. Для этого во время подготовительного этапабыла составлена карта портала, на основе которой составлялся список услуг и категорий услуг. Каждый элемент выписывался на отдельной карточке. Карточки услуг белые, карточки категорий услуг розовые. Перед пользователями была поставлена задача отнести карточки услуг к наиболее подходящей для них категории услуг, то есть сгруппировать карточки услуг наиболее логичным, по их мнению, образом.

В результате тестирования были получены следующие данные: около 90% услуг были распределены респондентами в те же категории, что и на портале. Исключение составили услуги, которые, по мнению пользователей, можно отнести к нескольким категориям сразу. Так, например, услуга «Назначение и выплата ежемесячных пособий на ребенка» была отнесена респондентами, как к категории «Семья», так и к категории «Соцобеспечение». Таким образом, в результате первого этапа тестирования было предложено в качестве усовершенствования структуры портала подобные услуги отнести сразу к нескольким категориям.

Второй этап тестирования системы навигации и поиска услуг по категории проводилсяпри помощи метода фиксации мыслей вслух. Фиксация мыслей пользователя, вовлеченного в эксперимент, является одной из самых популярных техник при оценке функциональности веб-сайта. Пользователя просят произносить вслух все мысли, чувства и представления, которые у него возникают в процессе решения задачи. Пользователям был обеспечен доступ к тестируемому веб-сайту и выдано задание по поиску услуг, при этом

они должны были «озвучивать» все, что приходит в голову по поводу интерфейса. Данные фиксировались наблюдателями.

Для каждой группы целевой аудитории были разработаны задания по поиску услуг на портале, наиболее соответствующих интересам данной группы. Например, для женщин от 25 заданием было найти следующие услуги: регистрация брака, запись ребенка в детский сад, запись ребенка к врачу, получение пособия на ребенка. Ключевым показателем эффективности выполнения задания респондента является время поиска услуги.

Люди, впервые столкнувшиеся с задачей поиска услуг на портале, были дезориентированы, и время поиска значительно превышало время поиска услуги опытных пользователей портала. Но по мере работы с порталом время выполнения заданий уменьшалось. Однако при поиске услуг почти все пользователи столкнулись со следующими проблемами:

1. *Формулировка услуг*. Большинство пользователей начинали искать услугу по ее наименованию в обиходе, что естественно приводило к отсутствию услуги на портале по данному поисковому запросу. В свою очередь это приводило респондентов в замешательство и затрудняло дальнейший поиск услуги. Таким образом, был сделан вывод, о том, что сокращение наименования услуг и перевод наименования услуг на понятный гражданам язык уменьшит время поиска услуги и увеличит количество обращений по соответствующей услуге. Стоит акцентировать внимание, что данная проблема является одной из основных проблем, с которыми столкнулись респонденты при поиске услуг.

2. *Группировка однотипных услуг и сортировка по муниципальным образованиям*. В связи с тем, что процессы оказания однотипных услуг в разных муниципальных образованиях отличаются, на портале они отображаются разными услугами. Таким образом, возникает большое количество однотипных услуг, что затрудняет восприятие всего списка услуг по данной категории. Кроме этого на портале отсутствует инструменты фильтрации услуг по муниципальным образованиям, что так же затрудняет поиск услуг, так как жителю муниципального образования не обязательно видеть услуги, предоставляемые другими муниципальными образованиями. Для оптимизации системы поиска услуг необходимо: ввести инструмент фильтрации услуг по муниципальным образованиям, и сгруппировать однотипные услуги разных муниципальных образований, для оптимизации пространства ленты услуг и ее минимизации.

3. *Работа с тэгами*. Несколько респондентов пытались ускорить процесс поиска услуг по тэгам, но из-за большого количества тэгов, это не привело к положительному результату. Тэг представляет собой ключевое слово, для категоризации, описания и поиска, задания внутренней структуры. Таким образом, был сделан вывод, что система тэгирования услуг недостаточно проработана и не оптимизирована для работы с пользователями. Необходимо уменьшить количество тэгов для услуги и оставить лишь ключевые слова, которые наиболее полно идентифицируют услугу. Кроме этого в качестве тэгов можно использовать слова из повседневного обихода пользователей.

4. *Сортировка по популярности*. Попадая в необходимый раздел, пользователи терялись из-за большого количества услуг и долго не могли найти необходимую им услугу. Так как в качестве заданий респондентам для поиска услуг предлагались наиболее популярный услуги для соответствующих групп пользователей, у некоторых респондентов возник вопрос: «Можно ли сортировать услуги в категории по их популярности?». И действительно, верхние позиции в списке услуг просматриваются пользователями наиболее тщательно, в соответствии с особенностью восприятия информации. Верхние позиции популярных услуг позволили бы уменьшить время поиска соответствующих услуг, что так же увеличит количество обращений по данным услугам.

5. *Федеральные/региональные услуги*. При прохождении тестирования у респондентов возникало много личных вопросов по работе с порталом государственных услуг. Как выяснилось, не все пользователи разграничивают федеральные и региональные услуги. Таким образом, можно сделать вывод, что у людей нет четкого представления о том какую услугу и где необходимо искать. Решением даннойпроблемы может стать аккумулирование федеральных и региональных услуг. В результате у пользователей будет единая среда поиска услуг, что уменьшит время поиска услуг и сделает работу с порталом более простой и понятной.

Проведенное исследование и анализ порталагосударственных и муниципальных услуг Архангельской области, наглядно демонстрируют ключевые моменты сложившейся проблемы сервисного предоставления услуг государственными органами и предлагают пути их решения.

УДК 004.912

ФОРМИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ В ORACLE APEX НА ОСНОВЕ HTML ШАБЛОНОВ

А. Д. Обухов*, М. Н. Краснянский**

* *Тамбовский государственный технический университет*, *Россия*, *Тамбов* (*тел. 89158676915*, *e-mail: art.keltar@gmail.com*).

* *Тамбовский государственный технический университет*, *Россия*, *Тамбов* (*тел. 84752631019*, *e-mail: kras@mail.tambov.ru*)

Аннотация: рассматривается задача формирования документации в системе электронного документооборота научно-образовательного учреждения. Проведен анализ предметной области, основных программных инструментов по формированию документации, определена их применимость к разрабатываемой информационной системе документооборота. Описан разработанный алгоритм формирования документации в среде Oracle APEX с использованием HTML-шаблонов.

Abstract: In this article, we consider the problem of documents formation in the electronic document management system aof cademic institutions. We performed the analysis of the subject area, basic software tools, documentation and determined their applicability to developing of the information management system. The algorithm documentation formation is developed in the Oracle APEX using HTML templates.

Ключевые слова: Oracle APEX, HTML, PL/SQL, документооборот, формирование документов, информационная система.

Keywords: Oracle APEX, HTML, PL/SQL, document management, documents formation, information system.

Введение. Внедрение информационных систем электронного документооборота (СЭД) обусловлено постоянно растущими объемами обрабатываемой информации, высокими требованиями к надежности хранения, скорости обработки и передачи данных. Научно-образовательное учреждение не стало исключением в процессе автоматизации труда, представляя собой комплекс с множеством информационных потоков, связанных в единую сложную систему документооборота [1].

Реализация масштабных, сложноорганизованных СЭД является трудоемким и длительным процессом, требующим значительного количества ресурсов. Задачи, для которых разрабатывается такие системы, весьма разнообразны и требуют различных подходов к своему решению. К наиболее важным относятся, например, задача формирования движения документации по отделам и организации в целом, реализация электронного архива, авторизация пользователей, мониторинг деятельности сотрудников, формирование отчетной документации. В данной статье особое внимание уделяется именно последней проблеме, приводятся основные способы формирования документации в информационных системах, а также конкретная реализация в рамках информационной системы ТГТУ [2].

Постановка задачи. Поставлена задача формирования документов различной степени сложности - отчетов, заявлений, бланков. Для начала потребовалось изучить предметную область, чтобы очертить круг документов, которые формируются средствами информационной системы [3].

Разработка информационной системы документооборота для ТГТУ началась с автоматизации работы отдела защиты интеллектуальной собственности. Изучив процесс движения документации, была получена схема документооборота отдела, перечень документов и операций, требующих автоматизации.

В ходе своей работы сотрудники отдела работают с несколькими типами документов:

– служебная записка от автора патента/программы ЭВМ;
– бланки заявления на нескольких листах;
– рефераты;
– сопроводительная документация, например, графики, чертежи, исходные коды, копии платежных квитанций и т.д.;
– оригиналы свидетельств и патентов.

Соответственно, перед информационной системой стоит две задачи: выдать пользователю на заполнение необходимые формы, а затем сформировать по ним конечные документы либо принять от пользователя документы и сохранить их на сервере [4].

СЭД ТГТУ реализуется на базе Oracle APEX, которая является свободной средой разработки прикладного программного обеспечения на основе СУБД Oracle, реализованной как web-приложение. Данная среда была выбра-

на по причине существования обширной базы данных Oracle, содержащей огромный объем информации о структуре университета и ее сотрудниках. Кроме того, в дальнейшем планируется связать разрабатываемую СЭД отдела защиты интеллектуальной собственности с рейтингом преподавателей и сотрудников.

В ходе анализа возможных средств решения поставленной задачи были отмечены следующие: использование PHP и сторонних библиотек для формирования RTF/PDF документов, встроенные средства организации отчетности в Oracle APEX, а именно Apache FOP, BI Publisher и APEX Listener, сторонние решения в виде Jasper Report. От первой группы инструментов пришлось отказаться, так как разработка с использованием функций PHP в APEX не поддерживается. Вторая группа методов выглядит весьма перспективной, но на данном этапе разработки не позволила формировать сложные шаблоны документов, поэтому и возникла потребность в быстром инструменте формирования документов любой степени сложности.

Описание алгоритма формирования документов.

Так как известные методы не смогли полностью удовлетворить поставленной задаче (неприменимость к текущей среде разработки, сложность освоения, высокая стоимость, недостаточная гибкость и функциональность), было решено разработать собственный алгоритм формирования документов, используя только средства Oracle APEX и язык программирования PL/SQL [5].

Основная идея алгоритма заключается в использование уже существующих документов формата *.DOC в качестве шаблонов, т.к. эти документы уже имеют правильную компоновку и форматирование. Схема алгоритма приведена на рис. 1.

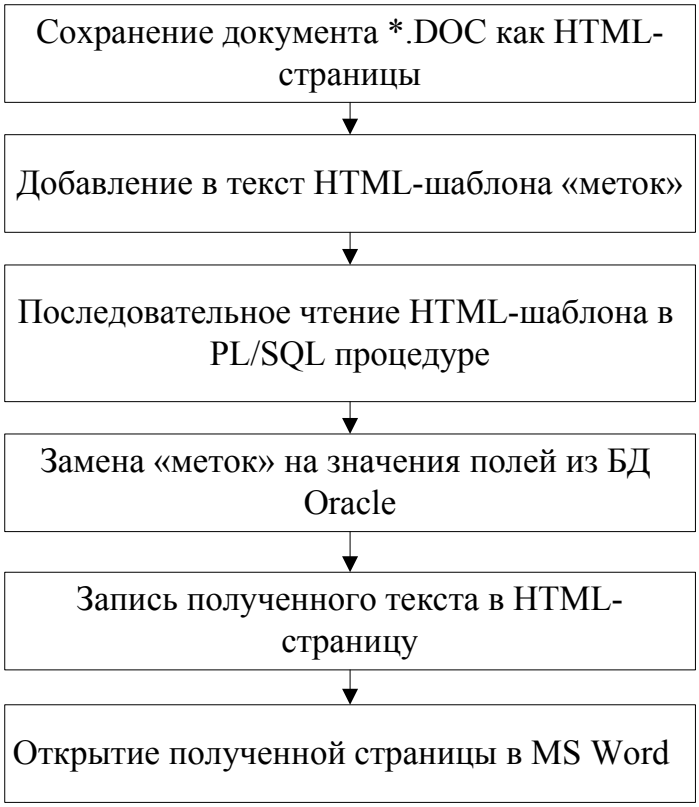


Рис. 1. Алгоритм формирования документа

Первым этапом является обработка исходного документа. Он сохраняется в MS Word как Web-страница в формате HTML, после чего происходит проверка на появление ошибок в форматировании, если такие имеются, то происходит их исправление.

На втором этапе HTML-страница открывается в любом текстовом редакторе с поддержкой разметки, и происходит добавление по тексту страницы, так называемых, «меток» – символьных конструкций, имеющих уникальную структуру, что позволит позже однозначно определить их в тексте. В качестве примера, в существующей системе использовались метки вида |№$ИД. После завершения работы над шаблоном он загружается в среду APEX.

Третий этап наиболее трудоемкий и требует написания специальной процедуры на языке PL/SQL. В ней мы последовательно считываем отдельные фрагменты текста шаблона, затем в каждом из них ищем метки. Как видно из примера, метка содержит в себе уникальное сочетание символов (|№$) и идентификатор (ИД). Первая часть позволит нам обнаружить метку в тексте, а вторая - определить, какой текст должен ее заменить.

Следующим шагом будет анализ метки и замена ее на текст из таблиц БД Oracle, заданный статически (например, значения адресов, телефонов, какие-либо ссылки) либо динамически формируемый из SQL-запросов (имя автора, название заявки и т.д.). При этом мы можем свободно добавлять необходимые HTML-теги к тексту при необходимости, в качестве примера можно указать вставку стандартного элемента Word «флажок» со значением «снят» или «установлен» в зависимости от значения соответствующего поля в базе данных.

После того, как все метки будут заменены, происходит обратный процесс записи всего текста шаблона в новую HTML-страницу и вывод ее на экран пользователю (рис. 2). Теперь остается только сохранить ее на компьютер клиента и открыть с помощью MS Word. В результате пользователь получает исходный документ в первоначальном форматировании, но с уже внесенной информацией из БД. При необходимости он может внести в него дополнительные правки либо распечатать.

Таким образом, задача формирования документов любой сложности была решена при помощи HTML-шаблонов и стандартных функций языка PL/SQL.

Заключение. В данной статье рассматривалась проблема формирования документов в системах электронного документооборота. Среда разработки Oracle APEX накладывает определенные ограничения при выборе средств программной реализации, кроме того, поставленная задача требовала быстрого и простого решения задачи формирования сложных по форматированию документов. В результате были разработаны приведенный в статье алгоритм и отдельная процедура на языке PL/SQL, которые в итоге позволили решить поставленную задачу с минимальными затратами времени. Стоит заметить, что проведенные исследования могут стать основой для решения более сложных задач по формированию данных в СЭД, а разработанные методы найти свое применение в других средах разработки.

Лицевая сторона

Форма РП

№ Входящий | **№ Регистрационный**

от _____ _____ _____ г. от _____ _____ _____ г.

В ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОРГАН ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995

ЗАЯВЛЕНИЕ
НА ГОСУДАРСТВЕННУЮ РЕГИСТРАЦИЮ
ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ или БАЗЫ ДАННЫХ (отметить [X])

Представляя указанные ниже документы, подтверждаю (ем) отсутствие сведений, составляющих государственную тайну, и прошу (просим) зарегистрировать программу для ЭВМ (базу данных)

1. ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ (ЗАЯВИТЕЛЬ(И)) ОГРН: 1026801156557
(для правообладателя- юридического лица)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, ТГТУ

Указанное лицо является: *государственным заказчиком;* *муниципальным заказчиком;*

исполнителем работ по **государственному контракту** **муниципальному контракту**

заказчик работ_____
(наименование заказчика)

контракт от _____ **№** _____

(Указывается полное имя или наименование заявителя(ей) и его (их) место жительства или место нахождения, включая указание страны. Данные о местожительстве автора(ов)-заявителя(ей) приводятся в графе 9А) **(Всего заявителей)**

2. ОСНОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРАВ НА РЕГИСТРИРУЕМУЮ ПРОГРАММУ ДЛЯ ЭВМ ИЛИ БАЗУ ДАННЫХ
(отметить [X]) (заполняется, если заявитель является юридическим лицом, или состав заявителей не соответствует составу авторов)

заявитель является работодателем автора **передача прав автором или его правопреемником заявителю**

передача прав работодателем заявителю **право наследования** _____

3. НАЗВАНИЕ РЕГИСТРИРУЕМОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ ИЛИ БАЗЫ ДАННЫХ

Подсистема формирования структуры системы электронного документооборота малого предприятия

3А. ПРЕДЫДУЩЕЕ ИЛИ АЛЬТЕРНАТИВНОЕ НАЗВАНИЕ (подчеркнуть) (в свидетельстве не указывается)

нет

4. НАЗВАНИЕ СОСТАВНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ (если регистрируемая программа для ЭВМ или база данных является частью составного произведения)

нет

5. СВЕДЕНИЯ О ПРЕДЫДУЩЕЙ РЕГИСТРАЦИИ **нет**

Номер предыдущей регистрации **Дата предыдущей регистрации** **число месяц год**

6. ДАТА СОЗДАНИЯ РЕГИСТРИРУЕМОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ ИЛИ БАЗЫ ДАННЫХ (допускается указание только года создания регистрируемой программы для ЭВМ или базы данных)

число месяц год

Рис. 2. Сформированный документ

Библиографический список

1. Ostroukh A.V., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Obukhov A.D.. Development of Automated Control System for University Research Projects // Middle-East Journal of Scientific Research. 2014. Vol. 20 (12). pp. 1780-1784. DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2014.20.12.21091.

