В рамках проведения Фестиваля науки в Тамбовской области

Т·Г·Т·У

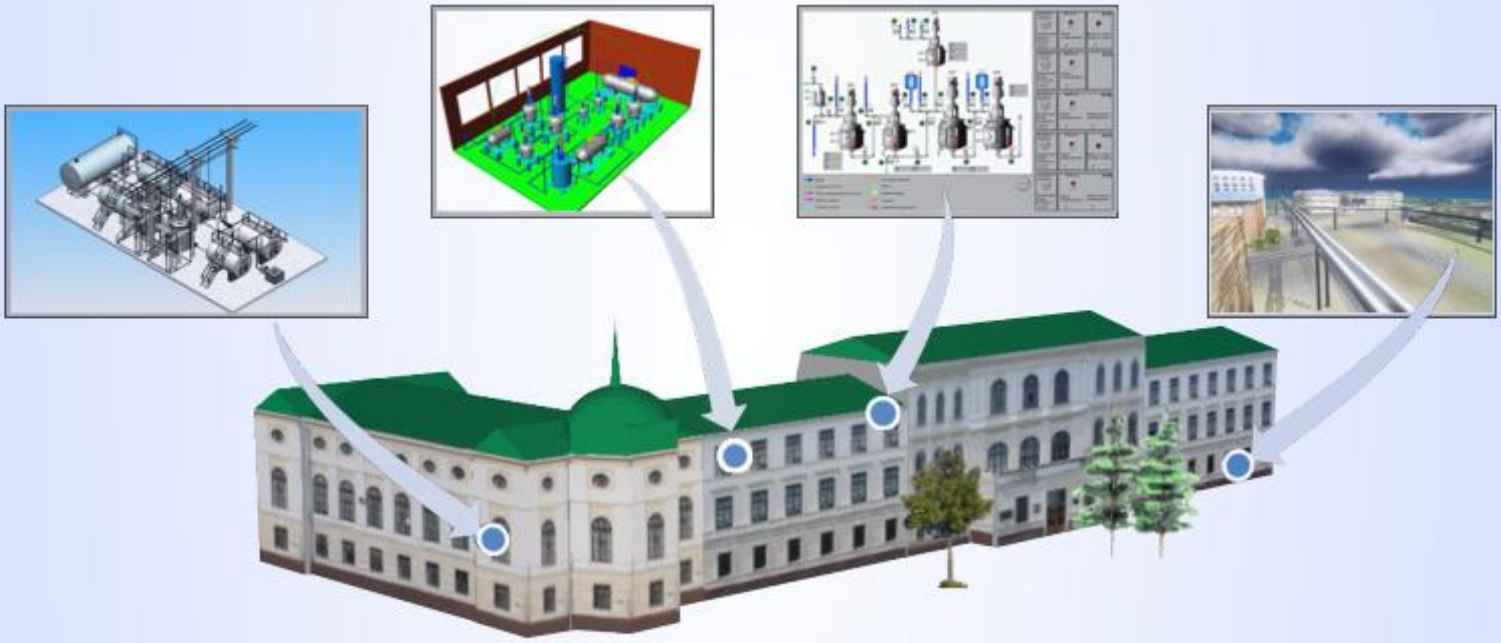
Всероссийский Фестиваль науки

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Выпуск 5, Том II

VIRTUAL SIMULATION, PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN

Issue 5, Volume II



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Материалы V Международной научно-практической конференции

г. Тамбов, 14 – 16 ноября 2018 г.

Выпуск 5, Том II

VIRTUAL SIMULATION, PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN

Issue 5, Volume II

Научное электронное издание

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2018

УДК 658.512.2
ББК Ж18я43
В52

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор М. Н. Краснянский (общая редакция);
д-р техн. наук, профессор В. А. Немтинов;
д-р. техн. наук, профессор В. Г. Мокрозуб;
д-р техн. наук, профессор С. В. Карпушкин;
канд. экон. наук Ю. В. Немтинова;
канд. техн. наук, доцент А. Б. Борисенко;
канд. техн. наук С. В. Карпов

В52 **Виртуальное** моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс] : материалы V Международной научно-практической конференции : в 3 т. / под общ. ред. М. Н. Краснянского ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – Вып. 5.
ISBN 978-5-8265-1836-6.

Т. II. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 18,5 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-1997-4.

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 ученых, 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 в целях 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.

Все научные работы, представленные на конференцию, прошли двойное рецензирование программным комитетом и редакционной коллегией.

УДК 658.512.2
ББК Ж18я43

ISBN 978-5-8265-1997-4 (т. II)
ISBN 978-5-8265-1836-6 (общ.)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2018

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Министерство образования и науки Российской Федерации
- Российский фонд фундаментальных исследований
- Ассоциация инженерного образования России
- Управление образования и науки Тамбовской области
- ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Конференция проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-07-20042\18) и Управления образования и науки Тамбовской области (проект 1-НМ-18).

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Приходько Вячеслав Михайлович – председатель программного комитета, советник ректора ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», д-р техн. наук, проф., член-корреспондент РАН.

Краснянский Михаил Николаевич – сопредседатель программного комитета, ректор ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» («ТГТУ»), д-р техн. наук, проф., профессор РАН.

Воеводин Владимир Валентинович – сопредседатель программного комитета, зам. директора НИВЦ МГУ, зав. кафедрой суперкомпьютеров и квантовой информатики ВМК МГУ, д-р техн. наук, проф., член-корреспондент РАН.

Мищенко Сергей Владимирович – почетный ректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

Позднеев Борис Михайлович – директор ИИСТ ФГБОУ ВО «МГТУ «Станкин», д-р техн. наук, проф.

Дворецкий Станислав Иванович – советник при ректорате ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

Монастырев Павел Владиславович – директор Института архитектуры, строительства и транспорта ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

Громов Юрий Юрьевич – директор Института автоматики и информационных технологий ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

Тютюнник Вячеслав Михайлович – профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ФГБОУ ВО «ТГТУ», генеральный директор Международного Информационного Нобелевского Центра, д-р техн. наук, проф.

Куликов Геннадий Михайлович – исполнитель государственной работы «Организация проведения научных исследований» в ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р физ.-мат. наук, проф.

Каррера Эразмо – профессор аэрокосмических конструкций и аэроупругости Туринского политехнического института, Турин (Италия), д-р техн. наук, проф.

Нобель Микаэл Свен – учредитель и глава Нобелевского благотворительного фонда, полный профессор университета Сока (Япония), д-р наук, проф. (Стокгольм, Швеция).

Горлач Сергей Петрович – зав. кафедрой «Параллельные и распределенные системы» Вестфальского университета имени Вильгельма, г. Мюнстер (Германия), д-р наук, проф.

Яегер Магнус – заместитель декана факультета экономического инжиниринга Восточно-Баварского института Амберг-Вайден (Германия), проф.

Аверченков Владимир Иванович – зав. кафедрой «Компьютерные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», д-р техн. наук, проф.

Остроух Андрей Владимирович – профессор кафедры «Автоматизированные системы управления» ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», д-р техн. наук, проф.

Сердюк Анатолий Иванович – директор Аэрокосмического института ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», д-р техн. наук, проф.

Морозов Михаил Николаевич – зав. кафедрой информатики и системного программирования ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», канд. техн. наук, проф.

Малыгин Евгений Николаевич – профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

Фролов Сергей Владимирович – зав. кафедрой «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Немтинов Владимир Алексеевич – председатель, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» (КИСМ) ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

Соколов Михаил Владимирович – зам. председателя, председатель совета молодых ученых ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, доцент.

Карпушкин Сергей Викторович – профессор кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

Мокрозуб Владимир Григорьевич – профессор, и.о. зав. кафедрой КИСМ ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р. техн. наук, проф.

Егоров Сергей Яковлевич – профессор кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.

Секретари конференции

Борисенко Андрей Борисович – доцент кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доцент.

Немтинова Юлия Владимировна – доцент кафедры «Экономический анализ и качество» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. экон. наук.

Карпов Сергей Владимирович – доцент кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук.

ORGANIZERS

- Ministry of Education and Science Russian Federation
- Russian Foundation for Basic Research
- Association for Engineering Education of Russia
- Department of Education and Science in the Tambov Region
- Tambov State Technical University

CONFERENCE PROGRAM COMMITTEE

Prikhodko Vyacheslav Mikhailovich – Chairman of the Program Committee, Rector's counselor of Moscow State Automobile and Road Technical University, Dr. Tech. Sci., Prof., Corresponding member of the Russian Academy of Sciences.

Krasnyanskiy Mikhail Nikolaevich – Co-Chairman, Rector of Tambov State Technical University (TSTU), Dr. Tech. Sci., Prof., professor of the Russian Academy of Sciences.

Voevodin Vladimir Valentinovich – Co-Chairman of the Program Committee, Deputy Director research computing center of Moscow state University, Dr. Tech. Sci., Prof., Corresponding member of the Russian Academy of Sciences.

Mischenko Sergey Vladimirovich – Honored Rector of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

Pozdneev Boris Mikhailovich – Vice-Rector for Quality Management of MSTU "STANKIN", Dr. Tech. Sci., Prof.

Dvoretskiy Stanislav Ivanovich – TSTU Rectorate's Counselor, Dr. Tech. Sci., Prof.

Monastirev Pavel Vladislavovich – Director of the Institute of Architecture, Civil Engineering and Transport of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

Gromov Yury Yurievich – Director of the Institute of Automation and Information Technologies of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

Tyutyunnic Vyacheslav Mikhailovich – Professor of the Department of Construction of Radio-Electronic and Microprocessor Systems of TSTU, CEO of International Information Nobel Center, Dr. Tech. Sci., Prof.

Kulikov Gennady Mikhailovich – Principal Investigator of TSTU, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.

Carrera Erasmo – Full Professor of Aerospace Structures and Aeroelasticity of the Torino Polytechnic Institute, Turin (Italy), Ph. D., Prof.

Nobel Sven Michael – Founder and Head of Nobel Charitable Foundation, Full Professor of the University of Soka (Japan), Ph. D., Prof. (Stockholm, Sweden).

Gorlatch Sergei Petrovich – Head of the Department of Parallel and Distributed Systems of the University of Münster (Germany), Dr. Habil., Prof.

Jaeger Magnus – Deputy Dean of the Faculty of Economic Engineering of Amberg-Weiden University of Applied Sciences (Germany), Dr.-Ing., Prof.

Averchenkov Vladimir Ivanovich – Head of the Department of Computer Technologies and Systems of Bryansk State Technical University, Dr. Tech. Sci., Prof.

Ostroukh Andrey Vladimirovich – Professor of the Department of Automated Control Systems of Moscow State Automobile and Road Technical University, Dr. Tech. Sci., Prof.

Serdyuk Anatoliy Ivanovich – Director of Aerospace Institute of Orenburg State University, Dr. Tech. Sci., Prof.

Morozov Mikhail Nikolaevich – Head of the Department of Computer Science and System Programming Volga State University of Technology, Cand. Tech. Sci., Prof.

Malygin Evgeniy Nikolaevich – Professor of the Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

Frolov Sergey Vladimirovich – Head of the Department of Biomedical Engineering of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

ORGANIZING COMMITTEE

Nemtinov Vladimir Alexeevich – Chairman, Professor of the Department of "Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering" (CISME) of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

Sokolov Mikhail Vladimirovich – Deputy Chairman, Chairman of the Council of Young Researcher of TSTU, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof.

Karpushkin Sergey Victorovich – Professor of the Department of CISME of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

Mokrozub Vladimir Grigorievich – Professor, Head of the Department of CISME of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

Egorov Sergey Yakovlevich – Professor of the Department of CISME of TSTU, Dr. Tech. Sci., Prof.

Secretaries of the conference

Borisenko Andrey Borisovich – Associate Professor of the Department of CISME of TSTU, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof.

Nemtinova Yulia Vladimirovna – Associate Professor of the Department of "Economic analysis and quality" of TSTU, Cand. Econ. Sci.

Karpov Sergey Vladimirovich – Senior Lecturer of the Department of CISME of TSTU, Cand. Tech. Sci.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция II. Виртуальное моделирование, визуализация и прототипирование социально значимых объектов …… 11

Семочкина А. В. Технология видеомэппинга на примере разработки видеопроекционного шоу на здании …….. 12

Преображенская Е. М., *Филимонова Е. П*. Виртуальное моделирование малой архитектурной формы …….. 19

Ахмедов А. Э., *Смольянинова И. В*., *Шаталов М. А*. Некоторые подходы к моделированию разработки современных технико-экономических норм производства ….. 25

Горелов И. А., *Немтинова Ю. В*. Видовые изображения объектов городской застройки – основа разработки виртуальной модели территории ……... 30

Божко С. С., *Дырдина Е. В*., *Якунина М. С.* Виртуальная модель вантового моста через реку Урал в Оренбурге ……... 41

Хабибуллоев А. А. Моделирование эффективности методов управления электропотреблением ……. 53

Вехтева Н. А., *Ильин И. В*., *Волков А. А*. Моделирование исторических персонажей для виртуальной реальности …… 58

Ельчищева Т. Ф., *Пудовкина А. В*. Разработка 3D-модели здания автовокзала с покрытием «крестовый свод» …….. 64

Ельчищева Т. Ф., *Конина П. А*., *Палкина Ю. И.* Визуализация 2-комнатной квартиры с приспособлением для нужд людей с ограниченными возможностями ……..... 70

Ремблевская М. Ю., *Абрамова Л. В*. Разработка информационной системы «Географ» ……... 76

Руднева А. И., *Фролова О. А.* Расчет многопролетного здания рамной конструкции 83

Соловьева Т. И., *Попов А. В*. Критерии выбора информационной системы для организации бизнеса ……. 89

Асланова А. Г., *Лаврик Т. М*. Электронное правосудие в России и за рубежом: сравнительно-правовой анализ …… 93

Аржанова А. А. Использование медиа для визуализации информации о дополнительных образовательных услугах …….. 100

Немтинов В. А., *Борисенко А. Б*., *Трюфилькин С. В*., *Немтинова Ю. В*., *Горелов А. А.* Виртуальная реконструкция территории «Базарная площадь» города Тамбова …… 104

Асланова А. Г., *Судоргина Е. В.* Актуальные вопросы применения электронного правосудия в свете судебной реформы в Российской Федерации ……... 112

Секция III. Виртуальное моделирование в геоинформационных системах управления территориями: создание и использование ……... 115

Вязанкина М. С., *Ярова Е. В*., *Томчинская Т. Н*. Разработка информационной модели учебного корпуса вуза ……. 116

Костюкова А. П., *Костюкова Т. П.*, *Саубанов В. С.*, *Ширяев О. В.* Тенденции инфраструктурного проектирования и моделирования в нефтегазовой отрасли …….. 122

Плутикова А. Н., *Абрамова Л. В.* Концептуальный подход к разработке модуля по определению местоположения объектов на основе системы «ГЛОНАСС/GPS–мониторинг автотранспорта» ……... 127

Назарова А. В., *Данилов М. А.*, *Деменкова Е. А.* Модульная структура системы, определяющей оптимальные маршруты для судов, проходящих по Арктической зоне, с учетом их влияния на экологическую обстановку …….. 131

Назарова А. В., *Данилов М. А.*, *Деменкова Е. А.* Концепция системы, определяющей оптимальные маршруты для судов, проходящих по Арктической зоне, с учетом их влияния на экологическую обстановку …….. 136

Немтинов В. А., *Терехов С. М.* Система поддержки принятия решений при реконструкции систем теплоснабжения ……... 140

Леменкова П. А. Иерархический кластерный анализ на языке R для выделения однородных групп батиметрических данных на примере Марианского желоба, Тихий океан ……... 147

Секция IV. Проектирование и применение компьютерных имитационных моделей, виртуальных тренажеров и систем машинного зрения ……. 153

Бочаров А. С., *Локтиков А. Ю.*, *Шаров И. В.*, *Шипилов А. А.* Разработка панели управления и визуализации режимов работы имитационной модели системы электроснабжения постоянного тока летательного аппарата в среде SIMULINK …. 154

Акопян В. Н., *Акопян С. А.* База знаний автоматизированной системы для составления технологии изготовления деталей типа «валы и оси» …… 160

Бочаров А. С., *Локтиков А. Ю.* Реализация аварийных режимов работы в имитационной модели системы электроснабжения постоянного тока летательного аппарата в среде SIMULINK …… 165

Петухов П. А., *Толок А. В.*, *Локтев М. А.* Применение метода функционально-воксельного моделирования на основе средств потенциальных полей к задачам поиска пути …… 171

Васильев В. В., *Исаева О. В.* Тестирование торговых систем с использованием уравнения Шредингера в пространстве Дука ……. 179

Галин Р. Р. Виртуальная полигонная база для отработки взаимодействия коллаборативной робототехники …….. 186

Рагимов Омурбек Современные информационные системы интеллектуальной обработки текстовой информации ……... 190

Зверев М. В., *Балашов П. В.*, *Сиухин А.* А. Применение машинного зрения для решения задачи автоматического управления сельскохозяйственной техники ……. 195

Балашов П. В., *Зверев М. В.*, *Сиухин А. А.* Структура аппаратного обеспечения для системы автоматического управления сельскохозяйственной техники …….. 201

Шмырин А. М., *Мишачев Н. М.*, *Кавыгин В. В.*, *Кузнецов А. Г.* Регрессионный классификатор навыковой системы технического зрения ……... 206

Пашуева И. М. Моделирование работы центра догоспитальной медицинской помощи с использованием математической модели *N*, учитывающей возрастной показатель населения …… 211

Ильин И. В., *Белоусов А. А.*, *Вехтева Н. А.* Подходы к моделированию виртуальной реальности на мобильных платформах ……... 216

Чеботов Н. А., *Ильин И. В.*, *Волков А. А.* Подходы к разработке тренажерных комплексов с применением UNITY ……. 223

Белоусов А. А., *Иванов М. А.*, *Ильин И. В.* MR-технология и ее применение в промышленной, медицинской и военной отраслях ……. 229

Иванов М. А., *Чеботов Н. А.*, *Белоусов А. А.* Сравнение VR, AR и MR-технологий для решения задачи визуализации ……... 234

Волков А. А., *Чеботов Н. А.*, *Вехтева Н. А.* Применение микроконтроллера ESP8266 при разработке аппаратного обеспечения для тренажерных комплексов … 240

Нурутдинов Г. Н. Модели распределения потока отказов в системах защиты компьютерной информации в информационных системах …….. 245

Подвальный С. Л., *Чижов М. И.*, *Гусев П. Ю.*, *Гусев К. Ю.* Оптимизация работы заготовительного участка машиностроительного предприятия с применением имитационного моделирования ……... 250

Пустынный Я. Н. Решение проблемы исчезающего градиента с помощью нейронных сетей долгой краткосрочной памяти ……... 254

Судаков Д. Е., *Леньшин С. Г.* Исследование потенциалов зрательной коры головного мозга с помощью вейвлет-анализа ……. 260

Воробьев Д. Н., *Высоцкий А. В.*, *Минин Ю. В.* Процедура определения вида функции на изображении в задаче определения характеристик объекта …… 265

Абрамов Г. В., *Авцинов И. А.*, *Емельянов А. Е.*, *Суханова Н. В.* Разработка имитационной модели для исследования явления буферизации данных в сетевых системах управления ……. 270

Дмитриев О. С., *Живенкова А. А.* Моделирование процесса принятия решения об оптимальном методе расчета ТФС в условиях многокритериальной задачи …… 276

Лакомов Д. В. Технические характеристики устройств фиксации в оптическом и ИК-диапазонах БПЛА при анализе изображений объектов ЖКХ …… 281

Алексеев В. В., *Лакомов Д. В.* Технические характеристики аппаратного обеспечения для программной реализации модели анализа изображений на основе модернизированного алгоритма Канни ……. 287

Калистратова И .В., *Пыкин И. С.*, *Калистратов М. С.* Моделирование газораспределения в аппаратах с зернистым слоем ……... 291

Калистратова И. В., *Попов А. В.*, *Мокрозуб В. А.* Функциональная модель оптимального проектирования группы технологических аппаратов …….. 294

Карева О. Х., *Мокрозуб В. А.*, *Попов А. В.* Выбор оптимального конструкционного материала технологического оборудования ……... 297

Попов А. В., *Калистратова И. В.*, *Карева О. Х.* Автоматизация выбора подшипников ……. 300

Пыкин И. С., *Карева О. Х.*, *Попов А. В.* Система проектирования приводов емкостных аппаратов …… 305

Немтинов В. А., *Ширкин Н. А.*, *Немтинова Ю.* В. Моделирование процесса обмена данными в информационной системе управления муниципальным образованием …... 308

Немтинов В. А., *Мананкова Е. В.*, *Немтинова Ю. В.* Имитационное моделирование процессов функционирования элеаторного комплекса …….. 313

Сафонов В. И. Использование учебных моделей «1С: математический конструктор» в исследовании вероятности …… 320

Доненко И. Л., *Линник В. В.*, *Доненко Л. Н.* Моделирование фрактальных картин для улучшения прибора ночного видения …….. 324

Сафонов В. И. Реализация компьютерного моделирования в интерактивной компьютерной среде «1С: математический конструктор» …….. 329

Кутузов Д. В., *Осовский А. В.*, *Стукач О. В.*, *Старов Д. В.* Модель матричной коммутационной системы, базирующаяся на использовании раскрашенных иерархических сетей Петри …….. 333

Гущина О. М., *Очеповский А. В.*, *Рогова Н. Н.*, *Пупыкина А. А.* Учебное приложение с элементами дополненной реальности на основе сверточных нейронных сетей ... 339

Тимченко В. С. Методика комплексной оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования ….. 345

Секция V. Промышленный дизайн ……... 351

Орехов В. В. Дизайн многофункционального судна на подводных крыльях …….. 352

Ватолин В. Р. Разработка дизайн-проекта летающего автомобиля ……. 358

Немтинов В. А., *Сергеев В. С.*, *Немтинова Ю. В.* Технологический комплекс сварки трением изделий из полипропилена …….. 362

Карева О. Х., *Попов А. В.*, *Мокрозуб В. А.* База элементов для построения химико-технологических схем ……... 373

Немтинов В. А., *Кокорев С. А.* Модернизация технологического процесса и оборудования сахарного производства ……. 377

Доненко И. Л., *Линник В. В.*, *Доненко Л. Н.*, *Золотухин Д. А.* Перспективы развития атомной энергетики в республике Крым и моделирование перспективных мест для расположения АЭС …… 384

С е к ц и я II

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 004.928

Семочкина А. В.
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева,
Россия, г. Тамбов
(Тел. (8910)1424369, e-mail: semochkina.ann@ mail.ru)

ТЕХНОЛОГИЯ ВИДЕОМЭППИНГА НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ВИДЕОПРОЕКЦИОННОГО ШОУ НА ЗДАНИИ

Semochkina A. V.
R. E. Alexeyev Nizhny Novgorod State Technical University,
Russia, Tambov
(Tel. (8910)1424369, e-mail: semochkina.ann@ mail.ru)

THE TECHNOLOGY OF VIDEO MAPPING USING THE EXAMPLE OF OUTDOOR BUILDING VIDEO PROJECTION

Аннотация. Изучена техническая сторона создания архитектурного видеомеппинга. Описаны критерии выбора здания, подходящего для видеопроекционного шоу, рассмотрены моделирование трехмерной модели по облаку его точек, полученных в результате лазерного сканирования, и предварительная визуализация шоу в виртуальном пространстве. Рассказано об этапах подготовки площадки для мэппинга на реальное здание.

Ключевые слова: мэппинг, видеомэппинг, видеопроекция, видеопроекционное шоу, трехмерная модель.

Abstract. The technical side of creating an architectural video-mapping is being studied. Criteria for selecting a building for a video projection are described, modeling of a three-dimensional model with the help of a cloud of points obtained as a result of laser scanning and visualization of the show in virtual space is considered. The stages of preparing the site for mapping on a real building are described.

Keywords: mapping, video mapping, video projection, video projection show, three-dimensional model.

Введение. Видеопроекционое шоу, видеомэппинг или 3D-маппинг – это направление в аудиовизуальном искусстве, представляющее собой объемную проекцию на физический объект окружающей среды, с учетом его геометрии и положения в пространстве. Это технология, позволяющая с помощью видеопроекции изменять визуальные характеристики объекта и способная превратить практически любую поверхность в динамический видеоэкран [1].

Традиционно выделяют четыре вида видеомэппинга: 1) архитектурный, 2) интерьерный, 3) на малые объекты и 4) интерактивный. Видеопроекционное шоу на здании является архитектурным видеомэппингом. Этапы разработки видеопроекционного шоу включают:

1) сетап – сканирование и моделирование проекционной поверхности здания;
2) предпродакшн – разработку идеи и концепции шоу, написание сценария;
3) продакшн – моделирование, анимацию и визуализацию сцен;

4) постпродакшн – постобработку и сборку шоу;

5) подготовку площадки.

Разработка видеопроекционного шоу. Первый этап разработки видеопроекционного шоу называется «сетап», другими словами, это подготовительная работа, которая заключается в выборе здания, на которое будет проецироваться шоу, и впоследствии в создании его трехмерной модели.

Выбор проекционной поверхности является важным моментом при создании шоу. От него зависит будущий сценарий и его декомпозиция. При выборе здания учитывают следующие факторы: пространство вокруг здания; размеры здания; важность улицы или площади для автомобильного движения; геометрия фасада здания.

Здание Большого театра соответствует всем требованиям, которые были описаны выше, а именно:

- театральная площадь, на которой расположено здание, имеет довольно большие размеры – на ней может собраться множество зрителей;
- габаритные размеры здания достаточно большие, так что шоу может увидеть много людей;
- театральная площадь является пешеходной, поэтому для шоу не нужно перекрывать движение;
- геометрия фасада не сложная – нет мелких острых деталей. Наличие колонн делает здание еще более привлекательным для мэппинга.

После того как здание выбрано, создается виртуальная модель его фасада, т.е., так называемая проекционная поверхность. Чтобы смоделировать его точную копию, следует воспользоваться технологией лазерного сканирования. С помощью 3D сканера создается облако из миллионов точек, используя которые, можно создать цифровую трехмерную модель объекта (рис. 1).

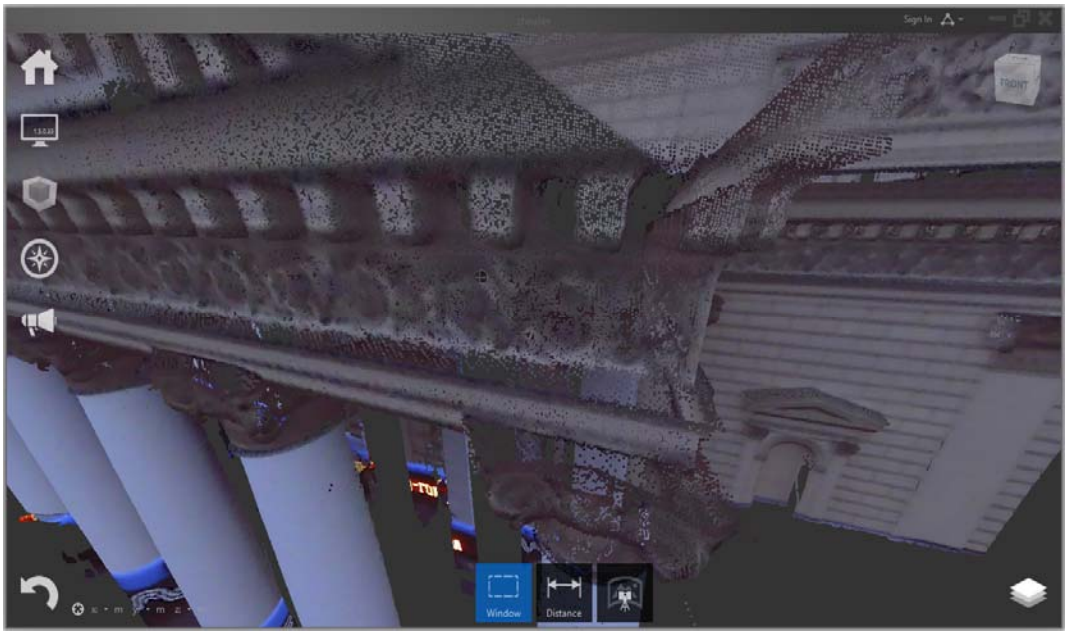


Рис. 1. Облако точек Большого театра в Autodesk ReCap

С помощью инструментов программы Autodesk ReCap редактируется исходное облако точек – удаляются лишние точки, измеряется расстояние между определенными точками для определения габаритных размеров здания, и затем эти точки экспортируются для дальнейшего использования.

Для создания трехмерной модели облако точек загружается в проект инструментальной среды 3ds Max [2]. И на следующем этапе с помощью полигонов, предварительно настроив привязку к точкам этого облака, как будто обтягивая каркас из точек, вручную моделируется фасад здания (рис. 2).

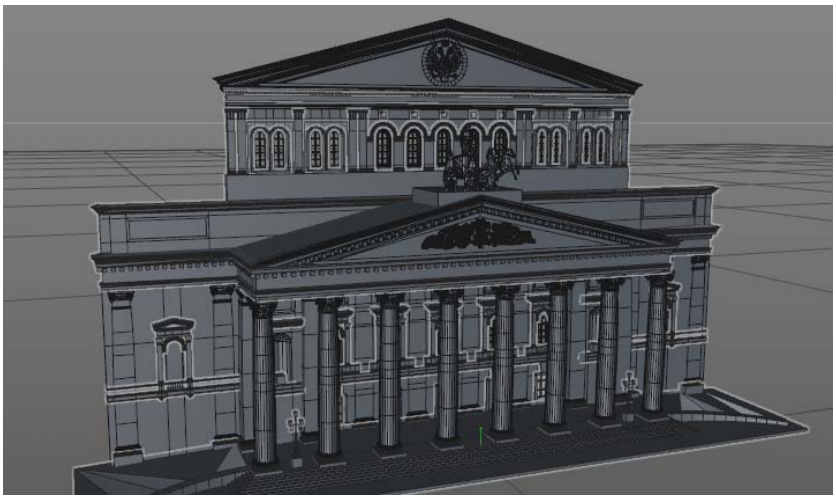


Рис. 2. Трехмерная модель фасада Большого театра в 3ds Max

В архитектурном мэппинге камера располагается посередине здания на высоте 170 см с фокусом линзы 36 мм (рис. 3). Камера охватывает вплотную всю проекционную поверхность с запасом в несколько пикселей (5…10). Если она охватывает больше, чем есть проекционная поверхность, то фактически будет наблюдаться понижение качества в контенте, прямо пропорционально лишней области.

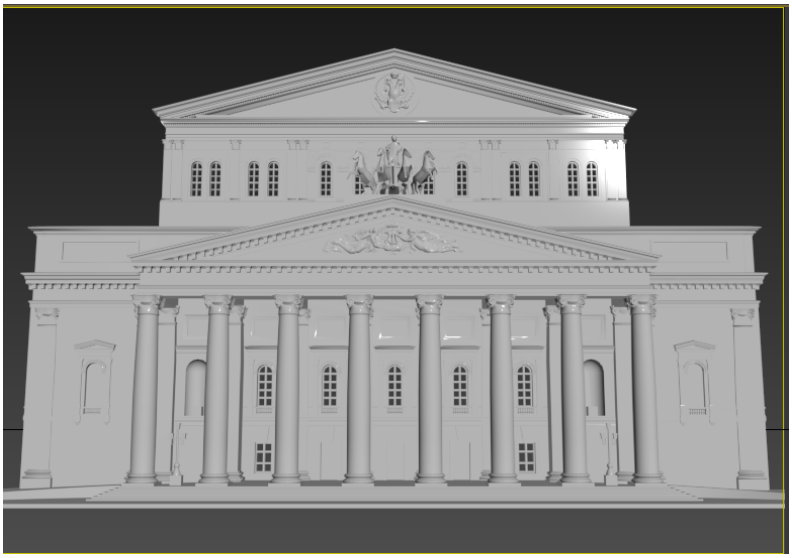


Рис. 3. Вид на фасад Большого театра через камеру в 3ds Max

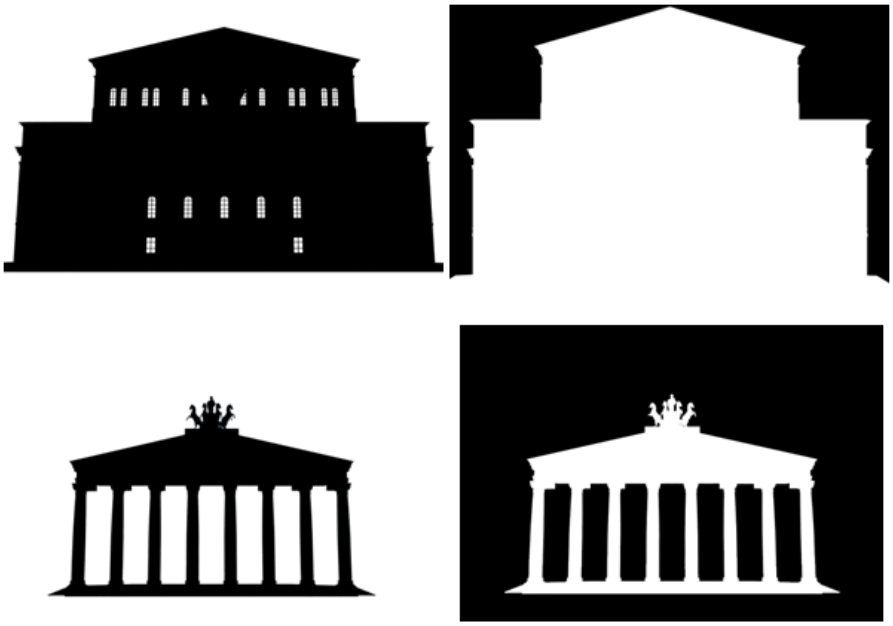


Рис. 4. Маски для вывода контента на здание

Чтобы получить маски для вывода контента, выполняется рендер здания из камеры с альфа-каналом и с помощью Adobe Photoshop обрабатывается готовое изображение (рис. 4).

На следующем этапе «предпродакшн», опираясь на выбранное здание и тематику мероприятия, для которого планируется шоу, разрабатываются сценарий шоу и его декомпозиция на сцены (рис. 5), подбирается музыкальное сопровождение, создаются раскадровка сценария и затем ролик из слайдов раскадровки, подставленных под музыку на основе расписанной временной оси шоу.

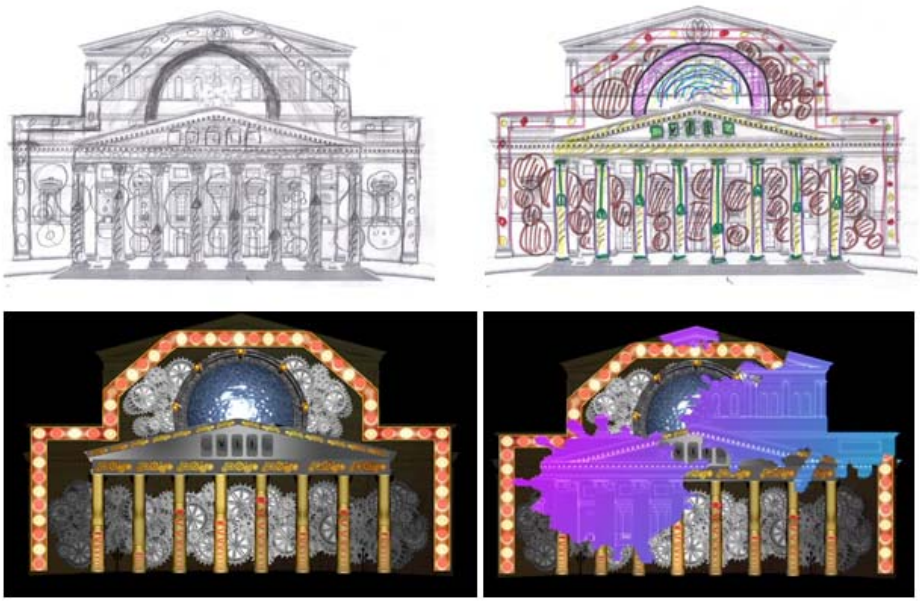


Рис. 5. Декомпозиция первой сцены

Далее следует этап «продакшн», на котором начинается непосредственное создание контента шоу. Ранее созданная модель фасада экспортируется в среду моделирования Cinema 4d – это является подложкой для создания сцены. Не пересекая границ здания при включенном виде с камеры, сцена заполняется необходимыми трехмерными объектами, настраивается освещение. В итоге получается статичная сцена, которую предстоит текстурировать и анимировать

На этапе «постпродакшен» рендер анимированной сцены в виде последовательности кадров загружается в программу After Effect для дальнейшей постобработки и композинга. Все сцены собираются в единый ролик, настраиваются дополнительные эффекты, переходы, добавляется музыка и необходимые сэмплы, визуализирующие различные шумы. С помощью масок, созданных на этапе «сетап», настраивается вывод контента (рис. 6).

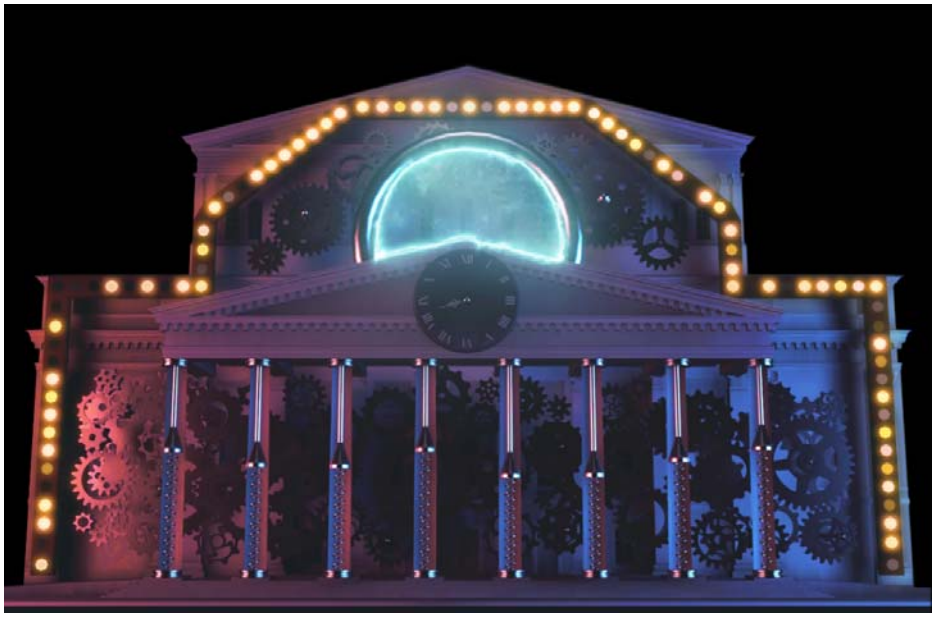


Рис. 6. Готовая первая сцена после постобработки

Для того чтобы заранее увидеть, как готовое шоу будет выглядеть на реальном здании, предварительно его визуализируют в виртуальном пространстве на трехмерной модели этого здания. Для этого ранее созданная модель фасада Большого театра экспортируется в среду разработки Unreal Engine, а сведенный готовый ролик шоу настраивается как ее текстурная проекция.

После того как контент для видеопроекционного шоу готов, необходимо подготовить саму площадку для мэппинга на реальное здание. Для этого необходимо:

1. Подготовить зоны проекции – выключается освещение, окна здания закрываются тканью, потому что на стекле проекцию не видно.

2. Установить проекторы и звуковое оборудование – ставятся компьютеры, медиасерверы (от них получают изображения проектора), расположение проекторов зависит от того, где находятся зрители, и от формы здания: если близко к зданию, проекторы можно поставить на земле, если далеко, то строят башни. В данном случае строятся башни, которые располагаются за зрителями (рис. 7).

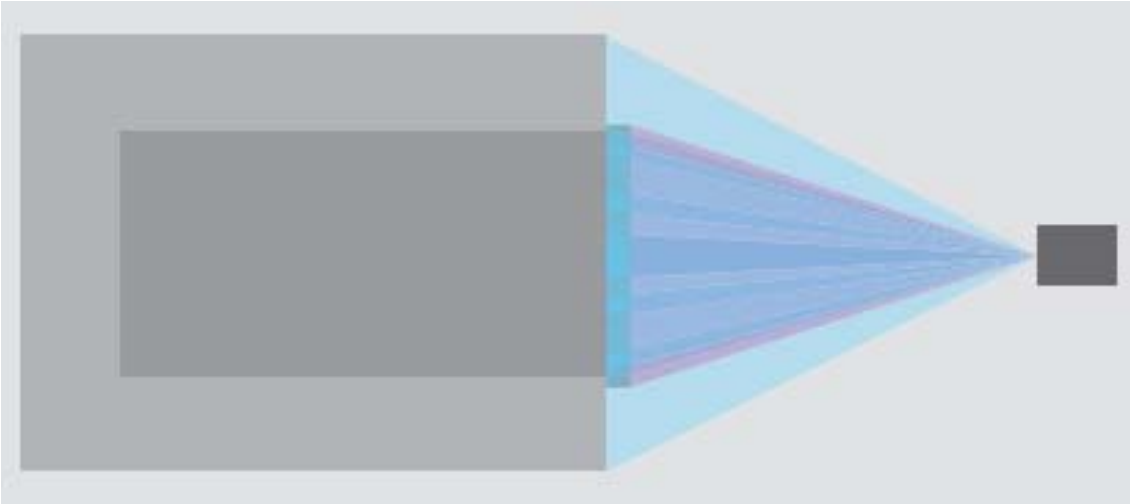


Рис. 7. Схема расположения башни для проекторов

3. Сделать отстройку проекции – создается специальная техническая маска, которая называется «отстроечная маска» (рис. 8). Она делается из модели здания – геометрия здания окрашивается в разные цвета, чтобы четко было видно все архитектурные элементы (где окна, где колонны, где лепнина и т.д.). Техники совмещают маску с реальным зданием, чтобы все элементы совпадали.

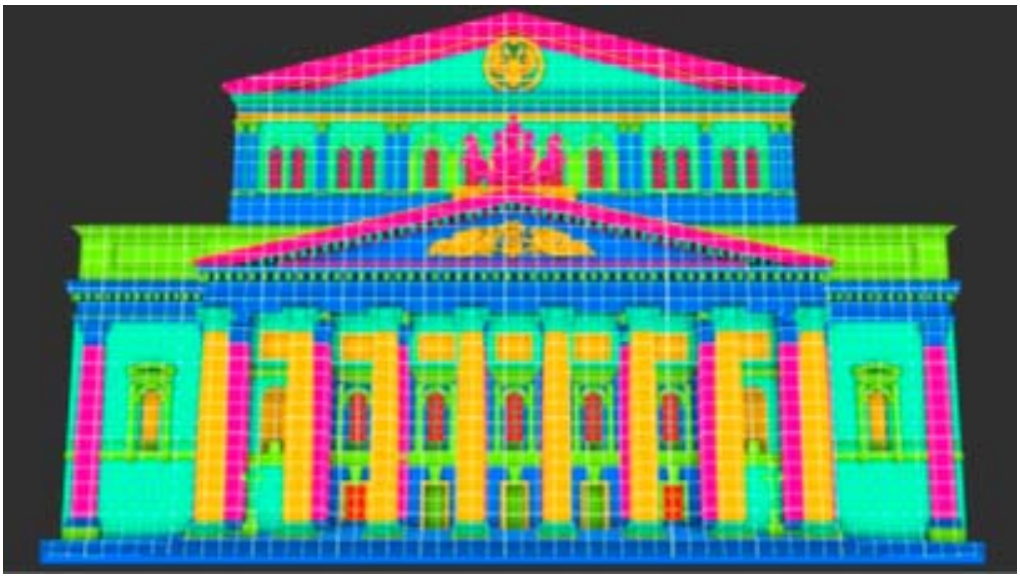


Рис. 8. Отстроечная маска

4. Выполнить сведение проекторов – световой поток из нескольких проекторов накладывается друг на друга с искажениями, изображение двоится. Чтобы этого избежать, края светового потока каждого проектора размывают, это называется блендингом [3]. Независимо от расположения проектора и его ориентации по отношению к поверхности проецирования при проецировании на неплоскую поверхность, полученное изображение всегда будет выглядеть искаженным. Единственная точка, с которой проецируемое изображение выглядит идеально, – это точка, в которой находится сам проектор.

Заключение. Описанный выше проект был подготовлен для конкурса Арт Вижн Классик на Международный фестиваль «Круг света», который ежегодно проходит в Москве в начале осени. Конкурсной площадкой является здание Большого театра.

При разработке видеопроекционного шоу были использованы такие программные продукты, как Autodesk ReCap – для работы с облаком точек, Autodesk 3ds Max – для моделирования виртуальной модели здания, Cinema 4d – для сборки и анимации сцен, Adobe Photoshop – для разработки эскизов, Adobe Premier – для ролика раскадровки, Adobe After Effect – для постобработки и сведений готового шоу, Unreal Engine – для визуализации шоу в виртуальном пространстве.

Список использованных источников

1. **3D mapping:** определение // #realmapping – блог о настоящем 3d video mapping. – URL : https://real-mapping.com/2016/10/14/3d-mapping/ (дата обращения: 20.10.2018).

2. **Point** Cloud Object // Autodesk. – URL : https://knowledge.autodesk.com/ru/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/RUS/3DSMax/files/GUID-49CE0ACB-1345-4D50-B6E5-361DBFDB5B33-htm.html. (дата обращения: 20.10.2018).

3. **Все о video mapping** // Виджеинг, видео инсталляции, видео маппинг. – URL : http://www.malbred.com/materialy-sayta/video-mapping-video-mepping.html. (дата обращения: 20.10.2018).

УДК 004

Преображенская Е. М.,[1] Филимонова Е. П.[2]
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
[1](Тел. (8920)2368230, e-mail: kiki198608@yandex.ru),
[2](Тел. (8963)1599835, e-mail: filimonova99@gmail.com)

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ

Preobrazhenskaya E. M.,[1] Filimonova E. P.[2]
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
[1](Tel. (8920)2368230, e-mail: kiki198608@yandex.ru),
[2](Tel. (8963)1599835, e-mail: filimonova99@gmail.com)

VIRTUAL SIMULATION OF A SMALL ARCHITECTURAL FORM

Аннотация. В работе представлен жизненный цикл проекта малой архитектурной формы «Мемориал памяти воинам-землякам, погибшим в годы Великой Отечественной войны 1942 – 1945» с использованием программ 3D-моделирования (SketchUP 2017, ARCHICAD 21) и программы для рендеринга (Lumion 6.0).

Ключевые слова: малая архитектурная форма, моделирование, 3D-моделирование, рендеринг.

Abstract. The article presents the process of creating a small architectural form of “Memorial to soldiers-countrymen who perished during the Great Patriotic War 1942-1945” using 3D-modeling programs (SketchUP 2017, ARCHICAD 21) and a rendering program (Lumion 6.0).

Keywords: small architectural form, modeling, 3D-modeling, rendering.

Не вызывает сомнения необходимость и ценность патриотического воспитания на сегодняшний день. Установка малых архитектурных форм и монументов, посвященных жителям, проявивших доблесть и мужество на фронте и в тылу, играет большую роль в подъеме патриотического духа и распространении фактов о подвиге народа в годы Великой Отечественной войны (ВОВ).

Город Тамбов в годы ВОВ стал одним из центров ближнего тыла. Прифронтовая зона и ее обитатели несли на своих плечах огромную нагрузку. Жители Тамбова в течение полутора лет подвергались регулярным авианалетам, которые унесли жизни сотен земляков [1].

Несмотря на эти исторические события, оставившие на лице города трагические отпечатки, в округе не установлены мемориалы/памятники, информирующие о вышеописанных событиях.

Таким образом, является актуальным предложение по разработке проекта и установке мемориала памяти воинам-землякам, погибшим в годы ВОВ 1941 – 1945 гг.

Разработанный мемориал будет интересен для осуществления, так как в городе нет подобных архитектурных объектов, посвященных именно теме бомбардировки города Тамбова. Установка таких объектов необходима для патриотического воспитания мо-

лодежи. Именно поэтому предполагаемый проект может считаться актуальным и может быть реализован в будущем при привлечении средств заинтересованных лиц.

Идея композиции подразумевает под собой образ раздробленной формы земли, абстрактно напоминающую разрыв от снаряда. Целями и задачами данного проекта являлись: изучение аналогов, разработка общего вида мемориала памяти, приобретение навыков работы с 3D-редакторами, развитие креативного мышления авторов, предложение и внедрение идей по облагораживанию города, выращивание прототипа мемориала на 3D-принтере.

Рис. 1. Памятник воинам-землякам, погибшим в годы ВОВ, в городе Кирсанове Тамбовской области

Рис. 2. 105-й Мемориал памяти погибшим воинам-землякам, открытый в Инжавинском районе

Рис. 3. Мемориал памяти воинам-землякам, погибшим в годы ВОВ (1941 – 1945 гг.), в селе Княжево Знаменского района Тамбовской области

Анализ аналогов (рис. 1, 2, 3) показал, что примеры возведенных построек в соседних городах, несомненно, отражают в себе идеи, вложенные в них авторами. Показывают на своем примере, как жители города относятся к прошлому своих предков, защищавших их во время 1942 – 1945 гг. Именно поэтому актуальна разработка памятника для областного центра, который призван вызвать чувства гордости за воинов-земляков, погибших в годы ВОВ 1942 – 1945 гг.

В начале разработки проекта «Мемориал памяти воинам-землякам, погибшим в годы ВОВ 1941 – 1945 гг.» авторами проведен сбор информации об исторических событиях. По данным [1], в октябре-ноябре 1941 г. на Тамбов было совершено три налета. Далее бомбежки совершались регулярно, только в марте 1943 г. они прекратились. Всего в Тамбовской области жертвами бомбардировок стали не менее двух тысяч людей. В связи с описанными событиями, авторы в основу идеи внешнего вида мемориала вложили образ упавшего снаряда. Разорванный снаряд образует воронку в земле. В данном образе отражается трагизм событий, произошедших в Тамбове в дни ВОВ.

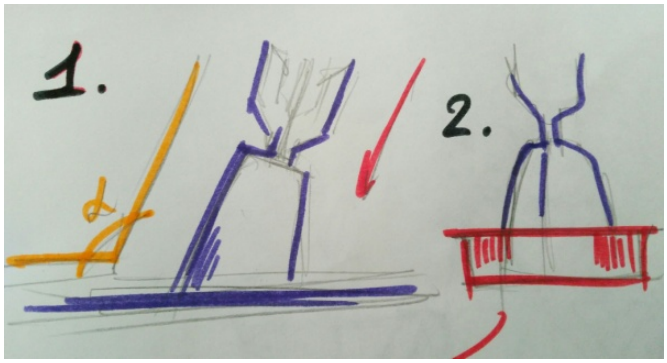


Рис. 4. Определение формы взрывного устройства

В процессе работы над эскизами мемориала его форма изменялась неоднократно, продолжался поиск идеальной формы конструкции, которая в дальнейшем полностью смогла бы передать главный замысел авторов и его идею (рис. 4).

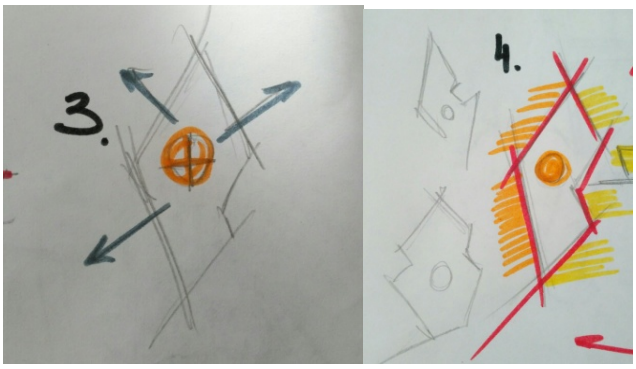


Рис. 5. Эскизы форм раскола от взрыва

Этап эскизирования (рис. 5, 6) включал в себя поиск одной единой формы, которая определяла бы суть образа взрыва, обладая при этом должной пластикой и лаконичностью.

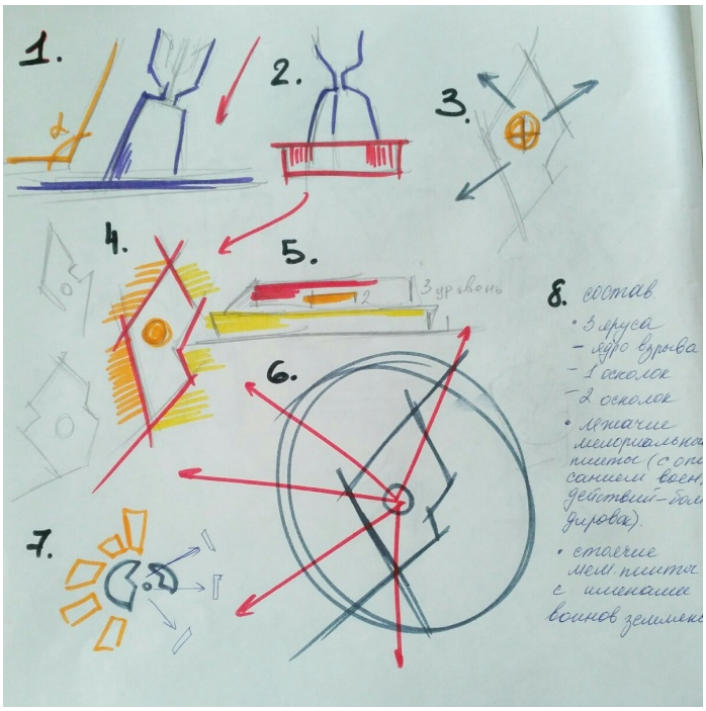


Рис. 6. Этапы эскизирования

В итоге был полностью разработан образ малой архитектурной формы, вычерчены его план, фасад, разрез, вид сбоку и генеральный план, который включает в себя окружающую среду и прилегающую местность, также предложена территория для застройки (рис. 7). Это участок по ул. Мичуринской, 114в – левое крыло Парка Победы. Объект вписывается в среду и поддерживает сложившуюся тематику, посвященную Победе в ВОВ.

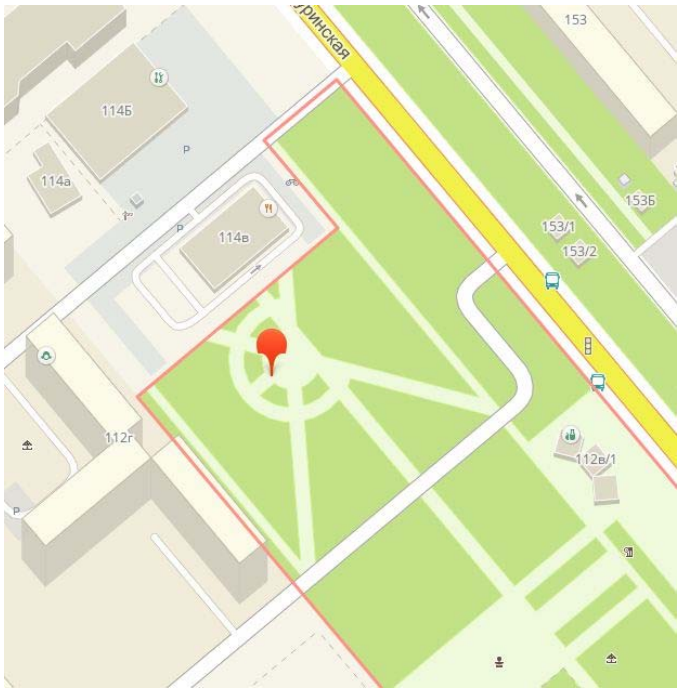


Рис. 7. Предлагаемая территория для застройки

Виртуальное моделирование задуманного по эскизам объема осуществлялось с применением программного средства SketchUP 2017 учебной свободно распространяемой версии (рис. 8). Работа с прототипом в программе для 3D-моделирования помогла выявить особенности конструкции создаваемой малой архитектурной формы, а также выявить недочеты, допущенные на этапе ручного эскизирования, соотнести масштаб МАФ с высотой роста человека и размерами выбранного участка под строительство. Применение средств виртуального моделирования помогло переосмыслить образ проектируемого объема и доработать конструктивное решение лучшим образом.

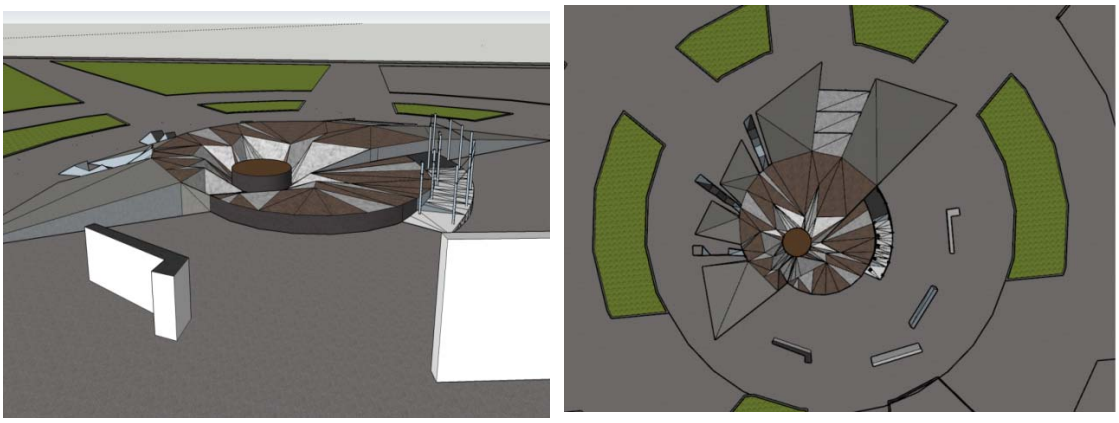


Рис. 8. Моделирование прототипа в SketchUP 2017, учебная версия

Чертежи фасада и плана выполнялись в программном продукте ArchiCAD 21, учебная версия (рис. 9).

Рендеринг в Lumion 6.0 проиллюстрирован на рис. 10.

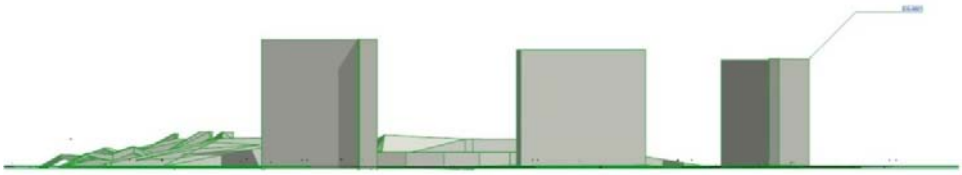


Рис. 9. Главный фасад, выполнен в ArchiCAD 21, учебная версия

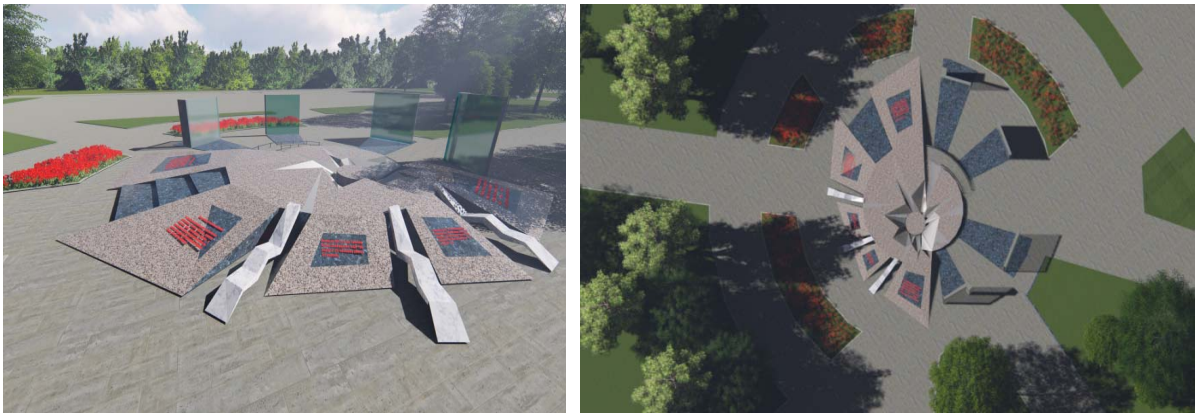


Рис. 10. Рендеринг в Lumion 6.0, пробная версия

В результате проектной деятельности были проработаны такие цели и задачи, как сбор и анализ аналогичных объемных решений; получены начальные навыки работы в программах для виртуального моделирования SketchUP 2017, ArchiCAD 21, Lumion 6.0; разработан концептуальный проект «Мемориала памяти воинам-землякам, погибшим в годы ВОВ 1941 – 1945 гг.» и выбрано предположительное место установки – левое крыло Парка 50 лет Победы г. Тамбова. В дальнейшем планируется выращивание прототипа мемориала на 3D-принтере MakerBot Replicator 5.

Можно сделать вывод, что применение средств современного прототипирования с использованием программных продуктов для виртуального моделирования значительно облегчает творческий процесс перевода образного представления о будущем объеме в реалистичную модель, готовую к внедрению.

Список используемых источников

1. **URL :** https://nsportal.ru/blog/detskii-sad/all/2014/01/07/velikaya-otechestvennaya-voyna-na-tambovshchine

References

1. **URL :** https://nsportal.ru/blog/detskii-sad/all/2014/01/07/velikaya-otechestvennaya-voyna-na-tambovshchine

УДК 330.46

Ахмедов А. Э., Смольянинова И. В., Шаталов М. А.
Воронежский экономико-правовой институт, г. Воронеж, Россия
(Тел. (8473)202-18-58, e-mail: nauka-vepi@yandex.ru)

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ НОРМ ПРОИЗВОДСТВА

Akhmedov A. E., Smolyaninova I. V., Shatalov M. A.
Voronezh Economics and Law Institute, Voronezh, Russia
(Tel. (8473)202-18-58, e-mail: nauka-vepi@yandex.ru)

SOME APPROACHES TO MODELING OF DEVELOPMENT OF MODERN TECHNICAL AND ECONOMIC PRODUCTION STANDARDS

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения экономико-математических методов и механизмов в процессе реализации перспективных производственных норм. Авторами предпринята попытка провести экономико-математический анализ применения данных норм.

Ключевые слова: экономико-математические методы, нормы производства, предприятие, корреляция.

Abstract. This article discusses the application of economic-mathematical methods and mechanisms in the implementation of promising production standards. The authors attempted to conduct an analytical analysis of the application of these standards.

Keywords: economic and mathematical methods, production rates, company, correlation.

Широкое применение расчетно-аналитического метода для установления норм по каждому виду продукций осложняется значительной его трудоемкостью [1, 12]. Проведение неоднократных наблюдений за ходом производства, их анализ и изучение, связанные с расчетно-аналитическим методом нормирования, требуют большой затраты времени нормировщиков, технологов и других работников, что далеко не всегда оправданно экономически. Кроме того, в условиях мелкосерийного и индивидуального производств, когда количество одинаковой продукции, производимой на предприятии, невелико, этот метод оказывается практически не осуществимым.

Между тем практика работы предприятий многих отраслей промышленности выявила возможность применения аналитически-расчетного метода нормирования без излишней затраты времени на само установление норм [5, 9]. Это определяется следующими обстоятельствами.

Анализ технологического процесса и конструкции многих изделий показал, что при всем многообразии продукции, изготовляемой предприятием в любых условиях, имеется значительная часть однотипных деталей, частей продукции и типовых технологических процессов, которые применяются при изготовлении различных видов продукции и составляют от 70% и более общего количества работ, подлежащих нормированию [4, 10]. Чем шире применяется нормализация и типизация продукции и ее частей, чем в большей мере типизируются процессы производства, тем уже круг работ,

выполняемых при изготовлении одной и той же номенклатуры продукции, и, следовательно, тем меньшее количество норм подлежит разработке.

Сокращению работы по установлению норм выработки способствует также внедрение повременной (окладной) оплаты труда на отдельных участках, где в связи с большим разнообразием работ введение обоснованных норм затруднено [2, 8].

Нормирование типовых работ производится расчетно-аналитическим способом. Установленные нормативы систематизируются в виде справочников, которыми пользуются при нормировании конкретных работ. Тем самым обеспечивается объективность и обоснованность норм и значительно облегчается нормировочная работа. Такие справочники по труду широко применяются в промышленности. Возможна разработка их и по некоторым другим видам производственных ресурсов.

Нужно учесть, что разработка таких справочников непосильна для отдельного предприятия, да и нет нужды в установлении типовых технических норм на каждом предприятии. Такая работа обычно проводится объединенными усилиями ряда предприятий под руководством и при активном участии отраслевых научных институтов. Крайне важно, чтобы в основу этих нормативов был положен проверенный передовой производственный опыт и были созданы на всех предприятиях условия для его использования.

Разрабатываемые отраслевые справочники доводятся до предприятий; поправки в них вносятся в зависимости от изменений, происходящих в процессе производства.

По мере совершенствования техники и организации производства технико-экономические нормы пересматриваются. Это обеспечивает прогрессивность норм и установление на их основе планов, направленных на мобилизацию производственных ресурсов.

Математическим расчетам должен обязательно предшествовать тщательный экономический анализ, в ходе которого проверяется существо выделяемых факторов, их сопоставимость, однотипность измерения и т.п. [3, 7]. Без такого анализа математические расчеты, построенные на неправильно отобранном материале, не дадут достоверных результатов. Затем по каждому исследуемому объекту устанавливаются фактические затраты, нормируемые производственные ресурсы и определяется в количественном выражении влияние каждого из факторов на величину затрат.

На основании этих данных определяются коэффициенты корреляции. При этом исчисляются полные коэффициенты корреляции [11], характеризующие совокупное влияние всех факторов на общий результат (норму), и частные коэффициенты [6], определяющие влияние каждого из этих факторов с исключением влияния всех остальных. Вслед за этим определяется формула, по которой исчисляется норматив в зависимости от изменения тех факторов, которые признаны основными.

Покажем применение указанного метода на примере расчета норматива численности контролеров качества продукции в зависимости от числа производственных рабочих, количества деталей и других условий производства. В качестве примера разберем выбор факторов и расчет нормативных уравнений численности контролеров и служащих (включая инженерно-технических работников) для машиностроительных предприятий.

В общем виде уравнение линейного n-мерного пространства имеет вид

$$У = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + ... + A_nX_n,$$

где У – среднее значение количества работающих при данных значениях факторов X_1, X_2, ..., X_n ; A_0, A_1, A_2, ..., A_n – постоянные параметры уравнения; X_1, X_2, ..., X_n – основные факторы.

После выбора вида корреляционной зависимости приступают к расчету нормативного уравнения.

Сущность расчета заключается в том, чтобы с помощью методов множественной корреляции найти n-мерное пространство и чтобы сумма квадратов отклонений опытных точек от этого пространства была наименьшей.

Определение нормативной формулы сводится к нахождению постоянных коэффициентов уравнения.

Количество уравнений в системе и количество определяемых постоянных коэффициентов уравнений всегда больше числа факторов на единицу. Значения сумм произведений факторов рассчитываются, как правило, накопительным итогом и сводятся в таблицу.

Подставляя значения сумм произведений факторов в систему уравнений, получаем систему, из которой легко можно определить значение постоянных коэффициентов.

Решая эту систему методом последовательного исключения неизвестных, получаем нормативную формулу для определения численности контролеров.

Чтобы подтвердить правильность предположений о форме зависимости, строятся графики зависимости численности от исследуемых факторов в обычных и логарифмических координатах. По ним судят о том, какую из двух форм зависимости нужно принять для расчета. Если расчет корреляционных связей достаточно хорошо освоен, то можно обойтись без графического анализа и рассчитывать зависимость одновременно двумя способами, выбирая форму зависимости по окончательным результатам расчета.

Таким образом, внедрение современных экономико-математических методов в систему нормирования производства повысит научную обоснованность принимаемых управленческих решений.

Список использованных источников

1. **Аблаев, И. М.** Тень и краски российской экономики / И. М. Аблаев // ЭКО. – 2005. – № 2. – С. 21.

2. **Арефьев, П. В.** Организационные резервы повышения производительности труда на предприятиях нефтегазовой отрасли / П. В. Арефьев, Е. В. Кондратьева // Вестник науки Сибири. – 2015. – № 3 (18). – С. 124 – 132.

3. **Герасименко, О. А.** Перспективы развития финансового потенциала на примере ОАО «Апшеронск-Лагонаки» / О. А. Герасименко, Е. С. Шевчук // Молодежь в науке: Новые аргументы : сб. докл. II Междунар. молодежной научн. конф. – 2015. – С. 16 – 19.

4. **Ефимова, О. В.** Формирование номенклатуры типовых потерь / О. В. Ефимова, Б. В. Игольников // Экономика железных дорог. – 2016. – № 1. – С. 11 – 19.

5. **Казанская, Л. Ф.** Роль экономики качества в инновационном развитии транспортной организации / Л. Ф. Казанская // Экономика железных дорог. – 2017. – № 1. – С. 33 – 40.

6. **Капелюк, З. А.** Функционирование структурных подразделений потребительской кооперации на условиях внутреннего хозрасчета / З. А. Капелюк, Л. А. Сипко. – Новосибирск, 1998.

7. **Кухарь, В. С.** Экономическая эффективность внедрения интегрированных систем менеджмента качества на предприятиях малого и среднего бизнеса в зерновом производстве Северного Казахстана (на материалах Костанайской области) : автореф. дис. ... канд. экон. наук. – СПб., 2012. – 26 с.

8. **Максименко, А. А.** Управленческое евангелие от Константина и Александра / А. А. Максименко, К. В. Харский. – М., 2012.

9. **Пизенгольц, В.** Управление в обществах с ограниченной ответственностью / В. Пизенгольц // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 1993. – № 10. – С. 11.

10. **Фролов, Е.** MES-системы: оперативный функционально-стоимостной анализ для нужд производственного предприятия / Е. Фролов // Генеральный директор: Управление промышленным предприятием. – 2008. – № 9. – С. 76.

11. **Шульженко, С. Н.** Совершенствование методики оценки уровня организационной подготовки территорий сосредоточенного строительства / С. Н. Шульженко, Л. В. Киевский, А. А. Волков // Вестник МГСУ. – 2016. – № 3. – С. 135 – 143.

12. **Щербаков, В. А.** Формирование и контроль использования производственно-экономического потенциала предприятия / В. А. Щербаков, С. В. Генералова // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2007. – № 15. – С. 60 – 66.

References

1. **Ablaev, I. M.** Ten' i kraski rossijskoj ehkonomiki // EHKO. – 2005. – № 2. – S. 21.

2. **Aref'ev, P. V.**, Kondrat'eva E. V. Organizacionnye rezervy povysheniya proizvoditel'nosti truda na predpriyatiyah neftegazovoj otrasli // Vestnik nauki Sibiri. – 2015. – № 3 (18). – S. 124 – 132.

3. **Gerasimenko, O. A.**, Shevchuk E. S. Perspektivy razvitiya finansovogo potenciala na primere OAO “Apsheronsk-Lagonaki” // Molodezh' v nauke: Novye argumenty Sbornik dokladov II Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. – 2015. – S. 16 – 19.

4. **Efimova, O. V.**, Igol'nikov B. V. Formirovanie nomenklatury tipovyh poter' // EHkonomika zheleznyh dorog. – 2016. – № 1. – S. 11 – 19.

5. **Kazanskaya, L. F.** Rol' ehkonomiki kachestva v innovacionnom razvitii transportnoj organizacii // EHkonomika zheleznyh dorog. – 2017. – № 1. – S. 33 – 40.

6. **Kapelyuk, Z. A.**, Sipko L. A. Funkcionirovanie strukturnyh podrazdelenij potrebitel'skoj kooperacii na usloviyah vnutrennego hozrascheta. – Novosibirsk, 1998.

7. **Kuhar', V. S.** Ehkonomicheskaya ehffektivnost' vnedreniya integrirovannyh sistem menedzhmenta kachestva na predpriyatiyah malogo i srednego biznesa v zernovom proizvodstve Severnogo Kazahstana (na materialah Kostanajskoj oblasti): avtoref. dis. ... kand. ehkon. nauk. – Sankt-Peterburg, 2012. – 26 s.

8. **Maksimenko, A. A.**, Harskij K. V. Upravlencheskoe evangelie ot Konstantina i Aleksandra. – Moskva, 2012.

9. **Pizengol'c, V.** Upravlenie v obshchestvah s ogranichennoj otvetstvennost'yu // EHkonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. – 1993. – № 10. – S. 11.

10. **Frolov, E.** MES-sistemy: operativnyj funkcional'no-stoimostnoj analiz dlya nuzhd proizvodstvennogo predpriyatiya // General'nyj direktor: Upravlenie promyshlennym predpriyatiem. – 2008. – № 9. – S. 76.

11. **Shul'zhenko, S. N.**, Kievskij L. V., Volkov A. A. Sovershenstvovanie metodiki ocenki urovnya organizacionnoj podgotovki territorij sosredotochennogo stroitel'stva // Vestnik MGSU. – 2016. – № 3. – S. 135 – 143.

12. **Shcherbakov V. A.**, Generalova S. V. Formirovanie i kontrol' ispol'zovaniya proizvodstvenno-ehkonomicheskogo potenciala predpriyatiya // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-ehkonomicheskogo universiteta. – 2007. – № 15. – S. 60 – 66.

УДК 004.021

Горелов И. А., Немтинова Ю. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (84752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

ВИДОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ – ОСНОВА РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕРРИТОРИИ

Gorelov I. A., Nemtinova Yu. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (84752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

IMAGING OF URBAN BUILDINGS AS THE BASIS FOR DEVELOPMENT OF VIRTUAL MODELS OF THE TERRITORY

Аннотация. Приведены аргументы в пользу применения изображений участков больших и малых городов в виде аксонометрических проекций, отдано предпочтение «зенитной изометрии» как основы разработки виртуальной модели территории. Предлагаемый подход в выполнении видовых изображений проиллюстрирован примером поэтапного выполнения изображения центральной части города Тамбова, показывающим трансформацию первоначального видового источника в его компьютерное представление.
Ключевые слова: видовое изображение, городская застройка, виртуальная модель территории.

Abstract. In this paper, the authors argue in favor of implementation of imagery of cities and towns in the form of axonometric projections, giving preferences to “zenith isometry” as the basis for development of virtual models of the territory. The proposed approach is illustrated on the phased imaging of the central part of Tambov city showing transformation of an initial image source into its computer representation.
Keywords: specific image, urban development, virtual model of a territory.

Большое значение в процессе принятия решений по размещению объектов на территории муниципального образования имеет предварительный анализ застроечной ситуации по видовому изображению. В качестве последнего чаще всего применяют карты, на которых представлен план рассматриваемого участка. Бесспорно, такой подход в принятии решения об изменениях в застройке того или иного участка насчитывает в градостроительной практике сотни и даже тысячи лет. Именно такой процесс позволяет выявлять суть и все особенности рассматриваемого участка застройки и принять решения о его последующем изменении. С незапамятных времен человек научился сначала выполнять план местности, на которой предполагал произвести застройку, а потом видовое плановое изображение самого объекта застройки. Следующим шагом в этом процессе было совмещение полученных изображений. В результате древние зодчие, а позже те, кого стали называть градопроектировщиками, создали видовой документ, который со временем приобрел значение строительного плана. Последующие его разработки и совершенствования привели к появлению генерального плана. Именно этот видовой градостроительный документ, изготовленный с применением точного масшта-

бирования, приобрел самое большое значение в решении вопросов об изменениях в городской застройке.

Однако в широкой практической деятельности плановые проекции и схемы застройки местности понятны далеко не всем. Чаще всего человек, который не был в достаточной мере обучен пониманию и грамотному прочтению чертежей, не может в должной степени разобраться в них. Даже консультации, которые он получает при этом со стороны специалистов, далеко не всегда приносят желаемый результат. Это происходит по той причине, что большинство неподготовленных людей не обладают необходимым пространственным воображением, позволяющим перейти от изучения видового планового изображения объекта к его реальному представлению в пространстве. Такая проблема не нова, но в последние годы она стала заметно возрастать. В постсоветский период в городах и селах Российской Федерации появилось много индивидуальных застройщиков. В основном это люди, которые в силу своей профессиональной деятельности и полученного образования не в состоянии разобраться без помощи специалистов в строительных документах видового характера. С этой проблемой в последние годы все чаще сталкиваются архитекторы, занимающиеся вопросами проектирования индивидуальной застройки, и даже строители, которые от индивидуальных заказчиков получают претензии уже на стадии строительства. Последние, чаще всего, возникают из-за неправильного или неполного понимания планировочных документов самими заказчиками.

С другой стороны, в условиях современной гласности различные вопросы, связанные с градостроительством, получившие широкий размах в средствах массовых информаций, привлекают все большее количество людей. Дальнейшее развитие отдельных микрорайонов как жилых, так и промышленных зон, и городов в целом становится неотъемлемой заботой подавляющего числа горожан. И в этом вопросе среди многочисленных вариантов информационного характера приоритет остается за материалами изобразительных направлений. Среди них наиболее востребованными, конечно, являются всевозможные макеты, изучение которых не требует навыков абстрагирования и специальных знаний. Однако макеты и модели менее доступны из-за того, что демонстрация их возможна только на специально оборудованных для зрителей площадках. Большим спросом в связи с этим пользуются распространяемые массовыми печатными тиражами видовые плановые изображения участков существующих городских застроек или проектов, предлагаемых к реализации. В таком случае мы вновь возвращаемся к проблеме недостаточного понимания большинством людей информационных материалов видового характера в виде планов, карт и схем.

В истории известны многочисленные примеры попыток решения этой проблемы. В отечественной практике еще в начале XVII века применялись чертежи, которые больше напоминали рисунки, поскольку были выполнены без применения чертежных инструментов, изображавшие плановые проекции Москвы. На них древние зодчие стремились разными изобразительными приемами обогатить план, придать ему большую наглядность. Таковыми являются «годуновский» план Москвы или «Петров чертеж» (рис. 1), который охватывает территорию Москвы в пределах нынешнего Садового кольца [1]. Они больше напоминают не горизонтальные проекции, применяемые для построения планов, а некое подобие изометрических изображений. При этом город изображается как бы с высоты птичьего полета. Там использованы не только приемы

плановых проекций, кроме них на плане выполнены видовые изображения практически каждого элемента городской застройки. Каждый городской объект на этих планах можно рассмотреть, поскольку приводится его фасадное изображение. Такой способ представления плана большого участка застройки позволял любому горожанину опознать знакомые ему объекты и определиться с правильностью его представления о месте их нахождения на территории города.

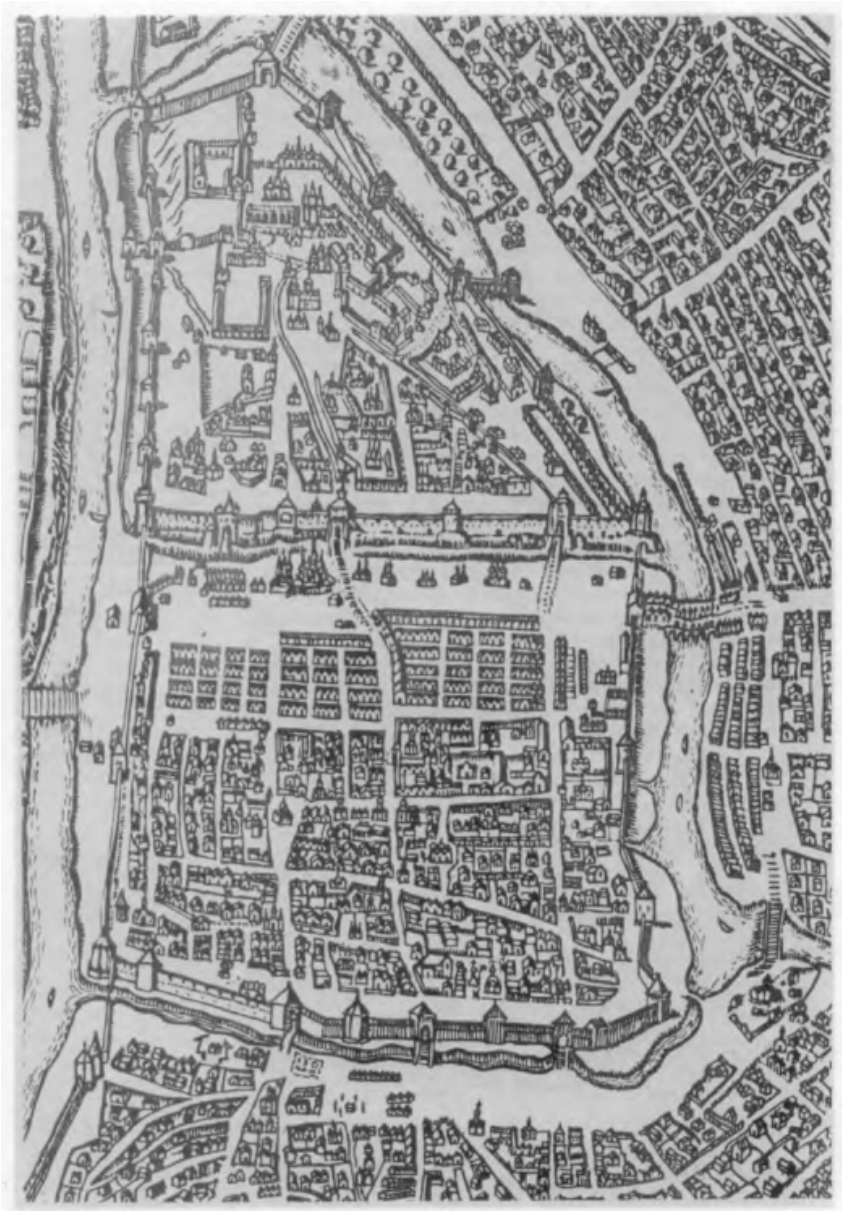


Рис. 1. Фрагмент изображения «Петрова чертежа»

Методика выполнения изображений городов и отдельных муниципальных образований внутри них, заложенная в вышеприведенных примерах, к середине XVIII века привела к созданию первых видовых документов, которые стали использоваться в магистратах и мэриях европейских городов. На них представлялись не только планы и фасадно-видовые изображения всех объектов застройки рассматриваемого участка, но и наносились названия улиц, проездов, площадей. Во многих таких документах рядом с

фасадным изображением здания приводилась фамилия владельца, лиц, проживающих вместе с ним, в некоторых случаях указывался налог, который владелец обязан был вносить в городскую казну. Конечно, подобные документы несли значительную информацию об участке городской застройки и были востребованы не только в целях ориентации на местности. Можно предположить, что именно эти видовые документы послужили основой для создания в дальнейшем такого направления в градостроительной деятельности, как кадастровая служба.