2. Обухов А.Д., Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Остроух А.В., Молоткова Н.В., Галыгина И.В. Структура системы электронного документооборота для управления научно-образовательной деятельностью высшего учебного заведения. Промышленные АСУ и контроллеры. 2014. № 8. 23-31 с.

3. Obukhov A.D., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Molotkova N.V., Galygina I.V., Ostroukh A.V.. Electronic Document Management System Structure for University Research and Education // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Vol 9. pp. 182-189. DOI: 10.3923/jeas.2014.182.189

4. Обухов А.Д., Краснянский М.Н., Карпушкин С.В. Автоматизация документооборота отдела защиты интеллектуальной собственности образовательного учреждения // Развитие современного образования: теория, методика и практика : материалы II междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс» . 2014. С. 186–191

5. Oracle Application Express - Documentation [Электронный ресурс]. URL: http://www.oracle.com/ technetwork/developer-tools/apex/documentation/index.html (дата обращения: 10.08.2014).

References

1. Ostroukh A.V., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Obukhov A.D.. Development of Automated Control System for University Research Projects // Middle-East Journal of Scientific Research. 2014. Vol. 20 (12). pp. 1780-1784. DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2014.20.12.21091.

2. Obuhov A.D., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Ostrouh A.V., Molotkova N.V., Galyigina I.V. Struktura sistemyi elektronnogo dokumentooborota dlya upravleniya nauchno-obrazovatelnoy deyatelnostyu vyisshego uchebnogo zavedeniya. Promyishlennyie ASU i kontrolleryi. 2014. № 8. 23-31 s.

3. Obukhov A.D., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Molotkova N.V., Galygina I.V., Ostroukh A.V.. Electronic Document Management System Structure for University Research and Education // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Vol 9. pp. 182-189. DOI: 10.3923/jeas.2014.182.189

4. Обухов А.Д., Краснянский М.Н., Карпушкин С.В. Автоматизация документооборота отдела защиты интеллектуальной собственности образовательного учреждения // Развитие современного образования: теория, методика и практика : материалы II междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс» . 2014. С. 186–191

5. Oracle Application Express – Documentation [Электронный ресурс]. URL: http://www.oracle.com/ technetwork/developer-tools/apex/documentation/index.html (дата обращения: 10.08.2014).

УДК 004.946

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

К.В. Немтинов*, А.Н. Зазуля*

** ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, Россия, Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*446414, e-mail: viitin@mail.ru*)

Аннотация: Для формализованного описания информационных массивов данных, необходимых для решения задач проектировании посевных комплексов, создана структурированная база данных, в которой собраны правила, эмпирические знания и общие данные, которыми обладают специалисты. Структура данных отображается совокупностью информационно-логических моделей (ИЛМ) и продукционных моделей поддержки принятия решений. В настоящее время база содержит более 120 правил, с помощью которых может быть сформирована оптимальная структурная схема посевного комплекса для конкретных исходных данных: типа почвы, вида посевного материала, технологии посева, тягового класса трактора и критериев, заданных потребителем. Теоретические и практические результаты использованы в ООО «КБ ЕРУСЛАН» при проектировании посевного комплекса для мелких зерновых культур.

Abstract: In order to obtain a formalized description of information arrays of data required for design of sowing complexes the authors have developed a structured database containing rules, empirical knowledge and expert data. Data is structured as a set of infological and production models for decision-making support. Currently the database comprises more than 120 rules which allow constructing an optimum structure of a sowing complex for specific initial parameters such as: soil type, seeds type, seeding technology, tractors type, and users' requirements. Theoretical and practical results are implemented at LLC «DB Eruslan» for design of a sowing complex for small grains.

Ключевые слова: проектирование посевных комплексов, информационно-логические модели, продукционные модели, поддержка принятия решения.

Keywords: design of sowing complexes, infological models, production models, decision-making support.

Используя опыт, накопленный при проектировании посевных комплексов в виде базы данных и задавая цель – например, высокое качество высева зерновых культур и обеспечение 100 %-й их всхожести, при помощи механизма принятия решения можно найти совокупность узлов комплекса, обеспечивающих достижение этой цели. В базе собраны правила, эмпирические знания и общие данные, которыми обладают специалисты [1, 2].

Для формализованного описания информационных массивов данных, необходимых для решения описанных выше задач, нужно создать структурированную базу данных (табл. 1). Структура данных для рассматриваемой предметной области отображается совокупностью информационно-логических моделей (ИЛМ) и продукционных моделей поддержки принятия решений. При построении таких моделей должны быть обеспечены требования нормализации данных, а сами модели должны быть представлены в каноническом виде.

В общем виде ИЛМ поддержки принятия решений для выбора узлов посевного комплекса представляет собой объединение множеств данных и связей между ними, записанных в виде правил. Отдельное продукционное правило, содержащееся в базе знаний, состоит из двух частей: антецендента и консеквента. Таким образом, ИЛМ может быть представлена следующим кортежем:

$$\mathrm{M} = \langle D,\ P \rangle,\ \ D = (d_1, \ldots, d_i, \ldots, d_N),\ \ P = (p_1, \ldots,\ p_j, ..., p_S),$$

где M − оператор ИЛМ; $d_1, \ldots, d_N$ − множество данных ИЛМ; $p_1, \ldots, p_S$ − множество правил.

В свою очередь, правила, входящие в модель, построены по типу: *если* … (*условия выполняются*), *то* … (*реализация следствия*), в формализованном виде описываются следующим образом:

$$p^{\kappa} : \left\{ \textit{if} \ \left(\left(d_1^{\kappa'} A_1 \ z_1^{\kappa'} \right) \Lambda_1 \left(d_2^{\kappa'} \ A_2 \ z_2^{\kappa'} \right) \Lambda_2 \ldots \Lambda_{n-1} \left(d_n^{\kappa'} \ A_n \ z_n^{\kappa'} \right) \right) \right.$$

$$\left. \textit{then} \quad \left(d_{1m}^{\kappa''} \ A_1' \ z_{1M}^{\kappa''} \right) \right\},$$

1. База данных об основных узлах посевного комплекса

Тип узла	Узел	Надежность оборудования (0 - 1)	Технологичность, балл (0 – 10)
Высевающий аппарат	Стрельчатая лапа с распределителем	0,65	3,9
	Дисковые ножи	0,81	4,2
	Анкерные сошники	0,64	6,5
	Чизельные сошники	0,55	4,2
Зерновой бункер	Общий бункер	0,85	5,2
	Раздельные бункера	0,77	5
Прикатывающее устройство	Однорядные кольчато-шпоровые катки	0,78	8,1
	Двухрядные кольчато-шпоровые катки	0,71	8,5
	Пневматические шины	0,97	8,3
	Прутковый барабан	0,65	6,9
	Планчатый каток	0,78	6,6
	Каток с обрезиненным ободом	0,88	6,2
	Катки с жестким ободом	0,58	8,7
Рама	Цельная	0,82	6,1
	С раздвижными крыльями	0,6	6,7
Транспортирующий узел	Шнек	0,86	4,2
	Пневматический тип	0,6	9,5
	Ковшовый элеватор	0,87	8,1
	Ленточный элеватор	0,45	5,4

где *if* − обозначение условия «если»; *then* − обозначение следствия «то»; $A_1^{'}, A_i \in \{=, >, \geq, <, \leq\}$, $i = \overline{1,n}^{'}$ − арифметический оператор; $\Lambda_i \in \{\wedge, \vee\}$ − логический оператор; $d_n^{'}, d_{1m}^{''}$ − соответственно входные и выходные данные модели; $Z^{\kappa'} = \left\{ z_1^{\kappa'}, \ldots, z_n^{\kappa'} \right\}$ − множество значений входных данных $d_n^{k'}$; $z_1^{k''} \in \left\{ z_{11}^{k''}, \ldots, z_{1M}^{k''} \right\}$ − значение для выходных данных $d_{1k}^{''}$; n − количество условий; k − индекс правила.

В настоящее время база содержит более 120 правил, с помощью которых может быть сформирована оптимальная структурная схема посевного комплекса для конкретных исходных данных: типа почвы, вида посевного материала, технологии посева, тягового класса трактора и критериев, заданных потребителем.

Конкретный вид правил рассмотрим на следующих примерах:

а) *правила выбора ширины захвата обрабатываемой почвы*:

– если («тяговый класс трактора» ≥0,2 и «тяговый класс трактора» ≤1,4), то «ширина захвата обрабатываемой почвы» ≤ 4200;

– если («тяговый класс трактора» ≥2 и «тяговый класс трактора» ≤4), то «ширина захвата обрабатываемой почвы» ≤12 600;

– если («тяговый класс трактора» ≥5 и «тяговый класс трактора» ≤8), то «ширина захвата обрабатываемой почвы» ≤18 000;

б) *правила выбора типа рамы*:

– если («ширина захвата обрабатываемой почвы» ≤4200), то «рама» = = «цельная»;

– если («ширина захвата обрабатываемой почвы» > 4200 и «ширина захвата обрабатываемой почвы» ≤12 600), то «рама» = «с раздвижными крыльями одноколенная»;

– если («ширина захвата обрабатываемой почвы» ≥12 600), то «рама» = = «с раздвижными крыльями двухколенная»;

в) *правила выбора типа бункера*:

– если «рама» = «цельная», то «тип бункера» = «общий»;

– если «рама» = «цельная», то «тип бункера» = «раздельный для 2-х высевающих аппаратов»;

– если «рама» = «цельная», то «тип бункера» = «раздельный для 4-х высевающих аппаратов»;

– если «рама» = «с раздвижными крыльями одноколенная», то «тип бункера» = «общий»;

е) *правила выбора типа высевающих аппаратов*:

– если («посевной материал» = «зерновые, мелкие» и «тип почвы» = = «чернозем» и «рама» = «цельная» и «технология посева» = «минимальная»), то «высевающий аппарат» = «стрельчатая лапа с распределителем»;

– если («посевной материал» = «зерновые, мелкие» и «тип почвы» = = «чернозем» и «рама» = «цельная» и «технология посева» = «классическая»), то «высевающий аппарат» = «стрельчатая лапа с распределителем»;

– если («посевной материал» = «зерновые, мелкие» и «тип почвы» = = «чернозем» и «рама» = «цельная» и («тяговый класс трактора» ≥0,2 и «тяговый класс трактора» ≤1,4) и «технология посева» = «минимальная»), то «высевающий аппарат» = «дисковые ножи» (самое низкое сопротивление, минимальное тяговое усилие);

– если («посевной материал» = «зерновые, мелкие» и «тип почвы» = = «чернозем» и «рама» = « с раздвижными крыльями одноколенная» и «технология посева» = «минимальная»), то «высевающий аппарат» = «дисковые ножи»;

– если («посевной материал» = «зерновые, мелкие» и «тип почвы» = «чернозем» и «рама» = «с раздвижными крыльями двухколенная» и «технология посева» = «минимальная»), то «высевающий аппарат» = «дисковые ножи»;

– если («посевной материал» = «зерновые, мелкие» и «тип почвы» = = «чернозем» и «рама» = « с раздвижными крыльями одноколенная» и «технология посева» = «нулевая»), то «высевающий аппарат» = «дисковые ножи»;

– если («посевной материал» = «зерновые, мелкие» и «тип почвы» = = «чернозем» и «рама» = «с раздвижными крыльями двухколенная» и «технология посева» = «нулевая»), то «высевающий аппарат» = «дисковые ножи».

Комбинируя несколько вариантов структурных схем конструкций узлов посевного комплекса, обладающих разной эффективностью, формируют целостную конструкцию посевного комплекса. Прежде всего, выбирают осуществимые варианты конструкции комплекса, используя информацию об конструкционных особенностях элементов посевного комплекса и о возможных сочленениях с другими элементами. Затем выбирают оптимальный вариант совокупности элементов комплекса на основе оценки укрупненных приведенных затрат с учетом критериев надежности и технологичности.

В тех случаях, когда размерность множества комбинаций не превышает 10^3, то учитывая быстродействие современных персональных компьютеров, решение сводится к последовательному перебору всех возможных комбинаций схем. В противном случае должна быть предложена процедура последовательного анализа и отсеивания, использующая идею пошагового конструирования решений.

Теоретические и практические результаты использованы в ООО «КБ ЕРУСЛАН» при проектировании посевного комплекса для мелких зерновых культур.

В результате решения задачи была выбрана структурная схема комплекса, включающая следующие основные узлы и механизмы: рама = «цельная», тип бункера = «общий бункер», прикатывающее устройство = «пневматические шины», высевающий аппарат = «дисковые ножи», дозирующий узел = = «катушечный тип», транспортирующее устройство = «ковшовый элеватор».

Библиографический список

1. Немтинов, В.А. Применение теории нечетких множеств и экспертных систем при автоматизированном выборе элемента технической системы / В.А. Немтинов, С.Я. Егоров, П.И. Пахомов // Информационные технологии. 2009. № 10. С. 34-38.

2. Егоров, С.Я. Опыт разработки электронной графической справочной системы по технологическому оборудованию и ее использование в учебном процессе / С.Я. Егоров, В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб и др. // Информационные технологии. 1999. № 8. С. 35.

References

1. Nemtinov, V.A. Primenenie teorii nechetkih mnozhestv i ekspertnyih sistem pri avtomatizirovannom vyibore elementa tehnicheskoy sistemyi / V.A. Nemtinov, S.Ya. Egorov, P.I. Pahomov // Informatsionnyie tehnologii. 2009. № 10. S. 34-38.

2. Egorov, S.Ya. Opyit razrabotki elektronnoy graficheskoy spravochnoy sistemyi po tehnologicheskomu oborudovaniyu i ee ispolzovanie v uchebnom protsesse / S.Ya. Egorov, V.A. Nemtinov, V.G. Mokrozub i dr. // Informatsionnyie tehnologii. 1999. № 8. S. 35.

УДК 004.056.53

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. А. Пелихосов

Тамбовский государственный технический университет, *Россия*, *Тамбов*
(*e-mail: dr.laitman@mail.ru*)

Аннотация: Наиболее характерной чертой настоящего времени является стремительное технологическое развитие глобальной информационной структуры. Этот рост сопровождается появлением проблем, для решения которых требуется научный подход. Такого рода проблемой является непредусмотренное использование отдельными пользователями функциональных возможностей информационных ресурсов и обращение с информацией.

Abstract: The main characteristic feature of the present times is prompt technologic development of global information structure. This growth is followed by emergence of problems, which requires scientific approach. Such a problem can be an unforeseen use by certain users of functionality of information resources and the information processing.

Ключевые слова: информационная безопасность, комплексный подход, данные, риск, ИТ-сервис.

Keywords: information security, integrated approach, data, risks, IT-Services.

Информационная безопасность машиностроительного предприятия (далее ИБМП) – это статус сохранности корпоративных данных, при которой обеспечивается их конфиденциальность, целостность, аутентичность и доступность. (ИБМП) достигается целым комплексом организационных и технических мер, направленных на защиту корпоративных данных:

1) организационные меры включают документированные процедуры и правила работы с разными видами информации, ИТ-сервисами, средствами защиты и т.д.;

2) технические меры заключаются в использовании аппаратных и программных средств контроля доступа, мониторинга утечек, антивирусной защиты, межсетевого экранирования, защиты от электромагнитных излучений и прочих источников уязвимостей.

Задача ИБМП по сравнению с информационной безопасностью других систем, другого уровня – гораздо проще, однако из-за узкой направленности крайне не развита, а ведь речь идет о защите данных связанных с машиностроительным производством, что означает более узкий подход к проблеме. На этом уровне ИБМП охватывает (криптографическую обработку сведений, правовой аспект защиты информации (далее ЗИ), специализированное для ведения проектного учета сведений, лицензирование средств защиты сведений, составляющую коммерческую тайну на машиностроительном предприятии).

ИБМП возможно только при системном и комплексном подходе к защите, в то время как Рынок ИБ в нашей стране не развит и существуют организации, занимающиеся либо интеграцией средств ИБ, либо консультированием. В системе ИБМП должны быть приняты все подходы и учитываться все актуальные угрозы и уязвимости.

Полноценная информационная безопасность подразумевает непрерывный контроль в реальном времени всех важных событий и состояний, влияющих на безопасность данных. Защита должна осуществляться круглосуточно и круглогодично и охватывать весь жизненный цикл сведений - от ее поступления или создания до уничтожения. Схема системного обозначения ИБ представлена на (рис. 1), схема информационных ресурсов организаций на сегодняшний день (рис. 2).

Стоит подчеркнуть, что безопасность информации предполагает отсутствие недопустимого риска, связанного с утечкой информации по техническим каналам, несанкционированными и непреднамеренными воздействиями на ресурсы, используемые в автоматизированной системе. Темпы развития современных информационных технологий значительно опережают темпы разработки рекомендательной и нормативно-правовой базы, руководящих документов, действующих на территории России. Поэтому решение вопроса о

Рис. 1. Схема системного обозначения информационной безопасности

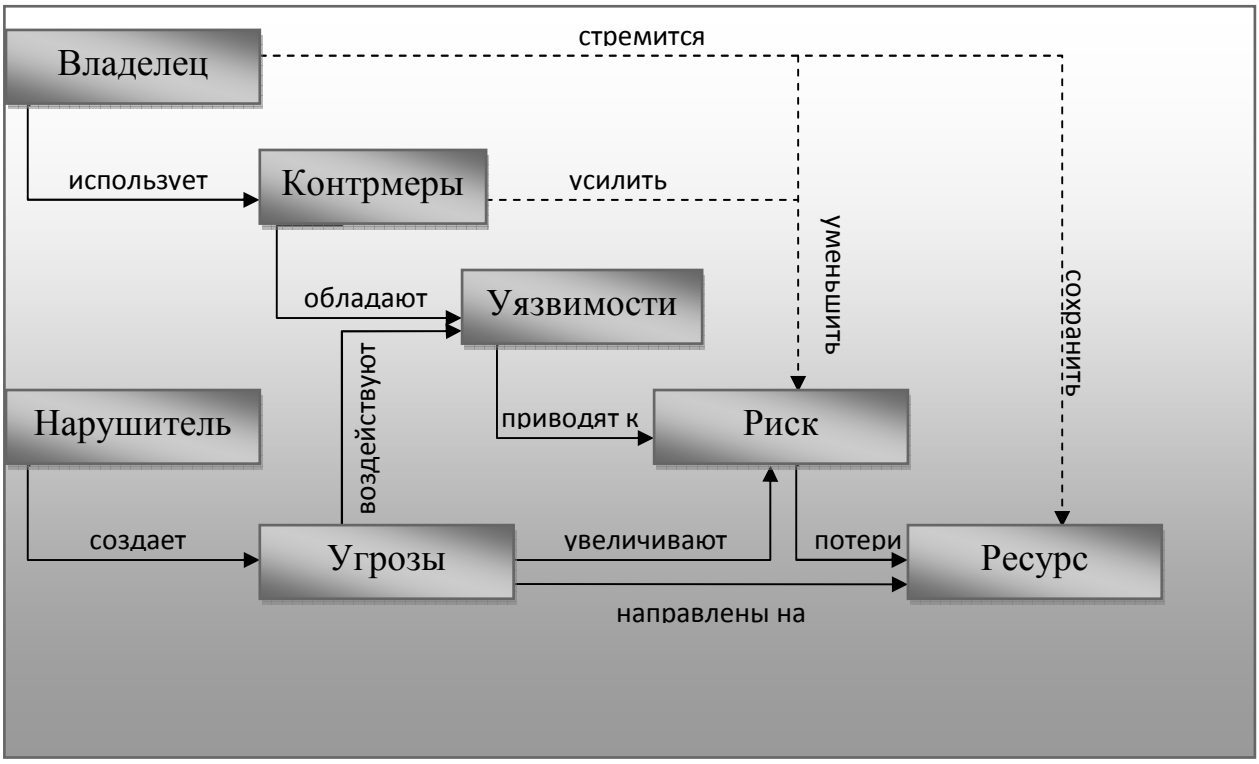


Рис. 2. Стандартная схема, отражающая принцип построения информационных ресурсов любых организаций

разработке эффективной политики **информационной безопасности** на современном предприятии напрямую связано с проблемой выбора критериев и показателей защищенности, а также эффективности корпоративной системы защиты информации.

Информационная безопасность в начале третьего тысячелетия уверенно выходит на первое место в системе национальной безопасности. Поэтому наиболее актуальным сейчас является афоризм «кто владеет информацией, тот владеет миром». Информация превратилась из абстрактного понятия в едва ли не самый ценный объект и ход всех значимых событий в науке, коммерции, социуме связан с процессами производства и владения информацией. В нашем случае ИБМП должна быть построена, как многоуровневая схема информационной системы с внешними и внутренними связями.

Заключение. Стандартные алгоритмы защиты информации на предприятиях выполняются на данный момент с очень большой погрешностью, в частности ведения процессов обращения с данными, которые представляют чрезвычайную экономическую ценность. Эта ценность важна не только для предприятия, но и для всего рынка выпускаемой продукции на машиностроительных предприятиях. От подобных погрешностей так же зависит и конкурентоспособность рынка определенной продукции на мировых аренах. На данный момент большинство крупных Российских рыночных сегментов тяжелого машиностроения утратило свою способность конкурировать с другими странами, в частности из-за опоздания в освоении аспектов защиты информации в стране и как следствие утечек информации. В силу всего этого, появляется острая необходимость в оценке и доработке информационных

систем машиностроительных предприятий[1,2,3], и их классификации как отдельных элементов информационной безопасности Российской Федерации.

Библиографический список

1. Мокрозуб В.Г., Красильников В.Е., Мариковская М.П. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования. // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4.2 (30). С. 264-267.

2. Мокрозуб В.Г. Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями. // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2009. № 10. С. 30-34.

3.Мокрозуб В.Г., Сердюк А.И., Каменев С.В.М., Шамаев С.Ю. Представление структуры технических объектов с взаимозаменяемыми элементами в виртуальных моделях // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2011. Т. 17. № 2. С. 467-471.

References

1. Mokrozub V.G., Krasilnikov V.E., Marikovskaya M.P. Intellektualnaya avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema proektirovaniya himicheskogo oborudovaniya. // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. № 4.2 (30). S. 264-267.

2. Mokrozub V.G. Predstavlenie strukturyi izdeliy v informatsionnyih sistemah upravleniya mashinostroitelnyimi predpriyatiyami. // Vestnik kompyuternyih i informatsionnyih tehnologiy. 2009. № 10. S. 30-34.

3.Mokrozub V.G., Serdyuk A.I., Kamenev S.V.M., Shamaev S.Yu. Predstavlenie strukturyi tehnicheskih ob'ektov s vzaimozamenyaemyimi elementami v virtualnyih modelyah // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2011. T. 17. № 2. S. 467-471

УДК 004.94

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Д. Л. Дедов, С. В. Карпов, А. Д. Обухов, М. Н. Краснянский

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(*тел.* (*4752*)*630211, e-mail: hammer68@mail.ru*)

Аннотация: представлено описание системы мониторинга инновационных проектов реализуемых молодыми учеными в тамбовской области.

Abstract: This article provide the description on the monitoring system for innovative projects performed by the young scientists of the Tambov region.

Ключевые слова: информационная система, система мониторинга, системный подход, эффективное управление.

Keywords: information system, monitoring system, system approach, effective management.

На сегодняшний момент перед государственными органами власти стоит задача осуществления эффективного управления и распределения средств выделяемых на поддержку научных исследований в регионах.

В период с 2009 г. на территории Тамбовской области действует несколько региональных конкурсов направленных на поддержку научных исследований выполняемых молодыми научными коллективами. С ростом числа проектов, а также в связи с необходимостью контроля за расходованием бюджетных средств, возникла задача разработки системы мониторинга инновационных проектов.

В связи с этим была разработана система мониторинга инновационных проектов, основными задачами которой являются:

1) сбор и хранение данных о проектах;
2) представление информации о поддержанных проектах;
3) составление отчетов о финансировании проектов;
4) формирование заявок для проектов.

При выборе структуры системы был проведен анализ подобных решений, на основе которого можно определить основные компоненты необходимые для реализации поставленных задач [1 – 8].

Функциональная схема системы представлена на рис. 1. Система состоит из следующих компонентов:

1) подсистема дополнения и редактирования проектов;
2) база данных проектов;
3) подсистема мониторинга проектов;
4) модуль рассылки писем;
5) электронно-справочная система;
6) система оценки проектов;
7) система разграничения проектов.

Система имеет модульный принцип, который позволяет при необходимости дополнять существующий функционал новыми модулями. Поскольку вся информация находится в базе данных дополнение новых модулей не представляет технических трудностей.

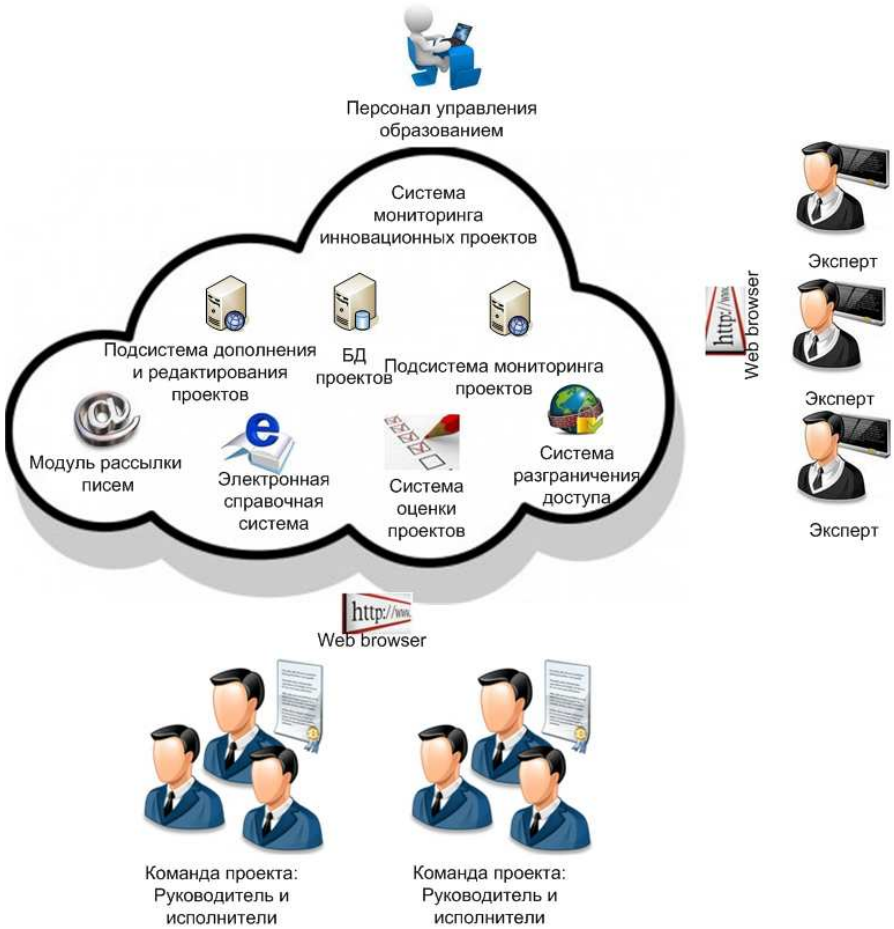


Рис. 1. Принципиальная схема системы мониторинга инновационных проектов

Применение данной системы существенно ускоряет работу экспертов и технического персонала, позволяет автоматически отсекать проекты не соответствующие по формальным признакам, а также формировать отчетные докуметы.

Библиографический список

1. Интеграция виртуальных тренажеров в процесс обучения операторов технических систем с использованием интернет-технологий. / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л., Остроух А.В. // Дистанционное и виртуальное обучение. - 2010. № 7. С. 38-49.

2. Системный подход к проектированию автоматизированной информационной системы обучения студентов и тренинга операторов химико-технологических систем. / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2009. Т. 15. № 4. С. 926-935.

3. Обучение операторов химических производств с применением тренажерных систем. / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л. // Химическая промышленность сегодня. - 2011. № 4. С. 44-49.

4. Структура автоматизированной информационной системы и алгоритм проектирования виртуальных тренажерных комплексов для обучения операторов нефтехимических производств. / Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Дедов Д.Л., Остроух А.В., Николаев А.Б. // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - 2011. № 54. С. 170-179.

5. Алгоритм проектирования виртуальных тренажерных комплексов для обучения операторов технических систем. / Дедов Д.Л., Краснянский М.Н., Карпушкин С.В., Остроух А.В. // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2012. № 3. С. 68-75.

6. Algorithm of virtual training complex designing for personnel retraining on petrochemical enterprise. / Barinov K., Krasnyanskiy M., Malamut A., Ostroukh A. // International Journal of Advanced Studies. - 2012. Т. 2. № 3. С. 6.

7. Опыт разработки и использования электронных образовательных ресурсов нового поколения для дистанционной технологии обучения. / Остроух А.В., Баринов К.А., Краснянский М.Н., Буров Д.А. // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - 2009. № 141. С. 179.

8. Problems of virtual training complexes design for education of operators of chemical engineering systems / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Karpov S.V. // International Journal of Advanced Studies. 2014. Т. 4. № 1. С. 10-14.

References

1. Integratsiya virtualnyih trenazherov v protsess obucheniya operatorov tehnicheskih sistem s ispolzovaniem internet-tehnologiy. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Ostrouh A.V. // Distantsionnoe i virtualnoe obuchenie. - 2010. № 7. S. 38-49.

2. Sistemnyiy podhod k proektirovaniyu avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi obucheniya studentov i treninga operatorov himiko-tehnologicheskih sistem. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L. // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. - 2009. T. 15. № 4. S. 926-935.

3. Obuchenie operatorov himicheskih proizvodstv s primeneniem trenazhernyih sistem. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L. // Himicheskaya promyishlennost segodnya. - 2011. № 4. S. 44-49.

4. Struktura avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi i algoritm proektirovaniya virtualnyih trenazhernyih kompleksov dlya obucheniya operatorov neftehimicheskih proizvodstv. / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Ostrouh A.V., Nikolaev A.B. // Vestnik Harkovskogo natsionalnogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta. - 2011. № 54. S. 170-179.

5. Algoritm proektirovaniya virtualnyih trenazhernyih kompleksov dlya obucheniya operatorov tehnicheskih sistem. / Dedov D.L., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Ostrouh A.V. // Informatsionnyie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2012. № 3. S. 68-75.

6. Algorithm of virtual training complex designing for personnel retraining on petrochemical enterprise. / Barinov K., Krasnyanskiy M., Malamut A., Ostroukh A. // International Journal of Advanced Studies. - 2012. T. 2. № 3. S. 6.

7. Opyit razrabotki i ispolzovaniya elektronnyih obrazovatelnyih resursov novogo pokoleniya dlya distantsionnoy tehnologii obucheniya. / Ostrouh A.V., Barinov K.A., Krasnyanskiy M.N., Burov D.A. // Nauchnyiy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta grazhdanskoy aviatsii. - 2009. № 141. S. 179.

8. Problems of virtual training complexes design for education of operators of chemical engineering systems / Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Dedov D.L., Karpov S.V. // International Journal of Advanced Studies. 2014. T. 4. № 1. S. 10-14.

УДК 007

РУКОВОДСТВО ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА

Д. С. Лукина*, М. И. Корзина**

** Северный Арктический Федеральный Университет им. М. В. Ломоносова, Россия, Архангельск*
(*тел.* (*8911*)*6854624, e-mail: darinalukina@yandex.ru*).
*** Северный Арктический Федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Россия, Архангельск*
(*тел.* (*8911*)*5523699, e-mail: m.Korzina@narfu.ru*)

Аннотация: Целью исследования является определение значимости разрабатываемого руководства для повышения скорости работы в компании. Выполнен анализ аналогов, приведены их достоинства и недостатки к каждому из них. Выявлено, что в подобных документах данная тема мало изучена. Показана актуальность разработки руководства для наполнения интернет-портала на 1С-Битрикс.

Annotation: The aim of the study is to determine importance of the guide under development for improving the speed of work in company. The analysis of analogues is performed, its advantages and disadvantages are indicated. It is identified, that this subject is understudied. Pertinence of guide's development for the filling of internet portal at 1C-Bitrix is shown.

Ключевые слова: Интернет-портал, руководство, аналоги, 1С-Битрикс, анализ.

Keywords: Internet-portal, management, analogs, 1C-Bitrix, analysis.

В век развития информационных технологий большинство журналов, газет добавляют к печатной версии номера электронную.Это позволяет привлечь читателей, ведь большая часть из которых – люди, которые пользуются различными устройствами: телефонами, планшетами, ноутбуками и т.д.

Электронная версия печатного издания – это, прежде всего, имидж, репутация, расширение аудитории, выход на общероссийский рынок, привлечение рекламы и возможность проведения интерактивных акций в виде голосований, обсуждений, форумов. Именно поэтому печатные СМИ идут на дополнительные расходы и создают электронные аналоги [1].

Но чтобы создать интернет-портал, требуется решить несколько задач, одна из которых состоит в выборе платформы реализации. Ведь дальнейшее

наполнение интернет-портала материалом будет выполняться сотрудниками компании. Для повышения скорости работы рекомендуется разрабатывать руководства, с помощью которых любой сотрудник, работающий в данной компании, сможет выложить на портал новую статью или другой материал.