Краткий анализ приведенных в историческом контексте примеров видовых изображений больших участков городских и муниципальных образований позволяет перейти к рассмотрению возможных вариантов видовых градостроительных документов в современных условиях. На наш взгляд, наглядные изображения, применяемые на основе плановых проекций больших участков застройки, не утратили своей актуальности и в наши дни. Не оставляет сомнений утверждение в том, что такой способ изображения позволит в значительной степени разрешить ту проблему, о которой шла речь выше, связанную с непониманием и неумением многими людьми правильно читать чертежи планов участков городских территорий. Нельзя отрицать и то, что наглядное изображение в плановых проекциях городской застройки имеет несомненно большую информацию не только для широкого круга людей, но и для специалистов. Ведь трехмерное изображение объектов, расположенных на планах кварталов и микрорайонов, а в некоторых случаях и всего города, дает возможность правильно оценить пространственную ситуацию, а следовательно, и найти верный подход к решению задач композиционного моделирования городской застройки.

Компьютерные технологии при создании видовых изображений территории городской застройки. На сегодняшний день способы наглядного изображения отдельных городских кварталов и районов хорошо известны не только специалистам-проектировщикам, но и студентам, обучающимся по направлениям «Архитектура» и «Городское строительство». Как правило, они основаны на таких известных графических приемах, как построение чертежей в аксонометрическом и перспективном изображениях. Однако все эти способы в их конечном выражении сложны и трудоемки в случаях их использования традиционным «карандашным» вариантом. Избежать это негативное явление позволит применение методов современных компьютерных технологий. Широко известная в проектировании зданий и сооружений система Archicad ориентирована на использование аксонометрических изображений по предварительным плановым проекциям. Однако при всех достоинствах этой программы она не является оптимальной в подготовке чертежей больших участков застроек, поскольку предназначена, как правило, для разработок индивидуальных строительных объектов.

Тем не менее в современных компьютерных технологиях есть способы, которые позволяют выполнять видовые изображения больших участков градостроительной застройки. Для этого следует использовать такой класс программного обеспечения, как геоинформационные системы (ГИС). Эта система обеспечивает хранение и отображение в графической форме объектов, имеющих определенное положение на местности. Большинство современных ГИС снабжены аппаратом трехмерного моделирования. С их помощью можно выявить и детально рассмотреть все основные черты и особенности взаимодействия и взаимосвязей между отдельными объектами города.

Однако для успешной реализации ГИС, например, для того, чтобы ввести необходимую видовую информацию через ее цифровое кодирование, нужно чтобы эта информация была в виде первичного источника визуальных данных, т.е. мы приходим к тому, что и в этом случае должен быть чертеж плановой проекции городской застройки. В случаях, когда речь идет о предполагаемых изменениях на существующих участках застройки, можно в какой-то мере воспользоваться базой данных, ранее внесенных в программу, но при проектировании новых участков застройки таких данных нет. Кроме традиционного «карандашного» способа выполнения первоначального видового источника другие варианты в настоящее время отсутствуют. Такой первоначальный «карандашный» видовой источник требуется не только на этапе ввода информации в компьютерную программу, он буден в дальнейшем сопровождать все последующие операции, проводящиеся в автоматическом режиме, являясь для проектировщика своеобразной контрольной точкой сравнения, по которой он может поэтапно сверять полученные результаты.

Следовательно, любую работу по автоматизации выполнения видовых изображений в градостроительных разработках необходимо начинать с подготовки чертежа рассматриваемого участка, выполненного традиционным «карандашным» способом с применением чертежных инструментов. Конечно, этой работой должны заниматься специалисты-проектировщики. И в этом случае в очередной раз встает вопрос о том, как в оптимальном варианте подготовить первоначальный видовой источник (чертеж) большой территории городской застройки. Однозначный ответ на него возможен только после определения конкретного назначения видового источника.

В том случае, когда исследуется вопрос разработки нового большого участка городской застройки или реконструкции существующего участка, мы предлагаем использовать первоначальный видовой источник, выполнив его в горизонтальной косоугольной изометрической проекции. Теоретические обоснования такого подхода изложены в некоторых учебниках по курсу начертательной геометрии и архитектурно-строительного черчения [2]. В рамках проведенных предварительных исследований мы на основе теоретических положений пришли к некоторым рекомендациям в целях конкретного применения этого способа. В частности, такие работы были проведены для больших городских участков Тамбова. В целях получения наилучшего варианта видового изображения необходимо подготовить чертеж плана выбранного участка застройки и повернуть его на такой угол, который в последующем при выполнении аксонометрии позволит наилучшим образом представить все объекты, расположенные на этом участке. Здесь возможны различные подходы в зависимости от того, что принять в качестве основного параметра оптимизации изображения. Мы считаем, что главным в этом выборе должно быть стремление показать на аксонометрическом изображении как можно большую площадь фасадов всевозможных объектов, расположенных на рассматриваемой территории. Несомненно, изображение фасадов градостроительных объектов на аксонометрическом первоначальном источнике позволит любому человеку, изучающему такой чертеж, получить оптимальное видовое представление о характере и особенностях разрабатываемого участка застройки.

Однако до настоящего времени такой подход не нашел должного применения в проектной деятельности. В частности при решении градостроительных вопросов в городе Тамбове для проведения системного анализа и других видов проектных разрабо-

ток применяют обычные чертежи плановых горизонтальных проекций. Такая постановка дела не позволяет привлекать широкую общественность к дискуссиям и обсуждениям проблем городского строительства и развития города. Они остаются только уделом специалистов-проектировщиков. Мы не стремимся привлекать непрофессионалов к несвойственным им работам, а ведем речь только об оптимизации процессов широкого обсуждения вопросов городского строительства в тех случаях, где такие обсуждения необходимы.

Не смотря на явный недостаток внимания, тем не менее, использование горизонтальной косоугольной изометрической проекции (часто ее называют «зенитная изометрия») нашло апробацию в печатных средствах массовой информации. В частности, в Тамбове несколько лет назад были изданы справочники-путеводители по городу, в которых авторы применили иллюстрационный чертежный материал, выполненный в зенитной изометрии [3]. В настоящее время подготовлена полная карта всей территории города Тамбова в административных границах 2003 года, на которой все градостроительные объекты (жилые многоэтажные дома, производственные строения и пр., за исключением частного сектора) вычерчены в зенитной изометрии. На рисунке 2 представлен стандартный вариант (плановый чертеж) участка городской застройки в центральной части города Тамбова, а на рис. 3 тот же участок – выполненный в зенитной изометрии. Оба чертежа взяты из разработок авторов вышеупомянутого справочника-путеводителя по Тамбову. Результат сравнительного анализа в пользу большей информированности во втором варианте, выполненном в зенитной изометрии, – очевиден.

Используя современные программные среды, можно достичь уровня видового изображения участка городской застройки, максимально приближенного к реальности.

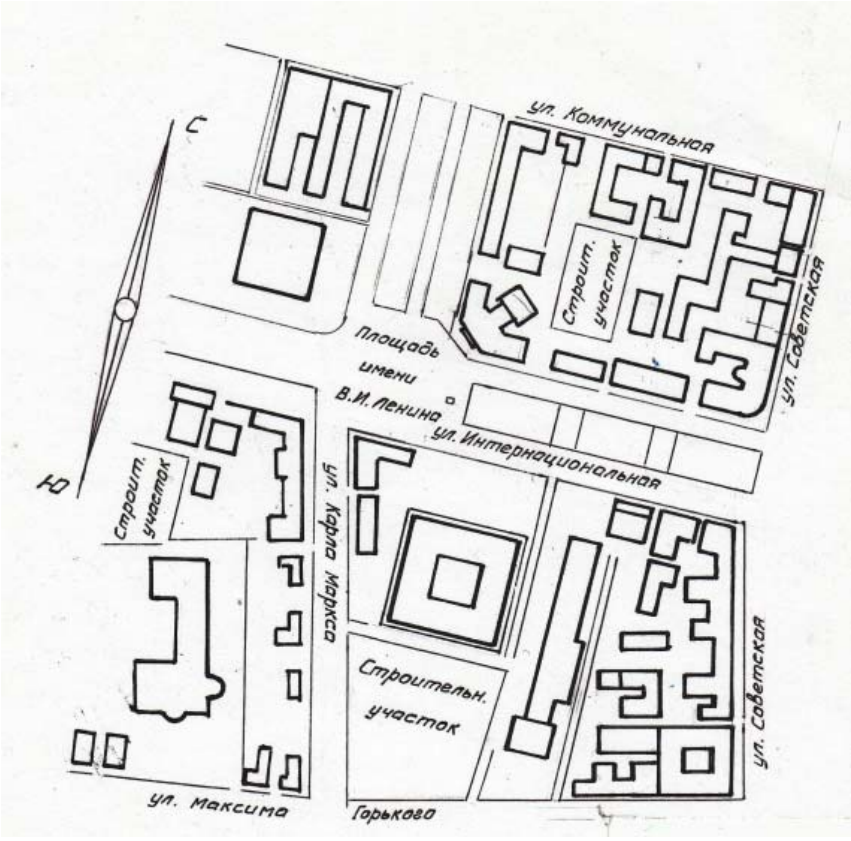


Рис. 2. Плановый чертеж участка

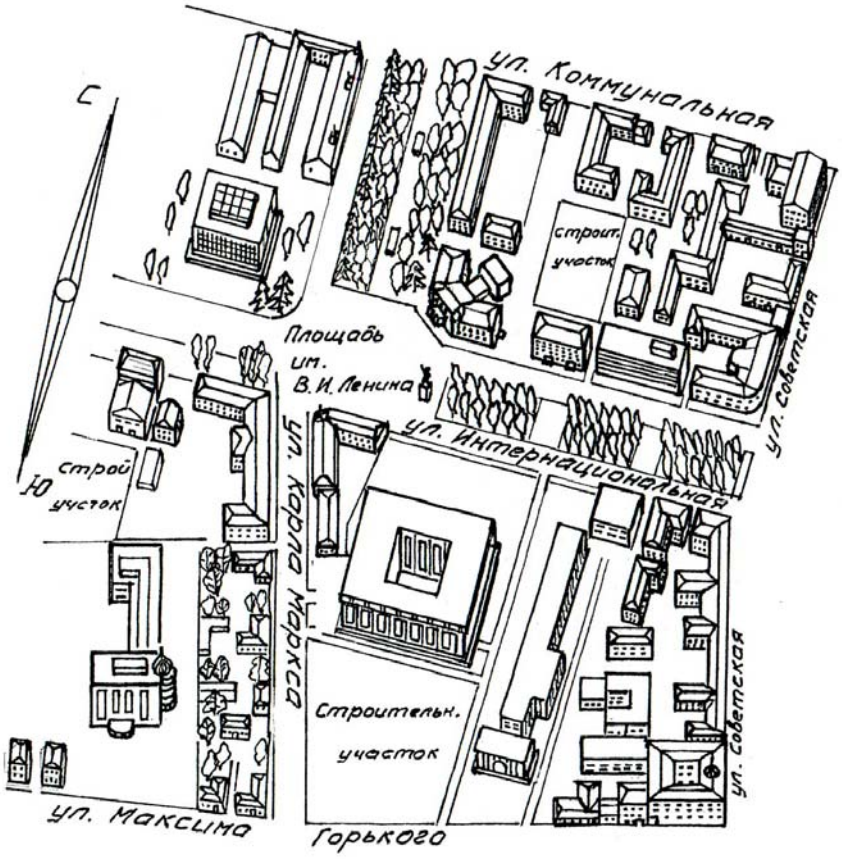


Рис. 3. Чертеж участка, выполненный в зенитной изометрии

В этом случае создается реалистичная виртуальная модель территории городской застройки.

Авторами, опираясь на результаты, приведенные в работах [4 – 14], предлагается следующая технология создания такой модели:

– этап № 1 – на основе «карандашного» чертежа (см. рис. 4) 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.

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. Однако эти вопросы лучше всего рассматривать на предварительной стадии разработки начального «карандашного» варианта, поскольку окончательный вариант предлагаемой виртуальной модели в большей мере соответствует привычному для человека перспективному изображению. В то же время именно заключительный вариант создания виртуальной модели (см. рис. 4) позволит найти правильные решения завершающих моментов проектирования градостроительного объекта. К таковым следует относить детальную проработку антуража, элементы второго плана, общий характер светотени.

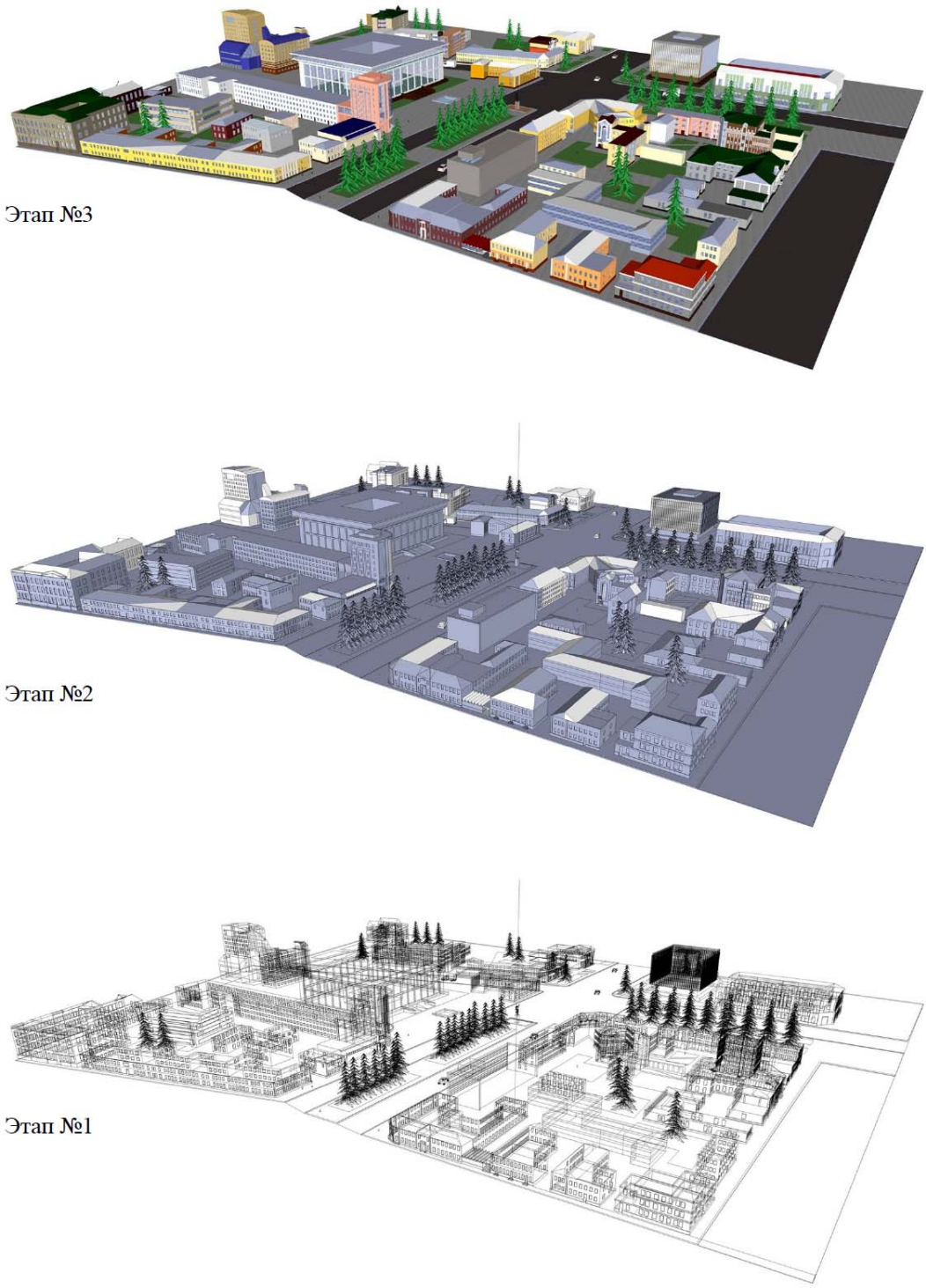


Рис. 4. Визуализация реализации этапов технологии создания виртуальной модели территории городской застройки

Заключение. Как показывает приобретенный нами опыт, предложенный подход к выбору путей создания первоначального видового источника с применением свойств и возможностей косоугольной изометрической проекции предпочтителен по сравнению с другими. В этом случае за счет применения зенитной изометрии проявляется значи-

тельно большая информативность, что и позволяет проще перейти в дальнейшем к автоматизированию видовой информации, необходимой для решения градостроительных вопросов. По сути дела, на всех стадиях разработки виртуальной модели в определенной мере последовательно отражаются стадии проектирования градостроительного объекта. При этом графические видовые изображения на отдельных стадиях создания виртуальной модели выступают в качестве основного аппарата решения соответствующих этим стадиям задач проектного характера. Бесспорным утверждением является то, что такой подход к рассмотрению вопросов проектирования градостроительных объектов должен проводиться с применением всех современных средств компьютерных технологий.

Список использованных источников

1. **Молева, Н. М.** Москва – столица. / Н. М. Молева. – М. : ОЛМА-ПРЕСС, 2003. – 97 с.

2. **Кузнецов, Н. С.** Начертательная геометрия : учебник для вузов / Н. С. Кузнецов. – М. : Высшая школа. – 1981. – 186 с.

3. **Горелов, А. А.** Тамбов. Справочник-путеводитель (западная часть) / А. А. Горелов, Ю. К. Щукин. – Тамбов, 2011. – 267 с.

4. **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.

5. **Технология** создания пространственных моделей территориально распределенных объектов с использованием геоинформационных систем / В. А. Немтинов, А. М. Манаенков, В. В. Морозов, К. В. Немтинов // Информационные технологии. – 2008. – № 8. – С. 23 – 25.

6. **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.

7. **Немтинов, В. А.** Методологические основы ретроспективного анализа объектов исторического и культурного наследия с использованием информационных технологий / В. А. Немтинов, А. А. Горелов // Клио. 2008. – № 1. – С. 3 – 8.

8. **Немтинов, В. А.** Моделирование объектов культурно-исторического наследия – основа клиометрических исследований / В. А. Немтинов, А. А. Горелов // Клио. – 2010. – № 4. – С. 3 – 7.

9. **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.

10. **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.

11. **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.

12. **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.

13. **Горелов, А. А.** Формирование исторического портрета города с использованием информационных технологий / А. А. Горелов, В. А. Немтинов // Вопросы истории. – 2018. – № 7. – С. 106 – 111.

14. **Virtual** reconstruction of industrial facilities of nobel brothers oil production association in tambov province of russia / V. A. Nemtinov, A. B. Borisenko, S. V. Trufilkin, Yu. V. Nemtinova, V. V. Morozov, A. A. Gorelov // В сборнике: Наука, технологии, общество и международное Нобелевское движение : материалы Нобелевского конгресса – 11-й Международной встречи-конференции лауреатов Нобелевских премий и нобелистов. Сер. «Труды МИНЦ» ; под ред. В. М. Тютюнника. – 2017. – С. 86 – 90.

References

1. **Moleva, N. M.** Moskva – stolica / N. M. Moleva. – M. : OLMA-PRESS», 2003. – 97 s.

2. **Kuznecov, N. S.** Nachertatel'naya geometriya: Uchebnik dlya vuzov / N. S. Kuznecov. – M. : Vysshaya shkola, 1981. – 186 c.

3. **Gorelov, A. A.** Tambov. Spravochnik-putevoditel' (zapadnaya chast') / A. A. Gorelov, Yu. K. Shchukin. – Tambov, 2011. – 267 s.

4. **Informacionnye** tekhnologii pri sozdanii prostranstvenno-vremennyh modelej ob"ektov kul'turno-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 : Izdatel'skij dom TGU im. G. R. Derzhavina, 2013. – 216 s.

5. **Tekhnologiya** sozdaniya prostranstvennyh modelej territorial'no raspredelennyh ob"ektov s ispol'zovaniem geoinformacionnyh sistem / V. A. Nemtinov, A. M. Manaenkov, V. V. Morozov, K. V. Nemtinov // Informacionnye tekhnologii. – 2008. – № 8. – S. 23 – 25.

6. **Prostranstvenno**-vremennaya model' ob"ekta kul'turno-istoricheskogo naslediya / V. A. Nemtinov, A. A. Gorelov, P. A. Ostrozhkov i dr. // Informacionnye tekhnologii. – 2010. – № 7. – S. 36 – 39.

7. **Nemtinov, V. A.** Metodologicheskie osnovy retrospektivnogo analiza ob"ektov istoricheskogo i kul'turnogo naslediya s ispol'zovaniem informacionnyh tekhnologij / V. A. Nemtinov, A. A. Gorelov // Klio. – 2008. – № 1. – S. 3 – 8.

8. **Nemtinov, V. A.** Modelirovanie ob"ektov kul'turno-istoricheskogo naslediya – osnova kliometricheskih issledovanij / V. A. Nemtinov, A. A. Gorelov // Klio. – 2010. – № 4. – S. 3 – 7.

9. **Informacionnyj** analiz ob"ektov kul'turnogo naslediya s ispol'zovaniem GIS-tekhnologij / V. A. Nemtinov, A. A.Gorelov, K. V. Nemtinov i dr. / Vestnik Tambov-

skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2005. – V. 11. – № 4. – S. 1001 – 1012.

10. **Nemtinov, V. A.** Virtual'noe modelirovanie ob"ektov kul'turno-istoricheskogo naslediya s ispol'zovaniem GIS-tekhnologij / V. A. Nemtinov, V. V. Morozov, A. M. Manaenkov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – V. 17, № 3. – S. 709 – 714.

11. **Retrospektivnyj** analiz gorodskogo uchastka istoricheskoj zastrojki s cel'yu postroeniya ego prostranstvenno-vremennoj modeli na primere sobornoj ploshchadi g. Tambova / V. A. Nemtinov, A. A. Gorelov, Yu. V. Nemtinova, P. A. Ostrozhkov / Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2011. – № 4. – S. 41 – 46.

12. **Gorelov, I. A.** Komp'yuternye tekhnologii pri reshenii voprosov razvitiya territorij gorodskih municipal'nyh obrazovanij / I. A. Gorelov, V. A. Nemtinov // Informacionnoe obshchestvo. – 2014. – № 1. – S. 49 – 54.

13. **Gorelov, A. A.** Formirovanie istoricheskogo portreta goroda s ispol'zovaniem informacionnyh tekhnologij / A. A. Gorelov, V. A. Nemtinov // Voprosy istorii. – 2018. – № 7. – S. 106 – 111.

14. **Virtual** reconstruction of industrial facilities of nobel brothers oil production association in tambov province of russia / V. A. Nemtinov, A. B. Borisenko, S. V. Trufilkin , Yu. V., Nemtinova, V. V. Morozov, A. A. Gorelov // V sbornike: Nauka, tekhnologii, obshchestvo i mezhdunarodnoe Nobelevskoe dvizhenie : materialy Nobelevskogo kongressa – 11 Mezhdunarodnoj vstrechi-konferencii laureatov Nobelevskih premij i nobelistov. Ser. «Trudy MINC» ; pod redakciej V. M. Tyutyunnika. – 2017. – S. 86 – 90.

УДК 624.5:004.946(470.56)

Божко С. С.,[1] Дырдина Е. В.,[2] Якунина М. С.[3]
Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург
[1](Тел. (83532)375391, e-mail: sofya.bozhko.1998@mail.ru),
[2](Тел. (83532)375391, e-mail: dyrdinaev@mail.osu.ru),
[3](Тел. (83532)375391, e-mail: mashcarala@mail.ru)

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВАНТОВОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ УРАЛ В ОРЕНБУРГЕ

Bozhko S. S.,[1] Dyrdina E. V.,[2] Yakunina M. S.[3]
Orenburg State University, Russia, Orenburg
[1](Tel. (83532)375391, e-mail: sofya.bozhko.1998@mail.ru),
[2](Tel. (83532)375391, e-mail: dyrdinaev@mail.osu.ru),
[3](Tel. (83532)375391, e-mail: mashcarala@mail.ru)

VIRTUAL MODEL OF THE VANTY BRIDGE THROUGH THE URAL RIVER IN ORENBURG

Аннотация. Описана история возведения Оренбургского пешеходного моста через реку Урал, создана его виртуальная модель в двух разных программах (3ds-Max и SkethUp) и проведен анализ принципиальных различий между программами.

Ключевые слова: трехмерная модель, вантовый мост через реку Урал, программы 3ds-Max и SkethUp.

Abstract. This article describes the history of the construction of the Orenburg pedestrian bridge across the Ural River, created its virtual model in two different programs (3ds-Max and SkethUp) and analyzed the fundamental differences between the programs.

Keywords: three-dimensional model, cable-stayed bridge across the Ural River, 3ds-Max and SkethUp programs.

Объектом исследования был выбран пешеходный мост через реку Урал в городе Оренбурге не случайно. Это значимый культурно-исторический объект городской среды, который связывает городскую набережную и самый большой парк города Оренбурга – «Зауральная роща». Мост находится в историческом центре города и является одной из его красивейших и выразительных архитектурных доминант. С конструктивной точки зрения пешеходный мост через Урал в Оренбурге – это классический вантовый мост, на примере которого можно изучать особенности зданий и сооружений, несущими элементами которых являются вантовые конструкции.

Выполнение проекта преследовало три основные задачи: 1) ознакомиться с историей создания моста, 2) изучить его архитектурные и конструктивные особенности, 3) освоить возможности компьютерных программ в области архитектурной визуализации. Все поставленные задачи были решены в процессе разработки трехмерной модели моста.

История Оренбургского моста. Самый первый мост в Оренбурге через реку Урал был построен в 1835 году. Тогда в проектировании и строительстве моста принимал

участие живший в то время в Оренбурге русский писатель *Владимир Даль*. Мост был деревянный и наплавной, поэтому его приходилось ставить каждый год заново по окончании весеннего паводка (рис. 1). Немногим позже наплавной мост заменили свайным, но он также оставался временным [1].

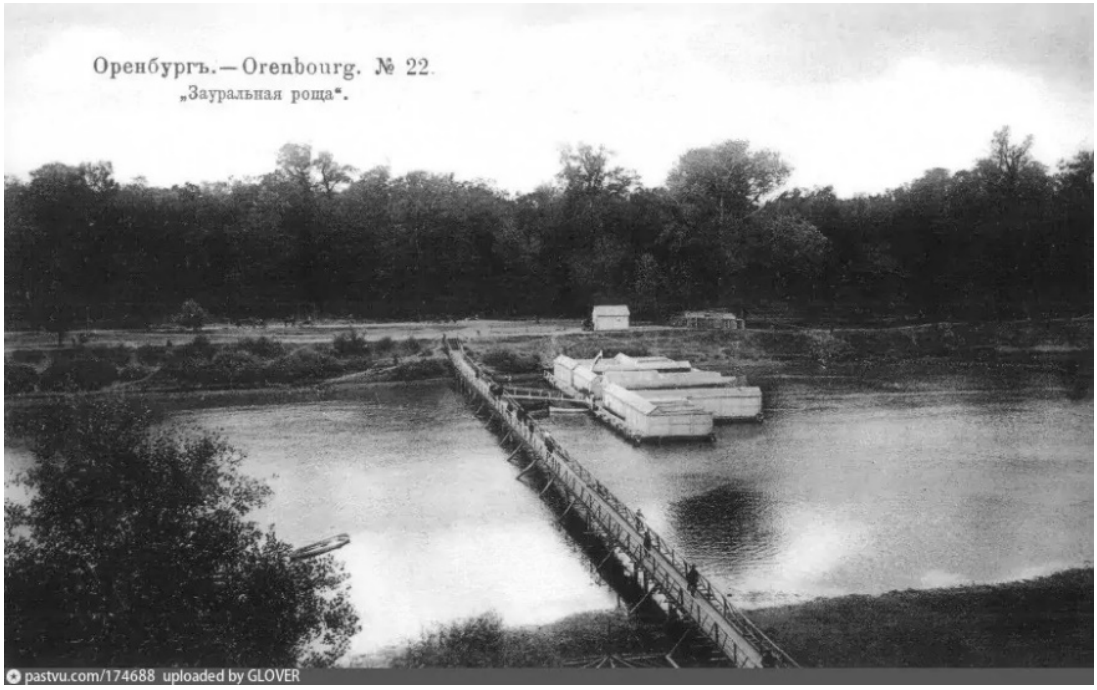


Рис. 1. Оренбургский мост 1890 – 1915 гг.

Рис. 2. Мост через Урал в Оренбурге. Автор фото: М. С. Якунина

Только в 1982 году в Оренбурге был построен современный мост через Урал. Пешеходный мост был сооружен по инициативе горсовета *Юрия Гаранькина* (рис. 2). Это металлический подвесной вантовый мост. Он возведен на двух опорах, от которых поднимаются по два высоких пилона, соединенных наверху в виде буквы «П». От каждого из пилонов отходят стальные тросы, поддерживающие мост. Длина моста составляет 220 м, а вес около 900 т. Интересно, что мост строили с двух сторон Урала. С южного берега строительство велось обычным способом поперек реки, а на северном берегу пролет моста выстроили вдоль берега, затем развернули, соединив с другой половиной.

В ночное время суток подвесной пешеходный мост и набережная освещаются многочисленными фонарями, делая одну из достопримечательностей нашего города Оренбурга особенно впечатляющей (рис. 3).

Рис. 3. Мост через Урал в ночное время. Автор фото: М. С. Якунина

Пешеходный мост через реку Урал является своеобразным символом города Оренбурга. На мосту установлена стела «*Европа-Азия*» (см. стела Европа-Азия), которая делит город на две соответствующие части (примерно посередине реки Урал). Со стороны европейской части города перед входом на набережную стоит памятник Чкалову, имеется смотровая площадка и канатная дорога, соединяющая два берега. Желающие могут вместо прогулки по мосту проехать на азиатскую часть по канатной дороге. На втором берегу реки Урал расположен парк «*Зауральная роща*» – одно из любимых мест отдыха горожан. В парке установлены летние кафетерии, расположен красивый сквер со скамейками, имеется прокат велосипедов и роликовых коньков.

Общая конструктивная схема моста. С конструктивной точки зрения пешеходный мост через Урал в Оренбурге – это классический вантовый мост.

Ва́нтовый мост – мост, основными несущими элементами пролетного строения которого являются прямолинейные растянутые гибкие ванты. В составе моста, кроме того, имеются балка или ферма жесткости, пилоны и анкерные опоры. Ванты выполняют в виде каната из стальных проволок с прочностью 2000…2500 МПа. Они поддерживают балку или ферму жесткости и передают усилия на пилоны. Ванты располагают в одной или двух вертикальных или наклонных плоскостях. Балки и фермы жесткости представляют собой работающие на изгиб, сжатие и кручение коробчатые конструкции, увеличивающие вертикальную жесткость моста. Их выполняют из стали или железобетона с обтекаемыми в воздушном потоке формами поперечного сечения. По балке жесткости устраивается проезжая часть. Пилоны моста (стальные или железобетонные) имеют разнообразные конструктивные формы и размещаются по длине моста вертикально или наклонно. Для фиксации положения верха пилона в пространстве его прикрепляют к анкерной опоре вантой-оттяжкой, что дополнительно повышает жесткость моста [2].

Вантовые мосты отлично вписываются в городскую застройку и природный ландшафт, перекрывая огромные пролеты от 300 до 1000 м для автомобильных и городских дорог. Крупнейший в мире вантовый мост Татара (Япония, 1999) с металлической балкой жесткости и двумя металлическими пилонами имеет длину балки жесткости 1480 м и расстояние между пилонами 890 м. Рекордные показатели для однопилонного моста имеет вантовый мост, построенный в Сургуте (Россия, 2002). Его балка жесткости с одной стороны заделана в устой, что позволило создать уникальный для однопилонных мостов пролет длиной 408 м при полной длине балки жесткости 588 м.

Габаритные размеры и конструктивная схема Оренбургского вантового моста подробно представлены в статье [3].

Эти характеристики были положены в основу виртуальных моделей авторов.

В качестве вант применены закрытые оцинкованные канаты диаметром 60 мм по ГОСТ 7676–73. Береговой и русловый пролеты удерживаются четырьмя вантами, закрепленными к каждому из пилонов. Верхние (длинные) ванты выполнены спаренными и расположены в двух параллельных плоскостях. Нижезакрепленные ванты расположены в плоскостях осей пилонов. Ванты крепятся к главным балкам по их оси, по обеим сторонам от стенки, с помощью сварных узлов, допускающих регулирование усилий и геометрии в системе.

Балка жесткости имеет высоту 1000 мм. Поперечное сечение балки жесткости представляет собой пару главных двутавровых балок (верховая и низовая), объединенных поперечными связями. Расстояние между осями главных балок – 7,0 м. Прохожая часть моста выполнена в виде металлической ортотропной плиты из листа толщиной 10 мм и продольных ребер из уголков 110×70×8 мм с шагом 350 мм. Поперечные связи – решетчатые конструкции, в которых роль верхнего пояса фермы играют сдвоенные швеллеры № 12, нижний пояс и раскосы состоят из уголков 80×80×8 мм.

Металлические пилоны выполнены в виде П-образных рам высотой 18,63 м. Стойки рам – сварные трубы 1220×12 мм, ригель пилона – труба 820×14 мм. Стойки пилонов жестко прикреплены к балке жесткости с помощью анкерных болтов.

На анкерных опорах № 1 и 4 по осям главных балок установлены подвижные опорные части типа «качающаяся стойка», на опоре № 2 – поперечно-подвижные, а на опо-

ре № 3 – всесторонне подвижные фторопластовые опорные части. На всех опорах по оси моста, по низу поперечных домкратных балок, установлены горизонтальные ветровые, стальные сварные опорные части индивидуального изготовления. Все опоры моста – железобетонные, массивные (рис. 4).

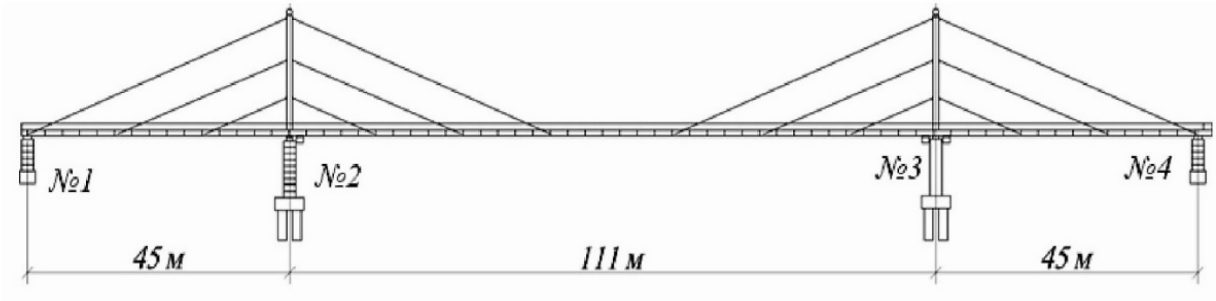


Рис. 4. Фасад пролетного строения

Универсальность такого типа мостов заключается в том, что на них можно изучать особенности зданий и сооружений, несущими элементами которых являются вантовые конструкции.

Архитектурная визуализация – это моделирование застройки в виртуальном пространстве, визуализация трехмерных моделей и 3D-презентации, в том числе в формате 3D-стерео. При разработке архитектурных и дизайнерских проектов компьютерное моделирование – одна из основных составляющих проекта, которая позволяет получить реальную и четкую картинку объекта как снаружи, так и внутри с любого ракурса.

3D-модель (или по-другому виртуальная модель) – это объемное цифровое изображение необходимого объекта, как реального, так и вымышленного.

3D-моделирование – это отличная возможность продемонстрировать внешний вид здания или сооружения, рассмотреть со всех сторон, добавить анимированные элементы, провести поэлементный разбор и ознакомление с конструкциями, продемонстрировать этапы технологии возведения.

Существует множество сфер, где применяется 3D-моделирование:

- разработка компьютерных игр;
- предварительная оценка технических свойств проектируемого изделия;
- подготовка образцов к 3D-печати;
- создание прототипов изделий;
- виртуальная реставрация социально значимых объектов [4].

По мнению авторов, интересным направлением использования является вставка 3D-моделей в такие ресурсы, как 2ГИС. Отсутствие моста на карте – это еще один из аргументов в пользу создания его модели.

2ГИС – Международная картографическая компания, выпускающая одноименные электронные справочники с картами городов.

В картах 2ГИС же используют виртуальные модели мостов для более точного и наглядного изображения достопримечательностей и социально значимых объектов.

Среди них:

- Русский и Золотой мосты во Владивостоке;
- Большой Обуховский, Лазаревский и Путепровод Александровской Фермы в Санкт-Петербурге;
- Живописный в Москве (рис. 5);
- Миллениум в Казани (рис. 6);
- Виноградовский в Красноярске;
- Кировский в Самаре;
- «Белый лебедь» в Азове.

«Вантовые мосты не просто соединяют берега, но и украшают городскую среду – они очень красивые с архитектурной точки зрения. Мы давно хотели нарисовать вантовые мосты крупных городов России в 3D. Тем более, что возможности нашей карты позволяют рассмотреть основные конструкции таких мостов – пилоны и ванты», – рассказала директор департамента производства 2ГИС Елена Толкачева.

Следует заметить, что для создания 3D-модели важно то, насколько детально нужно будет показать те или иные элементы. Необходимо ли досконально прорисовывать все составные части и структуру либо в ряде иллюстраций достаточно ограничиться

Рис. 5. Живописный мост в Москве на карте 2ГИС

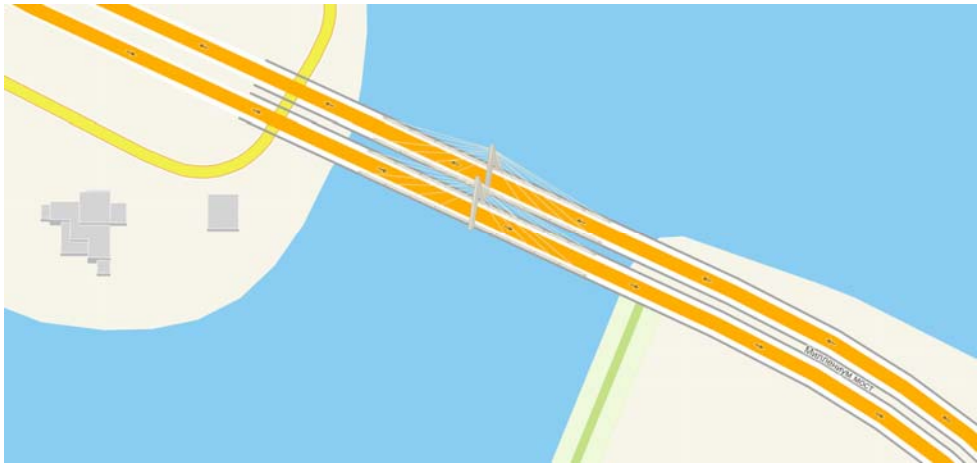


Рис. 6. Мост Миллениум в Казани на карте 2ГИС

общим, приблизительным изображением? Чем конкретнее поставлена задача, тем более качественной будет ее реализация, поэтому для правильной расстановки акцентов в будущих иллюстрациях важно точно указывать степень детализации каждой операции и части конструкции.

Далее в соответствии со всеми стадиями **технологического процесса** производится планирование проекта. Чаще всего это происходит в форме создания своеобразного сценария с раскадровкой: комплектом схематических рисунков, сделанных вручную, – так называемого сториборда (storyboard).

Какие программы осуществляют 3D-моделирование? Лидирующими в этой области являются коммерческие продукты: SketchUp, Autodesk 3ds Max, Revit, AutodeskMaya, AutodeskSoftimage, Blender и многие другие. Среди открытых продуктов, распространяемых свободно, числится пакет Blender, K-3D и Wings3D.

В рамках данного проекта изучались возможности SketchUpи Autodesk 3ds Max на примере построения трехмерной модели.

Модель моста, выполненная в SkethUp.

SketchUp – программа для моделирования относительно простых трехмерных объектов.

Возможности данной программы:

- поддержка создания моделей реальных предметов и зданий;
- указание реальных физических размеров в метрах или дюймах;
- режим осмотра модели «от первого лица» с управлением как в соответствующих 3D-играх;
- возможность устанавливать географически достоверные тени в соответствии с заданными широтой, долготой, временем суток и года;
- интеграция с GoogleEarth;
- возможность добавить в модель поверхность земли и регулировать ее форму – ландшафт.

Использование SketchUp совместно с Google Планета Земля.

Программа-ресурс GoogleEarth («виртуальный глобус») и упрощенный 3D-редактор SketchUp представляют собой составные компоненты единой семьи программных продуктов, так что пользователь может легко переносить информацию из одного пакета в другой.

Так, в частности, при моделировании копий архитектурных сооружений можно легко импортировать аэро- или спутниковую фотографию нужного здания, а также топографию местности из GoogleEarth, а затем «строить» виртуальное здание-модель на фундаменте, которым будет спутниковая фотография здания-прототипа.

А для того, чтобы увидеть только что созданную в программе SketchUp 3D-модель «в виртуальной жизни» на рельефе GoogleEarth, достаточно щелкнуть иконку на панели инструментов. Для обмена информацией между программами достаточно, чтобы обе они были установлены на компьютере пользователя [4].

Программа SkethUp ценится за простоту в использовании и возможность выбора любого строительного материала. А также за возможность выбрать 3D-формы из собственного хранилища от Гугл. Для презентаций эта программа также считается фаворитом среди всех графических редакторов.

Общий вид и фрагменты 3D-модели проиллюстрированы на рис. 7 – 11.

Рис. 7. Общий вид 3D-модели в SkethUp. Автор фото: М. С. Якунина

Рис. 8. Общий вид 3D-модели в SkethUp. Автор фото: М. С. Якунина

Рис. 9. Фрагмент 3D-модели вантового моста в SkethUp. Автор фото: М. С. Якунина

Рис. 10. Фрагмент 3D-модели вантового моста в SkethUp. Автор фото: М. С. Якунина

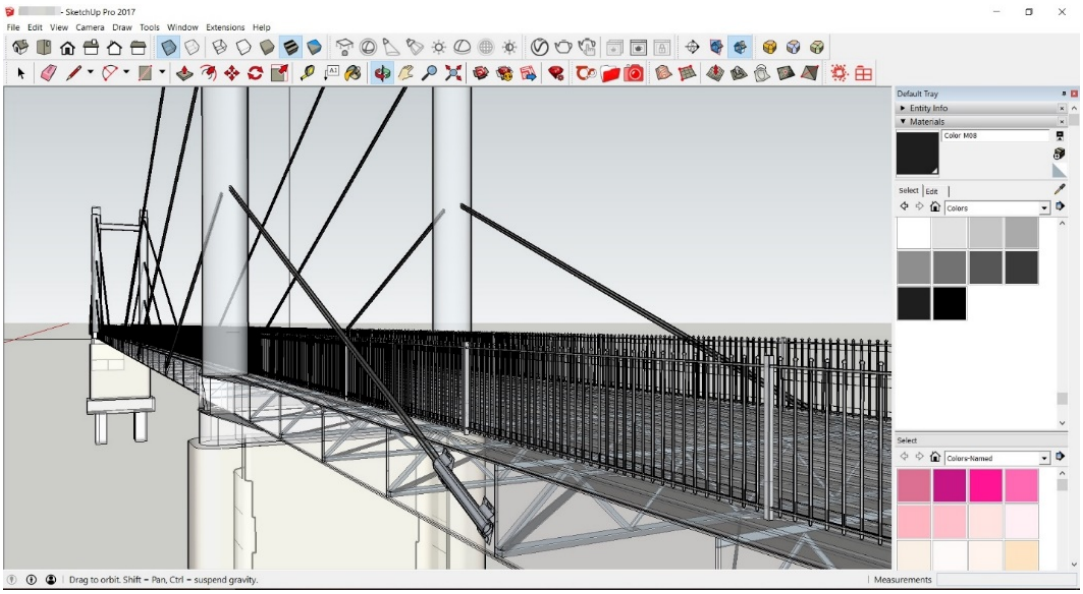


Рис. 11. Фрагмент 3D-модели в процессе работы в программе. Автор фото: М. С. Якунина

Модель моста, выполненная в 3ds-Max.

Трехмерное моделирование в сфере архитектуры является незаменимым на сегодняшний день. 3D-моделирование позволяет максимально подробно, с любой точки пространства рассмотреть строение и понять, что оно собой представляет.

В программе 3ds-Max есть большое количество инструментов, необходимых при моделировании самых разных архитектурных проектов – от заготовок дверей и окон разных форм до растительности, лестниц и мостов. Кроме того, в данном 3D-редакторе присутствуют средства для анализа и настройки освещенности трехмерного проекта. Также в программу был интегрирован фотореалистичный визуализатор, который дает возможность добиться высокой правдоподобности просчитываемого изображения.

Виртуальная модель позволяет рассмотреть как общий вид сооружения, так и его отдельные детали, например узлы крепления вант (рис. 12 – 15).

Рис. 12. Вид модели Оренбургского моста в 3D-max. Автор фото: С. С. Божко

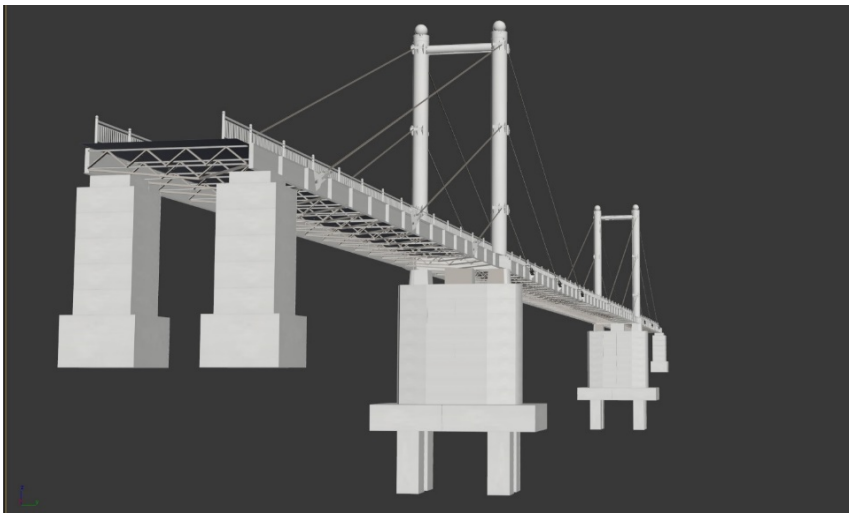


Рис. 13. Вид модели Оренбургского моста в 3D-max. Автор: С. С. Божко

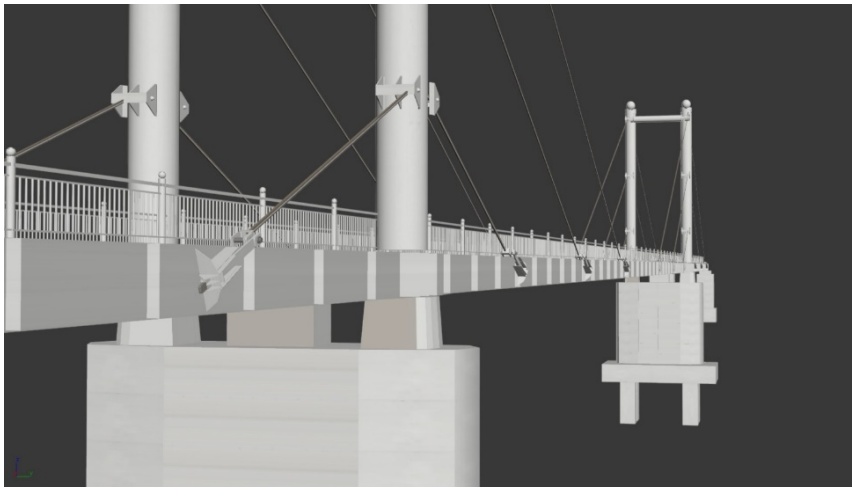


Рис. 14. Фрагмент 3D-модели Оренбургского моста в 3D-max. Автор фото: С. С. Божко

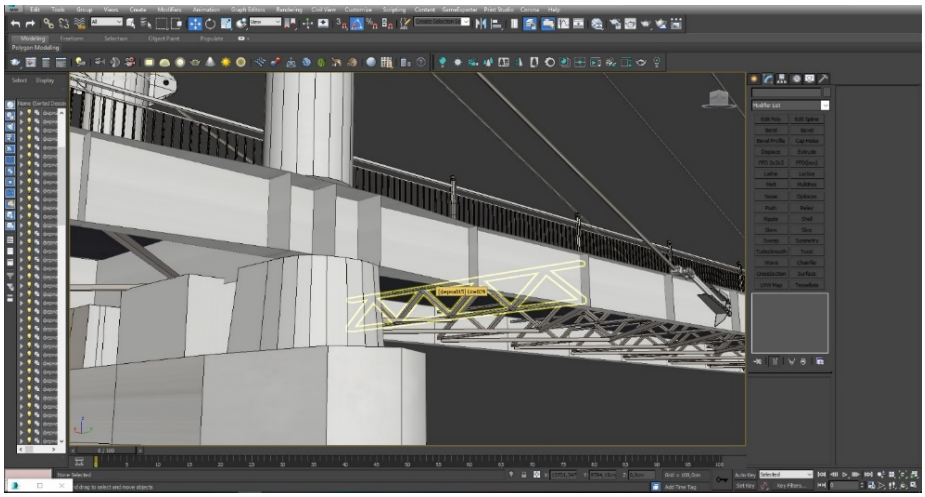


Рис. 15. Фрагмент 3D-модели в процессе работы в программе. Автор фото: С. С. Божко

Единственный недостаток программы Autodesk 3ds-Max – его сложность. Но он позволяет добиться исключительно высокого качества любого мелкого объекта.

Вывод. Виртуальная модель позволяет рассмотреть объект с любого ракурса. Можно увеличить и подробно рассмотреть любой его узел. Здесь важно упомянуть, что степень проработки деталей напрямую зависит от дальнейшей цели использования модели.

Трехмерная модель моста также позволит сравнить Оренбургский мост с другими вантовыми мостами, произвести анализ его конструкций, выполнить различные инженерные расчеты и много другое.

Работа над виртуальными моделями помогла повторить историю родного края, разобраться в конструкциях вантовых мостов и изучить работу двух 3D-программ.

Список использованных источников

1. **Официальный портал** г. Оренбурга. – URL : http://orenburg.ru/town/
2. **Большая российская энциклопедия.** – URL : https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/1899039
3. **Горелов, С. Н.** Результаты численных исследований вантового пешеходного моста через реку Урал / С. Н. Горелов, В. И. Жаданов, М. А. Аркаев // ВЕСТНИК ОГУ. – 2012. – № 9.
4. **Сайт** реставрации Оренбургской набережной. – URL : http://56stroyka.ru/rekonstruktsiya-naberezhnoy-reki-ural/
5. **URL :** http://info.2gis.ru/ufa/company/news/2gis-dobavil-na-kartu-3d-modeli-vantovyh-mostov
6. **Джон Элис.** Компьютерное проектирование для архитекторов / Джон Элис. – СПб. : Питер, 2013. – 209 с.
7. **Аббасов, И. Б.** Компьютерное моделирование в промышленном дизайне / И. Б. Аббасов. – М. : ДМК Пресс, 2013. – 192 с.
8. **Петелин, А. Ю.** 3D-моделирование в GoogleSketchUp – от простого к сложному. Самоучитель / А. Ю. Петелин. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 340 с.
9. **Кете Райнер.** Мосты / Кете Райнер. – М. : Изд-во : «Слово», 1996.

References

1. **Oficial'nyj portal g.** Orenburga. – URL : http://orenburg.ru/town/
2. **Bol'shaya rossijskaya ehnciklopediya.** – URL : https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/1899039
3. **Gorelov, S. N.** Rezul'taty chislennyh issledovanij vantovogo peshekhodnogo mosta cherez reku Ural / S. N. Gorelov, V. I. ZHadanov, M. A. Arkaev // VESTNIK OGU. – № 9. – 2012.
4. **Sajt** restavracii Orenburgskoj naberezhnoj. – URL : http://56stroyka.ru/rekonstruktsiya-naberezhnoy-reki-ural/
5. **URL :** http://info.2gis.ru/ufa/company/news/2gis-dobavil-na-kartu-3d-modeli-vantovyh-mostov
6. **Dzhon, EHlis.** Komp'yuternoe proektirovanie dlya arhitektorov. – SPb. : Piter, 2013. – 209 s.
7. **Abbasov, I. B.** Komp'yuternoe modelirovanie v promyshlennom dizajne. – M. : DMK Press, 2013. – 192 s.
8. **Petelin A. Yu.** 3D-modelirovanie v GoogleSketchUp – ot prostogo k slozhnomu. Samouchitel'. – M. : DMK Press, 2012. – 340 s.
9. **Kyote Rajner.** Mosty / Kyote Rajner. –M. : Izd-vo : «Slovo», 1996.

УДК 621.311

Хабибуллоев А. А.
Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан
(E-mail: zhas.rahimow@yandex.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Khabibulloev A. A.
Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan
(E-mail: zhas.rahimow@yandex.ru)

MODELING THE EFFICIENCY OF ELECTRIC CONSUMPTION MANAGEMENT METHODS

Аннотация. Рассмотрены механизмы моделирования управлением потреблением электрической энергии. Проведен сравнительный анализ, выделены основные проблемы и предложены пути их преодоления.

Ключевые слова: электропотребление, управление, моделирование, энергетика, модели управления.

Abstract. This article discusses the mechanisms of modeling the management of electrical energy consumption. The author conducted a comparative analysis, highlighted the main problems and suggested ways to overcome them.

Keywords: power consumption, control, modeling, energy, control models.

Рассматривая вопросы функционирования механизма, как общее управление потребления в энергетической отрасли, необходимо сосредоточиться на более общих направлениях исследования. Только тогда можно получить критерии выбора тех или иных показателей и рычагов влияния. Такой подход совершенствования системы механизма управления в энергетике требует целенаправленных действий подсистем управления для достижения результата с минимально возможным использованием трудовых, материальных, финансовых и других ресурсов и обеспечения уровня качества и надежности электроснабжения потребителей.

Следует отметить, что эффективное управление использования электрической энергии зависит от комплексного рассмотрения принципиальных вопросов: разработки и внедрения прогрессивной системы тарифов на электрическую энергию, которая стимулировала бы создание и использование потребителями экономии электрической нагрузки (потребителей регуляторов электрической энергии); создания моделей, методов и программного обеспечения для управления электрической нагрузкой потребителей и их электропотреблением; создания и обеспечения поставщиков и потребителей электроэнергии современными техническими средствами учета и управления электропотреблением; разработки и внедрения действенной нормативно-правовой базы управления использованием электрической энергии [4, 7]. Вопросы организации и проведения

эффективного комплексного управления рассматривались в работах Праховника А. В., Шидловского А. К., Ковалко М. П., Михайлова В. В., Находова В. Ф., Розена В. П., Калинчик В. П., Тарады В. И., Крикавского Е. В., Папкова Б. В., Дерзкого В. Г., Окорокова В. Р., Гордеева В. И., Головкина П. И., Новосельцева А. В. и др., в которых предлагались структурно-технологические, административно-правовые, экономические средства, составляющие надежности энергосистемы и методы определения нагрузки потребителей. Во многих исследованиях были попытки соединить данные подходы в комплекс с привлечением нескольких методов, но внедрение общей системы мер с учетом современного состояния энергетической отрасли и взаимоотношений поставщиков с потребителями, а также требования существующей и перспективной моделей энергетического рынка в достаточной мере не были исследованы.

Таким образом, современные рыночные преобразования в электроэнергетике требуют проведения работ по совершенствованию этих подходов и внедрения новых механизмов оптимального управления потреблением электроэнергии, основанных на маркетинговых подходах в условиях неопределенности [6].

Одной из составляющих задачи управления электропотреблением является решение задач по уменьшению неравномерности суточного графика нагрузки и увеличение его регулирующих возможностей, которая лежит в плоскости комплексного рассмотрения данной проблемы и в выполнении следующих мероприятий [1, 3, 5]:

– пересмотреть действующие тарифные коэффициенты для обеспечения экономического механизма привлечения (увеличение количества) потребителей к расчетам за электрическую энергию по тарифам, дифференцированным по периодам времени;

– ввести управления спросом потребителей на электрическую мощность и энергию путем дальнейшего развития системы тарифов, дифференцированных по периодам времени;

– увеличить объемы электропотребления в ночное время суток за счет переноса работы электротермического оборудования;

– организовать через средства массовой информации и информационно-консультативные центры электропередающих организаций популяризацию действующих тарифов;

– установить предельные величины потребления электрической мощности потребителям, поставка электроэнергии которым осуществляется поставщиками по регулируемому тарифу на общих основаниях, а не на заявленном потребителем уровне (необходимо внесение изменений в нормативно-правовые документы);

– электрораспределяющим организациям организовать работу с потребителями по разработке и внедрению ими постоянно действующих мероприятий по регулированию суточного графика электрической нагрузки.

Очевидно, что в случае снижения неравномерности спроса потребителей на электрическую мощность покрытие этого спроса и управления режимами производства электроэнергии упрощается, что приводит к повышению надежности и качества элек-

троснабжения, а также к повышению экономичности работы объединенной энергетической системы [4, 10].

Перечисленные мероприятия тесно коррелируются между собой и относятся к следующим методам управления электропотреблением: экономические, административные, коммуникативные. Осуществление эффективного управления спросом потребителей позволило бы достичь значительной экономии затрат на производство электроэнергии в нашей стране и как возможное направление инвестирования средств в разработку, усовершенствование и дальнейшее развитие методов для решения задачи управления электропотреблением.

В результате исследования предложено применять комплексный подход к проведению оценки, основанный на построении некоторой системы – S, включая множество методов, $M = \{m_1, m_2, m_3, ..., m_n\}$, для каждого метода m_i существует ряд соответствующих характеристик $T = \{t_{i1}, t_{i2}, …., t_{ij}\}$. Для оценки эффективности управления для каждого метода устанавливается определенный уровень t^s_i, который представляет собой пороговое значение целесообразности использования метода m_i (при условии $t_i - t^s_i > 0$ $i = [1, 2, …., j]$, где j – число характеристик метода). При этом следует учитывать, что оценка эффективности методов управления электропотреблением требует решения большого количества задач: выбор критериев, применение различных математических подходов при ограниченных статистических и экспериментальных данных, проведения оценки качественных и количественных параметров.

В соответствии с направлением исследования предложена общая структура комплексного управления электропотреблением, где отражены основные взаимодействия субъектов электроэнергетики, методы управления и использования математического аппарата для проведения дальнейшего моделирования и работы с данными.

Важными шагами на пути к внедрению комплексного управления электропотребления являются:

– формирование структурной модели реализации комплексного управления электропотребления и обеспечения действенного влияния каждой из составляющих модели на процесс управления [11];

– определение соответствующих индикаторов управления электропотреблением, основанных на использовании методов кластеризации и математической статистики для анализа показателей в разрезе регионов [9];

– формирование методов, позволяющих решать задачи поиска оптимальных решений при использовании комплексного управления электропотреблением в условиях неопределенности исходной информации и многокритериальности системы, которая обладает большим количеством альтернатив [8].

Поэтому в условиях реформирования рыночных отношений в энергетической отрасли нашей страны важным является обеспечение комплексного подхода к решению проблемы управления спросом на электрическую энергию на всех этапах энергетического производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии, как основной составляющей в обеспечении эффективного и надежного функционирования энергетики.

Список использованных источников

1. **Автоматизированная учебная лаборатория** «Электроника и схемотехника» / Е. Д. Баран, А. В. Кухто, И. О. Марченко, С. В. Черкашин // Ползуновский альманах. – 2007. – № 3. – С. 122 – 124.

2. **Бурков, А. Ф.** История электротехники до конца XIX века / А. Ф. Бурков. – Владивосток, 2006. – 153 с.

3. **Ильин, Р. А.** Эффективность использования эксергии топлива в котлах различного назначения / Р. А. Ильин, А. К. Ильин // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2006. – № 3. – С. 253 – 256.

4. **Капитонов, И. А.** Экономические критерии выбора перспективных направлений и объемов развития возобновляемой энергетики в России и в мире / И. А. Капитонов // Вестник экономической интеграции. – 2011. – № 9. – С. 89 – 93.

5. **Косарева, И. А.** Оптимизация режимов работы ТЭЦ при прохождении пиков и провалов электрической нагрузки / И. А. Косарева : дис. … канд. техн. наук. – М., 1984.

6. **Краснов, В. Г.** Перспективы использования микроГЭС / В. Г. Краснов // В сборнике: Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов. – 2014. – С. 109 – 113.

7. **Назарова, Ю. А.** Социально-экономические факторы развития отрасли возобновляемой энергетики в России / Ю. А. Назарова, С. А. Жильцов, Е. Ю. Голоулин // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – № 7 (101). – С. 14.

8. **Немова, Т. Н.** Вихревой механизм возбуждения электрической сварочной дуги / Т. Н. Немова, А. П. Степанов // Сварочное производство. – 2008. – № 6. – С. 20 – 24.

9. **Пат.** на полезную модель RUS 65651. Устройство для электромагнитного исследования дизельного топлива / В. М. Пащенко, В. И. Ванцов, А. В. Ванцов ; 17.07.2006.

10. **Саранин, В. А.** К задаче об электрической зарядке двух шаров при их соприкосновении / В. А. Саранин, О. Е. Данилов // Физическое образование в ВУЗах. – 2008. – Т. 14, № 4. – С. 20 – 25.

11. **Lukin, V. P.** Random image shifts during ranging in a turbulent atmosphere / V. P. Lukin, V. M. Sazanovich, S. M. Slobodyan // Radiophysics and Quantum Electronics. – 1980. – Т. 23, № 6. – С. 484 – 490.

References

1. **Avtomatizirovannaya uchebnaya laboratoriya** “Elektronika i skhemotekhnika” / Ye. D. Baran, A. V. Kukhto, I. O. Marchenko, S. V. Cherkashin // Polzunovskiy al'manakh. – 2007. – № 3. – S. 122 – 124.

2. **Burkov, A. F.** Istoriya elektrotekhniki do kontsa XIX veka / A. F. Burkov. – Vladivostok, 2006. – 153 s.

3. **Il'in, R A.** E ffektivnost' ispol'zovaniya eksergii topliva v kotlakh razlichnogo naznacheniya / R. A. Il'in, A. K. Il'in // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2006. – № 3. – S. 253 – 256.

4. **Kapitonov, I. A.** Ekonomicheskiye kriterii vybora perspektivnykh napravleniy i ob"yomov razvitiya vozobnovlyayemoy energetiki v Rossii i v mire / I. A. Kapitonov // Vestnik ekonomicheskoy integratsii. – 2011. – № 9. – S. 89 – 93.

5. **Kosareva, I. A.** Optimizatsiya rezhimov raboty TETS pri prokhozhdenii pikov i provalov elektricheskoy nagruzki / I. A. Kosareva // Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – M., 1984.

6. **Krasnov, V. G.** Perspektivy ispol'zovaniya mikro GES / V. G. Krasnov // V sbornike: Energosberezheniye i innovatsionnyye tekhnologii v toplivno-energeticheskom komplekse Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov, molodykh uchonykh i spetsialistov. – 2014. – S. 109 – 113.

7. **Sotsial'no-ekonomicheskiye faktory** razvitiya otrasli vozobnovlyayemoy energetiki v Rossii / Yu. A. Nazarova, S. A. Zhil'tsov, Ye. Yu. Goloulin // Upravleniye ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy zhurnal. – 2017. – № 7(101). – S. 14.

8. **Nemova, T. N.** Vikhpevoy mekhanizm vozbuzhdeniya elektpicheskoy svapochnoy dugi / T. N. Nemova, A. P. Stepanov // Svarochnoye proizvodstvo. – 2008. – № 6. – S. 20 – 24.

9. **Pat.** na poleznuyu model' RUS 65651 17.07.2006. Ustroystvo dlya elektromagnitnogo issledovaniya dizel'nogo topliva / V. M. Pashchenko, V. I. Vantsov, A. V. Vantsov.

10. **Saranin, V. A.** K zadache ob elektricheskoy zaryadke dvukh sharov pri ikh soprikosnovenii / V. A. Saranin, O. Ye. Danilov // Fizicheskoye obrazovaniye v VUZakh. – 2008. – V. 14, № 4. – S. 20 – 25.

11. **Lukin, V. P.** Random image shifts during ranging in a turbulent atmosphere / V. P. Lukin, V. M. Sazanovich, S. M. Slobodyan // Radiophysics and Quantum Electronics. – 1980. – V. 23, № 6. – C. 484 – 490.

УДК 004.946

Вехтева Н. А., Ильин И. В., Волков А. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (8908)2981042, e-mail: magicanloner@gmail.com)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПЕРСОНАЖЕЙ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Vekhteva N. A., Ilyin I. V., Volkov A. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Тел. (8908)2981042, e-mail: magicanloner@gmail.com)

MODELING HISTORICAL CHARACTERS FOR VIRTUAL REALITY

Аннотация. Исследованы особенности создания трехмерной графики для платформ с низкой вычислительной мощностью, а также разобраны основные этапы моделирования низкополигональной модели исторического персонажа.

Ключевые слова: виртуальная реальность, трехмерное моделирование, низкополигональные модели, высокополигональные модели, скульптурирование.

Abstract. The article investigates the features of creating three-dimensional graphics for platforms with low computing power, as well as the main stages of modeling the low-poly model of the historical character.

Keywords: virtual reality, three-dimensional modeling, low-poly models, high-poly models, sculpture.

Технологии виртуальной реальности нашли свое применение в многих областях: добыче полезных ископаемых, проектировании и дизайне, тренажерах и симуляторах, маркетинге и рекламе, военных технологиях, строительстве, индустрии развлечений [1 – 4]. Однако для визуализации виртуальных пространств требуется определенное техническое оборудование, комната или шлем, очки виртуальной реальности, проектирование и создание различных компьютерных макетов [5].

В данной статье рассматриваются особенности создания моделей для виртуальной реальности на примере 3D-моделирования персонажей в проекте реконструкции исторических событий, происходящих на территории Тамбовской области.

На первом этапе проектирования любой компьютерной модели необходимо выяснить, на каком оборудовании она будет функционировать. В рассматриваемом проекте в качестве основной платформы используется Samsung Gear VR, которая позволяет реализовать технологии виртуальной реальности на мобильных платформах. Следовательно, прототипы трехмерных моделей должны быть низкополигональными, то есть не занимать большого объема памяти и не требовать значительных вычислительных мощностей. Так, ограничение на один смоделированный объект составляет примерно 1500 плоскостей.

Далее необходимо выбрать конкретное программное обеспечение для создания моделей персонажа. Популярными являются такие программы, как Zbrush, 3Ds Max,

Maya, Blender3D, каждая из которых имеет свои особенности [2, 5, 6]. Выбор был сделан в пользу бесплатного редактора Blender3D, в котором возможно создавать, редактировать объекты на уровне полигональной сетки и параллельно в режиме скульптурирования.

Перед непосредственным построением модели тела персонажа осуществляется проектирование его образа, поиск нужных источников (фотографий, моделей, экспонатов и т.д.) [7]. Так, в проекте одним из жителей заданной местности в XVII веке является татарин и в качестве его прообраза было выбрано изображение, показанное на рис. 1.

Рис. 1. Прообраз модели персонажа

Изначально необходимо создать модель-шаблон человека для данной и последующих работ с персонажами. Человек изображается в стандартной Т-образной позе, которая значительно упрощает преобразование объекта. Также такая форма более удобна в дальнейшей настройке анимации героя (рис. 2).

Зачастую 3D-художники сперва создают проработанную модель персонажа без ограничений, а затем поверх формируют более простую с помощью наложения (обтекания) плоскостей друг с другом. Но так как для проекта предполагается сделать несколько героев, а также учитывая невысокую производительность мобильной платформы, изначально создается низкополигональная версия выбранного шаблона персонажа.

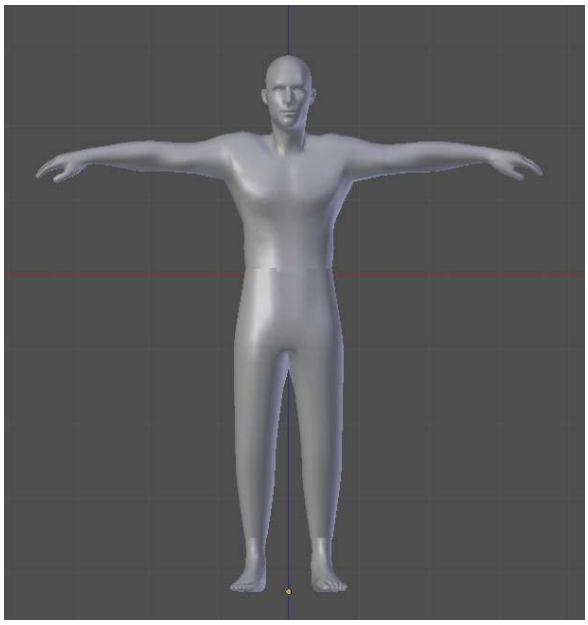


Рис. 2. Модель-шаблон персонажа

Учитывая то, что количество используемых плоскостей (полигонов) ограничено, детали персонажа, которые не будет видно, не моделируются. Так, были убраны участки рук под одеждой, уменьшена детализация головы под шлемом, полностью убраны ноги. Для удобства редактирования модель разделена на два объекта: одежда и тело. В итоге получаем низкополигональную модель персонажа (рис. 3).

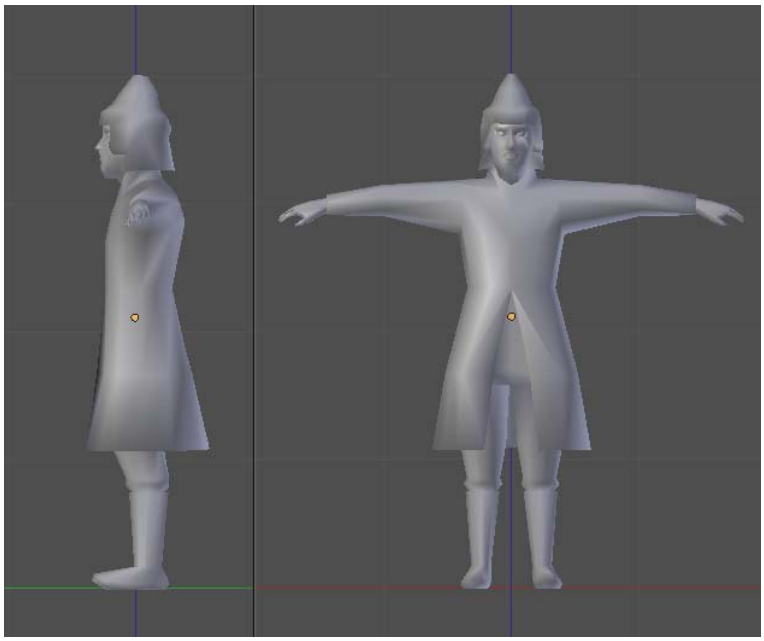


Рис. 3. Низкополигональная модель персонажа

Далее необходимо добавить цвета, различные детали, улучшить рельеф модели, для этого необходимо провести следующие операции: во-первых, создание UV-развертки (соответствие между координатами на поверхности трехмерного объекта (X, Y, Z) и координатами на текстуре (U, V)), чтобы в дальнейшем можно было выполнить наложение различных изображений, текстур. Элементы развертки, которые имеют симметричное отображение, продуктивнее расположить друг над другом, чтобы не прорисовывать их отдельно в дальнейшем (рис. 4); во-вторых, создание копий всех объектов для дальнейшей более подробной детализации.

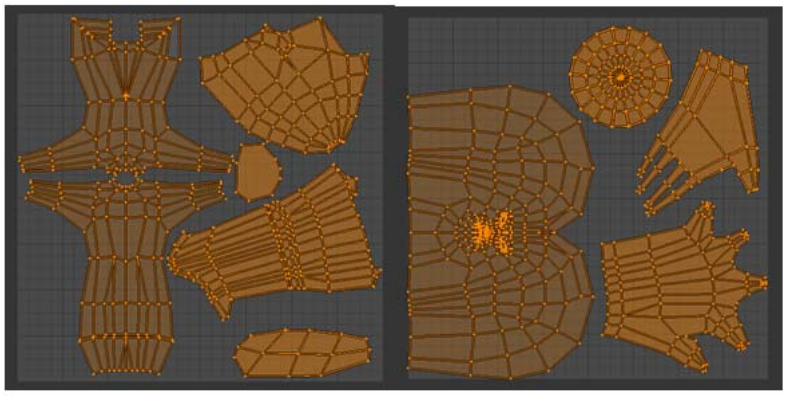


Рис. 4. Элементы развертки

Более сложная модель создается в режиме скульптурирования, где с помощью различных инструментов ПО добавляются элементы одежды: складки, пуговицы, пояс, декоративные накладки, а также улучшенная прорисовка тела персонажа (рис. 5). Полученная высокополигональная модель будет отображаться на низкополигональной за счет создания карты нормалей и карты света [1]. В Blender3D это производится с помощью отображения нормалей или отраженного света одного объекта на UV-развертку другого (рис. 6).

Рис. 5. Высокополигональная модель персонажа

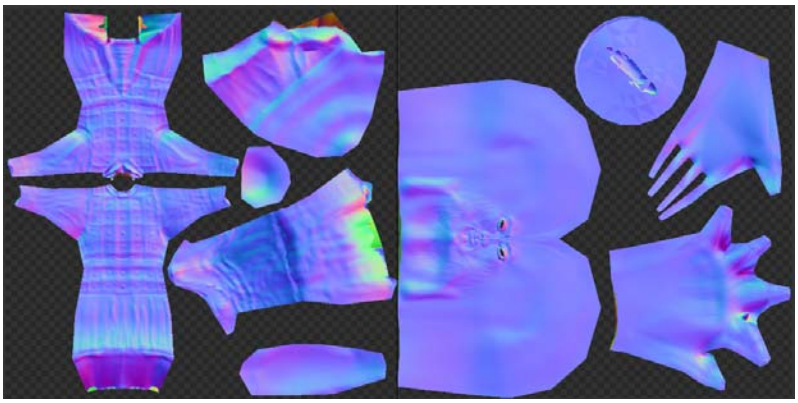


Рис. 6. Карта нормалей

Непосредственное моделирование персонажа на этом завершено. Дальше идут экспортирование готового прототипа в нужный формат и его покраска.

Работа выполнена на базе центра коллективного пользования «Цифровое машиностроение».

Список использованных источников

1. **Revolution** mapping with bump mapping support / A. Ragragui, A. O. Chahdi, A. Halli, K. Satori // Graphical Models. – 2018. – № 100. – С. 1 – 11.

2. **Разработка** адаптивных тренажерных систем профессионального назначения для моделирования процесса распространения пожаров // М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, А. Е. Архипов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3 (65). – С. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series : materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 327, № 2. – С. 022075.

4. **Автоматизированная** информационная система обучения персонала промышленных предприятий на основе виртуальных тренажерных комплексов / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов, А. А. Руднев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 11. – С. 86 – 94.

5. **Краснянский, М. Н.** Обучение операторов нефтехимических производств с применением компьютерных тренажеров / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2011. – № 11. – С. 50 – 56.

6. **Дедов, Д. Л.** Разработка программного и методического обеспечения виртуального тренажерного комплекса / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев, М. В. Ионов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2. – С. 60 – 65.

7. **Development** and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebov, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – С. 231 – 239.

References

1. **Revolution** mapping with bump mapping support / A. Ragragui, A. O. Chahdi, A. Halli, K. Satori // Graphical Models. – 2018. – № 100. – С. 1 – 11.

2. **Razrabotka** adaptivnyh trenazhernyh sistem professional'nogo naznacheniya dlya modelirovaniya processa rasprostraneniya pozharov // M. N. Krasnyanskij, D. L. Dedov, A. D. Obuhov, A. E. Arhipov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2017. – № 3 (65). – S. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327. – № 2. – S. 022075.

4. **Avtomatizirovannaya** informacionnaya sistema obucheniya personala promyshlennyh predpriyatij na osnove virtual'nyh trenazhernyh kompleksov /

M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov, A. A. Rudnev // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2013. – № 11. – S. 86 – 94.

5. **Krasnyanskij, M. N.** Obuchenie operatorov neftekhimicheskih proizvodstv s primeneniem komp'yuternyh / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov // Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti. – 2011. – № 11. – S. 50 – 56.

6. **Dedov, D. L.** Razrabotka programmnogo i metodicheskogo obespecheniya virtual'nogo trenazhernogo kompleksa / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskij, A. A. Rudnev, M. V. Ionov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 2. – S. 60 – 65.

7. Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebov, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – S. 231 – 239.

УДК 725:629

Ельчищева Т. Ф.,[1] Пудовкина А. В.[2]
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
[1](Тел. (84752)639373, e-mail: elschevat@mail.ru),
[2](Тел. (8902)7205983, e-mail: pudovkina_95@list.ru)

РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ЗДАНИЯ АВТОВОКЗАЛА С ПОКРЫТИЕМ «КРЕСТОВЫЙ СВОД»

Elchishcheva T. F.,[1] Pudovkina A. V.[2]
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
[1](Tel. (84752)639373, e-mail: elschevat@mail.ru),
[2](Tel. (8902)7205983, e-mail: pudovkina_95@list.ru)

DEVELOPMENT OF THE 3D MODEL OF BUS STATION BUILDING USING CROSS VAULT ROOFING

Аннотация. Работа посвящена одной из важных задач строительного комплекса – применению современных технологий 3D-моделирования для проектирования общественных зданий с большепролетными покрытиями, в частности, крестового свода. Рассмотрены основные виды покрытия, его практическая значимость и история применения в строительстве, статическая работа, требования, предъявляемые к покрытию, и используемые в его конструкции материалы. Приведена классификация крестовых сводов, определено место в сосуществовании крестового свода и современного архитектурного мира. Выявлено влияние покрытия в виде крестового свода на формирование современных тенденций в архитектуре и даны рекомендации применения результатов исследования для моделирования покрытия в виде крестового свода для современного здания автовокзала.

Ключевые слова: крестовый свод, строительный материал, классификация, требования, современное строительство.

Abstract. The paper is devoted to one of the important tasks of the building industry – application of modern 3D-modeling technologies to the design of public buildings with large-span shell, in particular, the cross vault. The main types of roofing, its practical significance and history of use in construction, static work, requirements for roofing and materials used in its construction are considered. The classification of the cross vaults is given; a place in the coexistence of the cross vault and the modern architectural world is defined. The influence of the roofing in the form of a cross vault on the formation of modern trends in architecture is revealed and recommendations on using the results of the study of modeling the cross-shaped roofing for a modern building of a bus station are given.

Keywords: cross vault, building material, classification, requirements, modern construction.

В течение ближайших пяти лет должен быть осуществлен переход строительной отрасли России на единую государственную цифровую платформу с внедрением информационного моделирования зданий (BIM) на всех этапах «жизненного цикла» объектов капитального строительства. В планах – с 2021 г. «начать перевод нормативно-технической документации в строительстве в цифровой (машиночитаемый) формат для создания и ведения фонда цифровых нормативно-технических документов в строительстве» [1]. В обновленную национальную программу «Цифровая экономика», общий

бюджет которой составит свыше 3,5 трлн руб., входит подпрограмма «Цифровое строительство». 19 июля текущего года вышло поручение Президента РФ главе Правительства под № Пр-1235 «О модернизации строительной отрасли и повышении качества строительства». Согласно этому документу система управления жизненным циклом объектов капитального строительства будет осуществляться путем внедрения BIM-технологий. Сформированный Федеральный проект «Цифровое строительство» позволит дать начало новой цифровой эры городов будущего, согласно проекту, при переходе на цифровое строительство финансовые и временные затраты при возведении объектов за счет бюджетов РФ всех уровней снизятся через пять лет не менее чем на 20%.

Применение BIM в последнее время массово было использовано для проектирования девяти большепролетных зданий стадионов для Чемпионата Мира 2018 г. В программе Autodesk Revit Международной компанией AECOM был запроектирован стадион «Открытие Арена» в Москве. Компанией «Проектный институт Арена» были запроектированы стадионы в Екатеринбурге, Самаре и Волгограде. Компания Sodis Lab создала BIM-модели и оборудовала системами мониторинга конструкций семь стадионов – в Екатеринбурге, Саранске, Самаре, Нижнем Новгороде, Калининграде, Москве (стадион «Лужники») и Сочи. Системы представляют собой сеть датчиков, контролирующих техническое состояние объекта в онлайн-режиме, и программное обеспечение для оборудования, установленного на здании, что по сути является системой «Интернета вещей» для объектов строительства.

Применение большепролетных конструкций позволяет оптимально использовать несущие свойства строительных материалов и получить за счет этого легкие и экономичные покрытия. Уменьшение массы конструкций и сооружений является одной из основных задач строительства как с экономической, так и с экологической точек зрения. Уменьшение массы конструкции дает уменьшение объемов строительных материалов, в том числе добычи, переработки, транспортировки и монтажа, а впоследствии – переработки либо вторичного использования, а также снижение на каждой из этих стадий энергопотребления. Поэтому обоснован интерес, возникающий у строителей и архитекторов к новым типам перспективных конструкций, особенно большепролетных покрытий.

Работа посвящена исследованию возможности применения традиционного крестового свода для покрытия современного общественного здания. Крестовый свод образуется при пересечении под прямым углом двух сводов одинаковой высоты цилиндрической или коробовой формы. Свод применялся для перекрытия квадратных или прямоугольных в плане помещений. Опирание свода может осуществляться на опоры, стоящие по углам, что позволяет только на них сосредоточить давление от свода.

Своды использовались ранее для перекрытия больших пространств религиозных [2] и общественных зданий. В 1108 году была построена надвратная церковь Киево-Печерской Лавры, в 1045 – 1050 гг. – Софийский собор в Великом Новгороде, в 1160 г. – Успенский собор г. Владимира-Волынского [3], в 532 – 537 гг. – Софийской собор Константинополя, в 590 – 604 гг. – Грузинский монастырь Джвари (монастырь Святого Креста) в Мцхете и т.д.

Для крестово-купольного типа, который применяется при возведении храмов, конструктивной основой является трех- или пятипролетная стоечно-арочная система. Подпружные арки, опирающиеся на наружные стены и центральные столбы, служат основанием для цилиндрических сводов, которые составляют крест, и угловых ячеек. Центральный

световой барабан стоит на центральных подпружных арках, которые делят в плане сводчатую систему покрытия на отдельные модули и создают встречные распоры. Основными элементами жесткости являются центральные столбы, части стен, арочные перемычки, перекрытия хор, объединенные в диафрагмы, и пространственные угловые ячейки [4].

Применение свода имеет ряд преимуществ: дает возможность наиболее полно использовать строительный объем, свод может применяться, где необходимо наименьшее количество внутренних опор; строительство с использованием свода менее материалоемкое; свод имеет большую несущую способность.

Крестовый свод состоит из несущих конструкций, воспринимающих передаваемые нагрузки от вышележащих элементов, и ограждающей части, защищающей от внешних воздействий.