Качественно разработанное руководство должно учитывать следующие аспекты:

1) использовать фирменный стиль компании;
2) быть распространено только внутри компании;
3) включать в себя оглавление для упрощения доступа к нужной информации;
4) содержать основные требования к размеру и оформлению материала;
5) подробно описывать этапы наполнения интернет-портала различными видами статей.

Выявлено, что аналоги, связанные с документом, описывающим наполнение интернет-портала, практически отсутствуют в открытом доступе.

Непосредственно было найдено только три руководства, связанных с наполнением интернет-портала. Это инструкция по наполнению сайта Drupal, инструкция по наполнению сайта контентом с помощью WordPressи система управления сайтом HostCMS v. 5, руководство по наполнению сайта.

Оба руководства построены на самой упрощенной основе – сделан Print Screen и написан комментарий к нему, и так каждый этап. Много текста, который трудно прочитать.

Также, были найдены руководства, используемые в других сферах:

1) Руководство по настройке PSW-2G4F, PSW-2G+, PSW-2G6F+, PSW-2G4F-UPS. Многофункциональный гигабитный управляемый коммутатор для систем IP-видеонаблюдения;
2) КриптоПро PDF. ВЕРСИЯ 1.6. Руководство по эксплуатации;
3) Руководство по поисковой оптимизации для начинающих;
4) ABBYY® FineReader 12. Краткое руководство пользователя;
5) Professional Surveillance System 4.05. Инструкцияпользователя RVI-PSS;
6) Quantum GIS. Руководство пользователя. Версия 1.6.0.

Для анализа найденных аналогов представлена табл. 1.

Проведя анализ представленной таблицы можно сказать, что только одно руководство из девяти удовлетворяло всем критериям сравнения. В остальных восемь отсутствовали некоторые условия. У всех аналогов присутствуют картинки и комментарии к ним, но только у одного руководства есть наличие фирменного стиля.

1С-Битрикс – универсальная, исключительно надежная, простая и удобная в работе, постоянно развивающаяся система. Лидер российского рынка CMS-систем. 61% российских компаний используют сайты на базе CMS 1С-Битрикс, их возможности удовлетворяют потребности 95% клиентов. 1С-Битрикс прекрасно выдерживает высокие нагрузки. Разработка сайтов на данной платформе занимает минимум времени. Он постоянно дополняется новыми модулями, актуальными в настоящий момент. Среди последних инноваций – модули для создания социальных сетей, блогов, внутренний медиаплеер и многое другое [2].

1. Анализ аналогов

Критерии сравнения/ номер аналога	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Наличие фирменного стиля	–	–	–	–	–	+	–	–	–
2. Наличие титульной (главной) страницы	–	–	+	+	+	+	+	+	+
3. Дизайн	–	–	–	–	–	–/+	–	–	–
4. Использование картинок и комментарии к ним	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5. Наличие нижнего колонтитула	+ (еще и верхний колонтитул)	–	+	+	+	+	+	+	+
6. Использование шрифтовых эффектов (выделение заголовка, текст другим шрифтом)	–	+	+	–	–	+	+	+	+
7. Нумерация страниц	+ внизу стр. справа	–	+ вверху стр. справа	+ внизу стр. по центру	+ внизу стр. справа	+ внизу стр. справа и слева	+	+ внизу стр. справа	+ внизу стр. слева
8. Наличие оглавления	–	–	+	+	+	+	+	+	+
9. Интерактивное оглавление (переход на нужную главу)	–	–	–	–	+ (ч.-б.)	+ (цв.)	+ (ч.-б.)	–	+ (син.)

CMS «1С-Битрикс: Управление сайтом» позволяет:

– управлять структурой сайта и его содержанием;
– своевременно публиковать разнообразные новости, пресс-релизы и другую часто обновляемую информацию;
– управлять возможным показом рекламы на сайте;
– организовывать фотогалереи;
– развернуть интернет-магазин, полностью интегрировав его с «1С»;
– управлять дилерскими и аффилиатскими сетями;
– осуществлять разнообразные операции по управлению масштабными информационными и коммуникационными проектами;
– создавать социальные сети и интернет-сообщества;
– создавать мобильные приложения.

Интерфейс продукта настолько удобен, доступен и понятен, что позволит любому владельцу интернет-магазина или блога, не владеющим глубокими знаниями (или вообще без них) по основной веб-технологии, быстро освоить систему и всего за несколько часов научиться грамотно руководить своим сайтом и добиваться отличных результатов. Так как любой веб-ресурс, сделанный на платформе 1С-Битрикс и рассчитан на любые целевые аудитории.

Битрикс позволяет максимально оптимизировать процесс управления интернет-проектом, обеспечить стабильное функционирование и экономичное развитие проекта, а также минимизировать расходы на сопровождение сайта за счет простоты управления структурой и содержанием [3].

На базе Битрикс возможна реализация нестандартных решений и выполнение строгих требований для каждого индивидуального web-проекта: разрабатываются расширенные системы для сбора данных статистики по различным категориям – по сотрудникам, по статусам, а также агрегированные статистики по заказам. Создание сайта на Битрикс расширяет его возможности – вы сможете не только управлять электронным контентом, продажами услуг и товаров, автоматизировать обработку всех заказов, но и также поддерживать партнерские сети, создавать сообщества и многое другое [4].

По статистике 42% интернет-магазинов работают на системе «1С-Битрикс», а конкретнее – 20 000 из общего количества в 48 000 магазинов [5].

У 1С-Битрикс есть руководства (документации), которые включаются в себя информацию по установке, настройке и интеграции продуктов «1С-Битрикс», а также инструкции по работе с отдельными модулями. Информация справочного характера представлена в API и Пользовательской документации. Информация сценарного характера (как работать с системой и как решить ту или иную задачу) представлена в учебных курсах. И учебные курсы и документация кроме он-лайн версии представлена и в виде файлов формата .chm (Windows Help) для изучения в оффлайн [6].

Данные документациимогут помочь приначальном ознакомлении с платформой 1С-Битрикс, что несомненно окажет вклад при разработке руководства для интернет-портала.

С дальнейшим ростом развития информационных технологий разработка руководства для наполнения интернет-портала будет обладать наибольшей важностью, чем в настоящее время.

Библиографический список

1. Электронные версии печатных изданий: информация к размышлению // Маркетинг журнал 4p.ru. URL: http://www.4p.ru/main/research/4092 (дата обращения 15.11.2014).
2. 1С-Битрикс. Быстрый старт разработчика // Центр компьютерного обучения «Специалист» при МГТУ им.Н.Э.Баумана. URL: http://www.specialist.ru/course/1cbitraz (дата обращения 25.11.2014).
3. Разработка сайтов // Онлайн центр бухгалтерского обслуживания. URL: http://moyuchet.ru/razrabotka-saytov/index (дата обращения 5.12.2014).
4. Разработка, Создание и Перенос сайтов на CMS Битрикс// WEBMAGE, создание и продвижение сайтов. URL: http://www.webmage.ru/page/bitrix (дата обращения 5.12.2014).
5. Отзыв о презентации «1С-Битрикс: Управление сайтом 14.0» // Корпоративный блог студии «Клондайк». URL: http://klondike.livejournal.com/28004 (дата обращения 10.12.2014).
6. Документация // 1С-Битрикс. URL: http://dev.1c-bitrix.ru/docs (дата обращения 10.12.2014).

References

1. Elektronnyie versii pechatnyih izdaniy: informatsiya k razmyishleniyu // Marketing zhurnal 4p.ru. URL: http://www.4p.ru/main/research/4092 (data obrascheniya 15.11.2014).
2. 1S-Bitriks. Byistryiy start razrabotchika // Tsentr kompyuternogo obucheniya «Spetsialist» pri MGTU im.N.E.Baumana. URL: http://www.specialist.ru/course/1cbitraz (data obrascheniya 25.11.2014).
3. Razrabotka saytov // Onlayn tsentr buhgalterskogo obsluzhivaniya. URL: http://moyuchet.ru/razrabotka-saytov/index (data obrascheniya 5.12.2014).
4. Razrabotka, Sozdanie i Perenos saytov na CMS Bitriks // WEBMAGE, sozdanie i prodvizhenie saytov. URL: http://www.webmage.ru/page/bitrix (data obrascheniya 5.12.2014).
5. Otzyiv o prezentatsii «1S-Bitriks: Upravlenie saytom 14.0»// Korporativnyiy blog studii «Klondayk». URL: http://klondike.livejournal.com/28004 (data obrascheniya 10.12.2014).
6. Dokumentatsiya // 1S-Bitriks. URL: http://dev.1c-bitrix.ru/docs (data obrascheniya 10.12.2014).

УДК 007

ЗНАЧЕНИЕ ННТЕРНЕТ-ЖУРНАЛА ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ

Т. В. Некрасова*, М. И. Корзина**

** Северный Арктический Федеральный университет, Россия, Архангельск (тел. (8902)1915561, e-mail: NekrasovaT16@rambler.ru).*

*** Северный Арктический Федеральный университет, Россия, Архангельск (тел. (8911)5523699, e-mail: m.Korzina@narfu.ru)*

Аннотация: Целью исследования является анализ понятия интернет-журнала и его значения для современного развития компании. Рассмотрено периодическое интернет-издание, как одно из основных средств накопления и передачи информации, перспективы развития электронных изданий и их особенности. Показано, что электронные издания широко используются, но требования к этому виду информационных продуктов мало изучены. Рассмотрен пример информационного инструмента для создания и управления интернет-журналом 1С- Битрикс. Показано, как интернет-журнал может повлиять на современное развитие компании.

Abstract: The article deals with research of term web- magazine and it's influence on development of companies. The article describes evolution of periodic internet publication it is specially noted that internet publication is the main means of information storage and information

transfer. Prospects for development of electronic publications and their features are noted a mention should be made electronic publications are widely used but requirements for this type of information products are poorly understood. Much attention is given to examples of information tools for creating and managing web journal, 1C- Bitrix. It is specially noted a web- magazine can help company to raise their level of contemporary development.

Ключевые слова: интернет-журнал, электронные издания, информационный продукт, информационный инструмент, 1С-Битрикс.

Keywords: web-magazine, internet publication, information products, information tools, 1C- Bitrix.

В настоящее время активно растет медиа рынок, и развиваются медиа технологии. Многие известные мировые печатные издания переходят на новую ступень развития – интернет-журналы.

Определим, что такое интернет-журнал. Официального определения данной формы представления информации нет. Но интернет-журнал можно отнести к группе электронных изданий или к интернет-сайтам.

Согласно Федеральному закону «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (в редакции от 28.07.2012 № 139-ФЗ) «сайт в сети Интернет – совокупность программ для электронных вычислительных машин и иной информации, содержащейся в информационной системе, доступ к которой обеспечивается через сеть Интернет по доменным именам и (или) по сетевым адресам, позволяющим идентифицировать сайты в сети Интернет» [4].

По данным Яндекс.Новости каждый день российские СМИ публикуют в Интернете около 47 тысяч сообщений. Это в полтора раза больше, чем три года назад: в первом полугодии 2011 года ежедневно появлялось около 30 тысяч сообщений СМИ. Количество изданий за три года выросло тоже примерно в полтора раза – с 3 до 4,6 тысяч [12].

Попытки дать определение термину «электронные издания» предпринимаются уже достаточно давно, И. М. Чинуков в своей научной статье «Электронные издания: определения, классификация» обратился именно к этой проблематике. Исследователь отметил, что первое официальное определение было зафиксировано в международном стандарте ISO 9707 1991 г.: «документ, который публикуется в печатном виде и доступен для потребителей (в том числе выдаются файлы данных и прикладное программное обеспечение)». Тем не менее со временем понятие «электронное издание» получило ряд новых характеристик. Сейчас значение термина должно включать в себя именно электронную форму печатного издания, или средства массовой информации, созданного непосредственно в сети Интернет [2].

Можно сказать, что интернет-журнал – это электронный информационный ресурс в сети Интернет, который предоставляет возможность пользователям участвовать в формировании контента, обсуждениях и др.

Определим, чем на сегодняшний день больше всего интересуются пользователи сети Интернет. По итогам исследований РИА Новости пользователи Интернет чаще всего: что-то ищут, читают новости и проводят время в социальных сетях. Авторы исследования констатируют продолжение роста инте-

реса пользователей к Интернету как к источнику новостной информации. В целом прирост мировой аудитории информационных ресурсов в 2012 г. составил 5%. В России ведущие новостные сайты завоевали 13,2% новых читателей [3]. По данным Яндекс.Метрики на лето 2014 г., каждый четвертый пользователь интернета в России хотя бы раз в месяц заходит на сайты отечественных СМИ [12].

Следовательно, такая форма представления информации как интернет-журнал является перспективной и развивающейся на сегодняшний момент.

Рассмотрим особенности интернет-журнала. Прежде всего – периодичность, или регулярность обновления контента. Может в каждом разделе или рубрике осуществляться автономно, в разные промежутки времени. Например, по мере поступления сведений, а не в зависимости от выпуска издания. Поэтому новости появляются практически в режиме реального времени.

Казакова А. В. в своей статье [1] приводит преимущества интернет-СМИ для аудитории.

1. *Интерактивность*. Каждый посетитель интернет-СМИ имеет возможность самостоятельно решить, какую новость он желает прочитать.

2. *Персональный подход*. Важная особенность Интернета – возможность общаться с каждым пользователем индивидуально. Сеть дает возможность учитывать индивидуальные особенности и характеристики каждого посетителя.

3. *Удовлетворение потребностей аудитории*. С помощью электронных средств, интернет-СМИ получили возможность не только проследить количество посетителей сайта, а получить информацию о посещении каждой публикации. Таким образом, web-журнал имеет возможность постоянно совершенствовать свою деятельность, а также представить аудитории наиболее актуальные и интересные новости.

4. *Цена и скорость доступа*. Посетитель интернет-издания бесплатно получает любую интересующую его информацию. Администрация электронного средства информации может предложить пользователю постоянно и бесплатно получать новости из выбранного им ресурса. Таким образом, издание имеет возможность существенно увеличить свою аудиторию.

5. *Постоянная связь с аудиторией*. Интернет-журналы могут постоянно поддерживать связь со своей аудиторией. Для этого используются различные средства, включая электронную почту, рубрику «Вопросы и ответы». Кроме того, каждый посетитель может оставить комментарии под прочитанной им статьей, поставить ей оценку и т.д.

Существуют ли определенные требования к web-журналам. Можно отметить, что, данный вид представления информации является новостным, то к нему применимо требование из закона «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию». Согласно новым требованиям, маркировка о возрастном ограничении материалов должна размещаться в верхней части главной страницы СМИ.

В сетевых СМИ знак «по размеру должен быть не меньше 75% от заголовка второго уровня или не меньше размеров шрифта основного текста с применением полужирного начертания, или не меньше 20% от основной информационной колонки» [5].

Так же создавая интернет-журнал, необходимо знать требования закона о рекламе (Федеральный закон от 13.03.2006 № 38-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «О рекламе» (с изм. и доп., вступ. в силу с 06.08.2014) (13 марта 2006 г.)) [11].

Есть ли требования к интернет-журналам. Официального документа с требованиям к данному ресурсу нет. Но возможно рассмотреть интернет-журнал как сайт. В среде разработчиков существуют определенные общие требования к ним. Сайт должен быть:

– уникальным;
– информативным;
– с интуитивно понятной навигацией;
– страницы сайта должны загружаться быстро;
– количество и качество контент должно быть размером около 3000 символов[6].

Сегодня в мире существуют программные продукты, которые упрощают создание и поддержку сайтов, новостных порталов и других интернет-ресурсов.

Одним из таких программных продуктов является 1С-Битрикс. 1С-Битрикс – это простая и удобная система для управления сайтом (CMS) с визуальными инструментами для создания и редактирования информации [7].

Аналогичными системами являются NetCat, UMI.CMS, HostCMS, AMIRO.CMS – коммерческие коробочные системы управления сайтами – продукты, созданные коммерческими организациями с целью извлечения прибыли от продажи лицензии и/или технической поддержки [8].

Определим критерии сравнения данных систем, которые оцениваются по 10 бальной шкале.

1. Безопасность – защита от взлома, стабильность работы проекта.
2. Версии – наличие обновлений, их регулярность, стабильность и проверенность временем.
3. Наличие документации, в том числе русскоязычной.
4. Русская поддержка-наличие сообщества, возможность вступления, квалификация и активность участников.
5. Борьба со спамом – защита проекта от всевозможного спама.
6. Интеграция с другими проектами – java, flash, форум, чат и т.д.
7. Визуальный редактор – минимальный порог вхождения для управления и поддержки данной системы.
8. Работа с изображениями – встроенные средства для обработки изображений и работы с ними.
9. Шаблоны оформления – наличие базы дизайнов и тем для проекта.
10. Расширенная функциональность (плагины) – объем и качество существующих наработок ведущих специалистов, расширяющих или изменяющих функциональность проекта.
11. Виджеты/блоки – возможность проекта выделять отдельные составляющие в блоки и работа с ними.
12. Современные технологии: трекбаки, пинги, XML-RPC, RSS.