К крестовому покрытию предъявляются следующие основные требования. Конструкция покрытия должна обеспечивать восприятие постоянной нагрузки (от собственного веса), а также временных нагрузок (от снега, ветра и нагрузок, возникающих при эксплуатации покрытия). Ограждающая часть покрытия (кровля), служащая для отвода и защиты здания от атмосферных осадков, должна быть водонепроницаемой, влагоустойчивой, стойкой против воздействия агрессивных химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе и выпадающих в виде осадков (дождя, снега и т.д.) или аэрозоля на покрытие; защищать от солнечной радиации и мороза, т.е. от потерь теплоты в зимнее время и перегрева в летнее; не подвергаться короблению, растрескиванию и расплавлению. Конструкция покрытия должна иметь степень долговечности в соответствии с классом здания, обладать экономичностью устройства и обеспечивать минимальные эксплуатационные расходы. При устройстве покрытий применяются индустриальные методы, что снижает трудозатраты на строительной площадке и способствует повышению качества строительно-монтажных работ [5].

Материалы, которые используются в конструкциях: бетон, железобетон, кирпич, дерево, стекло, полимерные материалы. Кирпичные своды выкладываются по опалубке из кирпича, опирающейся на кружала и стены. При бетонировании могут применяться торкрет-бетоны. Сущность такого метода в том, что мелкозернистая бетонная смесь подается снизу под давлением сжатого воздуха к месту заливки – по двум слоям металлической сетки, уложенным по сварной металлической конструкции свода [6].

Простые сооружения сводов могут быть выполнены из стержневых конструкций, которые создаются из достаточно легких элементов, и сборные своды-структуры пролетом до 50 м могут собираться бригадой рабочих без использования строительного крана.

Применение металлического каркаса с обшивкой способствует уменьшению веса и делает монтаж конструкции более удобным, повышая ее индустриальность и сборность. Необходимые элементы изготавливаются на предприятиях по производству металлоконструкций, их собирают на стройплощадке и обшивают на земле, затем устанавливают краном в проектное положение.

При использовании для сводов деревянных конструкций они должны быть защищены от воздействия влаги, огня и вредителей [7].

Классификация крестовых сводов по форме сечения производится двух видов. По первой: «вдоль образующей», сводчатые покрытия делятся на цилиндрические, с прямолинейной образующей верхней поверхностью и полуцилиндрические. По второй:

«по поперечному сечению», своды могут быть в виде прямоугольника, треугольника, трапеции [8].

В продолжение исследования темы «крестовый свод» был разработан проект современного большепролетного общественного здания «Автовокзал» с учетом особенностей конструкции покрытия и подобраны строительные материалы. Дизайн внешнего облика здания разработан с учетом современного подхода. Проект выполнен с учетом требований к проектированию, приведенных в нормативных документах, с применением 3D-моделирования и визуализации проекта в среде ArchiCAD (рис. 1, 2).

Рис. 1. 3D-модель здания автовокзала с разных ракурсов

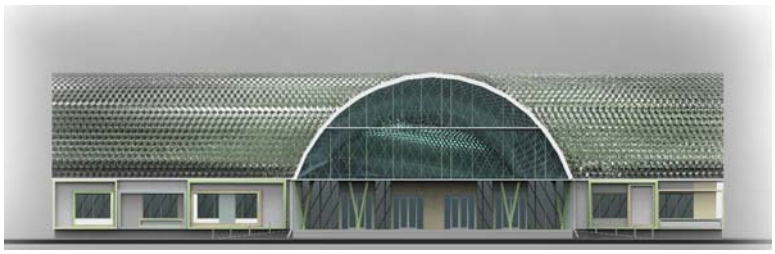


Рис. 2. Главный фасад здания автовокзала

Основные функциональные требования, предъявляемые к такому типу зданий, – это обеспечение комфортных и безопасных условий для пассажиров в процессе ожидания транспорта непосредственно в здании вокзала и на автотранспортных платформах, а также для быстрой и удобной покупки билетов и благоприятной работы персонала.

Для обеспечения удобства пользования, эксплуатации и обслуживания автовокзала необходимо предусматривать, чтобы пути движения персонала, обслуживающего вокзал, и пассажиров не пересекались. Также не допускается пересечение людских потоков, движущихся в различных направлениях, во входах, подъездах, выездах, парковках для пассажиров и персонала, на хозяйственных площадках здания и платформах отправления рейсового автотранспорта.

Запроектированное здание автовокзала одноэтажное, в плане имеет форму креста. Входная группа организована посредством устройства главного входа, который осуще-

ствляется через тамбуры, и имеет четыре входные двери. Тамбуры открываются в зал ожидания, который является главной распределительной точкой всего здания: в него входят пассажиры, люди, которые хотят приобрести или сдать билет. Из зала ожидания предусмотрены два выхода на летнюю площадку, имеющиеся в административной зоне и в открытой зоне для посетителей. Эти выходы также выполняют роль эвакуационных. На перрон выход пассажиров производится через три двери, которые открываются в тамбур, а затем на улицу. Доступ в автовокзал маломобильных групп населения осуществляется посредством устройства пандусов по обеим сторонам от каждого входа в здание. Пандусы имеют поручни, располагающиеся в двух уровнях с учетом удобства пользования человеком, сидящим в инвалидной коляске, и его помощником.

Автовокзал разделен на различные функциональные блоки помещений, которые органично связаны меду собой. Площади помещений, входящих в блоки, определялись по удельной нормируемой площади на одного человека с учетом численности пассажиров или персонала, находящихся в данном помещении. Это ниже перечисленные блоки:

– административный блок, в который входят следующие помещения: кассы – по 5,6 м^2; главная касса – 10,2 м^2; дежурный по вокзалу – 15,0 м^2; начальник автовокзала – 29,0 м^2; старший кассир – 29,0 м^2; помещение персонала – 22,5 м^2; санузел для администрации – 26,0 м^2; подсобное помещение – 16,5 м^2;

– хозяйственный блок, в котором находятся помещения персонала, обслуживающего автобусный парк, а также помещения хозяйственного назначения: помещение для водителей – 32,0 м^2; помещение для контролеров – 16,2 м^2; электрощитовая – 12,0 м^2;

– информационно-обслуживающий блок, в него входят помещения: узел связи – 28,3 м^2; диспетчерская – 44,5 м^2; операционный зал – 152,0 м^2;

– медицинский блок, предназначенный для оказания скорой медицинской помощи, в него входят медпункт – 27,7 м^2 и санузел – 12,0 м^2;

– блок для посетителей, служит для размещения помещений, которые являются главными связующими всего здания: зал ожидания для пассажиров – 152,0 м^2; тамбур – 58,0 м^2; пост охраны – 27,7 м^2; кафе – 87,3 м^2; подсобное помещение кафе – 52,8 м^2; санузел для пассажиров – 68,3 м^2; помещение для пассажиров с детьми – 44,0 м^2 и санузел – 12,0 м^2.

По расположению в плане административный, хозяйственный и информационно-обслуживающий блоки находятся на горизонтальной оси креста плана здания, а блок для посетителей – на вертикальной оси.

Применение сводов в современном строительстве относится к перспективному направлению развития большепролетных конструкций, позволяющему решать сложные технические и художественные задачи с максимальным использованием внутреннего пространства здания. Применяемая конструкция покрытия позволяет создать эстетичный вид, повысить привлекательность здания изнутри и снаружи для жителей и гостей города, а также обслуживающего персонала. Подобные здания улучшают видеоэкологическую ситуацию района застройки и городского пространства в целом.

Список использованных источников

1. **Планы** внедрения цифровой экономики в строительной отрасли // Строительный Эксперт [Электронный ресурс]. – URL : https://ardexpert.ru/article/13846 (дата обращения: 28.09.2018).

2. **Своды** и их декор [Электронный ресурс]. – URL : http://gdde.ru/A116.php (дата обращения: 28.09.2018).

3. **Новый сайт.** Крестово-купольный храм. Схема [Электронный ресурс]. – URL : http://eightnsvn.appspot.com/krestovo-kupolnyy-hram-shema.html (дата обращения: 28.09.2018).

4. **Крестово**-купольный храм [Электронный ресурс]. – URL : http://www.regent-decor.ru/lib/glossary/k/Greektemple.html (дата обращения: 28.09.2018).

5. **Гохарь-Хармандарян, И. Г.** Большепролетные купольные здания / И. Г. Гохарь-Хармандарян. – М. : Стройиздат, 1972. – 150 с.

6. **Своды** из монолитной кладки [Электронный ресурс]. – URL : http://simposium.ru/ru/node/12533 (дата обращения: 28.09.2018).

7. **Лопатто, А. Э.** Пролеты, материалы, конструкции / А. Э. Лопатто. – М. : Стройиздат, 1982. – 197 с.

8. **Образцов, А.** Универсальная конструкция покрытий больших пролетов / А. Образцов, Н. Дыховичный // Архитектура СССР. – 1960. – № 9. – С. 20–21.

References

1. **Plans** for the introduction of the digital economy in the construction industry // Building Expert [Electronic resource]. – URL: https://ardexpert.ru/article/13846 (reference date: 28.09.2018).

2. **Vaults** and their decor [Electronic resource]. – URL : http://gdde.ru/A116.php (the date of transmission: 28.09.2018).

3. **New website.** Cross-domed church. Scheme [Electronic resource]. – URL : http://eightnsvn.appspot.com/krestovo-kupolnyy-hram-shema.html (date of circulation: 28.09.2018).

4. **The cross-domed** church [Electronic resource]. – URL : http://www.regent-decor.ru/lib/glossary/k/Greektemple.html (reference date: 28.09.2018).

5. **Gohar-Harmandaryan, I. G.** Large-span domed buildings [Text] / I. G. Gohar-Harmandaryan. – M., Stroyizdat, 1972. – 150 p.

6. **Vaults** from a monolithic masonry [Electronic resource]. – URL : http://simposium.ru/en/node/12533 (reference date: 28.09.2018).

7. **Lopatto, A. E.** Spans, materials, structures [Text] / A. E. Lopatto. – M. : Stroiizdat, 1982. – 197 p.

8. **Obraztsov, A.**, Dykhovichny N. Universal construction of coatings of large spans // Architecture of the USSR. – 1960. – № 9. – S. 20–21.

УДК 692:698

Ельчищева Т. Ф.,[1] Конина П. А.,[2] Палкина Ю. И.[3]
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
[1](Тел. (84752)639373, e-mail: elschevat@mail.ru),
[2](Тел. (8953)7273024, e-mail: koninapa@gmail.com),
[3](Тел. (8915)8784568, e-mail: Yuisn95@mail.ru)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ 2-КОМНАТНОЙ КВАРТИРЫ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ ДЛЯ НУЖД ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Elchishcheva T. F.,[1] Konina P. A.,[2] Palkina Yu. I.[3]
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
[1](Tel. (84752)639373, e-mail: elschevat@mail.ru),
[2](Tel. (8953)7273024, e-mail: koninapa@gmail.com),
[3](Tel. (8915)8784568, e-mail: Yuisn95@mail.ru)

VISUALIZATION OF A 2-ROOM APARTMENT WITH ADAPTATION TO THE NEEDS OF DISABLED PEOPLE

Аннотация. Статья посвящается использованию технологий 3D-моделирования для проектирования визуализации интерьера квартиры в жилом доме средней этажности с приспособлением для проживания людей с ограниченными физическими возможностями. Произведена оценка числа квартир, которые необходимо переоборудовать для нужд маломобильных групп населения в г. Котовске Тамбовской области. Определены места расположения жилых зданий, предпочтительных для переоборудования, с учетом проектного плана города, его функционального зонирования и расположения транспортной инфраструктуры. Рассмотрены основные задачи и требования нормативных документов к проектированию интерьера для нужд указанной группы людей. Результаты исследования получили практическое применение для моделирования интерьеров двухкомнатной квартиры.

Ключевые слова: доступная среда, 3D-моделирование, BIM-технологии, визуализация, маломобильная группа населения, жилой дом, интерьер.

Abstract. The article deals with the use of 3D-modeling technology for designing the visualization of an apartment interior in a high-rise residential building intended for disabled people. The estimation of the number of apartments that need to be converted for the needs of people with limited mobility in the city of Kotovsk, Tambov region was made. The locations of residential buildings preferred for re-equipment are determined, taking into account the project plan of the city, its functional zoning and the location of the transport infrastructure. The main tasks and requirements of regulatory documents for interior design for the needs of this group of people are considered. The research results have received practical application for modeling the interiors of a two-room apartment.

Keywords: accessible environment, 3D modeling, BIM-technologies, visualization, limited mobility population, residential building, interior.

Перевод страны на цифровую экономику является одной из реалий современности. Технологии информационного моделирования или BIM-технологии составляют «начало эпохи цифрового строительства» [1]. Эта тема является главной для многих конференций, посвященных проектированию и строительству с применением BIM, в частности V Международного форума высотного и уникального строительства 100+ Forum

Russia 2018, который прошел с 5 по 7 декабря в МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО». В настоящее время уже существует опыт применения BIM-технологий не только при проектировании и строительстве зданий и сооружений, но и их эксплуатации, а в будущем – на протяжении всего жизненного цикла объекта строительства, вплоть до его полной утилизации или повторного использования отдельных конструкций и материалов. В 2002 году в России доля строительных компаний, использующих BIM-технологии, составляла 1…2%, в 2018 г. – уже около 20% предприятий [1]. В настоящее время в строительстве основными вопросами применения BIM считаются: введение сводов правил и ГОСТов; практические навыки применения зарубежного и российского программного обеспечения и для информационного моделирования зданий и сооружений, градостроительное проектирование с применением инновационных технологий; целесообразность применения BIM-технологий для расчета стоимости строительства проектирующими компаниями при создании проектной документации; экономическая эффективность и необходимость внедрения цифровых технологий при строительстве зданий; управление недвижимостью с помощью цифровых моделей [1].

Одной из важных задач применения BIM-технологий является 3D-моделирование интерьеров зданий с последующей их визуализацией. Такая задача понятна и близка потребителям рынка строительной индустрии, вызывает интерес у потенциального заказчика, так как на каждом этапе проектирования интерьера, в отличие от этапов проектирования и строительства здания, он может вносить свои предложения по планировке, выбору отделочных материалов, предметов меблировки и источников освещения. Заказчик еще до этапа проведения ремонта может оценить преимущества и недостатки предложенного интерьера, осуществить виртуальное путешествие по квартире, внести коррективы, либо полностью поменять первоначальный замысел дизайнера. Весьма актуально это при проектировании интерьеров для групп населения, которые маломобильны в связи с особенностями здоровья и не могут посетить предприятия по продаже отделочных материалов и мебели и т.д. для того, чтобы определиться в выборе своих предпочтений.

Численность населения г. Котовска Тамбовской области по данным на 1 января 2018 г. составила 30 353 человек [2]. Согласно данным программы «Доступная среда на 2014 – 2020 годы», маломобильная группа населения (МГН) на 2013 г. составляла 12% общей численности населения г. Котовска [3], т.е. около 3640 человек, весьма значительное количество. Поэтому проблема интеграции в общество людей, относящихся к МГН, а также приспособление существующей городской среды под их нужды требует большого внимания [3 – 6].

Авторами было проведено предпроектное исследование, в ходе которого были изучены: генеральный план города и его функциональные зоны, карта существующего движения транспорта, карта развития транспортной инфраструктуры, поэтажные планы отдельных жилых зданий разных периодов застройки [7]. В ходе исследования было обнаружено, что наиболее пригодными для проживания МГН являются 3- и 4-этажные жилые дома № 13 и 15 по ул. Пионерской, № 17, 19 и 21 по ул. Кирова. Время строительства домов – период 1929 – 1962 гг. Данная территория не нуждается в серьезных изменениях для приспособления под нужды МГН, здесь не планируется пересмотр транспортной инфраструктуры. К преимуществам местоположения указанных домов относятся: близость к предприятиям розничной торговли, центрам обслуживания насе-

ления, рекреационным зонам и объектам здравоохранения; наличие путей движения к этим объектам в виде тротуаров без высоких бордюров с устройством покрытия из асфальта или тротуарной плитки и оборудованием уличным освещением [7].

Для приспособления под проживание человека, относящегося к МГН, была выбрана 3-комнатная квартира на 1-м этаже дома № 21 по ул. Кирова. Под переоборудование, с учетом требований СП [7], попадает и подъезд дома. В нем проектируется замена ступеней входного полумарша на ступени с шероховатой поверхностью (антискользящим покрытием) с выделением краев нижней и верхней ступеней ярким желтым цветом, установка по ступеням двух рельсов для движения коляски и поручней по обеим сторонам лестницы на высоте 0,9 м. На входе в квартиру и внутри нее пороги демонтируются. Межкомнатные двери проектируются шириной 0,9 м, для этого существующие проемы расширяются, а распашные двери меняются на автоматические подъемные рулонного типа.

3D-моделирование производилось с учетом создания «дружественного» интерьера для инвалида-колясочника, поэтому учитывалась разница между его зрительным восприятием высоты помещения и восприятием той же высоты человеком среднего роста. Для визуального нивелирования высоты потолка в коридоре он окрашен в темный цвет. Для создания контраста и придания помещению объема в отделке стен коридора использована фактурная штукатурка нейтрального белого и теплого желтого цветов. Полы во всей квартире выполнены из паркетной доски с антискользящей поверхностью. Для осуществления возможности маневрирования инвалидной коляски мебель в прихожей заменяется настенной вешалкой, расположенной в уровне доступности.

В квартире имеется туалет, ванная комната отсутствует. Для удобства проживания принято решение о проектировании ванной комнаты в пределах части площади одной из жилых комнат. Для перемещения коляски между существующими стенами и проектируемой перегородкой ванной комнаты оставляется расстояние не менее 1,5 м [8].

В туалете (рис. 1) устанавливается специализированное сантехническое оборудование – унитаз с поручнями по обеим его сторонам. Для этого производится снос существующей перегородки туалета. С учетом требований эргономики о ширине зоны маневрирования инвалидной коляски в туалете устанавливается угловая раковина. Пол туалета и ванной проектируется из керамической плитки белого цвета с нескользкой поверхностью. Стены также предлагается выложить керамической плиткой белого цве-

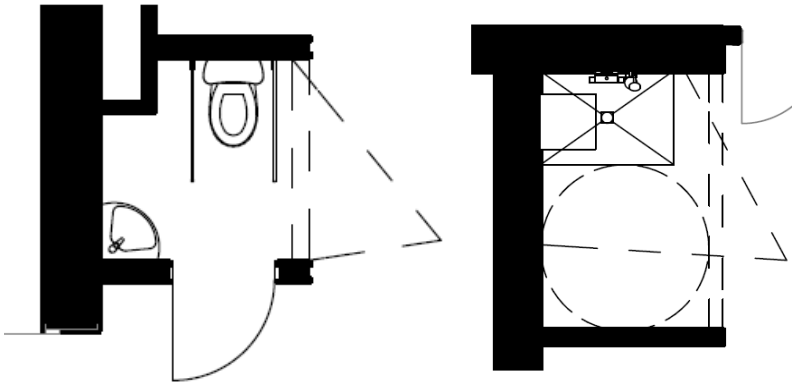


Рис. 1. Направление взгляда с камеры при визуализации туалета и ванной комнаты

та с устройством декоративного элемента на одной из стен комнаты в виде мозаики коричневого цвета из плиток меньшего размера.

Внутри ванной комнаты (рис. 1) установлена специализированная душевая кабина с откидным сидением и боковым поручнем, которая может использоваться также членами семьи. Оставшееся пространство бывшей жилой комнаты используется для устройства гардеробной со шкафом-купе (рис. 2). Для нужд человека с ограниченными физическими возможностями предусматривается отдельная нижняя секция шкафа. Внутри нее устанавливаются штанги для вешалок и ящики с учетом удобства использования человеком, сидящим в коляске.

Помещение кухни (рис. 2) получает наибольшую функциональность за счет установки индивидуальной корпусной мебели. Высота нижнего яруса кухонного гарнитура, по требованиям эргономики, не превышает 0,7 м. Подвесные шкафы предназначены для использования другими членами семьи. Зона приема пищи комплектуется в целях экономии площади откидным столом. Стены отделываются фактурной штукатуркой светло-бежевого цвета с устройством фартука в рабочей зоне из плитки белого цвета.

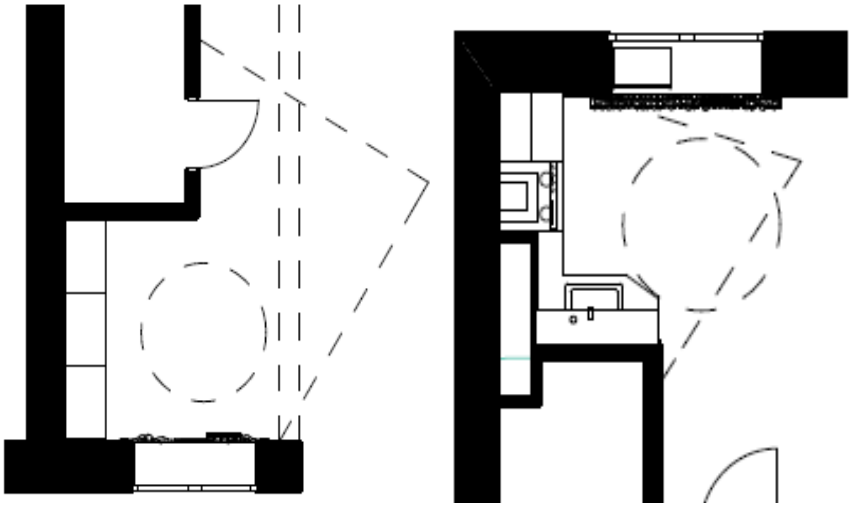


Рис. 2. Схема для визуализации гардеробной и кухни

Одна из жилых комнат оборудована для размещения гостиной (рис. 3) либо проживания второго члена семьи или специалиста, ухаживающего за инвалидом. Интерьерное решение этой комнаты согласуется с цветовой гаммой остальных помещений.

Личная комната (рис. 3) хозяина квартиры инвалида-колясочника делится на рабочую и спальную зоны и зону отдыха. Рабочая зона оборудована с устройством рабочего места с компьютерным столом, корпусной мебелью для установки оргтехники и стеллажом. Вся мебель изготавливается по индивидуальному заказу с учетом требований эргономики для человека на инвалидной коляске. Спальная зона включает место для инвалидной коляски и специальную кровать с поручнем. Зона отдыха оборудована диваном и телевизором. Расстановка мебели в комнате производилась с учетом свободного пространства в центре для маневрирования коляски (1,5×1,5 м). Стены комнаты покрываются фактурной штукатуркой бирюзового, белого и коричневого цветов.

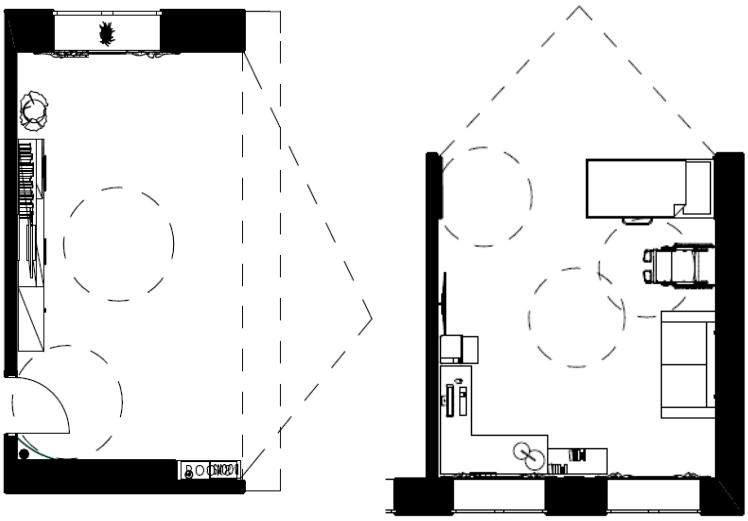


Рис. 3. Схема для визуализации гостиной и личной комнаты хозяина квартиры

Проведенная работа по 3D-моделированию и визуализации интерьера квартиры показала, что такой подход к проектированию является наиболее перспективным, так как позволяет оценить на начальном этапе архитектурно-дизайнерский замысел и качество проектного решения, что весьма актуально для людей, относящихся к МГН.

Список использованных источников

1. **BIM-технологии** для строительных компаний – начало новой цифровой эры городов будущего // Строительный Эксперт [Электронный ресурс]. – URL : https://ardexpert.ru/article/13846 (дата обращения: 28.09.2018).
2. **Котовск** (Тамбовская область) [Электронный ресурс]. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Котовск_(Тамбовская_область)#Население
3. **Об утверждении** муниципальной программы г. Котовска Тамбовской области «Доступная среда на 2014 – 2020 годы» от 23.12.2013 г. Постановление № 3233 [Электронный ресурс]. – URL : http://kotovsk.pro/documenti/programmes/3233.pdf (дата обращения: 28.06.2018).
4. **Об утверждении** Плана мероприятий («дорожной карты») «Повышение значений показателей доступности для инвалидов и маломобильных групп населения объектов и услуг в Тамбовской области (2011 – 2021 годы)» (с изменениями на 20.07.2017) [Электронный ресурс]. – URL : http://docs.cntd.ru/document/467402906 (дата обращения: 28.09.2018).
5. **Официальный сайт** органов местного самоуправления города Котовска Тамбовской области [Электронный ресурс]. – URL : http://kotovsk.pro/documenti/reshenija/29sn.pdf (дата обращения: 28.09.2018).
6. Твой адрес [Электронный ресурс]. – URL : http://tvoyadres.ru (дата обращения: 28.09.2018).
7. **Ельчищева, Т. Ф.** Приспособление существующей жилой застройки для маломобильных групп населения в историческом центре города Котовска / Т. Ф. Ельчищева,

П. А. Конина, Ю. И. Палкина // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации [Электронный ресурс] : Всероссийская заочная научно-практическая конференция / отв. ред. О. А. Корчагина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 1. – С. 13 – 18. – URL : http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/sborniki/2017/zaoch_konfer.pdf (дата обращения: 28.06.2018).

8. **СП 59.13330.2012.** Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01–2001 (с Изменением № 1) [Электронный ресурс]. – М. : Минстрой России, 2015. – 34 с. – URL : http://docs.cntd.ru/document/1200089976 (дата обращения: 28.06.2018).

References

1. **BIM technologies** for construction companies – the beginning of a new digital era of the cities of the future // Building Expert [Electronic resource]. – URL : https://ardexpert.ru/article/13846 (reference date: 28.09.2018).

2. **Kotovsk** (Tambov region) [Electronic resource]. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Котовск_(Тамбовская_область)#Население (reference date: 28.09.2018).

3. **On approval** of the municipal program of the city of Kotovsk of the Tambov region «Accessible environment for 2014 – 2020» of 23.12.2013. Resolution [Electronic resource]. – URL : http://kotovsk.pro/documenti/programmes/3233.pdf (reference date: 28.09.2018).

4. **On approval** of the Action Plan («road map») «Increasing the values of accessibility indicators for people with disabilities and limited mobility of the population of objects and services in the Tambov region (2011-2021)» (with changes to 20.07.2017) [Electronic resource]. – URL : http://kotovsk.pro/documenti/programmes/3233.pdf (reference date: 28.09.2018).

5. **Official site** of local governments of the city of Kotovsk, Tambov region [Electronic resource]. – URL : http://kotovsk.pro/documenti/reshenija/29sn.pdf (reference date: 28.09.2018).

6. **Your address** [Electronic resource]. – URL : http://tvoyadres.ru (reference date: 28.09.2018).

7. **Elchishcheva T. F.**, Konina P. A., Palkina Yu. I. Adaptation of the existing residential development for limited mobility groups in the historic center of Kotovsk // Basic and applied scientific research: current issues, achievements and innovations. – [Electronic resource]: All-Russian Correspondence Scientific and Practical Conference / Ed. ed. O. A. Korchagina. – Tambov : Publishing House FSBEI of HE «TSTU», 2017. – V. 1. – P. 13 – 18. – URL : http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/sborniki/2017/zaoch_konfer.pdf (reference date: 28.09.2018).

8. **SP 59.13330.2012.** Accessibility of buildings and structures for people with limited mobility. Updated version of SNiP 35-01–2001 (with Amendment № 1) [Electronic resource]. – M. : Minstroy of Russia, 2015. – 34 p. – URL : http://docs.cntd.ru/document/1200089976 (reference date: 28.09.2018).

УДК 004.9

Ремблевская М. Ю.,[1] Абрамова Л. В.[2]
Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
Россия, г. Архангельск
[1](Тел. (8182)216100, e-mail: maria.remblevskaya@gmail.com),
[2](Тел. (8182)216100, e-mail: l.abramova@narfu.ru)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ГЕОГРАФ»

Remblevskaya M. Y.,[1] Abramova L. V.[2]
Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov,
Russia, Arkhangelsk
[1](Tel. (8182)216100, e-mail: maria.remblevskaya@gmail.com),
[2](Tel. (8182)216100, e-mail: l.abramova@narfu.ru)

DEVELOPMENT OF “GEOGRAPHER” INFORMATION SYSTEM

Аннотация. Информационные системы в наши дни применяются для решения задач различных областей знаний, в том числе связанных со структурированием данных в предметной области – географии. В статье описан процесс разработки настольного приложения «Географ», которое позволяет хранить информацию о географических субъектах, с помощью интерактивной карты отображать их связи, производить некоторые расчеты и составлять отчеты по имеющимся или рассчитанным данным.

Ключевые слова: информационная система, база данных, настольное приложение, география, C#, MySQL.

Abstract. The existing information systems are used to solve problems in various fields of knowledge, including those related to the structuring of data in the subject area of geography. The article describes the process of developing a desktop application “Geographer”, which allows storing information about geographic subjects, using an interactive map to display their relationships, making some calculations and generating a report on the existing or calculated data.

Keywords: information system, database, desktop-application, geography, C#, MySQL.

Большая часть информационных систем, позволяющих хранить и упорядочивать сведения о географических субъектах, описывает реальные данные. Как правило, они имеют векторное или растровое представление, редактировать которое затруднительно специально не обученным людям. Для решения задач, где требуется схематично изобразить взаимосвязи субъектов, данные системы являются слишком перегруженными, а системы, позволяющие в простом виде строить графы и диаграммы, не могут обеспечивать постоянную актуальность отображаемой информации.

Для решения этой проблемы целесообразна разработка информационной системы, которая позволит управлять имеющимися данными, отображать их в интерактивном виде и поддерживать их актуальность, предоставлять необходимую информацию в виде настраиваемых отчетов и рассчитывать дополнительные показатели на основе введенных ранее данных. В данной статье рассматривается реализация перечисленных возможностей в процессе разработки информационной системы «Географ».

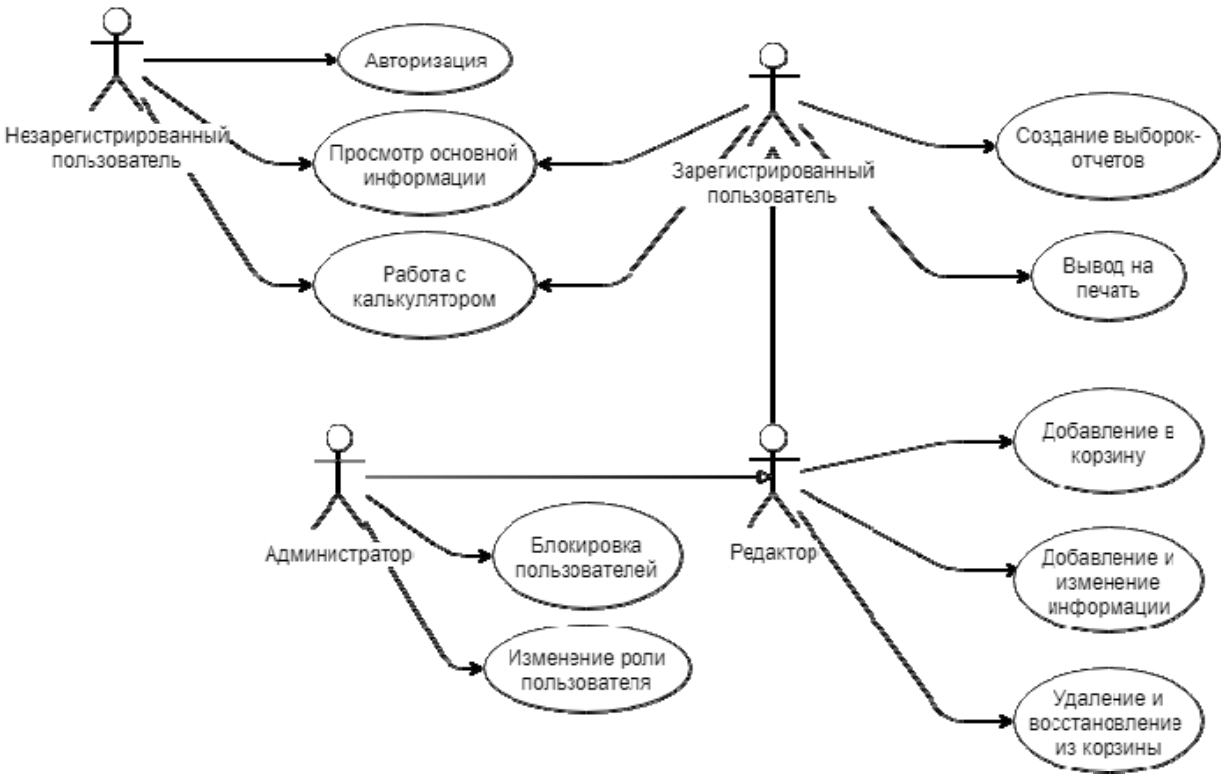


Рис. 1. Диаграмма прецедентов

Для того чтобы любой человек, пользующийся приложением, не мог вносить изменения в данные, пользователи делят на группы, что предполагает добавление функции авторизации в систему. На рисунке 1 представлены следующие группы с их основными возможностями: незарегистрированный пользователь, зарегистрированный пользователь, редактор и администратор.

Информационная система должна поддерживать следующие функции:

– взаимодействие с централизованным хранилищем данных;
– авторизация пользователей;
– просмотр информации о странах, регионах, городах, национальностях и языках;
– отображение актуальных данных в виде схемы со связями между объектами;
– редактирование и добавление информации, помещение в корзину, восстановление и окончательное удаление;
– создание и комбинирование выборок;
– оформление выборок в таблицы с возможностью выгрузки;
– блокировка и разблокировка пользователей;
– назначение ролей пользователям.

Для реализации данной информационной системы была смоделирована база данных, в которой следует хранить всю информацию, получаемую и обрабатываемую пользователями в настольном приложении. На основе анализа предметной области можно выделить несколько объектов базы данных и их свойств:

1. Пользователь: код пользователя, e-mail, пароль, роль в системе, является ли заблокированным.
2. Роль: код роли, наименование.

3. Страна: код страны, наименование, столица, население, площадь, является ли страна развитой, пометка на удаление.

4. Регион: код региона, наименование, страна, население, площадь, пометка на удаление.

5. Город: код города, наименование, регион, население, площадь, пометка на удаление.

6. Национальность: код национальности, наименование, язык, пометка на удаление.

7. Язык: код языка, наименование, пометка на удаление.

8. Национальность субъекта: категория субъекта, национальность, субъект, население.

9. Категория: код категории, наименование.

10. Граница: категория субъекта, основной субъект, граничащий субъект.

Для базы данных требуется ввести ограничения, позволяющие поддерживать ее соответствие предметной области – ограничения целостности [1]. На данном уровне проверяется существование записей, на которые имеются ссылки по ключам, уникальные значения полей «E-mail» и «Наименование», а также неотрицательные числовые значения в полях «Площадь» и «Население». Ограничения, связанные с проверкой правильности адреса электронной почты и отсутствием специальных символов в названиях, необходимо задать на уровне приложения для более быстрой обработки входных данных.

Для реализации спроектированной базы данных используется система управления базами данных MySQL, обладающая продвинутым функционалом, высоким уровнем безопасности и предназначенная для работы с любыми объемами данных [2]. Для работы с данной системой используется веб-приложение phpMyAdmin, которое позволяет работать как с отдельной базой, так и с целым сервером с помощью большого набора инструментов и функций для быстрой работы. Главными особенностями веб-приложения phpMyAdmin является простота использования, доступность и популярность [3].

В качестве основного языка программирования для разработки настольного приложения выбран C# – объектно-ориентированный язык, использующий встроенную типизацию. С помощью него возможно создавать различные приложения, в том числе приложения с архитектурой «клиент-сервер», на платформе .NET Framework [4].

Важным этапом перед основной разработкой приложения является определение его структуры, которая должна зависеть от функций и назначений форм.

Пользователь должен начинать работу с приложением с формы авторизации, необходимой для разграничения прав доступа, откуда возможен переход к форме регистрации и главной форме, с которой пользователь работает большую часть времени. Из этого окна при наличии соответствующих прав возможен переход на вспомогательные формы: в корзину, форму управления пользователями и форму расчетов. Схема переходов между формами изображена на рис. 2.

Для каждой формы, определенной в структуре приложения, необходимо разработать соответствующий функционал и задать ограничения целостности, которые не были учтены на уровне базы данных.

Рис. 2. Связь форм

Форма входа, которая изображена на рис. 3, запрашивает данные для входа в систему и дальнейшей работы.

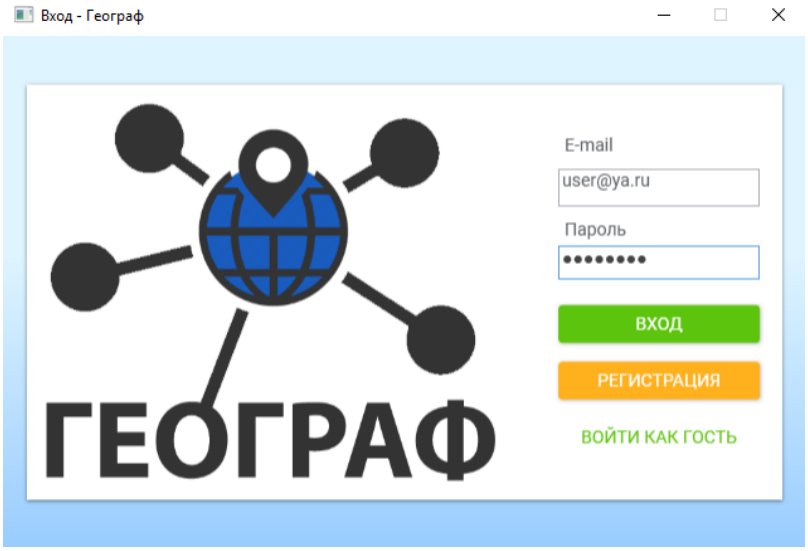


Рис. 3. Вход в приложение «Географ»

При попытке входа приложение формирует запрос к удаленному серверу с базой данных, который позволяет определить, зарегистрирован ли данный пользователь и не является ли он заблокированным. При невыполнении какого-либо из условий возможно войти в систему от имени гостя.

Форма регистрации позволяет добавить нового пользователя с уникальным в пределах базы данных адресом электронной почты и паролем. Перед формированием запроса на уровне приложения определяется корректность введенного адреса и совпадение паролей.

Если пользователь вошел в приложение как зарегистрированный или гость, открывается главная форма, изображенная на рис. 4, на которой отображаются имеющиеся в базе данные.

Рабочая среда главной формы разделена на две части: интерактивная карта и списки элементов. Обе части связаны между собой, т.е. все отображаемое на карте будет соответствовать выводимым спискам.

Рис. 4. Пример взаимодействия с главной формой

Интерактивная карта представляет собой некоторое количество отображаемых стран, регионов или городов в виде узлов, а изображение граничащих субъектов – в виде связей между узлами. Узлы возможно перемещать по рабочей области, переходить с их помощью на уровень ниже (например, при выборе узла «Россия» на интерактивной карте отобразятся все регионы, привязанные к России), а также возможно просматривать краткую информацию об элементе по правому щелчку мыши в появляющемся под узлом блоке. Цвет и размер узла зависят от численности населения и площади соответственно: чем больше элемент, тем больше его площадь относительно других элементов, чем ближе его цвет к рыжему – тем больше численность населения. На уровне стран узлы, соответствующие развитым странам, помечаются зеленым маркером рядом с названием.

Во втором сегменте рабочей области с перечнем отображаемых элементов можно вывести более подробную информацию о выбранном субъекте. При доступе пользователя к функциям редактирования в списке появляются кнопки, позволяющие добавить элемент, соответствующий выбранной вкладке, либо изменить или удалить выбранную запись. При удалении объект отправляется в корзину, откуда он может быть удален окончательно или же восстановлен с использованием соответствующего окна.

Пользователи, обладающие правами для формирования отчетов, могут перейти на форму, изображенную на рис. 5.

В данном окне возможно составить таблицы на основе имеющихся данных с настройкой отображаемых колонок и условий, по которым отбираются записи. Полученные таблицы можно просматривать, сохранять для дальнейшего использования, объединять и экспортировать.