13. Кодировки – возможность работы с разными кодировками и наиболее популярной сегодня UTF-8.

14. Комментирование – работа с комментариями, уровни доступа и управляемость данного функционала.

15. Экспорт/импорт данных – управление потоками информации входящей и выходящей из проекта.

На рисунке 1 представлена таблица с баллами по каждому критерию сравнения.

Из представленной на рис. 1 таблицы видно, что 1С-Битрикс имеет больше преимуществ для управления интернет-журналами и другими интернет ресурсами.

Таким образом, рассмотрено определение интернет-журнала, его перспективы, особенности, какие требования выдвигаются интернет-журналу как сайту, а так же рассмотрен 1С-Битрикс как площадка для создания и управления интернет-журналом.

Каково значение интернет-журнала в современном развитии компании?

Опираясь на информацию, рассмотренную выше, можно сказать, что значение интернет-журнала в современном развитии компании достаточно большое, так как данный вид интернет ресурса является лицом компании, компания с его помощью рассказывает, делится со своими клиентами новой, актуальной информацией. Так же благодаря этому ресурсу компания может получить новых клиентов. А чтобы компаниям было удобно управлять интернет-журналом, менять своевременно новостной контент и другое целесообразно использовать систему 1С-Битрикс.

Коробочные коммерческие CMS					
Критерии	1С-Битрикс	NetCat	UMI.CMS	HostCMS	AMIRO.CMS
1	10	9	8	7	6
2	10	8	8	7	6
3	10	8	7	6	7
4	10	9	4	10	3
5	8	7	6	5	9
6	10	8	7	8	7
7	10	10	10	10	10
8	9	8	9	7	8
9	7	10	5	9	6
10	8	7	6	10	7
11	6	7	2	7	4
12	10	10	5	6	7
13	9	9	9	8	10
14	9	8	6	7	8
15	6	10	9	5	4

Рис. 1. Сравнительная таблица по CMS

Библиографический список

1. Казакова А.В Электронные СМИ: понятие и особенности // Киевский национальный университет культуры и искусств. Украина. Киев.

2. Чикунов И.М. Электронные издания: определение, классификация. URL: http://it-claim.ru/Library/Books/ITS/ wwwbook/ist4b/its4/chikunov.htm. (дата обращения 10. 11. 2014)

3. Тенденции развития новостного сегмента медиаотрасли России URL: http://therunet.com/news/681-top-3-del-v-internete-poisk-sotsseti-chtenie-novostey (дата обращения 10. 11. 2014)

4. Фатьянов А.А.: Теоретическое правовое содержание понятий законодательства о средствах массовой информации // Институт проблем эффективного государства и гражданского общества, Финансовый университет, Москва, Россия.

5. Ведомости технологии: [Электронный ресурс]: Роскомнадзор опубликовал требования к возрастной маркировке для онлайн-СМИ URL: http://www.vedomosti.ru/tech/news (дата обращения 15. 11. 2014)

6. Требования к сайтам URL: http://webprognoz.ru/infa/trebovaniya_k_saitu.html (дата обращения 15. 11. 2014)

7. Вебстрой интернет-агентство. // Почему 1с-Битрикс? URL: http://www.webstroy.ru/1s-bitrix/ (дата обращения 17. 11. 2014)

8. Есиков А.В.: Сравнительный анализ систем управления контентом (Content management system – cms) // Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону.

9. Зверева Е.А.: Современные российские журналы: тенденции и стратегии развития // Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина.

10. Тыртов В. Как создать сайт и управлять им? // ИТ для госсектора.

11. КонсультантПлюс – надежная правовая поддержка: РФ Федеральный закон «О рекламе» // Официальный сайт компании URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163963/ (дата обращения 15. 12. 2014)

12. Новости в интернете: СМИ и читатели // По данным Яндекс.Новостей и Яндекс.Метрики, октябрь 2014 URL: http://company.yandex.ru/researches/reports/2014/ya_news.xml (дата обращения 15. 12. 2014)

References

1. Kazakova A.V.: statya «Elektronnyie SMI: ponyatie i osobennosti» // Kievskiy natsionalnyiy universitet kulturyi i iskusstv, Ukraina, g. Kiev.

2. Chikunov I.M.: Elektronnyie izdaniya: opredelenie, klassifikatsiya URL: http://it-claim.ru/Library/Books/ITS/ wwwbook/ist4b/its4/chikunov.htm. (data obrascheniya 10. 11. 2014)

3. Tendentsii razvitiya novostnogo segmenta mediaotrasli Rossii URL: http://therunet.com/news/681-top-3-del-v-internete-poisk-sotsseti-chtenie-novostey (data obrascheniya 10. 11. 2014)

4. Fatyanov A.A.: Teoreticheskoe pravovoe soderzhanie ponyatiy zakonodatelstva o sredstvah massovoy informatsii // Institut problem effektivnogo gosudarstva i grazhdanskogo obschestva, Finansovyiy universitet, Moskva, Rossiya.

5. Vedomosti tehnologii: [Elektronnyiy resurs]: Roskomnadzor opublikoval trebovaniya k vozrastnoy markirovke dlya onlayn-SMI URL: http://www.vedomosti.ru/tech/news (data obrascheniya 15. 11. 2014)

6. Trebovaniya k saytam URL: http://webprognoz.ru/infa/trebovaniya_k_saitu.html (data obrascheniya 15. 11. 2014)

7. Vebstroy internet-agentstvo. // Pochemu 1s-Bitriks? URL: http://www.webstroy.ru/1s-bitrix/ (data obrascheniya 17. 11. 2014)

8. Esikov A.V.: Sravnitelnyiy analiz sistem upravleniya kontentom (Sontent management system – cms) // Donskoy gosudarstvennyiy tehnicheskiy universitet, g. Rostov-na-Donu.

9. Zvereva E.A.: Sovremennyie rossiyskie zhurnalyi: tendentsii i strategii razvitiya // Tambovskiy gosudarstvennyiy universitet im. G.R. Derzhavina.

10. Vladimir Tyirtov: Statya «Kak sozdat sayt i upravlyat im?» // IT dlya gossektora.

11. KonsultantPlyus – nadezhnaya pravovaya podderzhka: RF Federalnyiy zakon «O reklame» // Ofitsialnyiy sayt kompanii URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163963/ (data obrascheniya 15. 12. 2014)

12.Novosti v internete: SMI i chitateli // Po dannyim Yandeks.Novostey i Yandeks.Metriki, oktyabr 2014 URL: http://company.yandex.ru/researches/reports/2014/ya_news.xml (data obrascheniya 15. 12. 2014)

УДК 004.9

ФОРМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ АИС ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ

О. О. Голубятников, В. В. Дубровин

Тамбовский государственный технический университет, *Россия*, *Тамбов*
(*e-mail: golubyatnikov_ol@mail.ru*)

Аннотация: рассматриваются формальные модели предметной области разрабатываемой авторами автоматизированной информационной системы (АИС) экспресс-оценки состояния здоровья

Abstract: The article describes formal models of problem space developing automaled information system to express estimate the healh condition.

Ключевые слова: экспресс-оценка состояния здоровья, автоматизированная информационная система.

Keywords: express estimating the health condition, automated information system.

Введение. Специалисты в области медицинских и биологических наук сталкиваются с проблемами апробации методик экспресс-оценки, автоматизации проводимых исследований, мониторинга, обработки полученных данных [1]. Для создания конкретной автоматизированной информационной системы (АИС) по оценке состояния различных систем человека привлекаются специалисты в области технических наук. Разработка АИС занимает значительное время. Более того, часто специалисты предметной области в ходе эксплуатации системы понимают, что те или иные параметры нуждаются в корректировке. Однако модернизация АИС приводит к временным затратам. Поэтому актуальным становится создание системы, позволяющей сделать максимально автономным проведение экспресс-оценки состояния здоровья специалистом предметной области. Поставленную задачу способна решить разрабатываемая авторами АИС экспресс-оценки состояния здоровья. Одним из важных этапов разработки АИС является этап формализации предметной области.

Формализация содержания экспресс-оценки состояния здоровья

Содержание экспресс-оценки состояния здоровья характеризуется методиками, входящими в состав экспресс-оценки [2]. Обозначим за $M = \{M^1, M^2, \ldots, M^n, \ldots, M^{N_M}\}$ – множество N_M методик экспресс-оценки, кото-

рые можно применить в данной предметной области. Множество N_M методик экспресс-оценки можно разбить на два множества [3]: $M \supseteq (T, П)$, где $T = \{T^1, T^2, \dots, T^j, \dots, T^{N_T}\}$ – множество N_T методик, который представляют собой субъективные тесты-опросники, состоящие из вопросов с ответами в виде текстовой (например, выбор вариантов ответов «Да/Нет») или графической информации (шкала ответов); $П = \{П^1, П^2, \dots, П^i, \dots, П^{N_П}\}$ – множество $N_П$ методик, использующих объективные показатели приборов измерения, в которых могут применяться центильные таблицы для определения количественных оценок состояния здоровья.

Совокупность методик M можно разбить на блоки по каким-либо параметрам, например по принадлежности к определенным физиологическим системам организмам, а каждый блок – на подблоки.

Если блок содержит только одну методику, то подблоков нет.

Методики T и $П$ характеризуются подмножествами:

$$T \supseteq (I, W, L, \Phi, S, Z);$$

$$П \supseteq (I, \Psi, \Theta, \Phi, S, Z),$$

где I – название методик, блоков, подблоков, инструкции к методикам, справочная информация; W – тестовые задания методик, вопросы, варианты ответов; L – различные показатели для методик T, использующих шкалы в качестве тестовых заданий: величина деления шкалы, имена делений, метки шкалы и т.д.; Ψ – показатели приборов измерения: прибор измерения, измеряемый показатель, размерность показателя и т.д.; Φ – формулы, алгоритмы определения количественной оценки на основе первичных данных; Θ – центильные таблицы, используемые для определения количественных оценок Y на основе показателей приборов измерения из Ψ и первичных данных; S – показатели оценки состояния здоровья, определяемые на основе использования формул Φ и первичных данных; Z – критерии оценки (диапазоны баллов, шкалы, на основе которых формируется оценка состояния здоровья субъекта U), заключения, рекомендации, диагнозы.

Подмножества I, W, L, Ψ, Θ, Φ, S, H, Z содержат набор атрибутов (свойств) и методов и характеризуются способом своего построения, что позволяет представить их в виде классов, а множества T и $П$ – в виде суперклассов. Определение атрибутов классов будет произведено на стадии формализации базы знаний АИС.

Формализация структуры экспресс-оценки состояния здоровья

Процесс экспресс-оценки можно разделить на три этапа, выполняющихся последовательно (рис. 1).

На первом этапе происходит реализация оператора $D_U(U, S)$, который применяется к субъекту U (пользователю) и показателю S экспресс-оценки для получения множества значений X:

$$X = D_U(U, S).$$

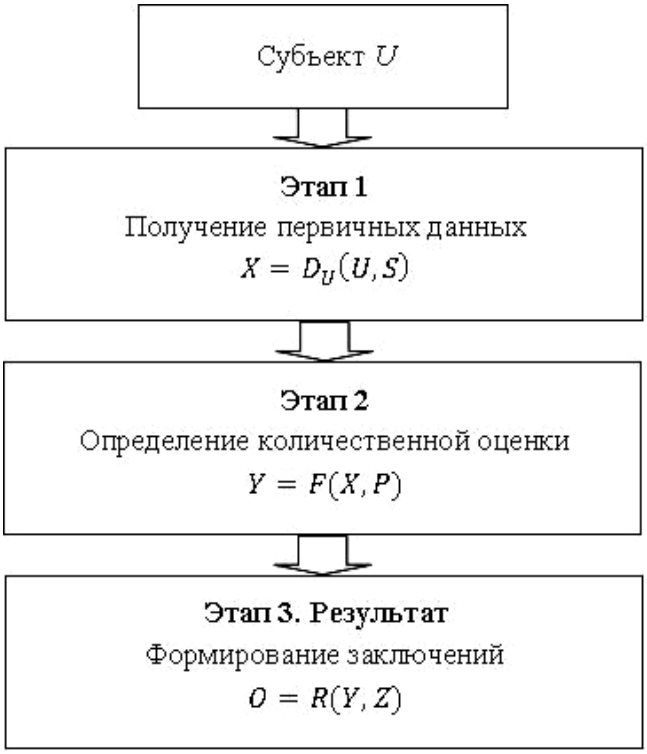


Рис. 1. Формальная модель процесса экспресс-оценки

Множество показателей S включает в себя два подмножества:

$$S \supseteq (S_B, S_M),$$

где S_B – подмножество показателей, идентифицирующих субъекта U, т.е. биографические данные пользователя. Часть показателей S_B используются для вычисления количественных оценок состояния здоровья, например в центильных таблицах, а часть является справочной информацией и применяется для формирования заключения и рекомендаций; S_M – подмножество показателей оценки состояния здоровья, относящихся к методикам M.

Множество показателей S должны отражать полноту отображения субъекта U с позиции предметной области.

Выполнение оператора D_U осуществляется аппаратно-программными средствами АИС в соответствии с методикой M экспресс-оценки и процедурной моделью P_j. $P_j \in P$, где $P = \{P_1, P_2, \ldots, P_j, \ldots, P_J\}$ – множество, состоящее из J-процедур.

На втором этапе экспресс-оценки предполагается определение количественной оценки, которая представляет собой числовые значения или баллы, набранные субъектом U в ходе проведения экспресс-оценки:

$$Y = F(X, P).$$

Оператор F реализует выбранную процедурную модель P_j для множества значений X.

На третьем этапе экспресс-оценки субъект U получает сведения, характеризующие состояния его здоровья, и рекомендации по осуществлению мероприятий для улучшения текущего его состояния.

Для формирования заключений и рекомендаций O используется оператор R, который преобразует количественные оценки Y и выбранные значения из множества Z:

$$O = R(Y, Z),\ Z \supseteq (Z_Б, Z_З, Z_Д, Z_Р),$$

где $Z_З$ – заключения, характеризующие принадлежность субъекта U к одной из групп здоровья; $Z_Б$ – оценочные шкалы, диапазоны числовых значений (баллов), определяющие переход одного состояния здоровья субъекта U в другое; $Z_Д$ – диагнозы, которые однозначно определяются на основании первичных данных; $Z_Р$ – рекомендации.

Библиографический список

1. Голубятников О.О., Шутова С.В., Дубровин В.В. Создание автоматизированной информационной системы оценки состояния здоровья иностранных студентов //Вестник тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2012. Т. 17. Вып. 4. С. 1306-1314.

2. Гулин А.В., Шутова С.В., Григорова Л.И., Муравьева И.В., Белов Р.Н., Туманян А.А. Комплексная оценка здоровья иностранных граждан. Тамбов: Издат. дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2010. 55 с.

3. Голубятников О.О., Дубровин В.В., Остапенко О.А. Экспертная система экспресс-оценки состояния здоровья //Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. №2. С. 102-106.

References

1. Golubyatnikov O.O., Shutova S.V., Dubrovin V.V. Sozdanie avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi otsenki sostoyaniya zdorovya inostrannyih studentov //Vestnik tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennyie i tehnicheskie nauki. Tambov, 2012. T. 17. Vyip. 4. S. 1306-1314.

2. Gulin A.V., Shutova S.V., Grigorova L.I., Muraveva I.V., Belov R.N., Tumanyan A.A. Kompleksnaya otsenka zdorovya inostrannyih grazhdan. Tambov: Izdat. dom TGU im. G.R. Derzhavina, 2010. 55 s.

3. Golubyatnikov O.O., Dubrovin V.V., Ostapenko O.A. Ekspertnaya sistema ekspress-otsenki sostoyaniya zdorovya //Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotehnicheskogo universiteta. 2014. №2. S. 102-106.

УДК 004.5

АДАПТАЦИЯ ВЕБ-РЕСУРСОВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

П. С. Тюшова*, Л. В. Абрамова**

Северный (*Арктический*) *федеральный университет имени М. В. Ломоносова*, *Россия*, *Архангельск*:
*(*тел. 89214849070, e-mail: garikandpolina@yandex.ru*);
**(*тел.* (*8182*)*216100, e-mail: l.abramova@narfu.ru*)

Аннотация: рассматривается проблема адаптации веб-ресурсов для мобильных устройств. Приведены основные принципы разработки таких ресурсов. А также приведен пример по реализации эти принципов.

Abstract: This article deals with the problem of adaptation of web resources for mobile devices. This article contains guidelines for the development of such resources. And article provides an example for the implementation of these principles.

Ключевые слова: дизайн, мобильные устройства, интернет, веб-сайт, система управления сайтом, веб-сервис.

*Keywords:*design, mobile devices, internet, website, content management system, web service.

Интернет для современного человека является неотъемлемой частью жизни, теперь он перестал быть просто кладовой информации – всемирной библиотекой различных статей и ресурсов. Сейчас интернет это средство общения, возможность ведения дел в режиме онлайн в любом месте и любое время, и, конечно, это покупки и продажи в интернет магазинах.

Скорость жизни человека в XXI в. все больше набирает обороты, и выполнение многих задач, он все больше перекладывает на Интернет-ресурсы. Развитие скорости жизни требует мобильности получения информации. Стационарный персональный компьютер не может уже обеспечить современного человека достаточной мобильностью. Аналитики по всему миру говорят о том, что планшеты и мобильные телефоны станут новой ступенью технологического прогресса. Именно эти устройства позволяют в любое время полноценно пользоваться широким спектром возможностей интернета.

Популярность мобильных гаджетов обязывает интернет ресурсы к новому этапувзаимодействия с пользователем. Многие интернет ресурсы не выдерживают данной перемены, так как дизайн, на котором они основаны, не учитывает глобальные изменения размера экрана, а соответственно и возможности пользователя. Это делает веб-сайты практически не возможными для восприятия информации, а тем более для работы с их функционалом. Таким образом, возникает проблема адаптации версий веб-сайтовдля мобильных гаджетов с учетом потребностей пользователей.

Адаптацией своего сайта каждая фирма занимается самостоятельно, что зачастую не приносит ожидаемого результата. Решением данной проблемы необходимо заниматься структурировано, последовательно обосновывая каждое из предложенных изменений в дизайне и функциональной нагрузке сайта.

Во-первых, мобильная версия сайта должна соответствовать потребностям пользователя, а это ситуационные потребности, например, уточнение справочной информации, быстрый заказ продукции, просмотр расписания, поиск актуальных новостей. Исходя из сценариев использования сайта, можно определять, нужно ли поддерживать мобильные устройства, в каком объеме представлять мобильный контент, какой функциональностью снабжать мобильный сайт. Исходя из проанализированных данных, типы сайтов, которым необходима мобильная версия, это средства массовой информации, справочные сайты, социальные сети и сервисы, веб-сервисы, интернет-магазины, корпоративные сайты, персональные сайты и блоги.

Говоря о функциональности систем управления сайтами (CMS) в контексте мобильных сайтов, очевидно, что CMS должны поддерживать основные функции работы с мобильными сайтами:

– управление структурой и контентом;

– поддержка разных шаблонов отображения информации на разных типах сайтов;

– автоматическое определение типа устройства пользователя;

– автоматический или мануальный переход на аналогичную страницу мобильного сайта с основного и наоборот;

– возможность трансляции контента с основного сайта на мобильный (во избежание дублирования работы по управлению контентом) [1].

Из дополнительного функционала, который для мобильных устройств является наиболее востребованным, необходимо выделить:

– базовые возможности интернет-магазина;

– поиск;

– инструменты интеграции с социальными сетями;

– инструменты общения;

– авторизация и личный кабинет;

– встроенные инструменты веб-аналитики.

Кроме предполагаемого функционала, веб-ресурс должен обладать удобным, легко воспринимаемым дизайном. Адаптация под платформу мобильных устройств имеет свои уникальные требования.

Доказывая наши утверждения, рассмотрим пример разработки веб-сайта для мобильных устройств, как визитку кофейни с возможностью просмотра информации и оформления заказа. Так интернет типографика очень отличается от печатной. Есть три основных аспекта, которые влияют на читаемость текста на веб-сайте это размер, ширина столбца, и высота строки. На экране смартфона или планшета мелкий шрифт, которым пользуются многие разработчики обычных сайтов, не будет восприниматься пользователем. Исследования неоднократно показывали, что большие размеры шрифта способствуют более легкому чтению в Интернете (рис. 1).

Еще одно направление в дизайне, которое полностью сочетается с потребностями пользователей мобильных устройств – это «плоский» дизайн. Дизайн такого типа диктуется разработчикам такими мировыми гигантами как Microsoft, Google и Apple. Плоский дизайн отвечает большинству требованиям к доступу информации в сети, а так же упрощает саму технологию создания сайта. Принцип минимализма делать сайты простыми, упорядоченными, а главное быстрыми и ориентированными на содержание. Следование принципу плоского дизайна, разработчик направляет пользователя именно на восприятие и взаимодействие с информацией сайта (рис. 2).

Не последнее место в разработке занимает привлекательность дизайна веб-страниц. Сайт должен «цеплять» внимание пользователя. На сегодняшний день ключом к этому принципу являются крупные изображения (рис. 3). Ранее, из-за небольшой пропускной способности сетей, дизайнеры и разработчики избегали крупных изображений, так как это приводило к замедлению загрузки интернетресурса и означало потерю пользователей, и совершенно не оправдывалось с коммерческой точки зрения. Сейчас проблема пропускных способностей сетей отошла на второй план, поэтому использование графических объектов является оправданным шагом.

Рис. 1. Интернет типографика

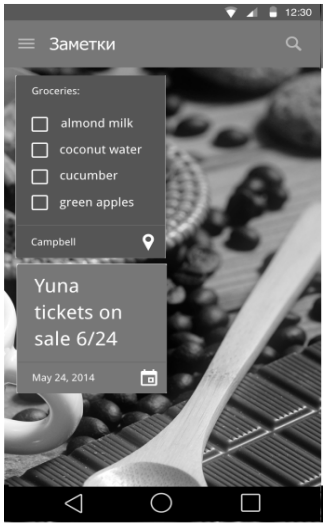


Рис. 2. Плоский дизайн

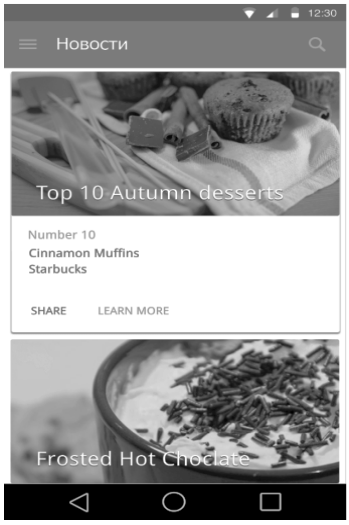


Рис. 3. Использование крупных изображений

Чтобы правильно подать информацию пользователю необходимо использовать инфографику – это простой способ передавать большое количество сложной информации с высокой степенью усваивания [2]. Включение интерактивных элементов – художественных зарисовок, графиков, диаграмм прочих графических объектов позволяют пользователю физически взаимодействовать с информацией. Данный метод значительно увеличивает степень усвоения информации пользователем. Информация, представленная в графическом виде, лучше воспринимается пользователем, занимает меньше места, чем текстовая, то есть и так небольшое пространство экрана мобильного устройства используется наиболее эффективно (рис. 4).

Еще одним из наиболее продуктивных решений мобильных версий сайта является «эффект параллакса». Стандартный способ кликов при работе с персональным компьютером в мобильных версиях перестал быть настолько удобным и эффективным, что привело к смене способа взаимодействия с ресурсом – использование прокрутки [2]. Прокрутка позволяет плавно переходить между разделами, и получать информацию порционно, а так же данный принцип позволит загружать страницу частями и избежать раздражающего ожидания загрузки большого количества информации.

Рис. 4. Инфографика

В результате применения всех перечисленных принципов и способов представления информации в мобильных устройствах, разработчик получает адаптированный веб-сайт к нуждам пользователя.

Обобщая все выше изложенное можно заметить, что дизайн мобильных приложений с первого взгляда кажется достаточно простой задачей.

Однако это очень обманчивое впечатление. Расположить элементы веб-страницы на уменьшенном разрешении экрана мобильного устройстваочень сложно, ведь места для этого мало и остро стоит вопрос о разделении элементов на важные и второстепенные. Такой роскоши, как пространство в мобильной версии нет, и приходится экономить и выбирать, упрощать и преобразовывать. Создание удобного, понятного и неперегруженного мобильного интерфейса это новый виток развития веб-дизайна.

Библиографический список

1. Практика разработки мобильных сайтов // HABRAHABR.RU: социальное средство массовой информации об информационных технологиях. URL: http://habrahabr.ru/company/netcat/blog/160399.

2. Аарон Уолтер. Эмоциональный веб-дизайн: учеб. пос. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. 160 с.

References

1. Praktika razrabotki mobilnyih saytov // HABRAHABR.RU: sotsialnoe sredstvo massovoy informatsii ob informatsionnyih tehnologiyah. URL: http://habrahabr.ru/company/netcat/blog/160399.

2. Aaron Uolter. Emotsionalnyiy veb-dizayn: ucheb.pos. M. : Mann, Ivanov i Ferber, 2012. 160 s.

УДК 004.094

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОЙ В ИНФРАСТРУКТУРУ ГОРОДА ВОРОРНЕЖ

Е. Е. Евтушенко*, О. В. Шкодкина**

** Воронежский государственный технический университет, Россия, Воронеж (тел. 8(950)7626045, e-mail: kate440782@yandex.ru).*

*** Воронежский государственный технический университет, Россия, Воронеж (тел. (8910)3472876, e-mail: princesskaks@gmail.com)*

Аннотация: данная работа предлагает использование средств дополненной реальности, а именно QR-кодов и/или NFC-меток, для создания туристических маршрутов по городу, а также для облегчения ориентирования в городе туристам и самим жителям Воронежа.

Abstract: This work proposes the use of funds augmented reality, namely QR codes and/or NFC tags, to create tourist routes around the city, as well as to facilitate orientation in the town and to the residents of Voronezh.

Ключевые слова: дополненная реальность, QR-код, NFC-метка, турист, маршрут, технология.

Keywords: augmented reality, QR code, NFC tag, a tourist route technology.

Термин «дополненная реальность» входит в понятие современной жизни и приобретает определенную социальную значимость для уровня качества жизни населения любых стран. В связи с этим, предлагается использовать данную технологию для создания исторических справок о достопримечательностях города, формирования туристических маршрутов по интересным и значимым местам Воронежа.

Применение дополненной реальности имеет широкие перспективы и социальную значимость, она может быть применена в таких областях, как, туризм и культурно-экскурсионная деятельность (рис. 1), образование, социальная поддержка и информирование населения, важные мероприятия, покупки, социальные сети и др. В условиях региона реализация проекта позволит сделать решение различных задач более простым и функциональным.

В работе представлены технологии, которые помогут реализовать проект. Они построены на QR-кодах и NFC-метках, которые набирают популярность среди пользователей цифровыми устройствами.

Основное достоинство QR-кода (рис. 2) – это легкое распознавание сканирующим оборудованием (в том числе и фотокамерой мобильного телефона), что дает возможность использования в торговле, производстве, логистике.

Near Field Communication (ближняя бесконтактная связь), NFC (рис. 3) – технология беспроводной высокочастотной связи малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 см друг от друга.

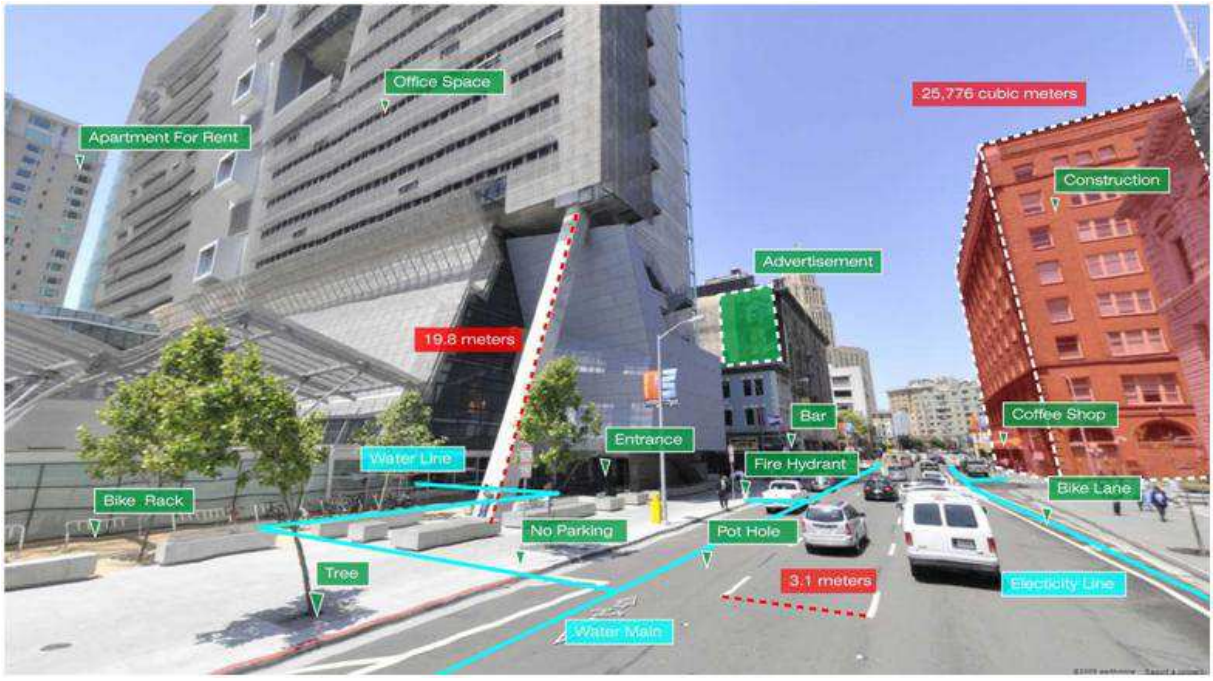


Рис. 1. Пример дополненной реальности

Рис. 2. Пример QR-кода

Рис. 3. Технологии NFC

Суть проекта: Создаются QR-коды с интересной информацией, фотографиями, если в здании есть какие-либо организации, то добавляется информация и о них, или ссылки на их сайты. Затем QR-коды размещают на зданиях города (рядом с памятниками устанавливаются таблички). Теперь любой житель или гость города, наведя камеру смартфона на код, сможет получить информацию о строении, которое находится перед ним.

В настоящее время профессия экскурсовода потеряла актуальность, так как любую информацию об интересующем объекте можно найти в Интернете. Но, все же, не у всех есть постоянный доступ в Сеть, поэтому информацию удобнее получать в режиме off-line.

На основе этого предлагаем создать приложение на мобильный телефон, в котором в открытом доступе представлены всевозможные маршруты по Воронежу. Маршруты разбиты по категориям.

1. Покупки. Самые большие торговые центры Воронежа (ТЦ «Армада» – ТЦ «Галерея Чижова» – ТРЦ «Московский проспект» – ТРЦ «Сити-парк Град»).

2. Музеи. Дом-музей И. С. Никитина – Воронежский областной краеведческий музей – Воронежский областной литературный музей им. И. С. Никитина – Музей театральной куклы им. А. А. Веселова при Воронежском государственном театре кукол Шут – Воронежский областной художественный музей им. И. Н. Крамского – Музей Арсенал – Дом-музей А. Л. Дурова.

3. Развлекательные мероприятия (Театр оперы и балета – Драматический театр – Камерный театр – Государственный концертный зал – Цирк – Аквапарк – Океанариум).

4. Основные достопримечательности (Адмиралтейская площадь – Котенок с улицы Лизюкова – Памятник Петру Первому– Макет корабля «Меркурий» – Памятник Славы – Памятник Высоцкому).

5. Пешая прогулка по проспекту Революции. Здание Александровского приюта. – Дом писателя И.А. Бунина – Первомайский сад. – Храм Благовещения Пресвятой Богородицы – Управление Юго-Восточной железной дороги – Музей им. И. Н. Крамского – Петровский сквер. – Здание Главпочтампта, Духовное училище. Памятник Андрею Платонову. – Площадь победы. – Здание Духовной семинарии – Незаконченная прическа. – Памятнику Белому Биму и кукольный театр – Кинотеатр «Пролетарий» и магазин «Утюжок» – Площадь Ленина и Кольцовский сквер.

Маршруты генерируются в коды, которые закачиваются он-лайн, а просматривать можно в офф-лайне. Также с экрана одного телефона код может прочитать другой смартфон. Это удобно в туристических группах.

Вместе с маршрутами идет описание каждого объекта, входящего в маршрут.

Также можно добавить возможность создавать свои собственные коды и группировать собственные маршруты, которыми потом можно обмениваться с друзьями.

Рис. 4. Пример дополненной реальности

В туризме и экскурсиях предлагается внедрение «дополненной реальности» в сервисы геолокации: на реальное изображение накладывается дополнительная виртуальная информация (рис. 4), которая работает с существующими картами и прокладывает туристические и экскурсионные маршруты по Воронежу.

Библиографический список

1. http://nfc-services.ru/
2. https://ru.wikipedia.org
3. decodeit.ru›
4. ar-door.com
5. http://venture-biz.ru/informatsionnye-tekhnologii

References

1. http://nfc-services.ru/
2. https://ru.wikipedia.org
3. decodeit.ru›
4. ar-door.com
5. http://venture-biz.ru/informatsionnye-tekhnologii

УДК 004.946

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА МУНИЦИПАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ

В. А. Немтинов*, И. А. Горелов**

** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*630448, e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru*).
*** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов*
(*тел.* (*4752*)*564503, e-mail: gorelovivan@mail.ru*)

Аннотация: В статье рассматривается теория сложных систем, как способ решения задач по размещению объектов на территории городской застройки. Разбиение сложной системы принятия решений на подсистемы обуславливается большой размерностью таких систем и вытекающими из этого трудностями, связанными со сбором и обработкой информации об их состоянии при выборе управляющих воздействий. Это обуславливает необходимость разработки банка данных на базе информационных систем обеспечения гра-

достроительной деятельностии создание информационной модели объекта с применением графовой структуры фреймов.