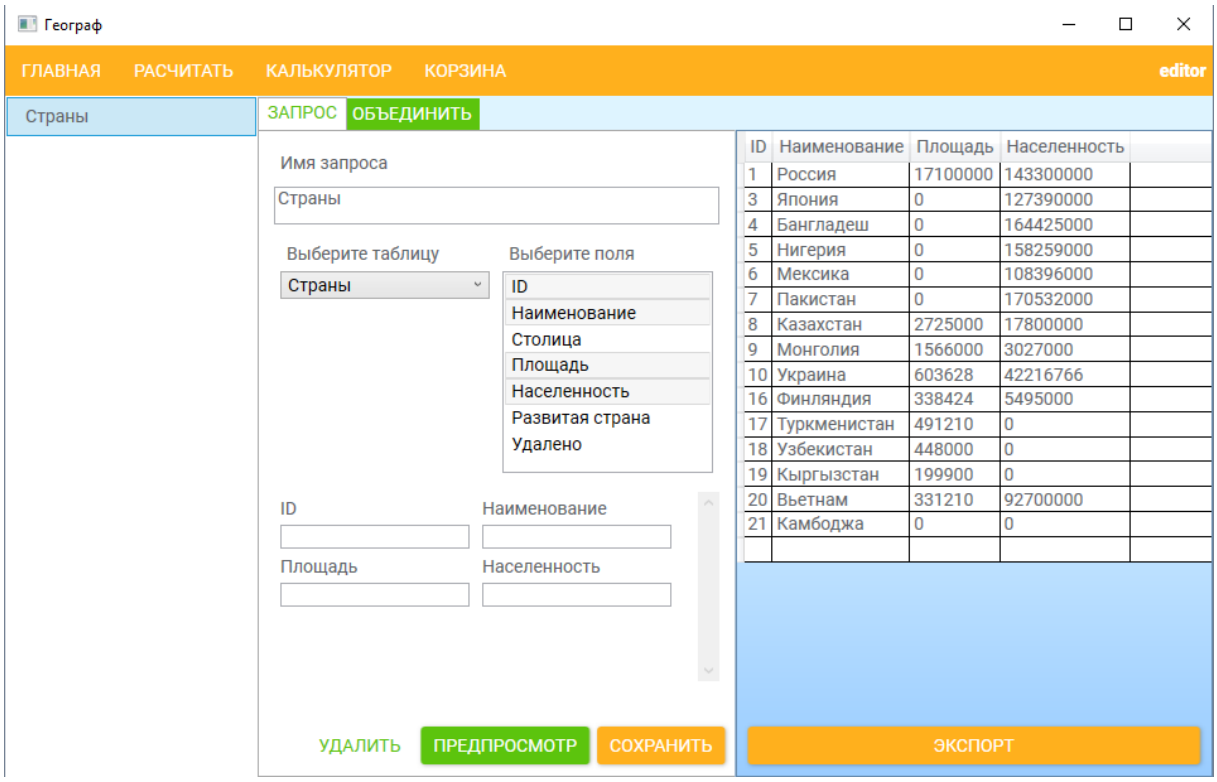


Рис. 5. Пример формирования выборки

К форме управления пользователями доступ имеет только администратор. На форме отображается таблица, содержащая идентификатор, логин, адрес электронной почты, роль и статус блокировки для всех пользователей, имеющихся в системе. Администратор может выделить из таблицы несколько строк и для них изменить роль либо заблокировать/разблокировать. Изменение данных происходит как в приложении, так и в базе данных.

Окно расчетов предназначено для нахождения таких величин, как плотность населения, а также процентного соотношения по площади и населению между странами, регионами или городами. В нем возможно быстро найти указанные величины как для имеющихся в базе данных субъектов, так и для введенных пользователем данных.

В результате проведенной работы было создано настольное приложение «Географ», позволяющее структурировать данные о географических субъектах, схематично отображать их связи и предоставлять пользователю актуальную информацию с помощью баз данных. Система позволяет в интерактивном режиме составлять отчеты, экспортировать их и производить быстрые подсчеты плотности населения и процентного соотношения.

Данная система может использоваться в школах на уроках с соответствующей тематикой, помогая школьникам запоминать устройство субъектов путем заполнения данных и установления связей. Приложение также находит применение при проработке несуществующих стран и городов, например, при работе над каким-либо произведением, или в научных целях.

Список использованной литературы

1. **Ограничения** целостности [Электронный ресурс]. – URL : http://www.mstu.edu.ru/study/materials/zelenkov/ch_4_3.html, свободный (дата обращения: 1.06.2018). – Загл. с экрана.

2. **SQLite vs MySQL vs PostgreSQL:** сравнение систем управления базами данных [Электронный ресурс]. – URL : http://devacademy.ru/posts/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql/, свободный (дата обращения: 1.06.2018). – Загл. с экрана.

3. **Возможности** и преимущества phpMyAdmin [Электронный ресурс]. – URL : http://www.df-studio.net/ru/publications/features-and-benefits-phpmyadmin-104.html, свободный (дата обращения:1.06.2018). – Загл. с экрана.

4. **Введение** в язык C# и .NET Framework [Электронный ресурс]. – URL : https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/getting-started/introduction-to-the-csharp-language-and-the-net-framework, свободный (дата обращения: 1.06.2018). – Загл. с экрана.

References

1. **Ogranicheniya** tselostnosti [Electronic resource]. – URL : http://www.mstu.edu.ru/study/materials/zelenkov/ch_4_3.html, free (date of the application: 1.06.2018). – Title from screen.

2. **SQLite vs MySQL vs PostgreSQL:** sravneniye system upravleniya bazami dannykh [Electronic resource]. – URL : http://devacademy.ru/posts/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql/, free (дата обращения: 1.06.2018). – Title from screen.

3. **Vozmozhnosti** i preimushchestva phpMyAdmin [Electronic resource]. – URL : http://www.df-studio.net/ru/publications/features-and-benefits-phpmyadmin-104.html, free (date of the application: 1.06.2018). – Title from screen.

4. **Vvedeniye** v yazyk C# и .NET Framework [Electronic resource]. – URL : https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/getting-started/introduction-to-the-csharp-language-and-the-net-framework, free (date of the application: 1.06.2018). – Title from screen.

УДК 692

Руднева А. И., Фролова О. А.
Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург
(Тел. (8922)8458102, e-mail: ofa06@mail.ru)

РАСЧЕТ МНОГОПРОЛЕТНОГО ЗДАНИЯ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Rudneva A. I., Frolova O. A.
Orenburg State University, Russia, Orenburg
(Tel. (8922)8458102, e-mail: ofa06@mail.ru)

CALCULATION OF MULTI-SPAN BUILDING OF FRAME DESIGN

Аннотация. Рассмотрены особенности расчета многопролетного здания рамной конструкции. Произведен аналитический сбор нагрузок, построена геометрическая модель металлокаркаса здания. Проведен расчет напряженно-деформированного состояния стержневых элементов в программном комплексе ЛИРА 10.6.

Ключевые слова: многопролетное здание, сбор нагрузок, напряжения, деформации, программный комплекс ЛИРА.

Abstract. The features of the calculation of a multi-span building of frame type are considered. The analytical collection of loads was made; a geometric model of the metal frame of the building was constructed. The stress-strain state of the core elements in the LIRA 10.6 software package was calculated.

Keywords: multi-span building, collection of loads, stresses, deformations, LIRA 10.6 program complex.

Одним из актуальных видов сооружений является строительство торговых комплексов, так как существует необходимость в устройстве городской инфраструктуры. Это обеспечивает выгодное вложение инвестиций, так как торговые комплексы располагают к быстрой окупаемости объекта.

Рассчитываемое здание представляет собой систему каркаса из плоских рам, шарнирно опертых на фундамент. Каждая рама однопролетная. Многопролетные здания образуются установкой требуемого числа смежных автономных рам, конструктивно не связанных между собой. Все монтажные соединения выполняются только на болтах. Благодаря уникальной конструкции каркаса, монтаж рамных зданий такого типа отличается простотой и осуществляется в короткие сроки с минимальным применением грузоподъемных механизмов.

Здание торгового комплекса относится к зданиям II степени ответственности. Степень огнестойкости многоэтажной части – III.

Конструктивная система здания представляет собой рамный стальной каркас коробчатого сечения типа «Орск». В торцах здания применяются стойки фахверка, на которые опираются балки, повторяющие очертание рам.

Металлическая рама пролетом 24 м состоит из стойки и ригеля. Конструкция имеет коробчатое сечение (240×660), образованное двумя швеллерами и листами с продольными гофрами. Высота стойки равна 7,108 м, длина ригеля составляет 24,09 м. Несущие элементы кровельного ограждения – трехслойные кровельные панели толщиной 200 мм по металлическим прогонам из швеллера № 24.

Целью данной работы являлось исследование напряженно-деформированного состояния стержневых элементов рамной конструкции.

Сбор нагрузок проведен согласно рекомендациям нормативных документов [1].

Нагрузку на верхний пояс ригеля от вышележащих конструкций на 1 м^2 определяли по формуле

$$q_i = q_{пр,i} + q_k, \tag{1}$$

где $q_{пр,i}$ – нагрузка от соответствующего прогона на верхний пояс ригеля, кг/м^2; q_k – нагрузка от элементов покрытия, кг/м^2.

Узловую постоянную нагрузку, приложенную к верхнему поясу ригеля, определяли по формуле

$$F_i = \gamma_n \cdot q_i \cdot S_i, \tag{2}$$

где γ_n – коэффициент надежности по ответственности здания, $\gamma_n = 1$; S_i – грузовая площадь соответствующего прогона, м^2.

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяли по формуле

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g, \tag{3}$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий здания под действием ветра или иных факторов, $c_e = 1$; c_t – термический коэффициент, $c_t = 1$; μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, $\mu = 1$; S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, $S_g = 1{,}5$ кПа.

Суммарную узловую нагрузку, приложенную к верхнему поясу ригеля, определяли по формуле

$$F_\Sigma = F_i + F_{s,i}, \tag{4}$$

где $F_{s,i}$ – узловая снеговая нагрузка, приложенная к верхнему поясу ригеля, кН.

Нормативное значение ветровой нагрузки определяли по формуле

$$W = W_m + W_p, \tag{5}$$

где W_m – средняя составляющая ветровой нагрузки, кПа; W_p – пульсационная составляющая ветровой нагрузки, кПа.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки W_m в зависимости от эквивалентной высоты над поверхностью земли определяли по формуле

$$W_m = W_0 \cdot k(z_e) \cdot c, \tag{6}$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления, w_0 = 0,38 кПа; $k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e, $k(z_e)$ = 0,587; c – аэродинамический коэффициент, c = 0,8.

Нормативное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки определяли по формуле

$$W_p = W_m \cdot \zeta(z_e) \cdot \nu, \tag{7}$$

где $\zeta(z_e)$ – коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый для эквивалентной высоты z_e, $\zeta(z_e)$ = 1,13; ν – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра, ν = 0,69.

Расчетное значение ветровой нагрузки определяли по формуле

$$q_w = \gamma_f \cdot w \cdot B, \tag{8}$$

где γ_f – коэффициент надежности по нагрузки для ветровой нагрузки, γ_f = 1,4; B – шаг рам.

Расчет металлоконструкции был проведен в программном комплексе ЛИРА 10.6.

Схема стальной рамной конструкции рассчитываемого многопролетного здания торгового комплекса представлена на рис. 1.

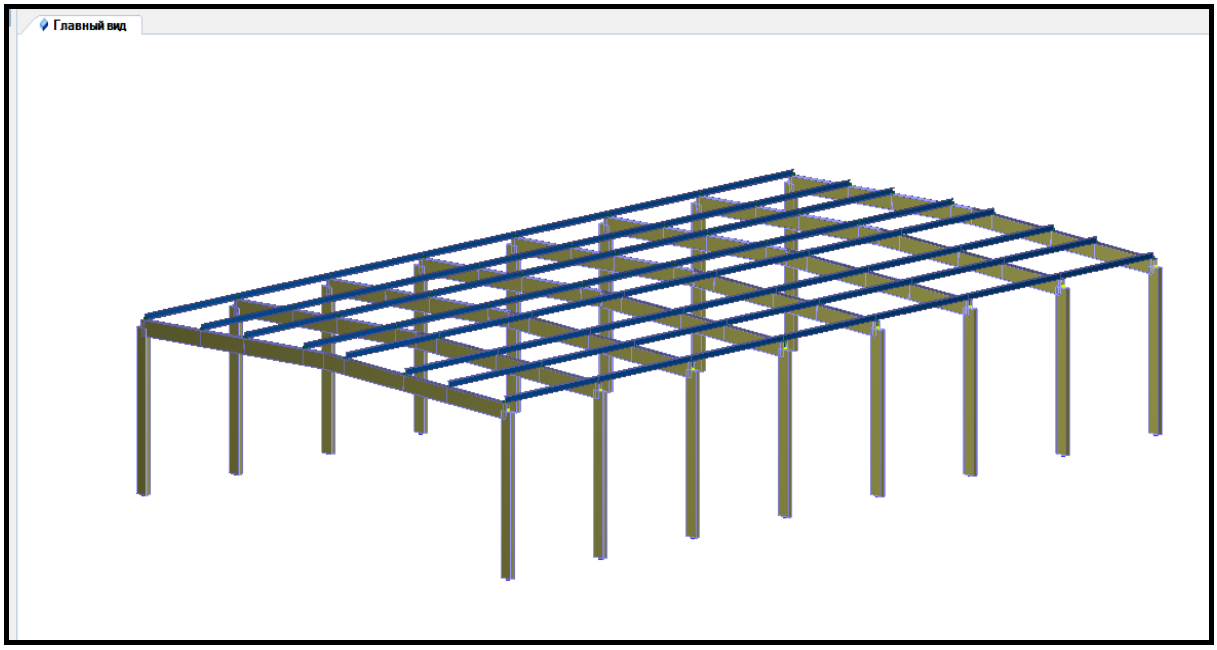
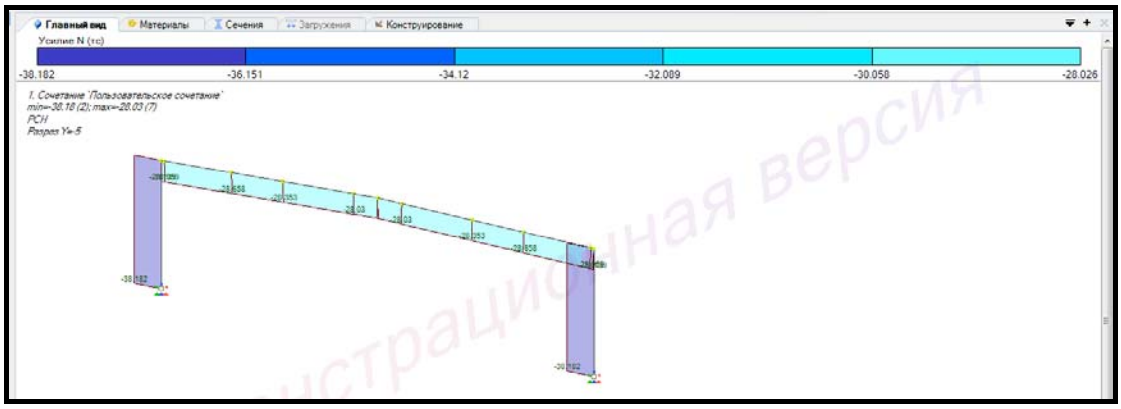
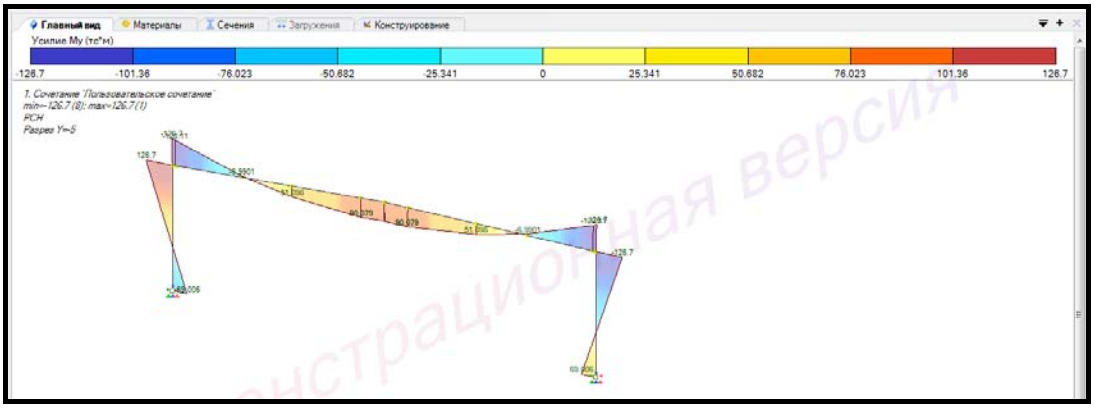


Рис. 1. Схема рамной конструкции

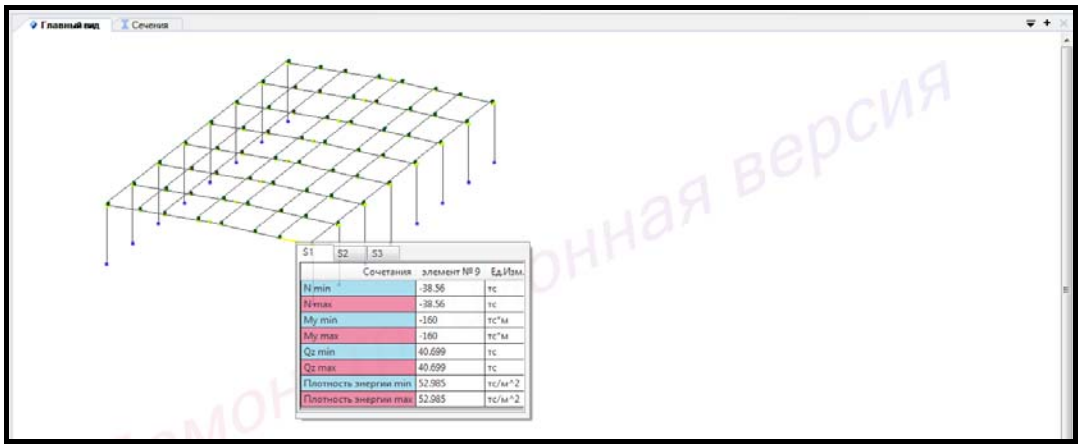
На рисунке 2 представлены эпюры внутренних усилий в стержневых элементах поперечной рамы многопролетного металлокаркаса.



а)



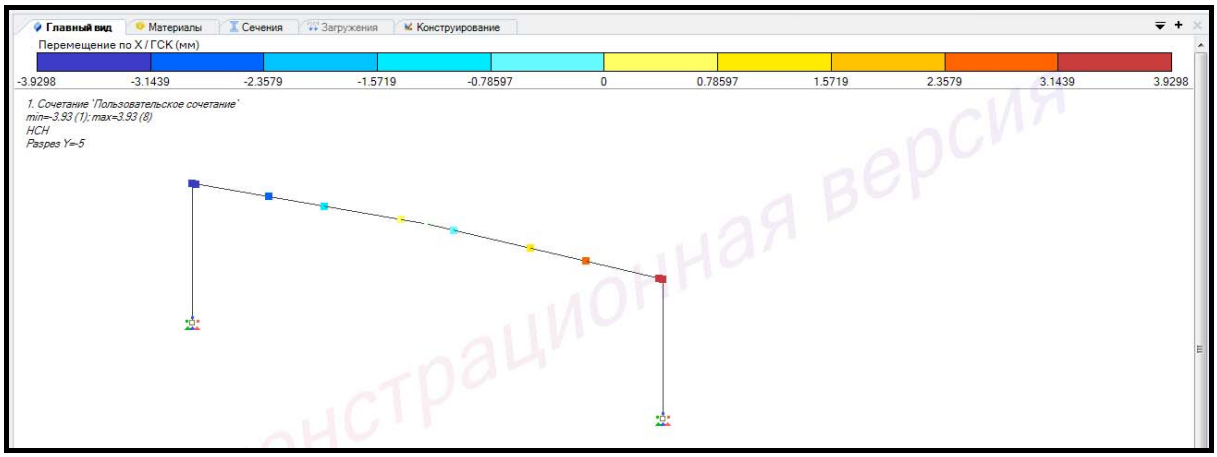
б)



в)

Рис. 2. Внутренние усилия:
а – продольная сила; *б* – изгибающий момент; *в* – результаты по сочетаниям усилий

На рисунке 3 представлены результаты перемещений узлов в поперечной раме многопролетного металлокаркаса.



а)

б)

Рис. 3. Перемещения узлов:
а – перемещения по *X*; *б* – перемещения по *Z*

На рисунке 4 представлены результаты расчета напряжений в стержневых элементах рамы от сочетания усилий.

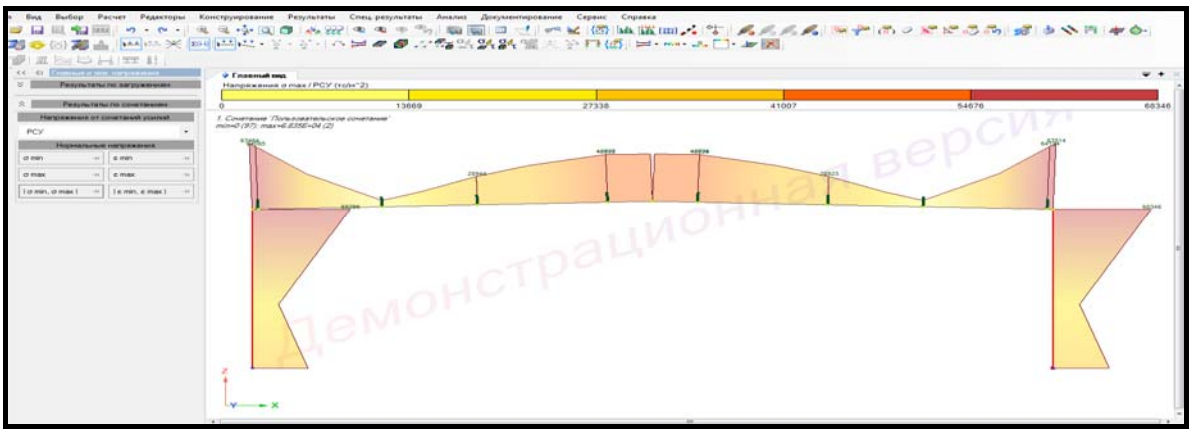


Рис. 4. Напряжения от сочетания усилий

Анализ напряжений показывает, что расчетные напряжения в стержневых элементах конструкции не превышают допускаемых. Разница между напряжениями от комбинаций загружений незначительна, таким образом, ветровые нагрузки не представляют серьезной опасности для конструкции, в то время как вертикальные нагрузки (собственный вес, вес покрытия, вес прогонов, снеговая нагрузка) являются основополагающими.

Коэффициент запаса устойчивости составил 1,7, что свидетельствует об обеспечении устойчивости конструкции.

Анализ перемещений показывает, что расчетные линейные деформации, возникающие в конструкции под действием нагрузок, составляют $\delta = 0{,}16$ м и превышают допустимые прогибы, равные $\delta_{adm} = 0{,}10$ м.

Проведенный анализ результатов расчета напряженно-деформированного состояния многопролетного здания торгового комплекса рамной конструкции позволяет судить о правильности выбора конструктивной формы и расчетной схемы с точки зрения обеспечения прочности. Следует отметить, что жесткость конструкции при заданных конструктивных параметрах модели не обеспечивается. Рекомендуется увеличить размер коробчатого сечения рамы.

Список использованных источников

1. **СП 20.13330.2016.** Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*. – Введ. 2011-05-20. – М. : Изд-во стандартов, 2010. – URL : http://docs.cntd.ru/document/1200084089

References

1. **SP 20.13330.2016.** Nagruzki i vozdejstviya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.01.07–85*. – Vved. 2011-05-20. – M. : Izd-vo standartov, 2010. – URL : http://docs.cntd.ru/document/1200084089

УДК 004.9

Соловьева Т. И., Попов А. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (84752)630704, e-mail: mokrozubv@yandex.ru)

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ БИЗНЕСА

Solovyeva T. I., Popov A. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (84752)630704, e-mail: mokrozubv@yandex.ru)

INFORMATION SYSTEM SELECTION CRITERIA FOR BUSINESS ORGANIZATION

Аннотация. Описан выбор корпоративного портала, предназначенный для автоматизации бизнес-процессов. Рассмотрены основные функции и критерии выбора корпоративного портала.

Ключевые слова: информационные системы, бизнес-процесс, корпоративный портал, взаимоотношение с клиентами (CRM).

Abstract. The article describes the selection of corporate portal designed to automate business processes. The main functions and criteria of the corporate portal elections are considered.

Keywords: information systems, business process, corporate portal, customer relationship (CRM).

В современных условиях эффективное управление бизнесом представляет собой ценный ресурс организации, наряду с финансовыми, материальными, человеческими и другими ресурсами. Актуальность автоматизации процесса управления бизнес-процессами компании заключается в том, что с планированием рабочего процесса в компании идет технический прогресс. Это свидетельствует о том, что в большинстве предприятий руководство приходит к неизбежному решению автоматизации ведения своего бизнеса.

Одним из инструментов автоматизации ведения бизнеса является внедрение информационных систем, которые позволяют организовать эффективное планирование деятельности; снизить риски за счет оперативного получения информации обо всех бизнес-процессах предприятия, за счет своевременного принятия решений [1].

Автоматизация бизнес-процесса работы с клиентами и продажа товара является одним из приоритетов во многих компаниях. Одна из относительно новых разработок в сфере информационных технологий, которая позволяет создавать и осуществлять управление подобной средой, – корпоративные порталы с внедренными CRM-системами.

Применение современных технологий в бизнесе помогает компании выигрывать в конкурентной борьбе. В условиях мирового экономического кризиса компании в бизнесе сталкиваются с усилением конкурентной борьбы и со снижением потребительского спроса, что приводит к необходимости повышать эффективность используемых компанией ресурсов и снижать себестоимость продукта, повышая при этом качество обслуживания клиентов [2].

Реализация основных функции корпоративных порталов позволяет предприятиям эффективно решать целый ряд задач:

– организация единой среды для осуществления всех типов коммуникаций и совместной работы сотрудников;

– автоматизация управления потоками работ и процессов документооборота;

– эффективный поиск информации;

– разграничение прав доступа к информационным узлам портала;

– возможность интеграции портала с корпоративными бизнес-приложениями и внешними системами.

Корпоративные порталы как инструменты управления бизнесом обеспечивают эффективное управление бизнес-процессами и коммуникациями в компании, что создает конкурентные преимущества – снижение издержек, повышение управляемости и гибкости [3].

Для выбора среди большого числа представленных на рынке систем управления проектами можно опираться на следующие критерии:

1. Функциональные возможности информационной системы. Соответствие тем бизнес-функциям, которые уже существуют или только планируются к внедрению в организации.

2. Удобство использования (Usability). Это один из самых важных критериев. Система, с которой предстоит работать каждый день по несколько часов, должна быть быстрой и удобной.

3. Применение современных веб-технологий. Обеспечивает интерактивность, быстроту и удобство

4. Совокупная стоимость владения. Сумма прямых и косвенных затрат, которые несет владелец системы за период ее жизненного цикла.

Из анализа различных критериев оценки корпоративных порталов, в качестве определяющих бизнес-процессов, которые должны быть автоматизированы были выбраны следующие:

– управление задачами и проектами;
– использование файлового хранилища;
– общение сотрудников с помощью мгновенных сообщений (Бизнес-чат);
– возможность использования CRM-сервиса для работы с клиентами компании;
– использование календарей и графиков планирования;
– учет рабочего времени сотрудников;
– проведение и планирование совещаний;
– работа с документами: просмотр, передача и хранение;
– возможность работы с коммуникатора или телефона;
– совместная работа над документами [4].

Среди множества существующих систем были выбраны следующие: Мегаплан, Простой бизнес, ПланФикс, Битрикс24, Teamtools.

С учетом сказанного был проведен анализ существующих корпоративных порталов на основе выбранных бизнес-процессов, протекающих в организации (табл. 1) [5 – 9].

1. Сравнительная характеристика корпоративных порталов

Критерий	Простой бизнес	Teamtools	Мегаплан	ПланФикс	Битрикс24
Стоимость в месяц	1990 р. за месяц	1000 р. за месяц	629 р. в месяц	319 р. за месяц	5990 за месяц
Бесплатный тестовый период	Не ограничен для 5 рабочих мест	1 месяц	2 недели	1 месяц	Не ограничен для 12 рабочих мест
Объем функционала системы	+	–	+	+	+
Интерфейс	+	–	–	+	+
Управление задачами и проектами	+	+	+	+	+
файловое хранилище;	+	+	+	+	+
Учет рабочего времени сотрудников	+	+	+	+	+
Бизнес-чат	+	+	+	+	+
совместная работа над документами	+	–	+	+	+
календарь и график планирования	+	+	+	+	+
Проведение и планирование совещаний	–	–	–	–	+
работа с документами	+	–	+	–	+
Взаимоотношения с клиентами (CRM)	+	+	+	+	+
IP-телефония	–	–	–	–	+

Проанализировав и сравнив вышеперечисленные программные средства, можно сделать вывод о том, что по главному критерию цена и бесплатный тестовый режим наиболее выигрышны системы ПланФикс, Teamtools, Простой бизнес и Мегаплан. Но по функционалу они значительно проигрывают системам Мегаплан и Битрикс. Также важную роль имели критерий удобный интерфейс, обучающие материалы и легкость в освоении. Поэтому выбор был в пользу Битрикс24.

Работа выполнена под руководством проф. каф. КИСМ ТГТУ В. Г. Мокрозуба.

Список использованных источников

1. **Информатизация** бизнеса / А. М. Карминский, С. А. Карминский, В. П. Нестеров, Б. В. Черников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2015. – 115 с.

2. **Олейник, П. П.** Корпоративные информационные системы : учебное пособие / П. П. Олейник. – СПб. : Издательский дом «Питер», – 2012. – 174 с.

3. **Информационные** системы в экономике / под ред. Г. А. Титоренко. – М. : Изд-во : «Инфра-М», 2012. – 240 с.

4. **Елиферов, В. Г.** Бизнес-процессы: Регламентация и управление : учебник / В. Г. Елиферов. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 319 с.

5. **Официальный сайт** система коллективной работы «Teamtools» [Электронный ресурс]. – URL : http://www.teamtools.ru/ (дата обращения: 17.05.2018).

6. **Официальный сайт** системы управления и автоматизации бизнеса «Мегаплан» [Электронный ресурс]. – URL : https://megaplan.ru

7. **Официальный сайт** системы управления предприятием «ПланФикс» [Электронный ресурс]. – URL : https://planfix.ru/

8. **Официальный сайт** CRM-системы «Простой бизнес» [Электронный ресурс]. – URL : https://www.prostoy.ru

9. **Функциональные** возможности корпоративного портала «Битрикс24» [Электронный ресурс]. – URL : https://www.bitrix24.ru/features/

References

1. **Informatizaciya** biznesa / A. M. Karminskij, S. A. Karminskij, V. P. Nesterov, B. V. CHernikov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M., 2015. – 115 s.

2. **Olejnik, P. P.** Korporativnye informacionnye sistemy: uchebnoe posobie. – Spb.: Izdatel'skij dom «Piter». – 2012. – 174 s.

3. **Informacionnye** sistemy v ehkonomike / pod red. G. A. Titorenko. – M. : Izd. «Infra M», 2012. – 240 s.

4. **Eliferov, V. G.** Biznes-processy: Reglamentaciya i upravlenie : uchebnik. – M. : NIC INFRA-M, 2013. – 319 c.

5. **Oficial'nyj sajt** sistema kollektivnoj raboty «Teamtools». [Ehlektronnyj resurs]. – URL : http://www.teamtools.ru/ (data obrashcheniya: 17.05.2018).

6. **Oficial'nyj sajt** sistemy upravleniya i avtomatizacii biznesa «Megapaln» [Ehlektronnyj resurs]. – URL : https://megaplan.ru

7. **Oficial'nyj sajt** sistemy upravleniya predpriyatiem «PlanFiks» [Ehlektronnyj resurs]. – URL : https://planfix.ru/

8. **Oficial'nyj sajt** CRM-sistemy «Prostoj biznes» [EHlektronnyj resurs]. – URL : https://www.prostoy.ru

9. **Funkcional'nye** vozmozhnosti korporativnogo portala «Bitriks24» [Ehlektronnyj resurs]. – URL : https://www.bitrix24.ru/features/

УДК 004.9/347

Асланова А. Г., Лаврик Т. М.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (84752)63-03-86, e-mail: lavriktan@mail.ru)

ЭЛЕКТРОННОЕ ПРАВОСУДИЕ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ: СРАВНИТЕЛЬНО-ПРАВОВОЙ АНАЛИЗ

Aslanova A. G., Lavrik T. M.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (84752)63-03-86, e-mail: lavriktan@mail.ru)

E-JUSTICE IN RUSSIA AND ABROAD: COMPARATIVE LEGAL ANALYSIS

Аннотация. Рассмотрена история развития электронного правосудия на примере зарубежных стран. Проведен сравнительно-правовой анализ, опираясь на зарубежный опыт, основанный на более длительном использовании информационных технологий в процессе судопроизводства.

Ключевые слова: электронное правосудие, электронная система, информационная система, электронное обращение.

Abstract. In this paper, the history of the development of e-justice is examined using the example of foreign countries. The comparative legal analysis is based on foreign experience based on the longer use of information technologies in the judicial process.

Keywords: electronic justice, electronic system, information system, electronic circulation.

Одним из признаков любого правового государства традиционно признается независимость суда и осуществляющего им правосудия [1].

Широкое применение информационных технологий во всех сферах общественных отношений, как в России, так и зарубежном – является результатом того, что информатизация коснулась гражданского и арбитражного судопроизводства [2].

Совершенствование средств социальной коммуникации, которые привели человечество к ускорению обмена информацией, не могло не повлиять на характер отношений: «человек – общество – государство». Поэтому это не могло не отразиться на гражданском судопроизводстве, представляющем собой одну из важнейших форм такого взаимодействия.

Активное внедрение информационных и коммуникационных технологий в судебную систему и судопроизводство коренным образом меняет судебную систему, позволяя говорить об электронном правосудии.

Сегодня в парадигме информационных технологий и движения в сторону формирования «сетевого» общества мир стремительно развивается. Интернет и предоставляемые им возможности прочно заняли место в жизни большинства населения, поэтому широкое распространение и интерес к «электронному правосудию» логичен [3].

В различных странах разработка электронного правосудия происходит по-разному из-за отличающегося друг от друга законодательства той или иной страны, различного уровня технического развития, так же зависит от выбора определенной подсистемы, которую необходимо внедрить, и по другим причинам.

В России активное развитие электронного правосудия началось с 2002 года, после принятия федеральных целевых программ «Электронная Россия» и «Развитие судебной системы России», в то время как в США внедрение информационных технологий началось развиваться с 1980 года.

Одним из лидеров в использовании информационных технологий в судебной деятельности является Сингапур. В сингапурских судах с 1997 года как экспериментальная программа для подачи и вручения документов в судебном процессе на добровольных началах для сторон применялась электронная система подачи EFS. С 2000 года эта форма стала обязательной формой подачи документов в суд по всем категориям гражданских дел [4, с. 44].

Показателен опыт в США, которую тоже можно отнести к числу стран, которые одни из первых начали внедрять электронное правосудие. Существующая в США система CM/ECF была разработана Административным офисом федеральных судов США и введена с 1996 года в некоторых окружных судах, далее использовалась в окружных судах по банкротству. С 1998 года эта система стала основной для внедрения электронного хранения документов во всех федеральных судах США. Доступ к материалам судебных дел в США предоставляется на основании системы «Открытый электронный доступ к судебным материалам» (далее – PACER).

Реализация CM/ECF имела большое значение для США, где действует и используется прецедентное право, данная система позволила сократить расходы на хранение бумажных документов и создала основу для облегчения доступа к материалам судебного дела [4, с. 46].

В судебной системе Канады широко используются возможности электронного правосудия. Там действует автоматизированная информационная система публикации судебных актов под названием «Canadian Legal Information Institute» (далее – CanLII). В Канаде под электронной подачей документов подразумевается передача данных в формате, определяемом судом, по электронной почте или в сети Интернет через защищенный сайт, притом в некоторых юрисдикциях допускается подача документов по средствам предоставления в суд цифрового носителя информации, т.е. на компакт-дисках. Таким образом, в Канаде каждый суд устанавливает свои требования к подаче документов в электронном виде, в пределах своей компетенции. В зависимости от юрисдикции требования к формату подачи электронных документов и способу подачи могут различаться.

Говоря о зарождении и применении электронного документооборота в судопроизводстве в Германии, можно отметить, что правовая основа закрепления данного процесса была введена лишь в 2005 году в Законе «Об использовании электронных форм коммуникации в судопроизводстве». Данный закон обеспечил необходимое правовое регулирование в сфере электронного правового документооборота для подачи документов в суд и их обработке внутри суда, а также вынесения решения в электронной форме. Отличительной особенностью электронного правосудия в Германии является требование об использовании электронной подписи на документах [4, с. 48].

Федеральный суд Австралии был первым австралийским государственным судом, который ввел электронную подачу документов в системе Electronic Filing System (далее – eFiling) с 2000 года. Система через веб-сайт суда позволяла истцам подавать заявления и сопроводительную документацию, проводить платежи за использование системы по

кредитной карте. С 24 мая 2010 года федеральный суд выпустил свое новое электронное средство для подачи онлайн-заявлений под названием eLodgment. Позднее система eLodgment заменила систему eFiling. Новая система работает круглосуточно и взаимодействует с судебной системой управления, имея намного больше возможностей, чем предыдущая система [5, с. 20].

Доступ к системе eLodgment в Австралии является платным. Суд Австралии разработал первую в своем роде национальную систему видео-конференц-связи. Данная система сокращает время и затраты, необходимые для проведения судебного процесса, и позволяет рассматривать дела, когда некоторые участники не могут находиться в месте заседания. Данная услуга является платной [5, с. 21].

Еще одним действующим способом электронного разрешения судебных дел в Австралии является система eCourtroom, которая представляет собой виртуальный зал судебных заседаний, используемый в слушании некоторых вопросов в Федеральном суде Австралии или Федеральном окружном суде Австралии [9]. eCourtroom интегрирован с eLodgment, предоставляя сторонам ссылку на eLodgment для хранения документов. Кроме того, eCourtroom предоставляет сторонам возможность обменяться корреспонденцией и проектами документов [10].

В России развитие электронного правосудия началось также с внедрения систем автоматизации процессов судопроизводства и делопроизводства. Внедрение автоматизированной информационной системы «Судопроизводство» (далее – АИС СП) произошло в 2002 году. Прогресс в развитии и становлении электронного правосудия до 2006 года был заметен только в арбитражных судах [5, с. 22].

Из значимых этапов развития электронного документооборота в судопроизводстве в России можно назвать 2007 год, когда была разработана автоматизированная информационная система для информационно-справочных киосков (далее – АИС ИСК). Система позволяла посетителям арбитражных судов просматривать график судебных заседаний, информацию о суде и принятых судебных актах.

В середине 2008 года создана автоматизированная информационная система публикаций судебных актов «Банк решений арбитражных судов» (далее – БРАС). Эта система соответствует уровню лучших подобных сервисов Америки, Канады, Британии и других стран.

За основу проекта БРАС была взята американская система PACER, которая была модифицирована и доработана. Однако у российской системы есть свои преимущества, например, она является единственным централизованным ресурсом, который содержит все данные о реквизитах судебных дел и документов, а также тексты принятых судебных актов.

Вторым и очень важным преимуществом является то, что российская система такой картотеки является совершенно бесплатной, так же как и в Канаде. Однако в США, чтобы воспользоваться архивом судебных решений федеральных судов в системе PACER – необходимо заплатить 10 центов за страницу [11].

Следующим важным этапом развития электронного правосудия в России стали видеотрансляции заседаний. Для этого был разработан информационный ресурс «Президиум онлайн» в 2010 году, который позволяет любому заинтересованному лицу посмотреть процесс рассмотрения дела в Президиуме Верховного Арбитражного Суда Российской Федерации (далее – ВАС РФ). Сервис был разработан компанией ЗАО

«Право.ру» совместно с ВАС РФ. Видеозаписи заседаний производились с апреля 2010 года, и в настоящее время все они находятся в архиве. Такой сервер позволяет повысить открытость судебных заседаний, так как, например, в США запрещено проводить фото- и видеосъемку в суде, и только художники могут нарисовать некоторые сюжеты заседаний.

В январе 2011 года ВАС РФ совместно с ЗАО «Право.ру» разработал интернет-сайт для подачи документов – «Мой арбитр», чем внес огромный вклад в развитие электронного документооборота.

В судах общей юрисдикции подобная возможность появилась значительно позже, с принятием Приказа судебного департамента при Верховном суде от 27.12.2016 № 251 «Об утверждении прядка подачи в федеральные суды общей юрисдикции документов в электронном виде, в том числе в форме электронного документа» [5, с. 22]. Данные правила вступили в силу с 1 января 2017 года. В соответствии с новым порядком подача документов в электронном виде должна осуществляться в суды общей юрисдикции через личный кабинет пользователя в разделе «Подача процессуальных документов в электронном виде» официального сайта суда. Единственный возможный формат файла скан-копий бумажного документа в данной системе – PDF, как и в системе «Мой арбитр» [8, с. 27 – 31].

Для сравнения: в Сингапуре электронная система подачи документов в суд применяется с 1997 года, а начиная с 2000 года она стала обязательной по всем категориям гражданских дел. При этом лица, не имеющие возможности по разным причинам самостоятельно направить электронное обращение в суд, могут прибегнуть к помощи специалистов сервисных бюро (аналога российских многофункциональных центров) [8, с.26].

На современном этапе развития судебной системы Российской Федерации суды общей юрисдикции вынуждены копировать достижения системы арбитражных судов в целях повышения собственной эффективности. После упразднения Высшего арбитражного суда РФ у многих юристов-практиков и исследователей права возникли опасения по поводу перспектив развития электронного правосудия в России. Практики сообщали, что государственная автоматизированная система «Правосудие» (далее – ГАС) является в целом недоработанной, с ограниченным функционалом, не идет ни в какое сравнение с системой «Мой арбитр». Отмечалось, что система является заторможенной, а информация в ней публикуется с большим запозданием, что не позволяет использовать ее для целей, предусмотренных при ее создании. ГАС «Правосудие» до последнего времени представляла собой скорее информационную систему, нежели систему электронного правосудия [6, с. 50 – 53].