Abstract: This article discusses the theory of complex systems as a way of solving problems during placing objects on the territory of city building. Splitting a complex system of decision-making subsystem caused large dimension of such systems and the ensuing difficulties associated with collecting and processing information about their condition when choosing control actions. This necessitates the development of a data bank on the basis of information systems for urban development and creation of an information model of the object using the graph structure of frames.

Ключевые слова: иерархические системы, объект городской застройки, информационная модель объекта.

Keywords: hierarchical systems, object of urban development, information model of the object.

Концепции современного градостроительства основываются не только на архитектурных разработках, выполненных с учетом самых последних достижений этой древнейшей области человеческого творчества, они базируются также на всемогуществе инженерных технологий и современных средствах компьютерной техники и тех разработок, которые необходимо применять в деле развития и совершенствования городских территорий. В настоящее время все больше современных компьютерных технологий используется в вопросах рациональной организации пространства на территориях отдельных муниципальных образований и городов в целом.

Сегодня проектировщики, занимающиеся вопросами дальнейшего развития городского хозяйства, его инфраструктуры, реконструкцией имеющихся жилых и производственных фондов, обязаны учитывать множество различных направлений, условий, особенностей. Как правило, они сводятся в системы с огромным количеством параметров, обработка которых немыслима без использования современных компьютерных технологий.

Особую роль в развитии существующих городских территорий следует уделить вопросам всестороннего системного анализа объектов, находящихся на участках городских муниципальных образований. В свою очередь, этот анализ должен проводиться в целом ряде направлений, каждое из которых в определенной степени должно оказать влияние на последующее развитие рассматриваемой территории. Нельзя отрицать анализ исторического развития городского участка, который предполагается так или иначе видоизменить, оснастить новыми объектами или реконструировать имеющиеся. Культурные и исторические объекты рассматриваемой территории, появившиеся в разные годы в силу определенных событий, которые со временем превратились в неотъемлемую часть городского ландшафта, должны обязательно учитываться при планировании новых и реконструкции существующих объектов.

Другим направлением системного анализа должно быть всестороннее исследование вопросов взаимодействия отдельных функциональных элементов составляющих городского участка или округа с целью их совместного влияния на жизнедеятельность жителей города на условия оптимального использования их по своим функциональным назначениям. Здесь приходится принимать во внимание массу параметров, регламентированных различными градостроительными правилами и требованиями.

Важной составляющей частью исследований, предшествующих проектным разработкам, является учет санитарных норм и ограничений, связанных с ними. Тесно связаны с этим направлением и вопросы экологического характера.

К числу предварительных исследований, предшествующих началу проектных работ, необходимо добавить вопросы оптимизации административного управления рассматриваемого городского участка. Одновременно нужно учитывать возможное влияние планируемых изменений в одном муниципальном образовании на аналогичные соседние образования.

При изучении информационных процессов, реализуемых при решении задач размещения объектов на муниципальной территории, объединяющих коммунальные системы, демографические и экономические факторы, архитектурные нормы и нормативную составляющую, был сделан вывод о том, что всю совокупность задач, решаемых на разных этапах принятия решений, нужно рассматривать с позиций теории сложных систем [1 – 4]. Такие системы состоят из отдельных подсистем, каждая из которых решает свою собственную задачу управления. При выборе любого закона управления решаются три основные задачи: получение информации об управляемом объекте, преобразование ее с целью синтеза закона управления и выдача ее на объект, при этом каждая из подсистем обладает правом принятия решения. Следует отметить, что разбиение сложной системы принятия решений на подсистемы обуславливается большой размерностью таких систем и вытекающими из этого трудностями, связанными со сбором и обработкой информации об их состоянии при выборе управляющих воздействий. Необходимость построения системы управления сложным объектом по иерархическому принципу всегда требует проведения дополнительных исследований, так как для некоторых систем она нецелесообразна, а для других без введения такой структуры система управления не может функционировать.

Использование теории сложных систем наиболее оправданно для систем управления со следующими характерными признаками [2, 3]:

– решение каждой из подсистем, кроме подсистем первого уровня, двух задач по своим локальным критериям оптимальности: задачи самоуправления и задачи координации подчиненными ей подсистемами нижнего уровня;

– наличие приоритета в принятии решения между подсистемами, входящими в состав сложной системы;

– осуществление связи подсистем нижнего уровня с подсистемами верхних по отношению к ним уровней путем передачи предварительно обобщенной информации;

– осуществление связи подсистем верхних уровней с подчиненными им подсистемами нижнего уровня через управляющие воздействия, выдаваемые подсистемами верхних уровней;

– расположение подсистем с явно выраженными локальными свойствами по уровням иерархии в соответствии с приоритетом принимаемых ими решений, причем подсистемы одного уровня по отношению друг к другу обладают одинаковым приоритетом в выборе решений;

– осуществление связи между подсистемами одного уровня как непосредственно через выходные переменные, описывающие их состояние, так и черезуправляющие воздействия, вырабатываемые при решении задачи координации в подсистеме верхнего уровня.

В большинстве случаев для иерархических систем каждая из подсистем, входящих в ее состав, имеет свои критерии оптимальности. Если даже вся иерархическая система в целом функционирует для достижения какой-либо одной цели, отдельные подсистемы могут не достигать оптимальных значений своих локальных критериев. Это означает, что локальные цели подсистем вовсе не обязательно должны быть согласованы с целью всей системы.

При построении системы поддержки принятия решений при размещении объектов на муниципальной территории применение иерархической структуры обосновано тем, что:

1) иерархическая структура допускает описание подсистем с учетом различных аспектов: физических, химических, экономических и т.п., т.е. допускает их описание на различных уровнях абстракции;

2) достаточно сложные системы, состоящие из объектов различной природы, не смогут функционировать без разделения функций принятия решений, т.е. без введения иерархической структуры [2, 3].

Весь комплекс задач решаемых при выборе места застройки образует многоуровневую структуру, состоящую из последовательности подсистем, объединенных информационными потоками (рис. 1). Результатом решения всего комплекса задач является коэффициент эффективности застройки для конкретной территории.

Для принятия оптимальных решений рассматриваемых задач необходимо создание единого банка пространственных данных для объектов территории муниципального образования. С целью реализации поставленной задачи

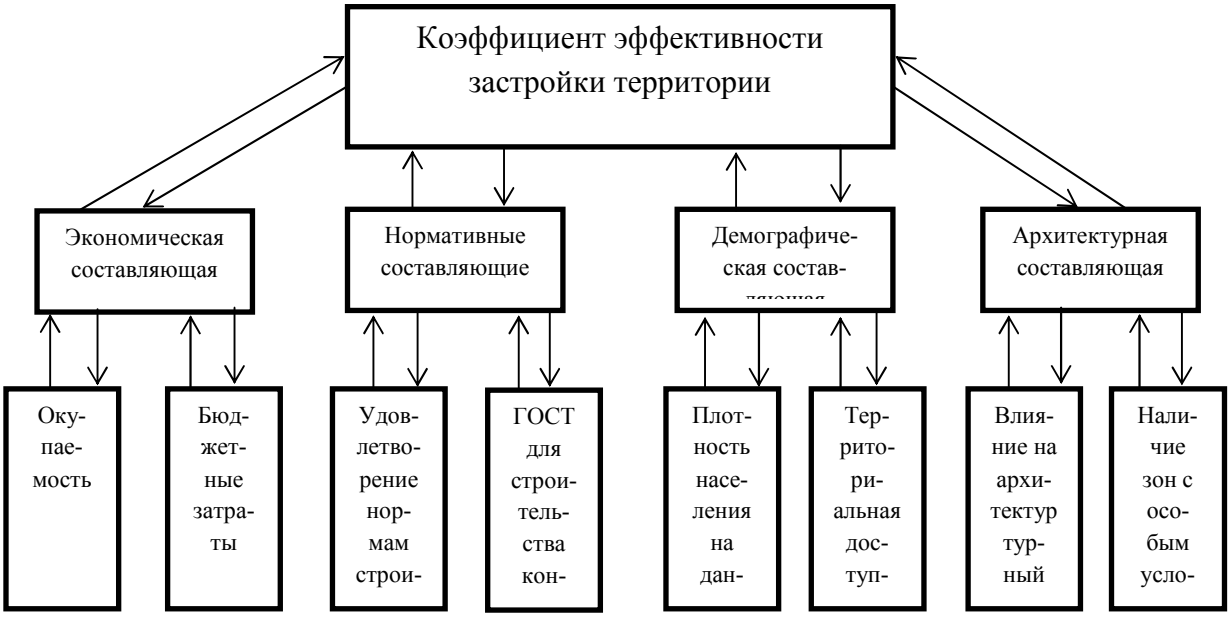


Рис. 1. Общая структурная схема задач, решаемых при размещении нового объекта на территории муниципального образования

предлагается использовать информационные системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД). Такие системы нашли в последние годы применение в управленческих и административных организациях некоторых городов России. Они представляют собой систематизированный в соответствии с кадастровым делением территорий Российской Федерации свод документов и сведений, отвечающих определенным статьям Градостроительного кодекса Российской Федерации, а также иных документов, материалов, карт, схем и чертежей, содержащих информацию о развитии территорий. Использование ИСОГД позволяет обеспечить информационную поддержку множества разнообразных процессов жизнеобеспечения и развития города. В такую комплексную систему входят несколько классов программного обеспечения, среди них: геоинформационная система (ГИС), система электронного документооборота (СЭД), система управления базами данных (СУБД), система управления электронными административными регламентами (ЭАР), система классификации и кодирования информации [5]. В частности ГИС позволяют представить территорию муниципального образования представить в виде совокупности тематических слоев, упорядоченно представляющих практически всю информацию, связанную со множеством разнообразных объектов и процессов жизнеобеспечения и его развития (рис. 2).

Рис. 2. Схема представления данных об объектах территории муниципального образования в виде совокупности тематических слоев

Для разработки модели знаний об объектах городской застройки на примере трубопроводной системы предложена информационная модель, которая включает совокупность знаний обобъекте, представленная в виде графовой структуры фреймов и включающей сведения составе, свойствах системы и ее элементах, а также способах задания значений этих свойств.

Схема представления данных об объекте *O*, приведена на рис. 3:

$$O = \{St_O,\ S_O,\ Sp_O,\ M_O\},$$

где St_O – множество фреймов, описывающих структурный состав сложного объекта; S_O – множество фреймов, описывающих свойства, характерные для всего объекта; Sp_O – множество способов задания свойств объекта; M_O – множество моделей, позволяющих определить значения свойств, характерных для всего объекта.

Такой подход позволяет специалисту систематизировать всю информацию о реальном объекте, упорядочить ее хранение на электронных носителях и обеспечить их дальнейшую эффективную обработку.

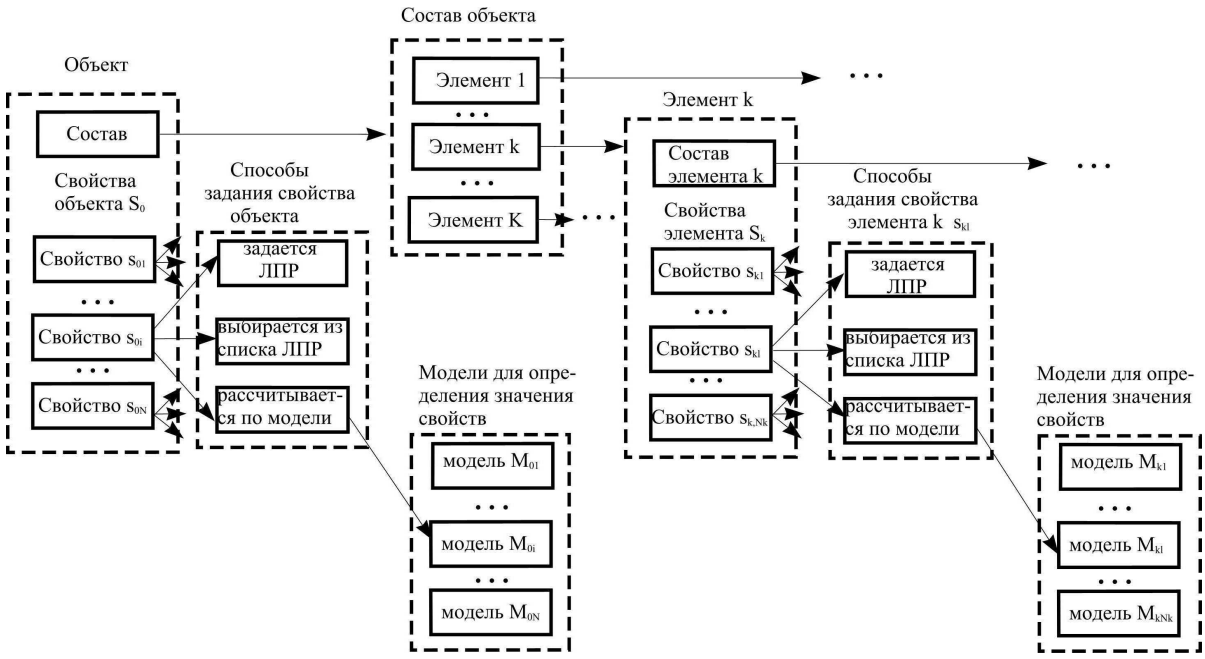


Рис. 3. Схема представления знаний об объекте городской застройки

Библиографический список

1. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. М.: Мир, 1973. – 344 с.

2. Малыгин, Е.Н. Решение проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Вестник Тамбовского государств.ун-та. - 2002. Т.7, № 2. С. 242 – 245.

3. Михалевич, В.С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В.С. Михалевич, В.Л. Волкович. - М.: Наука, 1982. 286 с.

4. Цвиркун, А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун. - М.: Наука, 1982. 200 с.

5. Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности. URL: http://ru.wikipedia.org› Информационные системы обеспечения… (дата обращения: 09.012014).

References

1. Mesarovich, M. Teoriya ierarhicheskih mnogourovnevyih sistem / M. Mesarovich, D. Mako, I. Takahara. - M: Mir, 1973. – 344 s.
2. Malyigin, E.N. Reshenie problemyi optimalnogo sinteza tehnologicheskih protsessov slozhnyih sistem / E.N. Malyigin, V.A. Nemtinov, Zh.E. Zimnuhova, Yu.V. Nemtinova // Vestnik Tambovskogo gosudarstv.un-ta. - 2002. T.7, № 2. S. 242 – 245.
3. Mihalevich, V.S. Vyichislitelnyie metodyi issledovaniya i proektirovaniya slozhnyih sistem / V.S. Mihalevich, V.L. Volkovich. - M.: Nauka, 1982. 286 s.
4. Tsvirkun, A.D. Osnovyi sinteza strukturyi slozhnyih sistem / A.D. Tsvirkun. - M.: Nauka, 1982. 200 s.
5. Informatsionnyie sistemyi obespecheniya gradostroitelnoy deyatelnosti. URL: http://ru.wikipedia.org›Informatsionnyie sistemyi obespecheniya…(data obrascheniya: 09.012014).

УДК 004.9

ОСОБЕНОСТИ СОЗДАНИЯ НТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.А. Борисяк*, В.Г. Мокрозуб**

** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (тел. 79107513123, e-mail: anna.borisyak@mail.ru).*

*** Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов (e-mail: mokrozubv@yandex.ru)*

Аннотация: Рассматриваются основные проблемы при проектировании химического оборудования, а также возможности повышения эффективности процесса конструирования с помощью интеллектуальных систем.

Abstract: The article considers main problems in the design of chemical equipment and opportunities to improve the efficiency of the design process with the intelligent systems.

Ключевые слова: Онтология, химическая промышленность, интеллектуальная система, конструирование, информационные технологии.

Keywords: ontology, chemical industry, intelligent system, designing, information technologies.

Химическое машиностроение – это отрасль, от которой зависит развитие и эффективность химической, нефтехимической и газовой промышленности.

Можно классифицировать химическое производство по мощности выпуска продукции следующим образом (в т/год): микротоннажные (до 0,1), малотоннажные (0,1 – 10), среднетоннажные (10 – 1000), крупнотоннажные (5 – 10 тыс.) и супертоннажные (свыше 100 тыс.). Между данными группами химических производств имеются принципиальные отличия. Крупно- и супертоннажные производства нацелены на выпуск в огромных масштабах продукции стабильного ассортимента, микро- и малотоннажные - на обеспечение спроса химической продукции с широким и быстро обновляющимся ассортиментом, но относительно небольшим объемом выпуска [1].