По мнению Д. В. Белоусова, при разработке новой модернизированной системы ГАС «Правосудие» обязательно должно не только базироваться на уже имеющихся и, безусловно, хорошо проработанных сервисах картотеки арбитражных судов, но и изучать опыт других государств, успешно применяющих сервисы электронного правосудия. «В разных странах мира используются электронные системы, отличные друг от друга, что вызвано целями функционирования таких систем в той или иной стране, с учетом их технического развития и проработанности соответствующего законодательства» [7, с. 137].

Несмотря на все положительные стороны электронного правосудия в России, в данной реформе все еще существуют проблемы, которые порождают негативные последствия. В частности, в последнее время суды стали активно использовать возможность рассылки повесток участникам судопроизводства посредством СМС-сообщений или электронной почты, руководствуясь Постановлением Пленума Верховного суда РФ от 09.02.2012 г. № 3 «О внесении изменений в некоторые постановления Пленума Верховного суда РФ» [7, с. 138]. Данный способ уведомления только на первый взгляд кажется эффективным. Несоблюдение процедуры зачастую может привести к грубым нарушениям прав участников процесса и, как следствие, к отмене вынесенного судебного решения [7, с. 140].

Во-первых, для получения СМС-уведомлений требуется согласие лица, но на практике таким согласием могут и пренебречь, если другая сторона, чаще всего истец, предоставит суду номер телефона ответчика. Во-вторых, достаточно трудно проследить и документально зафиксировать доставку сообщения конкретному адресату. Номер, на который отправляется сообщение, может оказаться неактивным либо перепроданным оператором связи другому лицу после блокировки. При этом в ст. 113 ГПК РФ достаточно четко регламентирована возможность использования иных средств связи, кроме традиционного заказного письма, лишь при условии обязательного фиксирования факта доставки или вручения судебного извещения адресату [7, с. 138].

В результате исследования перспектив внедрения электронного правосудия в Российской Федерации установлено, что данный процесс все еще находится на стадии формирования и существует значительное неравенство в его реализации для разных слоев населения, регионов России и субъектов судебной системы. Арбитражные суды были вынуждены прибегать к применению средств электронного правосудия, чтобы обеспечить разгрузку судов и предоставить участникам возможность быстро и эффективно разрешать споры в сфере экономической и предпринимательской деятельности. Целесообразно использовать зарубежный опыт внедрения электронного правосудия в разных странах в целях недопущения идентичных ошибок и привнесения продуктивных элементов.

Список использованных источников

1. **Гражданский** процессуальный кодекс Российской Федерации от 14.11.2002 № 138-ФЗ (ред. от 03.04.2018) // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 46. – Ст. 4432.

2. **О внесении** изменений в некоторые постановления Пленума Верховного суда Российской Федерации : Постановление Пленума Верховного суда РФ от 09.02.2012 г. № 3 (ред. 19.12.2017) // Российская газета. – 2010. – № 130.

3. **Об утверждении** прядка подачи в федеральные суды общей юрисдикции документов в электронном виде, в том числе в форме электронного документа : Приказ судебного департамента при Верховном Суде РФ от 27.12.2016 № 251 (ред. от 27.12.2016) // Документ опубликован не был.

4. **Артемова, Д. И.** Проблемы доступности правосудия в Российской Федерации / Д. И. Артемова, Е. А. Медведева // Вестник Пензенского государственного университета. – 2014. – № 3 (7). – С. 44 – 48.

5. **Белоусов, Д. В.** Электронное правосудие и его роль в организации судебной защиты в России / Д. В. Белоусов // Администратор суда. – 2015. – № 3. – С. 20 – 22.

6. **Ельчанинова, Н. Б.** Перспективы внедрения электронного правосудия: правовые проблемы обеспечения информационной безопасности / Н. Б. Ельчанинова // Общество: политика экономика, право. – 2017. – № 7. – С. 50 – 53.

7. **Кондюрина, Ю. А.** Доступность правосудия как условие эффективности системы электронного судопроизводства / Ю. А. Кондюрина // Вестник Омского университета. – 2016. – № 3(48). – С. 137 – 140.

8. **Романенкова, С. В.** Понятие электронного правосудия, его генезис и внедрение в правоприменительную практику зарубежных стран / С. В. Романенкова // Арбитражный и гражданский процесс. – 2013. – № 4. – С. 26 – 31

9. **eCourtroom:** виртуальный зал судебных заседаний Австралии [Электронный ресурс]. – URL : https://www.ecourtroom.fedcourt.gov.au/ecourtroom/default.aspx (дата обращения: 01.07.2018).

10. **eLodgment:** электронная система подачи заявок в Федеральный суд Австралии и на общую федеральную юрисдикцию Федерального окружного суда Австралии [Электронный ресурс]. – URL : https://www.elodgment.fedcourt.gov.au/eLodgment/login.aspx?ReturnUrl=%2felodgment%2fdefault.aspx (дата обращения: 20.06.2018).

11. **PACER:** Архив решений федеральных судов США [Электронный ресурс]. – URL : http://redrabbit.transparency.org.ru/pacer/ (дата обращения: 20.06.2018).

References

1. **Grazhdanskij** processual'nyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 14.11.2002 № 138-FZ (red. ot 03.04.2018) // Sobranie zakonodatel'stva RF. – 2002. – № 46. – St. 4432.

2. **O vnesenii** izmenenij v nekotorye postanovleniya Plenuma Verhovnogo suda Rossijskoj Federacii : Postanovlenie Plenuma Verhovnogo suda RF ot 09.02.2012 g. № 3 (red. 19.12.2017) // Rossijskaya gazeta. – 2010. – № 130.

3. **Ob utverzhdenii** pryadka podachi v federal'nye sudy obshchej yurisdikcii dokumentov v ehlektronnom vide, v tom chisle v forme ehlektronnogo dokumenta : Prikaz sudebnogo departamenta pri Verhovnom Sude RF ot 27.12.2016 № 251 (red. ot 27.12.2016) // Dokument opublikovan ne byl.

4. **Artemova, D. I.** Problemy dostupnosti pravosudiya v Rossijskoj Federacii / D. I. Artemova, E. A. Medvedeva // Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 3(7). – S. 44 – 48.

5. **Belousov, D. V.** Ehlektronnoe pravosudie i ego rol' v organizacii sudebnoj zashchity v Rossii / D.V. Belousov // Administrator suda. – 2015. – № 3. – S. 20 – 22.

6. **El'chaninova, N. B.** Perspektivy vnedreniya ehlektronnogo pravosudiya: pravovye problemy obespecheniya informacionnoj bezopasnosti / N. B. El'chaninova // Obshchestvo: politika ehkonomika, pravo. – 2017. – № 7. – S. 50 – 53.

7. **Kondyurina, Yu. A.** Dostupnost' pravosudiya kak uslovie ehffektivnosti sistemy ehlektronnogo sudoproizvodstva / Yu. A. Kondyurina // Vestnik Omskogo universiteta. – 2016. – № 3(48). – S. 137 – 140.

8. **Romanenkova, S. V.** Ponyatie ehlektronnogo pravosudiya, ego genezis i vnedrenie v pravoprimenitel'nuyu praktiku zarubezhnyh stran / S. V. Romanenkova // Arbitrazhnyj i grazhdanskij process. – 2013. – № 4. – S. 26 – 31

9. **eCourtroom:** virtual'nyj zal sudebnyh zasedanij Avstralii [Ehlektronnyj resurs]. – URL : https://www.ecourtroom.fedcourt.gov.au/ecourtroom/default.aspx (data obrashcheniya : 01.07.2018).

10. **eLodgment:** ehlektronnaya sistema podachi zayavok v Federal'nyj sud Avstralii i na obshchuyu federal'nuyu yurisdikciyu Federal'nogo okruzhnogo suda Avstralii [Ehlektronnyj resurs]. – URL : https://www.elodgment.fedcourt.gov.au/eLodgment/login.aspx?ReturnUrl=%2felodgment%2fdefault.aspx (data obrashcheniya: 20.06.2018).

11. **PACER:** Arhiv reshenij federal'nyh sudov SSHA [Ehlektronnyj resurs]. – URL : http://redrabbit.transparency.org.ru/pacer/ (data obrashcheniya: 20.06.2018).

УДК 378

Аржанова А. А.
Мордовский государственный педагогический институт, Россия, г. Саранск
(Тел. (8987)6930151, e-mail: a-arzhanowa@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДИА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ О ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГАХ

Arzhanova A. A.
Mordovia State Pedagogical Institute, Russia, Saransk
(Tel. (8987)6930151, e-mail: a-arzhanowa@yandex.ru)

USING MEDIA FOR VISUALIZATION OF INFORMATION ON ADDITIONAL EDUCATIONAL SERVICES

Аннотация. Показана роль воспитательной деятельности учителя. В качестве одного из средств реализации воспитательной деятельности предлагается использование видеосюжетов. Отмечается, что умение монтировать видео дает педагогу большие возможности для осуществления его профессиональной деятельности. Представлен сценарий видеоролика рекламного характера, приглашающий получить дополнительное образование в физико-математической школе «Квант» Мордовского государственного педагогического института имени М. Е. Евсевьева.

Ключевые слова: медиа, образование, учитель, видеоролик, реклама, воспитание.

Abstract. The role of educational activity of the teacher is shown. The use of video clips is proposed as one of the means of implementing educational activities. It is noted that the ability to assemble videos gives the teacher better opportunity to carry out his professional activity. A script of a promotional video on additional education at the Physics and Mathematics School Kvant of Mordovia State Pedagogical Institute is presented.

Keywords: media, education, teacher, video, advertising, education.

Воспитательная деятельность учителя сложна и многогранна. Он проводит различную воспитательную работу с коллективом учащихся, с учителями своего класса, с родителями и общественностью. Задачи его воспитательной деятельности определяются общими задачами воспитания и конкретными условиями жизни класса. На разных этапах развития коллектива учитель выдвигает конкретные задачи воспитания и, опираясь на ученический коллектив, проводит разнообразную воспитательную работу с классом и отдельными учениками. При определении этих задач он учитывает возрастные особенности учеников, уровень их знаний и состояние успеваемости, дисциплину в классе, наличие таких качеств, как трудолюбие, коллективизм, сознание общественного долга.

Деятельность учителя достигает своей цели и дает наилучший результат при условии, если она проводится в определенной системе. Система работы учителя – это совокупность взаимно связанных между собой воспитательных мероприятий, вытекающих из целей и задач воспитания. Она предполагает продуманный отбор посильного для учащихся воспитательного материала и умелое использование наиболее эффективных средств, одним из которых являются видеосюжеты [3 – 5].

Для примера, показывающего использование видеосюжетов в воспитательной работе учителя, автором совместно с дирекцией физико-математической школы «Квант» Мордовского государственного педагогического института имени М. Е. Евсевьева был разработан сценарий видеоролика рекламного характера, приглашающий пройти дополнительное образование в ее рамках. Разработанный сценарий приведен ниже.

«*Знаете ли вы первоначальное значение слова «школа»? Слово «школа» происходит от древнегреческого корня scholazo, что значит «отдыхать от работы», а латинское значение слова – досуг.*

(*кадр корпуса института*)

Только в нашей школе «Квант» вы поверите в то, что досуг может быть не только интересным, но и полезным на пути приобретения целого мира знаний! Вы сможете находить рациональные способы решения задач и научитесь нестандартно мыслить. Несомненно, раскроете в себе много еще неведомых вам талантов, поверите в себя и осознаете ценность образования!

(*кадры экспериментов по физике и новейшей техники в аудиториях*)

Приглашаем школьников в физико-математическую школу «Квант», которая создана и функционирует на базе физико-математического факультета Мордовского государственного педагогического института имени М. Е. Евсевьева.

(*кадры институтских коридоров и светлых кабинетов*)

Школа «Квант» открыта для ребят 5 – 11 классов весь учебный год, с 15 сентября по 15 мая. Здесь вы сможете:

– *закрепить предметные знания школьной программы по математике, физике и информатике;*

– *подготовиться к участию в предметных олимпиадах по математике, физике и информатике и конкурсах различных уровней;*

– *попробовать свои силы в творческих, научных и учебно-исследовательских мероприятиях;*

– *разработать свой научно-исследовательский проект.*

(*кадры учебных занятий*)

В этом вам помогут наши компетентные преподаватели. Они раскроют тайны самых сложных школьных предметов – математики, физики и информатики и обеспечат вас эффективными инструментами для их освоения.

Они раскроют тайны самых сложных школьных предметов – математики, физики и информатики и обеспечат вас эффективными инструментами для их освоения.

Специально для ребят 9 и 11 классов мы предлагаем курсы по подготовке к ОГЭ и ЕГЭ по математике (базовый и профильный уровни), физике и информатике.

В нашей школе «Квант» можно учиться как индивидуально, так и в маленьких группах. В группе может быть от 5 до 7 школьников. При комплектации групп мы также учитываем способности школьников и для вашего комфорта стараемся собрать группу из ребят одного уровня. В нашей школе нет жесткого расписания занятий, время занятий максимально адаптировано к вашему распорядку дня.

Образовательные программы школы «Квант»:

– *«Подготовка к поступлению в вуз. Математика. 10–11 класс»;*

– *«Подготовка к поступлению в вуз. Физика. 10 класс»;*

– «*Подготовка к поступлению в вуз. Физика. 11 класс*»;
– «*Математика. 9 класс*»;
– «*Физика. 9 класс*»;
– «*Решение олимпиадных задач по математике*»;
– «*Решение олимпиадных задач по информатике* (*программированию*)»;
– «*Проектная деятельность школьников по физике и математике*»;
– «*Математические основы решения задач по информатике*».

(*слайд-шоу состава преподавателей*)

На безвозмездной основе каждый учебный год школа «Квант» реализует проект «Готовимся к ЕГЭ по математике, физике, информатике» в форме вебинаров и тематических консультаций. Графики вебинаров и консультаций вы сможете найти на сайте МГПИ (*рис. 1*), *вкладка Наша жизнь_Новости: https://www.mordgpi.ru/.*

(*кадры примеров заполнения заявок*)

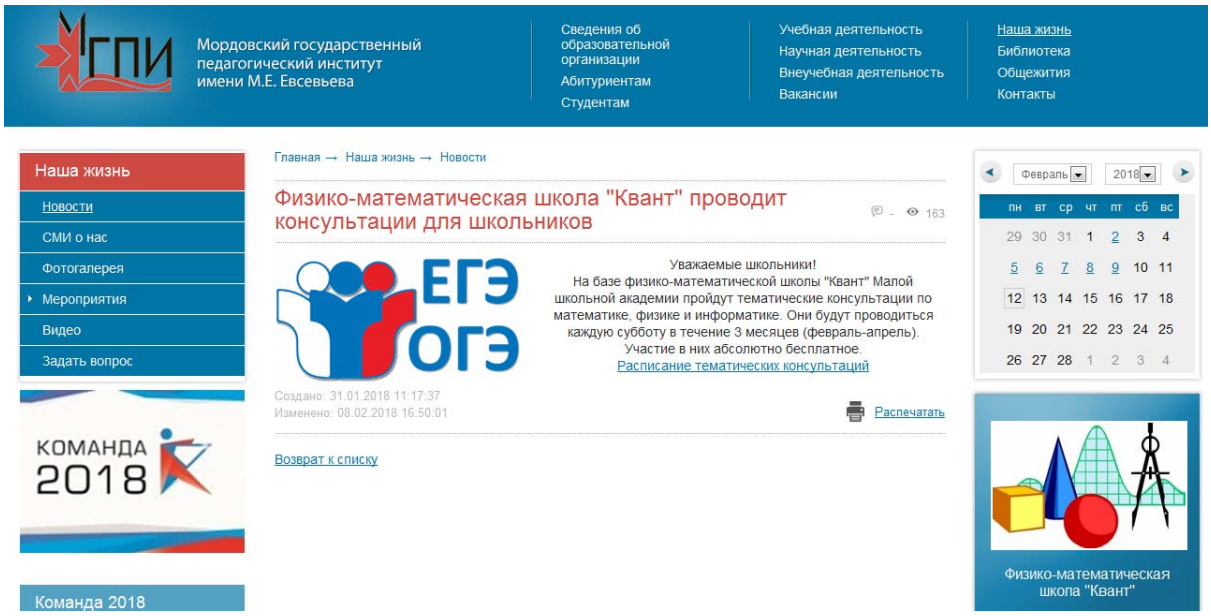


Рис. 1. Страница с информацией о консультациях

В период осенних и весенних каникул для школьников 9 и 11 классов реализуются краткосрочные интенсивные курсы по подготовке к ЕГЭ и ОГЭ по математике, физике и информатике. Школьникам из муниципальных районов Республики Мордовия предлагается общежитие.

Помните, в знании есть сила, а сила – это знание! Вкладывая себя в образование, вы приумножаете свое благосостояние в будущем...»

Из этого следует, что информационные технологии востребованы во всех направлениях деятельности педагога: как учебной, так научно-исследовательской и воспитательной. Умение монтировать видео дает учителю большие преимущества в осуществлении профессиональной деятельности [2]. Для воспитательной работы это необходимо при проведении различных общешкольных патриотичных, праздничных мероприятий, креативных конкурсов внутри класса. На классном часу также будет очень интересным показать видео по определенной заранее учителем теме, в котором будет снят сам учи-

тель и ученики. А для научно-исследовательской деятельности – демонстрация различных опытов и экспериментов [1], что соответствует системно-деятельностному подходу и мотивации к осуществлению научной деятельности совместно с применением творческих подходов.

Список использованных источников

1. **Аржанова, А. А.** Применение 3D-технологий в образовании / А. А. Аржанова // Взгляд молодых на проблемы региональной экономики : материалы Всероссийского открытого конкурса студентов ВУЗов и молодых исследователей с элементами научной школы. – Тамбов : ТГТУ, 2017. – С. 155 – 159.

2. **Аржанова, А. А.** Современные образовательные технологии в школе будущего / А. А. Аржанова, В. И. Сафонов // Современное образовательное пространство: новые методы и технологии : материалы Международной научно-практической конференции. – Чебоксары : ЧГПУ, 2017. – С. 13 – 16.

3. **Райтман, М.** Видеомонтаж в SonyVegas PRO 13 / М. Райтман. – М. : Изд-во «ДМК Пресс», 2017. – 302 с.

4. **Рознатовская, А. Г.** Создание компьютерного видеоролика в AdobePremierePro CS 2 / А. Г. Рознатовская. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2013. – 80 с.

5. **Светлакова, Е. Ю.** Режиссура аудиовизуальных произведений : учебное пособие / Е. Ю. Светлакова. – Кемерово : КемГУКИ, 2012. – 152 с.

References

1. **Arzhanova, A. A.** Primenenie 3D-tekhnologij v obrazovanii / A. A. Arzhanova // Vzglyad molodyh na problem regional'noj ehkonomiki : materialy Vserossijskogo otkrytogo konkursa studentov VUZov i molodyh issledovatelej s ehlementami nauchnoj shkoly. – Tambov : TGTU, 2017. – S. 155 – 159.

2. **Arzhanova, A. A.** Sovremennye obrazovatel'nye tekhnologii v shkole budushchego / A. A. Arzhanova, V. I. Safonov // Sovremennoe obrazovatel'noe prostranstvo: novye metody i tekhnologii : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – CHeboksary : CHGPU, 2017. – S. 13 – 16.

3. **Rajtman, M.** Videomontazh v Sony Vegas PRO 13 / M. Rajtman. – M. : Izdatel'stvo «DMK Press», 2017. – 302 s.

4. **Roznatovskaya, A. G.** Sozdaniekomp'yuternogovideorolika v Adobe Premiere Pro CS 2 / A. G. Roznatovskaya. – M. : Internet-Universitet Informacionnyh Tekhnologij, 2013. – 80 s.

5. **Svetlakova, E. Yu.** Rezhissura audiovizual'nyh proizvedenij : uchebnoe posobie / E. Yu. Svetlakova. – Kemerovo: KemGUKI, 2012. – 152 s.

УДК 004.02

Немтинов В. А., Борисенко А. Б., Трюфилькин С. В.,
Немтинова Ю. В., Горелов А. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (84752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕРРИТОРИИ «БАЗАРНАЯ ПЛОЩАДЬ» ГОРОДА ТАМБОВА

Nemtinov V. A., Borisenko A. B., Trufilkin S. V.,
Nemtinova Yu. V., Gorelov A. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (84752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

VIRTUAL RECONSTRUCTION OF THE TERRITORY OF THE “MARKET SQUARE” OF THE CITY OF TAMBOV

Аннотация. Описана история становления территории «Базарная площадь» в г. Тамбове. Создана совокупность трехмерных моделей объектов культурно-исторического наследия данной территории, как существующих, так и утраченных, либо частично разрушенных. К их числу относятся здания и сооружения (павильон мер и весов, торговые ряды (каменные), питейный дом, трактир, Христорождественский собор и др.); торговое оборудование (стол торговый, скамья, корчага, бочка, весы поверочные и др.); элементы быта (телега, арба, корзинка и др.); элементы архитектурных сооружений и др. Создан виртуальный музей истории развития данной территории. В качестве платформы для создания трехмерного виртуального мира в данной работе был использован OpenSimulator, который предоставляет собой международный проект, целью которого является создание открытой технологической платформы для построения трехмерных виртуальных миров.

Ключевые слова: объекты культурно-исторического наследия, трехмерные модели, территория «Базарная площадь» г. Тамбова.

Abstract. The paper describes the history of the «Market square» territory development in the city of Tambov. A set of three-dimensional models of objects of cultural and historical heritage of the territory, both existing and lost, or partially destroyed was created. These include buildings and objects (Pavilion of Weights and Measures, shopping arcade (made of stone), Drinking house, tavern, Nativity of Christ Cathedral, etc.); commercial equipment (a trading desk, a bench, a jug, a barrel, weighing scales, etc.); elements of daily routine (a cart, a wagon, a basket, etc.); elements of architectural objects, and etc. The virtual Museum of the history of the territory was created. We used OpenSimulator as a platform for creating three-dimensional virtual world; it provides an international project aimed to create an open technology platform to build three-dimensional virtual worlds.

Keywords: cultural and historical heritage, three-dimensional models, «Market square» territory in Tambov.

В каждом областном центре Российской Федерации непременно имеет место ряд объектов, наличие которых позволяет выделить именно эти города из множества других. К таким, например, относятся здания областных и краевых администраций или

комплексы зданий областных больниц, или здания областных драматических театров. Конечно, такие объекты есть и в других городах, не наделенных функциями административного управления. Однако в областных центрах они всегда более значимы, чем в простых городах. По приведенным примерам вполне можно судить о том, что действительно есть такие городские объекты, которые определяют собой уровень самого города и его административно-функциональное значение. Возможно, что в какой-то мере они являются «визитной карточкой города», выражают «его лицо».

Авторы в данной работе среди таких объектов выбрали объект, который как ни какой другой предоставляет возможность сделать сравнительный анализ исторических и экономических процессов, позволяющий конкретный областной центр выделить среди других таких же городов России. Конкретным объектом исследований был принят Тамбовский областной рынок, во многом характеризующий историю самого Тамбовского края и его развитие. Именно торгово-экономическую деятельность следует принимать в качестве индикатора непрерывного развития, имевшего в определенные периоды взлеты и падения в своих показателях, но никогда не прекращавшихся.

История становления. Тамбовский базар является географическим центром города. Его площадь составляет 7 га, но с учетом того, что в последние 7 лет рынок вышел за свои границы и захватил проезжую часть улицы Коммунальной, площадь его достигла почти 9 га. Сегодня на Центральном рынке торгуют около 5 тысяч продавцов. Число людей, посещающих базар в воскресные, а особенно в предпраздничные дни, доходит до 50 тысяч. В часы «пик» в эти дни на одного человека приходится не более 3-х квадратных метров его территории. Обилие сегодняшних товаров не даст возможности сделать хотя бы приблизительную оценку их количества.

В конце XVII века на западной окраине Стрелецкой слободы стихийно возникла торговля сеном и соломой. Товар этот долгие годы оставался самым ходовым и торговля им постоянно расширялась. Со временем, когда удалось осушить заболоченные места с западной стороны от городских поселений, сеном стали торговать на большой территории и ее стали называть Сенной площадью. Прошли годы, и в начале XIX столетия Сенная площадь приобрела свои сегодняшние очертания. Ее границами стали улицы, носящие наименования: Пензенская (позже Гимназическая, ныне Коммунальная), Носовская, Липецкая (позже Знаменская, ныне Октябрьская), Христорождественская (Красная). Сенная площадь уже в те годы была людным местом, где можно было узнать все основные новости, происходившие в городе и его окрестностях. Так, 15 июня 1800 г. на Сенной площади крестьянин Панков сообщал испуганным горожанам известие о предстоящем поджоге Тамбова с трех его сторон. Слова эти в некоторой степени оказались вещими, так как в ту же ночь в Пушкарской слободе произошел пожар. Правда, сгорела всего лишь пустая баня.

Городской базар первоначально располагался к северу от Соборной площади (в районе сегодняшней улицы Степана Разина). В конце 20-х годов XIX века было решено перевести базар в другое место. С этой целью облюбовали Сенную площадь,

а для торговли сеном выделили участок чуть севернее, ближе к Студенцу. С тех пор центральный базар в Тамбове находится уже 170 лет на отведенном ему месте. На рисунке 1 приведено историческое изображение Базарной площади.

Рис. 1. Тамбов. Начало XX века. Базарная площадь.
Снимок с пожарной каланчи на улице Дворянской

Виртуальная реконструкция. Одним из способов представления информации об объектах культурно-исторического наследия являются *виртуальные музеи* – специализированные веб-сайты, предназначенные для экспозиции различных музейных материалов: предметов искусства, исторических артефактов, памятников архитектуры и др. Информация включает не только текстовые данные, но и изображения, звуки, видеофрагменты, анимацию. Зачастую эти сайты являются информационными ресурсами реально существующих музеев. Для просмотра этих сайтов пользователю достаточно обычного WEB-браузера [1 – 14].

В качестве платформы для создания трехмерного виртуального мира в данной работе был использован OpenSimulator [15]. OpenSimulator предоставляет собой международный проект, целью которого является создание открытой технологической платформы для построения трехмерных виртуальных миров, аналогичных Second Life. Развитие OpenSimulator идет в сторону инноваций в новое направление – трехмерный Вэб. Проект OpenSimulator обладает открытым исходным кодом (по лицензии BSD) и распространяется бесплатно.

Информация о результатах виртуальной реконструкции территории «Базарная площадь» г. Тамбова размещена по адресу: http://heritage.tstu.ru/market/index.php/ru/home-ru-ru . Инструкция для посетителей виртуального музея представлена по

адресу: http://heritage.tstu.ru/market/index.php/ru/vkhod-v-muzej, а видеоролики для предварительного знакомства с музеем – http://heritage.tstu.ru/market/index.php/ru/videoroliki

На рисунках 2 – 5 представлены отдельные фрагменты виртуального музея.

Рис. 2. Общий вид рыночной площади (середина XIX века)

Рис. 3. Рыночная площадь. Христорождественский собор (конец XIX века)

Рис. 4. Вид модели разливочной нефтепродуктов

Рис. 5. Часовня иконы Казанской Богоматери

Использование трехмерной среды для реализации виртуального музея является привлекательным для пользователей системы. Им нравится, что их собственная личность представлена в качестве аватара, который может свободно перемещаться внутри виртуального мира, изучать его с любой точки. Кроме того, важную роль играет социальный аспект. Пользователям нравится, что внутри виртуального мира можно встретить других пользователей, наблюдать за их перемещениями и действиями, общаться с ними в реальном времени. Наличие игрового характера, несомненно, привлекательно для молодой аудитории.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта «Виртуальный музей истории развития территории «Базарная площадь» и хронологии становления торгово-купеческой деятельности в этой части города Тамбова», проект № 17-01-12017.

Список использованных источников

1. **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.

2. **Создание** геоинформационного портала исторически значимых объектов тамбовского региона / В. А. Немтинов, А. А. Горелов, П. А. Острожков, А. М. Манаенков, Ю. В. Немтинова // Геоинформатика. – 2014. – № 2. – С. 63 – 66.

3. **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.

4. **Немтинов, В. А.** Моделирование объектов культурно-исторического наследия – основа клиометрических исследований / В. А. Немтинов, А. А. Горелов // Клио. – 2010. – № 4. – С. 3 – 7.

5. **Войтин, А. О.** Новые подходы к сохранению и актуализации культурного наследия / А. О. Войтин, В. М. Тютюнник // В мире научных открытий. – 2014. – Т. 52, № 4. – С. 37 – 44.

6. **Косенкова, К. Б.** Современные тенденции использования 3D-реконструкций памятников историко-культурного наследия / К. Б. Косенкова // Вестник Ленинградского государственного университета им. А. С. Пушкина. – 2014. – Т. 2, № 2. – С. 218 – 225.

7. **Мокрозуб, В. Г.** Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, С. Я. Егоров // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 3. – С. 68 – 73.

8. **Представление** модели параметрического синтеза технического объекта в реляционной базе данных / В. Г. Мокрозуб, А. И. Сердюк, С. Ю. Шамаев, С. В. Каменев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 462 – 466.

9. **Представление** структуры технических объектов с взаимозаменяемыми элементами в виртуальных моделях / В. Г. Мокрозуб, А. И. Сердюк, С. В. Каменев, С. Ю. Шамаев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 467 – 471.

10. **Mokrozub , V. G.** An approach to smart information support of decision-making in the design of chemical equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – V. 51, № 7. – S. 487 – 492.

11. **Визуализация** виртуальной пространственно-временной модели территории исторической застройки / В. А. Немтинов, А. А. Горелов, Ю. В. Немтинова, А. Б. Борисенко // Научная визуализация. – 2016. – Т. 8, № 1. – С. 120 – 132.

12. **Егоров, С. Я.** Информационно-логическая модель компоновки промышленных объектов / С. Я. Егоров, В. А. Немтинов, М. С. Громов // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 2006. – № 4. – С. 19 – 23.

13. **Немтинов, В. А.** Информационный анализ видовых изображений объектов городской застройки / В. А. Немтинов, А. И. Горелов, М. Ю. Воробьева // Информационное общество. – 2015. – № 2-3. – С. 108 – 116.

14. **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.

15. **London Charter** for the computer-based visualisation of cultural heritage. Draft 2.1. [Электронный ресурс]. – URL : http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf

References

1. **Informacionnye** tekhnologii pri sozdanii prostranstvenno-vremennyh modelej ob"ektov kul'turno-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 : Izdatel'skij dom TGU im. G. R. Derzhavina, 2013. – 216 s.

2. **Sozdanie** geoinformacionnogo portala istoricheski znachimyh ob"ektov tambovskogo regiona / V. A. Nemtinov, A. A. Gorelov, P. A. Ostrozhkov, A. M. Manaenkov, Yu. V. Nemtinova // Geoinformatika. – 2014. – № 2. – S. 63 – 66.

3. **Nemtinov, V. A.** Virtual'noe modelirovanie ob"ektov kul'turno-istoricheskogo naslediya s ispol'zovaniem GIS-tekhnologij / V. A. Nemtinov, V. V. Morozov, A. M. Manaenkov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – V. 17, № 3. – S. 709 – 714.

4. **Nemtinov, V. A.** Modelirovanie ob"ektov kul'turno-istoricheskogo naslediya – osnova kliometricheskih issledovanij / V. A. Nemtinov, A. A. Gorelov // Klio. – 2010. – № 4. – S. 3 – 7.

5. **Vojtin, A. O.** Novye podhody k sohraneniyu i aktualizacii kul'turnogo naslediya / A. O. Vojtin, V. M. Tyutyunnik // V mire nauchnyh otkrytij. – 2014. – T. 52, № 4. – S. 37 – 44.

6. **Kosenkova, K. B.** Sovremennye tendencii ispol'zovaniya 3D-rekonstrukcij pamyatnikov istoriko-kul'turnogo naslediya / K. B. Kosenkova // Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta im. A. S. Pushkina. – 2014. – V. 2, № 2 . – S. 218 – 225.

7. **Mokrozub, V. G.** Informacionno-logicheskie modeli tekhnicheskih ob"ektov i ih predstavlenie v informacionnyh sistemah / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, S. Ya. Egorov // Informacionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve. – 2010. – № 3. – S. 68 – 73.

8. **Predstavlenie** modeli parametricheskogo sinteza tekhnicheskogo ob"ekta v relyacionnoj baze dannyh / V. G. Mokrozub, A. I. Serdyuk, S. Yu. Shamaev, S. V. Kamenev // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – V. 17, № 2. – S. 462 – 466.

9. **Predstavlenie** struktury tekhnicheskih ob"ektov s vzaimozamenyaemymi ehlementami v virtual'nyh modelyah / V. G. Mokrozub, A. I. Serdyuk, S. V. Kamenev, S. Yu. SHamaev // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – V. 17, № 2. – S. 467 – 471.

10. **Mokrozub , V. G.** An approach to smart information support of decision-making in the design of chemical equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – T. 51, № 7. – S. 487 – 492.

11. **Vizualizaciya** virtual'noj prostranstvenno-vremennoj modeli territorii istoricheskoj zastrojki / V. A. Nemtinov, A. A. Gorelov, Yu. V. Nemtinova, A. B. Borisenko // Nauchnaya vizualizaciya. – 2016. – V. 8, № 1. – S. 120 – 132.

12. **Egorov, S. Ya.** Informacionno-logicheskaya model' komponovki promyshlennyh ob"ektov / S. Ya. Egorov, V. A. Nemtinov, M. S. Gromov // Nauchno-tekhnicheskaya informaciya. Seriya 2: Informacionnye processy i sistemy. – 2006. – № 4. – S. 19 – 23.

13. **Nemtinov, V. A.** Informacionnyj analiz vidovyh izobrazhenij ob"ektov gorodskoj zastrojki / V. A. Nemtinov, A. I. Gorelov, M. Yu. Vorob'eva // Informacionnoe obshchestvo. – 2015. – № 2-3. – S. 108 – 116.

14. **Gorelov, I. A.** Komp'yuternye tekhnologii pri reshenii voprosov razvitiya territorij gorodskih municipal'nyh obrazovanij / I. A. Gorelov, V. A. Nemtinov // Informacionnoe obshchestvo. – 2014. – № 1. – S. 49 – 54.

15. **London Charter** for the computer-based visualisation of cultural heritage. Draft 2.1. [Ehlektronnyj resurs]. – URL : http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf

УДК 004.9/347

Асланова А. Г., Судоргина Е. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (84752)63-03-85, e-mail: pravo@admin.tstu.ru)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПРАВОСУДИЯ В СВЕТЕ СУДЕБНОЙ РЕФОРМЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Aslanova A. G., Sudorgina E. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (84752) 63-03-85, e-mail: pravo@admin.tstu.ru)

TOPICAL ISSUES OF APPLICATION OF ELECTRONIC JUSTICE IN THE LIGHT OF JUDICIAL REFORM IN THE RUSSIAN FEDERATION

Аннотация. Рассмотрены основные вопросы развития и проблемы применения электронного правосудия в связи с судебной реформой в Российской Федерации. Главные задачи электронного правосудия – совершенствование и оптимизация института судебной системы Российской Федерации в различных отраслях права, общедоступность посредством опубликования судебных постановлений в сети Интернет.

Ключевые слова: электронное правосудие, судебная реформа, судебная система, электронное правосудие.

Abstract. This article considers the main issues of development and problems of the application of electronic justice in connection with judicial reform in the Russian Federation. The main tasks of electronic justice are to improve and optimize the institution of the judicial system of the Russian Federation in various branches of law, and to make it widely available through the publication of judicial decisions on the Internet.

Keywords: electronic justice, judicial reform, judicial system, electronic justice.

Современные тенденции развития государства и общества способствуют внедрению новых технологий в самые различные сферы жизнедеятельности. Умение целесообразно использовать эти технологии позволит совершенствовать и оптимизировать различные институты, в том числе институт судебной системы Российской Федерации. Как высказывался известный британский публицист и писатель Герберт Уэллс: «Тот, кто не смотрит вперед, оказывается позади» [6, с. 130].

Все больший вес приобретает концепция «электронного государства». Оно включает в себя множество аспектов, среди которых особое внимание уделяется электронному правосудию.

Проблематика электронного правосудия за последние годы существенно актуализировалась в связи с проводимой судебной реформой и интенсификацией процессов внедрения электронного правосудия в судебную практику. Однако эта проблематика по-прежнему характеризуется недоработкой некоторых аспектов в разработке общих теоретико-методологических основ и концептуальных понятий [3, с. 3].

Например, необходимость разграничения категорий «информатизация деятельности судов» и «электронное правосудие». Отождествление данных понятий на практике

может привести к тому, что внешняя модернизация судебной деятельности без основополагающей перестройки будет рассматриваться как достаточная реализация концепции электронного правосудия. Объединение государственных судов в единую компьютерную сеть, публикаций судебных постановлений в сети Интернет – это еще не электронное правосудие. Необходимо разработать направления совершенствования законодательств и правоприменительной практики, которые позволят реализовать сущностную перестройку технологического и информационного обеспечения судебной деятельности в соответствии с потребностями современного информационного общества [3, с. 4].

В настоящее время активно набирающий обороты процесс информатизации правосудия, который, по данным мониторинга, делает данную систему более эффективной – порождает и ряд других проблем [4, с. 124]. Во-первых, – это недостаточная развитость законодательства. Наиболее актуальной является проблема защиты информации, хранимой в системах электронного правосудия или передаваемой с помощью них. Для повышения уровня безопасности выделяются огромное количество финансовых и трудовых ресурсов, так как нарушение хотя бы одного из аспектов безопасности данных (целостности, конфиденциальности, доступности) может принести огромный ущерб как судам, так и участникам процесса, но, несмотря на это, указанная проблема остается не решенной. В частности, угрозы информационной безопасности автоматизированных информационно-телекоммуникационных систем, используемых в судах, установление правового режима информационных ресурсов приводят необходимости совершенствования механизма размещения информации о деятельности судов на официальных сайтах, в том числе и в формате «открытых данных». Так, возникают вопросы соблюдения паритета между предоставлением доступа к информации об участниках процесса, их процессуального статуса, действиях, иной информации и соблюдения прав и свобод человека и гражданина, т.е., с одной стороны, речь идет об обезличивании персональных данных, а с другой – правоохранительные органы предоставляют информацию СМИ о лицах, попавших в сферу судопроизводства. Кроме того, в России стоит больше внимания уделять совершенствованию процессуального законодательства, так как создание многих возможностей неосуществимо без соответствующих изменений в текущем законодательстве.

Еще одной проблемой является недостаточный уровень информированности и образованности граждан страны в рассматриваемой сфере, а иногда и самих сотрудников судов.

Некая часть граждан не осведомлены о возможности использования новых технологий и его порядке. В целях повышения осведомленности граждан, необходимо проведение различных программ и мероприятий для повышения грамотности граждан и осведомленности об имеющихся возможностях.

На сегодняшний день возможность участия в судебном заседании с использованием видео-конференц-связи в России предоставляется на безвозмездной основе, что влечет большое число ходатайств о рассмотрении дела в указанном порядке и повышает нагрузку на судебную систему, а в некоторых случаях, неоправданно и связано со злоупотреблением права. Кроме того, возникают организационные вопросы предоставления возможности участия в судебном заседании с использованием видео-конференц-

связи, связанные с разницей часовых поясов в местах нахождения арбитражных судов, задействованных в видеоконференции [5, с. 9].

Проблемы, связанные с применением положений ст. 153.1 АПК РФ [2], указывают на необходимость более подробной регламентации порядка проведения судебного заседания с использованием видео-конференц-связи, особенностей совершения процессуальных действий, предусматривающих обязательное заблаговременное представление письменных доказательств суду, рассматривающему дело, и лицам, участвующим в деле, и последствия несоблюдения данного правила; порядка взятия подписки свидетелем и фиксации обстоятельств, признанных стороной; полномочий и порядка действий суда, исполняющего судебное поручение по организации судебного заседания с использованием системы видео-конференц-связи. Кроме того, введение платы за предоставление возможности участия в судебном заседании с использованием видеоконференц-связи будет содействовать ограничению возможным злоупотреблениям правом и регулировать нагрузку на судебную систему [5, с. 9].

Развитие системы электронного обеспечения правосудия направлено на обеспечение открытости, прозрачности и доступности правосудия, на повышение качества и эффективности работы судебной системы, усиление гарантий самостоятельности судов и независимости судей, приведение российского законодательства в соответствие с нормами международного права и международными стандартами [5, с. 16].

Таким образом, для создания эффективного электронного судопроизводства в России, как способа осуществления правосудия, основанного на использовании информационных технологий, необходима дальнейшая информационно-техническая модернизация судебной системы, повышение уровня культуры работы с электронными средствами работников судов, введение во всю судебную систему электронного делопроизводства, а также принятие правовых норм, позволяющих однозначно определить институт электронного судопроизводства, понятие и статус электронного документа.

Список использованных источников

1. **Василькова, С. В.** Электронное правосудие в цивилистическом процессе : дис. … канд. юрид. наук / С. В. Василькова. – СПб., 2018. – 251 с.

2. **Глоба, В. В.** Электронное правосудие / В. В. Глоба // Инновационная наука. – 2015. – № 12. – С. 122 – 124.

3. **Лазарева, И. В.** Актуальные вопросы развития электронного судопроизводства в России / И. В. Лазарева // Верное решение. – 2013. – № 1. – С. 1 – 16.

4. **Чернышев, В. И.** Использование электронных средств в арбитражном процессе / В. И. Чернышев // Вестник Омского университета. – 2011. – № 2(27). – С. 130 – 138.

References

1. **Vasilkova, S. V.** Electronic justice in the civil process : diss. ... k. yu. n. / S. V. Vasilkova. – St. Petersburg, 2018. – 251 s.

2. **Globa, V. V.** E-justice / V. V. Globa // Innovative science. – 2015. – № 12. – S. 122 – 124.

3. **Lazareva, I. V.** Actual questions of development of electronic legal proceedings in Russia / I. V. Lazareva // the Right decision. – 2013. – № 1. – S. 1 – 16.