Из-за вышеуказанных различий процесс проектирования технологического оборудования будет также отличаться. Для крупно- и супертоннажных

производств будет характерно использование уникальных разработок. Установки в этом случае нацелены на выпуск конкретного типа продукции. В свою очередь, микро- и малотоннажные производства используют широкий спектр типовых аппаратов, обеспечивающий их гибкость при перестроении на производство новой продукции.

Конструирование технологического оборудования химических производств, вне зависимости от типа производства – это сложный многоэтапный процесс, при выполнении которого необходимо множество раз возвращаться на предыдущие стадии.

Еще одной сложностью является большое количество информации, которое требуется переработать для успешного достижения цели, что невозможно без использования информационных технологий на всех этапах жизненного цикла выпускаемых изделий.

Таким образом, создание интеллектуальной системы подбора оборудования химического производства позволит решить следующие проблемы:

– опыт наиболее квалифицированных специалистов используется лишь ими самими и после ухода с работы таких кадров ценные знания теряются;

– необходимая информация затеряна в огромном количестве документов, доступ к которым затруднен или каталогизация которых вообще отсутствует, такое положение дел значительно сокращает эффективность поиска данных;

– работники предприятий тратят значительное количество времени на поиск нужной информации.

На сегодняшний день приоритетным остается сохранение системности представления знаний, многоуровневости и иерархии размещаемой на серверах информации. Особенно актуально направление применения информационных систем при решении интеллектуальных задач. Появился целый класс информационных систем для обработки и хранения знаний, в основе которых лежат онтологии предметных областей. В настоящее время интеллектуальные системы применяют во многих областях, в которых требуется решение сложных слабоструктурированных проблем.

Формально онтология определяется как O = <X, R, F>, где X – конечное множество понятий предметной области; R – конечное множество отношений между понятиями; F – конечное множество функций интерпретации.

Конечное множество отношений между понятиями представляется иерархией классов (таксономией). Конечное множество функций интерпретаций представлено правилами.

Физически разрабатываемая онтология будет представлять собой веб-ориентированную учебно-промышленную информационную систему, предназначенную для использования при решении следующих задач (функции системы):

1) конструирование элементов, узлов и отдельных единиц химического оборудования (аппараты с перемешивающими устройствами, колонные аппараты, емкости и т.д.);

2) поиск элементов и отдельных единиц оборудования по их функциональному назначению и условиям эксплуатации;

3) изучение студентами конструкций, методов расчета и конструирования химического оборудования.

Термин «учебная» используется не в смысле «облегченная», а наоборот система «утяжелена» модулями, предназначенными для обучения студентов.

Прототипом создаваемой онтологии является виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» [2].

Кабинет позволяет:

– проводить механические расчеты технологического оборудования. Механические (прочностные) расчеты являются обязательными при конструировании технологического (химического) оборудования, так как оно представляет собой объекты повышенной опасности;

– выбирать типоразмеры отдельных элементов технологического оборудовании. Типовое химическое оборудование состоит из стандартных или типовых элементов и узлов (обечайки, крышки, днища, опорные и строповые устройства, фланцы и др.) [3,4];

– получать справочные данные, необходимые для разработки конструкции (механические свойства материалов, коррозионная стойкость материалов, виды сварных швов и др.);

– по 3D моделям ознакомиться с типовыми конструкциями элементов. Современные графические средства позволяют создавать 3D модели элементов и узлов максимально приближенные к реальным;

– создавать 2D чертежи и 3D модели по типовым конструкциям технологического оборудования.

Виртуальный кабинет представлен программами и информационными ресурсами, работающими в сети Internet и в локальной сети (включая монопольное использование).

Интернет составляющая кабинета находится в свободном доступе по адресу www.gaps.tstu.ru\kir .

Несмотря на свою привлекательность для студентов (не только ТГТУ), описанный кабинет имеет ряд принципиальных недостатков, которые существенно сокращают эффективность его использования и ограничивают круг его пользователей. Основные из них: кабинет построен, как хранилище данных, а не знаний. Это типовая система автоматизированного проектирования с элементами обучения студентов.

На основании вышесказанного, создаваемая онтология должна состоять из следующих основных элементов:

– хранилище знаний;
– обработчик знаний;
– компоненты, обеспечивающие диалог с пользователем;
– компоненты разграничения прав доступа.

Создаваемая онтология является частью системы автоматизированного проектирования технологического оборудования [5, 6] и используется при

обучении студентов специальности «Машины и аппараты химических производств» и магистров направления «Информационные системы технологического оборудования» на кафедре Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении Тамбовского государственного технического университета.

Библиографический список

1. Фурман Ф.М. Малая химия. М.: Химия, 1989. – 135 с.

2. Мокрозуб В.Г., Борисяк А.А., Егоров Е.С. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет «Конструирование технологического оборудования» // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2011. №10. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (дата обращения 01.12.2014).

3. Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Морозов С.В., Коновалова А.С. База данных стандартных и типовых элементов технических объектов // Радиотехника. 2010. № 12. С. 29–32.

4. Мокрозуб В.Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов. // Информационные технологии. 2009. № 11. С. 18-22.

5. Мокрозуб В.Г., Красильников В.Е., Мариковская М.П. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4.2 (30). С. 264-267.

6. Мокрозуб В.Г., Мариковская М.П., Красильников В.Е. Методологические основы построения автоматизированной информационной системы проектирования технологического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. Т. 27. № 1.2. С. 259-262.

References

1. Furman F.M. Malaya himiya. M.: Himiya, 1989. – 135 s.

2. Mokrozub V.G., Borisyak A.A., Egorov E.S. 77-30569/227902 Virtualnyiy kabinet «Konstruirovanie tehnologicheskogo oborudovaniya» // Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn. 2011. №10. Rezhim dostupa: http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html (data obrascheniya 01.12.2014).

3. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Morozov S.V., Konovalova A.S. Baza dannyih standartnyih i tipovyih elementov tehnicheskih ob'ektov // Radiotehnika. 2010. № 12. S. 29–32.

4. Mokrozub V.G. Taksonomiya v baze dannyih standartnyih elementov tehnicheskih ob'ektov. // Informatsionnyie tehnologii. 2009. № 11. S. 18-22.

5. Mokrozub V.G., Krasilnikov V.E., Marikovskaya M.P. Intellektualnaya avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema proektirovaniya himicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. № 4.2 (30). S. 264-267.

6. Mokrozub V.G., Marikovskaya M.P., Krasilnikov V.E. Metodologicheskie osnovyi postroeniya avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemyi proektirovaniya tehnologicheskogo oborudovaniya // Sistemyi upravleniya i informatsionnyie tehnologii. 2007. T. 27. № 1.2. S. 259-262.

УДК 697.1

ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОПОТЕРИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

В. А. Немтинов, С. М. Терехов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов, (Тел. 8-9531282474, e-mail: stpodiumz3@gmail.com)

Аннотация: Рассматриваются задачи учета случайных факторов при расчете теплопотерь жилых помещений. Представлены основные виды случайных факторов, приведена

структура, предложена формула для расчета тепла на вентиляцию с учетом инфильтрационных теплопотерь.

Abstract: In this article, we consider the task of calculating the heat loss of industrial building with random factor's count. The main types and the structure of the random factors are shown. The basic formula for calculation heat loss of ventilation considering the infiltration air heat loss is proposed.

Ключевые слова: Инфильтрационный воздух, вентиляция, теплопотери, расчет теплопотерь, случайные факторы, математическая модель.

Keywords: Infiltration air, ventilation, heat loss, heat loss calculations, random factors, math model.

Решение задачи расчета теплопотерь жилых помещений приводит к необходимости анализировать этот процесс с учетом действия случайных факторов, с целью снижения теплопотерь в жилых помещениях и повышения рентабельности теплоснабжения.

Целью данной статьи является математическая формулировка и определение наиболее значимых случайных факторов, влияющих на теплопотери жилых помещений.

Решение данной задачи требует определения способа математического описания случайных факторов. Исходя из теории оптимального управления, решение задачи можно описать следующим уравнением:

$$Y = f(X_i, U), i = 1,2, \dots, n, \quad (1)$$

где Y – результат воздействия управляющей функции; X – функция управления; U – внешние случайные факторы.

Под функцией управления X, будем понимать некое состояние системы, которое получено в результате ее решения [1]. Система может принимать множество различных состояний, однако внешние случайные факторы при этом, как правило, неизменны. Под внешними случайными факторами U будем понимать:

- инфильтрационный воздух в жилых помещениях;
- неэффективная теплоизоляция помещений;
- нарушение работы оборудования;
- человеческий фактор.

Человеческий фактор может включать в себя некачественное проведение ремонтных работ жилого помещения и теплотрассы, неправильное подключение отопительных приборов. На практике человеческий фактор тяжело поддается математическому описанию. Не смотря на большую значимость данного фактора, в дальнейшем мы не будем его учитывать.

Неэффективная теплоизоляция помещений подразумевает возможные нарушения при строительстве и ремонте жилых помещений, замене окон, повреждений изоляции на участках теплотрассы и т.д.

Нарушение работы оборудования может быть вызвано различными авариями и для предотвращения их проводятся планово предупредительные работы в летний период соответствующими службами, однако не стоит полностью исключать этот фактор, так как в случае возникновения он оказывает сущест-

венное воздействие на отопление жилых помещений. Для реальных расчетов этот фактор не учитывается, так как он носит стохастический характер.

Совокупный инфильтрационный воздух в жилых помещениях состоит из нескольких величин:

– искусственное проветривание помещений;
– негерметичность дверей, окон, полов, крыш (рис. 1).

В большинстве случаев в многоквартирных домах используется пассивная приточно-вытяжная вентиляция. При расчете расхода тепла на отопление, обычно не учитывается дополнительный расход тепла на обогрев инфильтрационного воздуха. Расход тепла на подогрев приточного воздуха от пассивной вентиляции приближенно находят по формуле:

$$Q_{в}^{общ} = V_{н}^{общ} \cdot q_{в}^{общ} \cdot \left(t_{вн}^{общ} - t_{н}\right), \quad (2)$$

где $V_{н}^{общ}$ – строительный объем здания; $q_{в}^{общ}$ – удельный расход тепла на отопление; $t_{вн}^{общ}$ – усредненная внутренняя температура здания; $t_{н}$ – температура наружного воздуха.

Для учета фактора инфильтрации воздуха необходимо учитывать коэффициент затрат тепла на обогрев инфильтрационного воздуха t', $0 \geq t' \geq 0{,}3$. В итоге формула расчета тепла на вентиляцию будет выглядеть следующим образом:

$$Q_{в}^{общ} = V_{н}^{общ} \cdot q_{в}^{общ} \cdot \left(t_{вн}^{общ} - t_{н}\right) \cdot (1 + t'), \quad (3)$$

$$q_{в}^{общ} = m' n' c, \quad (4)$$

где $m = V_{в} / V_{н}$ – отношение вентилируемого объема здания к наружному; n – средняя кратность воздухообмена; c – удельная теплоемкость воздуха.

Рис. 1. Типичное распределение теплопотерь частного дома

Средняя кратность воздухообмена может быть рассчитана несколькими способами в зависимости от нормативного воздухообмена как для конкретного типа помещений, так и с учетом количества людей. Более подробная информация о кратности воздухообмена представлена в [2].

Для большей точности коэффициент инфильтрации может рассчитываться для каждого конкретного помещения индивидуально в зависимости от этажности помещения, количества окон в каждом отдельном помещении, конструкции стен и теплоизоляции, наружной или внутренней стены и т.д. Отдельные коэффициенты такого рода можно найти в [3].

В этой статье будем использовать средние коэффициенты инфильтрации, отличные от СНиП II-3–79 **«Строительная теплотехника». Примем средний коэффициент теплопотерь на инфильтрационный воздух t' в многоквартирном доме с пассивной вентиляцией для кухни, жилой комнаты и санузла так, чтобы $t'_{кух} = 0{,}3$; $t'_{ком} = 0{,}2$; $t'_{сан} = 0{,}05$.

На рисунке 2 приведен пример средних теплопотерь жилых помещений. Было выявлено, что влияние инфильтрационного воздуха на общие теплопотери вентиляции оказывается в размере до 30%.

Таким образом, перечисленные факторы оказывают существенное влияние на теплопотери здания и среднюю температуру в жилых помещениях. Так как средняя температура воздуха в жилых помещениях должна соответствовать нормам [4] температуры в помещениях, необходимо производить расчеты котельного оборудования с учетом перечисленных факторов.

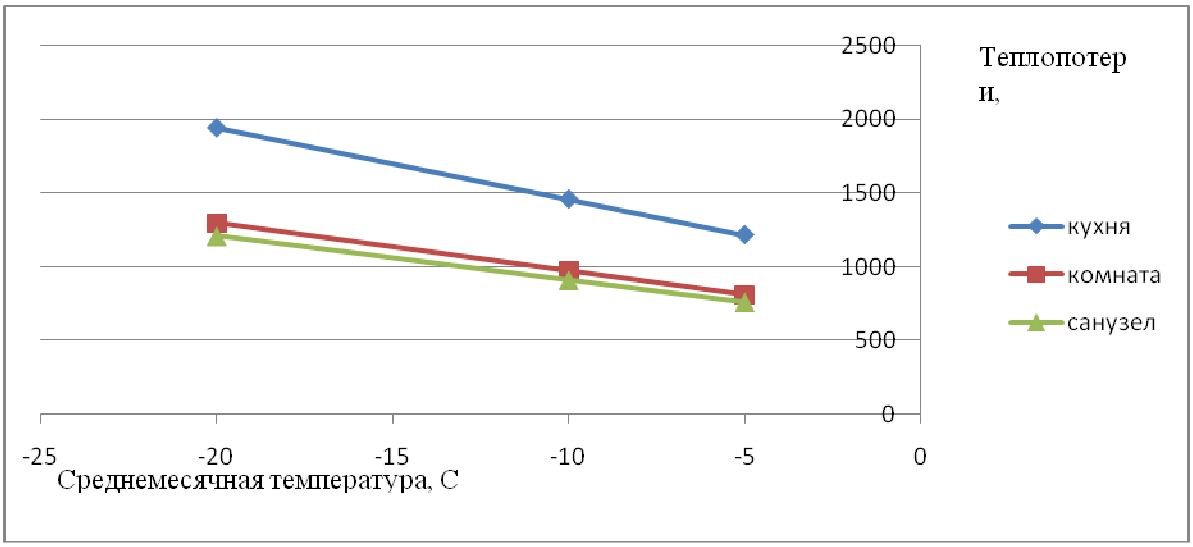


Рис. 2. Средние теплопотери жилых помещений

Библиографический список

1. Терехов, С.М. Использование системного подхода для решения задачи проектирования котельной / С.М. Терехов, В.А. Немтинов, К.С. Корнилов // Глобальный научный потенциал. Тамбов: Изд-во «ТМБ ПРИНТ». – № 9(42). – 2014. – С. 189 – 192.

2. Строительные нормы и правила: СНиП 2.08.02-89*. «Общественные здания и сооружения» [Текст]: нормативно-технический материал.- Москва: [б.и.], 2000

3. Строительные нормы и правила: СНиП II-3-79 **. «Строительная теплотехника» [Текст]: нормативно-технический материал.- Москва: [б.и.].1979.

4. ГОСТ Р 51617-2000 «Нормативы температуры в помещениях». Государственный стандарт Российской Федерации. Жилищно-коммунальные услуги. Общие технические условия – Дата введения 19.06.2000.

References

1. Terehov, S.M. Ispolzovanie sistemnogo podhoda dlya resheniya zadachi proektirovaniya kotelnoy / S.M. Terehov, V.A. Nemtinov, K.S. Kornilov – Globalnyiy nauchnyiy potentsial – Tambov: izdatelstvo «TMB PRINT» - 9(42) 2014, S. 189-192.

2. Stroitelnyie normyi i pravila: SNiP 2.08.02-89*. «Obschestvennyie zdaniya i sooruzheniya» [Tekst]: normativno-tehnicheskiy material.- Moskva: [b.i.], 2000

3. Stroitelnyie normyi i pravila: SNiP II-3-79 **. «Stroitelnaya teplotehnika» [Tekst]: normativno-tehnicheskiy material.- Moskva: [b.i.].1979.

4. GOST R 51617-2000 «Normativyi temperaturyi v pomescheniyah». Gosudarstvennyiy standart Rossiyskoy Federatsii. Zhilischno-kommunalnyie uslugi. Obschie tehnicheskie usloviya – Data vvedeniya 19.06.2000.

Научное издание

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Материалы международной
научно-практической конференции

Компьютерное макетирование Е. Е. Румянцевой

ISBN 978-5-8265-1279-8

Подписано в печать 29.01.2015.
Формат 60×84 / 16. 21,86 усл. печ. л.
Тираж 500 экз. Заказ № 39

Отпечатано с готового оригинал-макета в
Издательско-полиграфическом центре
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112А.
Тел. 8(4752)63-07-46.
E-mail: tipo_tstu@mail.ru