4. **Chernyshev, V. I.** The Use of electronic means in arbitration process / V. I. Chernyshev // Herald of Omsk University. – 2011. – № 2(27). – S. 130 – 138.

С е к ц и я III

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ: СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 004.94

Вязанкина М. С.,[1] Ярова Е. В.,[2] Томчинская Т. Н.[3]
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева,
Россия, Нижний Новгород
[1](Тел. +7(920)291 59 60, e-mail: mabavisa@ gmail.com),
[2](Тел. +7(910)878 61 30, e-mail: wonderful-day@mail.ru),
[3](Тел. +7(904)786 82 69, e-mail: tomchinskaya@mail.ru)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УЧЕБНОГО КОРПУСА ВУЗА

Viazankina M. S.,[1] Yarova E. V.,[2] Tomchinskaya T. N.[3]
Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseev, Russia, Nizhny Novgorod,
[1](Tel. +7(920)291 59 60, e-mail: mabavisa@ gmail.com),
[2](Tel. +7(910)878 61 30, e-mail: wonderful-day@mail.ru),
[3](Tel. +7(904)786 82 69, e-mail: tomchinskaya@ mail.ru

DEVELOPMENT OF INFORMATION MODEL OF THE EDUCATIONAL BUILDING OF THE UNIVERSITY

Аннотация. Представлен компонент геоинформационной системы НГТУ – информационная модель корпуса НГТУ, построенная в инструментальной среде REVIT. В состав модели входят цифровая модель рельефа местности, трехмерная модель учебного корпуса и инженерных коммуникаций, библиотека материалов и различные виды семейств. Рассмотрены особенности и технология создания информационной модели учебного корпуса ВУЗа.

Ключевые слова: инженерные коммуникации, BIM, Autodesk Revit, инфраструктура, геоинформационная система, семейства Revit.

Abstract. In article NGTU geographic information system component – the three-dimensional model of the NGTU case constructed in the tool REVIT environment is considered. The model includes a digital terrain model, a three-dimensional model of the educational building and engineer communication, a library of materials and various types of Revit families. Features and technologies of creation of information model of the educational case of Higher Education Institution are considered.

Keywords: engineer communication, BIM, Autodesk Revit, infrastructure, geographic information system, Revit families.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева имеет большое количество корпусов, которые насыщены сложным оборудованием и инженерными коммуникациями, требующими постоянного обслуживания, ремонта и учета данных о состоянии инженерных систем. Так как на сегодняшний день качество решения задач по управлению инфраструктурой зданий во многом зависит от наличия, достоверности и актуальности сведений об объектах инфраструктуры, а также инструментов сбора, хранения и анализа данных, было решено создать единую информационную модель комплекса учебных корпусов с использованием BIM (Building Information Modeling) технологии. Предполагается, что информационная модель комплекса зданий НГТУ будет являться компонентом геоинформационной системы (ГИС) вуза, разрабатываемой в НГТУ с единой общей внешней базой данных.

На первом этапе силами студентов и преподавателей разрабатывается информационная модель шестого учебного корпуса НГТУ. В качестве инструментальной среды для поддержки трехмерной информационной модели здания выбран программный продукт Autodesk Revit. Это программный комплекс, реализующий принцип информационного моделирования зданий. Комплекс предоставляет возможности трехмерного моделирования элементов здания, инженерных систем, а также плоского черчения элементов оформления, создания пользовательских объектов, организации совместной работы над проектом, начиная от концепции и заканчивая выпуском рабочих чертежей и спецификаций. База данных Revit может содержать информацию о проекте на различных этапах жизненного цикла здания, от разработки концепции до строительства и снятия с эксплуатации (4D BIM).

Одним из преимуществ этой программы является возможность конвертирования данных в ГИС-системы, подключения единой внешней базы данных [1]. Так же в этот список можно добавить перспективную работу с открытыми данными и ГИС-инструментами, которые позволяют оперировать большими объемами картографической информации и как минимум использовать эти технологии для создания ГИС-проектов предприятий с развитой инженерной инфраструктурой. Следует отметить, что Revit давно стал отдельным профессиональным программным продуктом. Для рендеринга изображений вполне хватает базовых встроенных функций по визуализации, которые при необходимости можно всегда дорабатывать в Photoshop/GIMP.

Главной целью информационной системы, предназначенной для сопровождения эксплуатации инженерной инфраструктуры вуза, является создание единого информационного пространства для специалистов, участвующих в обслуживании инфраструктуры [2].

К числу задач, которые необходимо решать в процессе эксплуатации инфраструктуры, относятся:

– технический аудит, инвентаризация, паспортизация и учет объектов инженерной инфраструктуры;
– реконструкция и модернизация здания и инженерных коммуникаций;
– планирование технического обслуживания и ремонта объектов инфраструктуры;
– оценка технического состояния зданий и инженерных сетей.

В настоящее время данные задачи решаются различными службами НГТУ. При этом использование компьютерных технологий носит несистематизированный характер с преимущественным применением офисных программных продуктов, а наиболее распространенной формой хранения информации является бумажная документация, как пример – чертежи для построения информационной модели были только на бумажных носителях 2011 года выпуска. Такая форма мешает оперативно вносить изменения и создает множество дубликатов с минимальными изменениями и быстро устаревающей информацией.

В связи с тем, что информационная модель здания должна включать как наземные, так и подземные коммуникации с учетом рельефа местности [3], предварительно была построена цифровая модель рельефа местности территории, на которой расположен учебный корпус технического университета в технологии Infraworks (рис. 1).

Рис. 1. Модель рельефа территории, прилегающей к шестому корпусу НГТУ

Затем уточнение модели рельефа выполнялись в программе Civil 3D.

Трехмерная модель здания и прилегающей территории, содержащая информацию о несущих стенах, перегородках, перекрытиях и коммуникациях учебного корпуса университета, представлена на рис. 2.

Рис. 2. Модель шестого корпуса НГТУ
(выполнена студенткой НГТУ Тюкиной Валентиной)

BIM-модель включает как архитектуру и конструктив здания, так и сети инженерно-технического обеспечения: водоснабжение, водоотведение, вентиляция, теплоснабжение, газоснабжение, электроснабжение, сети связи (рис. 3). Важной частью построения BIM-модели также является создание аннотаций, спецификаций и оформление чертежных видов на листах.

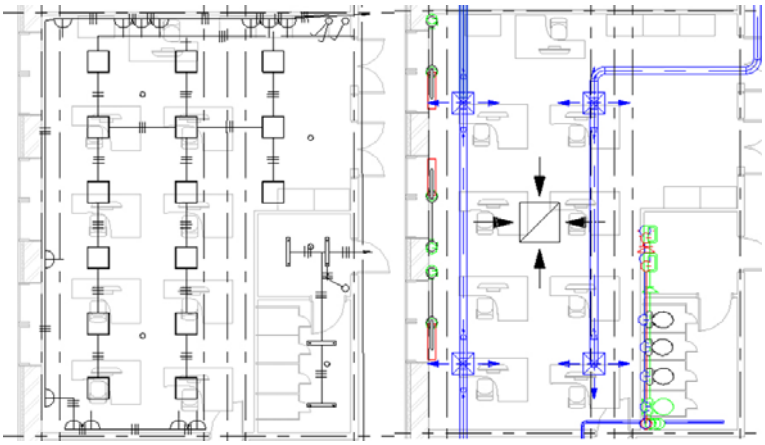


Рис. 3. План силовых сетей и вентиляции аудитории и санузла

Основное здание корпуса и блоки разрабатывали в отдельных документах с сохранением возможности их объединения в единый проект [4, 5].

Отличительной особенностью программного комплекса Revit является наличие связанного инструментария для работы как архитектора, так и инженера. В Revit также осуществляется меблировка и текстурирование помещений, на примере информационной модели можно представлять техническое задание ремонтным бригадам (рис. 4).

Рис. 4. Оборудование компьютерного класса, в том числе радиаторы, освещение, вентиляция

В файле инженера можно посмотреть расположение сетей как в отдельности, так и их относительное расположение. В качестве подложки к ним используют схематичный план помещения, но стены прозрачны (рис. 5).

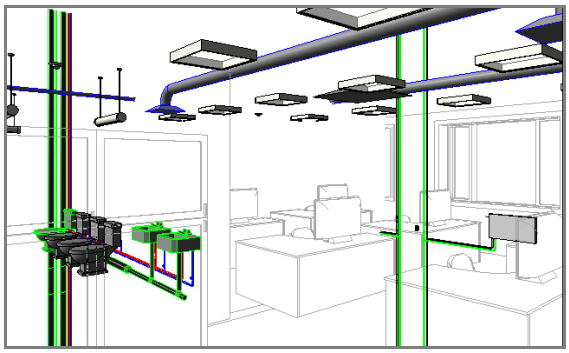


Рис. 5. Расположение инженерных сетей

Для установки групп элементов с одинаковыми свойствами в Revit создаются семейства. Пример использования семейств «Колонны», «Турникет» можно увидеть на рис. 6.

Рис. 6. Примеры визуализации модели учебного корпуса

Средства программы позволяют сделать расчет зон ОВК (отопления, вентиляции, канализации) на основе информации о температурах охлаждения, приточного воздуха, отопления, нагретого воздуха на одного человека или на единицу площади, рассчитать электропотребление, силовую нагрузку на электросети исходя из назначения, погодных условий и местоположения здания. При необходимости формируются отчеты о заданных параметрах (рис. 7).

Параметр	Значение
Расчет энергопотребления	
Площадь на человека	4.000 м²
Ощутимый теплоприток на че	73.27 Вт
Скрытый теплоприток от прис	58.61 Вт
Удельная нагрузка от электроо	12.92 Вт/м²
Удельная силовая нагрузка	16.15 Вт/м²
Вклад в освещение камеры	20.0000%
Диаграмма использования по	Занятость в школе - С 08:00 д
Диаграмма электроосвещения	Освещение в школах - с 07:0
Диаграмма энергопотреблени	Освещение в школах - с 07:0
Время открытия	7:00
Время закрытия	22:00
Рабочая температура охлажде	27.78 °C

Рис. 7. Фрагмент отчета об энергопотреблении

Так же при подобных расчетах учитываются материалы конструкций и объектов, выбирают цель эксплуатации помещения. Исходя из этих данных, формируют инженерные параметры пространств.

В результате выполненной работы построена информационная модель шестого учебного корпуса НГТУ в технологии Autodesk Revit.

Необходимость разработки модели здания шестого корпуса НГТУ и проектирования в нем инженерных коммуникаций заключается в создании единой информационной модели для решения задач специалистами, участвующими в обслуживании инфраструктуры вуза. BIM-модель здания является компонентом геоинформационной системы вуза и планируется подключение элементов геометрии здания к единой внешней базе данных ГИС НГТУ.

Эффект от использования системы достигается за счет оперативности поиска, полноты, достоверности и удобства форм отображения технической информации об объектах инфраструктуры, автоматизации расчетных задач и создания интегрированной информационной среды взаимодействия процессов планирования, организации и контроля функционирования инфраструктуры.

Список использованных источников

1. **Меркулов, А.** Revit & BIM. Ревит для начинающих. Логика работы [Электронный ресурс] / А. Меркулов. – URL : https://autocad-specialist.ru/uroki-revit/revit-bim-s-chego-nachinat-novichkam-logika-raboty.html (дата обращения: 18.10.2018).

2. **Суворов, Н. С.** САПР в работе инженера ВК: CADmaster [Электронный ресурс] / Н. С. Суворов. – 2014. – № 3-4 (76-77). – URL : http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_76_04.html (дата обращения: 20.10.2018).

3. **BIM Handbook.** Second edition / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – NJ : Wiley, 2011. – 626 с.

4. **Талапов, В. В.** Информационная модель здания. Методика обучения архитектурному проектированию [Электронный ресурс] / В. В. Талапов. – URL : https://sapr.ru/article/20011 (дата обращения: 20.10.2018).

5. **Талапов, В. В.** Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов. – [Электронный ресурс]. – URL : https://sapr.ru/article/21728 (дата обращения: 20.10.2018).

References

1. **Merkulov, A.** Revit & BIM. Revit for beginners. The logic of the work [Electronic resource] / A. Merkulov. – URL : https://autocad-specialist.ru/uroki-revit/revit-bim-s-chego-nachinat-novichkam-logika-raboty.html (appeal date: 10.18.2018).

2. **Suvorov, N. S.** CAD in the work of VK engineer: CADmaster / N. S. Suvorov. – 2014. – № 3-4 (76-77) – [Electronic resource]. – URL : http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_76_04.html (appeal date: 10.20.2018).

3. **BIM Handbook.** Second edition / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – NJ : Wiley, 2011. – 626 p.

4. **Talapov, V. V.** Information model of the building. Methods of teaching architectural design [Electronic resource] / V. V. Talapov. – URL : https://sapr.ru/article/20011 (access date: 10.20.2018).

5. **Talapov, V. V.** BIM technology: the essence and features of the implementation of information modeling of buildings [Electronic resource] / V. V. Talapov. – URL : https://sapr.ru/article/21728 (access date: 10.20.2018).

УДК 004.92(07)

Костюкова А. П.[1], Костюкова Т. П.[2], Саубанов В. С.[3], Ширяев О. В.[4]
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
Уфа, Россия
[1,2](Тел. (8347)2724035, e-mail: ktp@ufanet.ru),
[3](Тел. (8347)2724035, e-mail: vadspd@mail.ru),
[4](Тел. (8347)2724035, e-mail: oleg_shiryaev@bk.ru)

ТЕНДЕНЦИИ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Kostyukova A. P.[1], Kostyukova T. P. [2], Saubanov V. S. [3], Shiryaev O. V.[4]
FGOBU VO Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia
[1,2] (Tel. (8347)2724035, e-mail: ktp@ufanet.ru),
[3](Tel. (8347)2724035, e-mail: vadspd@mail.ru),
[4](Тел. (8347)2724035, e-mail: oleg_shiryaev@bk.ru

TRENDS IN INFRASTRUCTURE DESIGN AND MODELING IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Аннотация. Представлена сложившаяся ситуация на рынке ТЭК в части информационно-технического состояния. Выделены основные тенденции и направления развития. Рассмотрены вопросы стандартизации в области строительного и инфраструктурного проектирования. Освещены вопросы взаимодействия всех участников рынка от исполнителя до заказчика. Выявлены проблемы выполнения проектов с созданием информационной модели. Показано участие BIM в инфраструктурном проектировании и моделировании. Представлены и рассмотрены этапы информационного моделирования. Указано, что часть вопросов не регламентирована BIM-стандартом, а должна быть решена самостоятельно всеми участниками проекта: от заказчика до исполнителя. Обязательность переходов к стандарту моделирования подтверждена указанными в статье федеральными указами.

Ключевые слова: Топливно-энергетический комплекс, BIM стандарт, интероперабельность, жизненный цикл, информационное моделирование, цифровизация.

Abstract. The article presents the current situation in the fuel and energy market in terms of information and technical condition. The main trends and directions of development are highlighted. The issues of standardization in the field of construction and infrastructure design. The issues of interaction of all market participants from the contractor to the customer are covered. The problems of project implementation with the creation of an information model are identified. The participation of BIM in infrastructure design and modeling is shown. The stages of information modeling are presented and considered. It is indicated that some of the issues are not regulated by the BIM standard, but must be solved independently by all project participants: from the customer to the performer. Mandatory transitions to the modeling standard are confirmed by the federal decrees indicated in the article.

Keywords: fuel and energy complex, BIM standard, interoperability, life cycle, information modeling, digitalization.

Введение. Нефтегазовая отрасль на сегодняшний день переживает время существенных перемен. Это обусловлено не только нарастанием конкуренции в области топливно-энергетического комплекса, но и множеством других факторов, среди которых ресурсосбережение, забота об экологии, повышение эффективности добычи [1]. Технический прогресс позволяет повышать эффективность выработки энергии из альтернативных источников, что также обостряет ситуацию на рынке ТЭК.

В условиях сложившейся ситуации крупные нефтегазодобывающие компании задумались о мерах, компенсирующих вышеописанные факторы.

Постановка задачи исследования. Среди факторов выделяется повышение эффективности добычи как на этапе проектирования, строительства, так и эксплуатации.

Повышение эффективности может быть достигнуто в первую очередь внедрением современных стандартов и технологий. Одним из таких стандартов, переводящих проектирование в новую плоскость, является BIM-стандарт. Причем BIM-стандарт разрабатывается и внедряется как в промышленном, так и в инфраструктурном проектировании. Несмотря на то что данный стандарт был освещен впервые более 20 лет назад, на общегосударственном уровне реализация его началась совсем недавно.

Сложность его реализации заключается в широком взаимодействии всех участников процесса от разработки месторождения до его эксплуатации (рис. 1).

Другая особенность такого стандарта заключается не в бумажном обмене информацией, а в цифровом или информационном. К этому еще добавляется большое многообразие программных продуктов, обеспечивающих весь производственный процесс, а также совокупность подрядных организаций, выполняющих данную работу.

Учитывая многообразие программных продуктов и различные уровни компетенций подрядчиков, перед заказчиком стоит сложная задача по реорганизации всего процесса в сторону единого информационного пространства, которое обеспечило бы качественный и беспрепятственный прием выполненной работы [2].

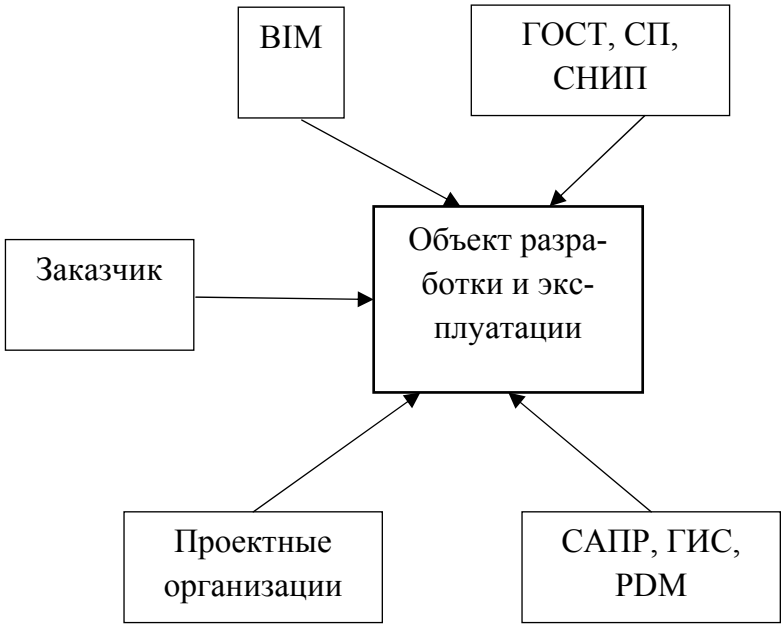


Рис. 1. Взаимодействие всех участников бизнес-проекта

Для решения глобальной задачи необходимо решить ряд локальных. Во-первых, необходимо решить проблему интероперабельности между различными системами. Во-вторых, выработать единый формат предоставления проекта. В-третьих, обеспечить механизм непрерывного взаимодействия между заказчиком и подрядчиком на безопасном информационном уровне.

Первая проблема более существенная по отношению к другим, так как разработка и создание универсальных многоформатных систем весьма сложная и длительная. Каждая из существующих систем имеет собственные форматы, которые не всегда удается корректно конвертировать в другие. В каждой системе свои методики и технологии проектирования, разные способы наполнения исходными данными.

Вторая проблема обусловлена невозможностью создать единый обменный формат, в силу того, что постоянно развиваются информационные технологии и, как следствие, устаревает действующий формат.

Третья проблема связана с первыми двумя и требует принятия специальных мер по обеспечению безопасности передачи информации в требуемом формате, причем с четко регламентированной очередностью и сроками (рис. 2).

Рис. 2. Сведение факторов взаимодействия

В конечном итоге заказчик должен получить актуальную информационную модель с наполненной информацией, которую можно просматривать, извлекать, анализировать и т.д.

Информационное моделирование можно поделить на два этапа: создание и эксплуатация.

На этапе создания ведется сбор всей исходной информации для формирования модели и наполнения этой модели всей необходимой атрибутивной информацией. Обязательным условием является однократный ввод информации. Причем ввод атрибутивной информации может осуществляться на самых первых этапах инженерно-геодезических изысканий. В силу развития и определения потребностей потенциальных заказчиком моделей нет четко регламентированной структуры объектов и степени наполнения атрибутивной информацией. По этой причине каждая подрядная организация формирует свой собственный перечень объектов, свою иерархию объектов и степень наполнения. Таким образом, в каждой проектной фирме формируется собственный BIM-стандарт.

Эксплуатация модели осуществляется, как правило, самим заказчиком. При этом должна быть реализована интерактивная возможность обновления информационной модели до актуального уровня.

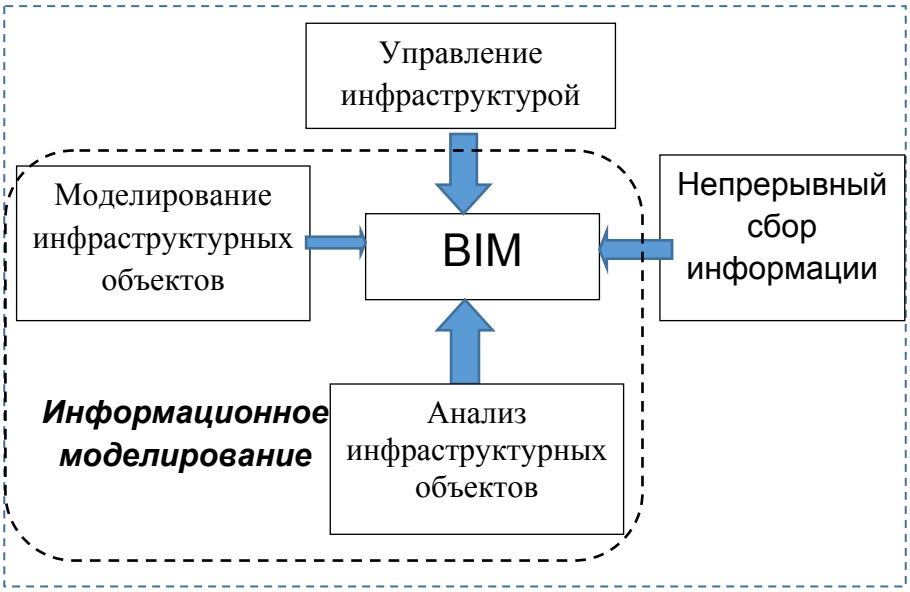


Рис. 3. Взаимодействие посредством BIM

Эксплуатация подразумевает весь жизненный цикл существования объекта инфраструктуры – от строительства до вывода его из эксплуатации [3].

Готовность властей всех уровней к переходу на BIM и информационное моделирование объективно подтверждается рядом указов и документов, таких как «СП 301.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами», BIM-standart-Infrastruktura-v2-20170529-2. Однако реальная готовность непосредственных исполнителей не подтверждена готовыми решениями по вышеописанным проблемам либо решена лишь небольшой группой относительно всех участников рынка ТЭК.

На данном этапе очень важно договориться всем участникам рынка от потребителя до исполнителя обо всех форматах, допущениях и ограничениях, для всего жизненного цикла от разработки до эксплуатации объектов, так как стандарт регламентирует общие положения к разделам проектирования и реализации, но детали, в которых кроется основная сложность, должны быть решены самостоятельно всеми участниками данного направления.

Заключение. Совокупность всех этих факторов можно представить следующим образом:

$$\sum(x,k,\lambda),$$

где x – перечень форматов разработки и представления информации; k – перечень допущений, или минимальные требования к модели или процессу; λ – перечень ограничений, утвержденных заказчиком на отраслевом уровне.

Данный список факторов может быть расширен, особенно в силу высокого темпа развития технологий.

Курс развития BIM и цифровизации в сфере проектирования и моделирования инфраструктуры определен, однако многие вопросы формализации остаются открытыми на сегодняшний день.

Список использованных источников

1. **Костюкова, Т. П.** Применение систем компьютерного проектирования для формирования территориально-распределенных социальных объектов / Т. П. Костюкова, Д. В. Токарев, В. С. Саубанов // X Международная научно-практическая интернет-конференция «Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем» ; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2016. – С. 209 – 214.

2. **Костюкова, Т. П.** Построение 3D-моделей как способа мониторинга и диагностики инфраструктуры территории Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II Международной научно-практической конференции (15 – 17 ноября 2017 г.) / Т. П. Костюкова, В. С. Саубанов, О. Ф. Шаяхов ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : ТГТУ, 2017. – С. 102 – 107.

3. **Технологические** аспекты построения моделей объектов нефтегазовой инфраструктуры / А. П. Костюкова, Т. П. Костюкова, В. С. Саубанов, О. Ф. Шаяхов // Международный научно-исследовательский журнал. INTERNATIONAL RESEARCHJOURNAL. – Екатеринбург. – № 08(74). – 2018. – С. 40 – 43.

References

1. **Kostyukova, T. P.** Primenenie kompyuternogo proektirovaniya dlya formirovaniya territorialno-raspredelennykh obektov / T. P. Kostyukova, D. V. Tokarev, V. S. Saubanov // X Mezhdunarodnoya nauchno-prakticheskoy Internet konferentsiya “Problemy funltsionirovaniya i razvitsiya territorialno-raspredelennykh sotsialno-ekonomigheskikh sistem – Ufimck. gos. avia. tekhn. Un-t – Ufa, USATU, 2016. – P. 209 – 214.

2. **Kostyukova, T. P.** Construction of 3D models as a method of monitoring and diagnostics of the Territory infrastructure Virtual modeling, prototyping and industrial design: materials of the international scientific practice. conferences (15 – 17 November 2017) / T. P. Kostyukova, V. S. Saubanov, O. F. Shayakhov. – Tambov state technical University. – Tambov : TSTU, 2017. – P. 102 – 107.

3. **Technological** aspects of construction of models of oil and gas infrastructure objects / A. P. Kostyukova, T. P. Kostyukova, V. S. Saubanov, O. S. Shakhov // International research journal. INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL. – Yekaterinburg. – № 08(74). – 2018. – P. 40 – 43.

УДК 004.9

Плутикова А. Н.,[1] Абрамова Л. В.[2]
Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
Россия, г. Архангельск
[1](Тел. (8182)216100, e-mail: lina.plutikova@mail.ru),
[2](Тел. (8182)216100, e-mail: l.abramova@narfu.ru)

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МОДУЛЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ «ГЛОНАСС/GPS–МОНИТОРИНГ АВТОТРАНСПОРТА»

Plutikova A. N.,[1] Abramova L. V.[2]
Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Russia, Arkhangelsk
[1](Tel. (8182)216100, e-mail: lina.plutikova@mail.ru),
[2](Tel. (8182)216100, e-mail: l.abramova@narfu.ru)

CONCEPTUAL APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF A MODULE FOR DETERMINING THE LOCATION OF OBJECTS ON THE BASIS OF THE SYSTEM «GLONASS/GPS–MONITORING OF MOTOR TRANSPORT»

Аннотация. Логистическая деятельность предприятия является одним из важных стратегических направлений его развития. Одним из факторов роста уровня конкурентоспособности является повышение качества сервисного обслуживания потребителей. Крупные предприятия активно используют системы спутникового мониторинга транспорта для решения внутренних задач.

Рассмотрена проблема отсутствия пользовательских интерфейсов при определении местоположения продукции, следующей по пути от предприятия к потребителю, для системы спутникового мониторинга автотранспорта, используемой на Архангельском ЦБК. Целью исследования является совершенствование системы мониторинга местоположения объектов автотранспортного производства Архангельского ЦБК путем добавления интерфейсов пользователей в виде географических карт.

Ключевые слова: логистика, ГЛОНАСС/GPS, спутниковый мониторинг, местоположение, автотранспорт.

Abstract. Logistic activity of the enterprise is one of the important strategic directions of its development. One of the factors of growth of competitiveness level is improvement of quality of service of consumers. Large enterprises actively use the system of satellite monitoring of transport for the solution of internal tasks.

The article deals with the existing problem of the lack of user interfaces in determining the location of products on the way from the enterprise to the consumer, for the satellite monitoring system of motor transport used in the Arkhangelsk pulp and paper mill. The aim of the study is to improve the system of monitoring the location of objects of motor transport production of the Arkhangelsk pulp and paper mill by adding user interfaces in the form of geographical maps.

Keywords: logistics, GLONASS/GPS, satellite monitoring, locations, motor transport.

С позиции бизнеса логистика – это интегральный инструмент менеджмента, способствующий достижению стратегических, тактических или оперативных целей организации бизнеса за счет эффективного снижения общих затрат и удовлетворений ко-

нечных потребителей к качеству продуктов, и управление финансовыми, информационными и материальными потоками [1]. Эффективность логистической деятельности предприятия будет расти, если уделять достаточно внимания повышению качества сервисного обслуживания потребителей.

Для достижения конкурентных преимуществ логистическая деятельность предприятий складывается из нескольких правил, которые получили название «шесть правил логистики», среди них правила места и времени – товар должен быть доставлен в нужное время и в нужное место. В настоящее время крупные предприятия поставляют свою продукцию, как на территории России, так и в зарубежные страны. Наиболее распространенными видами транспорта для перевозок являются наземный и водный транспорт.

Одним из доминирующих видов наземного транспорта является грузовой автомобиль. В России автотранспортом ежедневно перевозят порядка 17 млн т грузов, что значительно превышает тот же показатель у железнодорожного транспорта – приблизительно в 6 раз. Рост автомобильных перевозок влечет за собой отрицательные последствия, такие как «пробки» на автомобильных дорогах, снижение скорости перевозок и повышение их стоимости, снижение уровня транспортной безопасности.

Наблюдения показывают, что российский рынок систем мониторинга транспорта сегодня является активно развивающимся современным сектором экономики. Системы могут быть построены на основе приемников спутникового сигнала, работающих в стандартах NAVSTAR GPS или ГЛОНАСС. В настоящее время в России развивается использование сигналов спутников ГЛОНАСС, разработка и производство клиентского оборудования мониторинга для этой системы. Спутниковый мониторинг транспорта на базе ГЛОНАСС/GPS является успешной российской инновацией.

Российская навигационная система ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) создавалась в целях определения координат объектов, их скорости на земной поверхности с необходимой точностью и достоверностью. Первоначально она использовалась в морской навигации, затем ее использование распространилось на сельское хозяйство, в том числе с ее помощью решались, например, задачи обнаружения пожаров.

Спутниковое оборудование позволяет полностью контролировать транспортные средства, независимо от их местоположения, что позволяет избежать потерь, возникающих у компаний в результате простоев машин и хищений топлива. Применение спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS позволяет с высокой точностью определять местоположение и параметры движения автотранспорта, отслеживать параметры работы систем транспортных средств. Своевременный контроль пространственных и временных параметров повышает уровень безопасности движения и способствует принятию необходимых мер по предупреждению и устранению его негативных последствий.

В настоящее время в России к системе ГЛОНАСС подключено более двух миллионов единиц транспорта. Для развития системы издаются директивные документы. Так, 20 августа 2001 года Постановлением Правительства Российской Федерации утверждена программа «Глобальная навигационная система», 3 марта 2012 года –программа «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012 – 2020 годы», являющаяся главным документом, который определяет и регулирует развитие системы.

Развитие систем спутникового мониторинга автотранспорта направлено на увеличение точности измерений, повышение безопасности дорожного движения. Разработка интерфейсов для клиентов, не являющихся непосредственными пользователями систем мониторинга, не является приоритетной задачей для компаний-разработчиков. В более детальном рассмотрении и разработке нуждаются интерфейсы, в том числе географические карты, отображающие плановое и фактическое местонахождение транспорта. Необходимость их решения определяет актуальность темы, цель и задачи исследования.

Одним из крупнейших лесохимических предприятий на территории Архангельской области является Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат (АЦБК). Основной акционер компании – Pulp Mill Holding GmbH (100% акций). АЦБК – крупнейший производитель тарного картона и один из лидеров по производству целлюлозы в России, использует новейшие технологии производства, является признанным лидером в области социальной и экологической политики [2].

Клиенты Архангельского ЦБК, купившие продукцию предприятия, в настоящее время не имеют возможности отслеживания отправленных заказов, им сообщается лишь статус «в пути». Зная точное местонахождение продукции, потребители смогут планировать свою дальнейшую деятельность с учетом точных сроков доставки.

Рассматриваемая в статье задача направлена на поиск путей и способов повышения качества обслуживания клиентов за счет создания модуля пользовательских интерфейсов для системы мониторинга транспорта.

В ходе исследования необходимо ответить на ряд вопросов:

1) удовлетворяет ли имеющаяся система мониторинга автотранспорта потребности предприятия;

2) как необходимо доработать систему или разработать новое решение;

3) какие технологии необходимо использовать при разработке решения;

4) какое программное обеспечение позволит наиболее эффективно решить выявленные проблемы.

Проблемную ситуацию порождает процесс определения местоположения автотранспорта. Для решения поставленной проблемы необходимо исследовать возможность использования системы «ГЛОНАСС/GPS–мониторинг автотранспорта» при определении местоположения автотранспорта.

Предположение о причинах и закономерных связях обозначенных явлений можно сформулировать так: если разработать модуль пользовательских интерфейсов для системы мониторинга автотранспорта Архангельского ЦБК, то это позволит определять местоположение автотранспорта в заданное время, повысит конкурентоспособность предприятия, что будет проявляться в увеличении количества клиентов компании.

Цель исследования состоит в совершенствовании системы мониторинга местоположения объектов автотранспортного производства Архангельского ЦБК.

Достижению поставленной цели способствует решение следующих задач:

– анализ существующих систем мониторинга, анализ аппаратного и программного обеспечения систем спутникового мониторинга автотранспорта;

– разработка алгоритмов интеграции данных с разрабатываемой системой интерфейсов;

– обоснование принципов разработки и применения интерфейсов на автотранспортном производстве Архангельского ЦБК;

– разработка программного решения по созданию пользовательских интерфейсов для системы спутникового мониторинга автотранспорта.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования ее результатов для дальнейшего совершенствования систем спутникового мониторинга транспорта.

Список использованных источников

1. **Логистика** как способ повышения конкурентоспособности предприятия [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – URL : http://www.up-pro.ru/library/logistics/systems/compet_increase.html, свободный (дата обращения: 12.10.2018). – Загл. с экрана.

2. **Архангельский** целлюлозно-бумажный комбинат [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – URL : http://www.appm.ru/, свободный (дата обращения: 12.10.2018). – Загл. с экрана.

References

1. **Logistics** as a way to improve the competitiveness of the enterprise [Electronic resource]. – Electronic text data. – Access mode : http://www.up-pro.ru/library/logistics/systems/compet_increase.html, free (date of the application: 12.10.2018). – Title from screen.

2. **Arkhangelsk** pulp and paper mill [Electronic resource]. – Electronic text data. Access mode: http://www.appm.ru/, free (date of the application: 12.10.2018). – Title from screen.

УДК 004

Назарова А. В.[1], Данилов М. А.[2], Деменкова Е. А.[3]
Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
Россия, г. Архангельск
[1](Тел. (8182)216100, e-mail: anna_nazarova_1996@mail.ru),
[2](Тел. (8182)216100, e-mail: strangerinla@yandex.ru),
[3](Тел. (8182)216100, e-mail: e.demenkova@narfu.ru)

МОДУЛЬНАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ ОПТИМАЛЬНЫЕ МАРШРУТЫ ДЛЯ СУДОВ, ПРОХОДЯЩИХ ПО АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ, С УЧЕТОМ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ

Nazarova A. V.,[1] Danilov M. A.,[2] Demenkova E. A.[3]
Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Russia, Arkhangelsk
[1](Tel. (8182)216100, e-mail: anna_nazarova_1996@mail.ru),
[2](Tel. (8182)216100, e-mail: strangerinla@yandex.ru),
[3](Tel. (8182)216100, e-mail: e.demenkova@narfu.ru)

MODULAR STRUCTURE OF THE SYSTEM DETERMINING THE OPTIMAL ROUTES FOR SHIPS PASSING ON THE ARCTIC ZONE, IN ACCORDANCE WITH THEIR INFLUENCE ON THE ECOLOGICAL SITUATION

Аннотация. Арктика – климатоформирующий регион нашей планеты, поэтому защита арктических вод и пустынь – один из важнейших экологических вопросов на сегодняшний день. Таяние ледников вызывает глобальные изменения в климате всей планеты. Данный процесс может быть спровоцирован мельчайшими изменениями в климате.

Однако Арктика богата такими ресурсами, как нефть и природный газ, в связи с чем в районе очень развито судоходство. В ходе статьи будет рассмотрена модульная структура концепции информационной системы, предназначенной для уменьшения влияния судоходства на водную среду Арктики.

Ключевые слова: Арктика, судоходство, информационная система, концепция, экология, нефть, водная среда, загрязнение, модульная структура.

Abstract. The Arctic is a climate forming region of our planet, therefore protection of Arctic waters and deserts is one of the most important environmental issues for today. The melting of glaciers causes global changes in the climate of the whole planet. This process can be triggered by minute changes in the climate.

However, the Arctic is rich in resources such as oil and natural gas, which is why shipping is very developed in the region. The article represents, a modular structure of the concept of an information system designed to reduce the impact of navigation on the Arctic aquatic environment will be considered.

Keywords: Arctic, shipping, information system, concept, ecology, oil, water, pollution, modular structure.

Отличительной особенностью Арктической зоны РФ является низкая температура воздуха и воды и наличие полярных дней и ночей. Летом температура воздуха в Арктике не превышает +2…+3 °С, а зимой может достигать значений в –60 °С [1].

Водная среда Арктики представляет собой огромную экосистему, включающую в себя таких редких животных, как морж, синий кит, нарвал, морской слон, тюлень и многие другие. Большое количество обитателей арктических морей занесено в красную книгу [2].

Большая часть водной поверхности Арктики покрыта льдом, что и определяет специфику региона. Арктические ледники содержат самые крупные запасы пресной воды, необходимой для жизни как человека, так и животных.

На данный момент ведутся разработки систем, предназначенных для поддержания экологической обстановки Арктики. Для улучшения экологической обстановки водной среды Арктики предлагается реализовать и внедрить информационную систему, распределяющую арктические суда по различным маршрутам, удаленным друг от друга. Такое решение позволит избежать возникновения загрязнений, вызванных интенсивным судоходством в Арктической зоне. Рассмотрим модульную структуру предлагаемой системы.

Информационная система, определяющая оптимальный маршрут, состоит из четырех основных модулей:

– модуль сервера базы данных;
– модуль сервера принятия решений;
– подмодуль алгоритма генерации;
– подмодуль проверки правильности генерации;
– модуль интерфейса для арктической базы;
– подмодуль регистрации;
– подмодуль входа в систему;
– подмодуль отправки результатов;
– модуль интерфейса для экипажа судов.

Схема взаимодействия модулей приложения представлена на рис. 1.

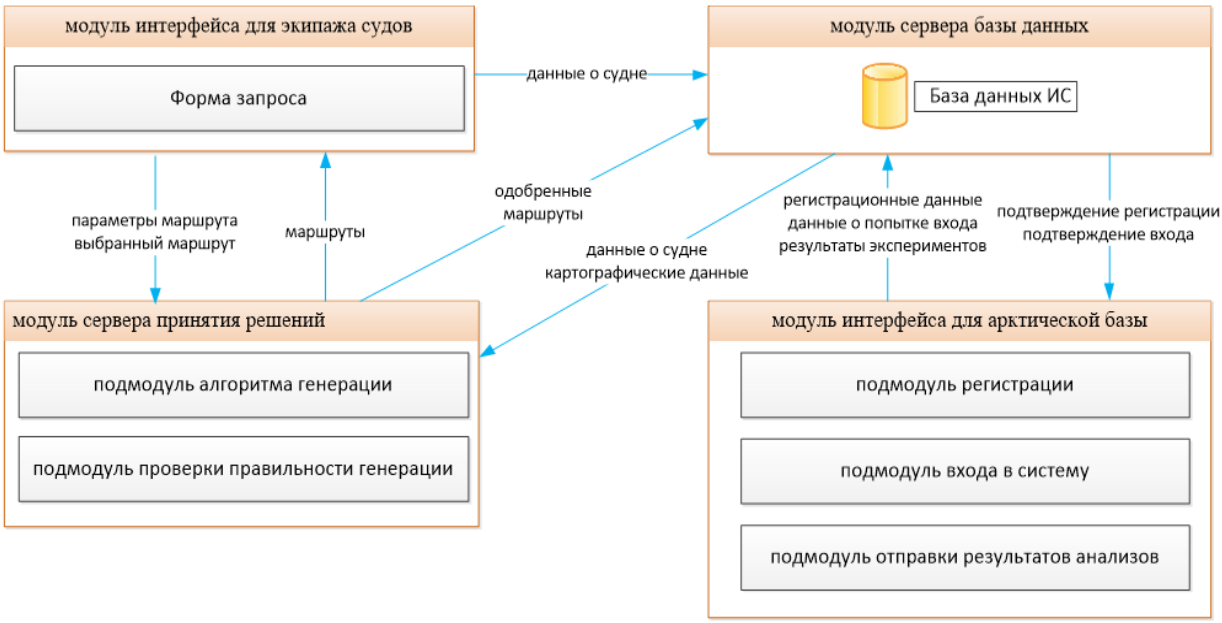


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей

Модуль сервера базы данных – модуль, предназначенный для интерпретации запросов от других модулей и выдачи им требуемых данных.

Данный модуль обеспечивает взаимодействие с картографическими сервисами. При работе с ними модуль выполняет загрузку предоставленных данных и по завершении данной операции отправляет сервисам ответ о получении. В данном модуле необходимо реализовать верификацию полученной информации путем подсчета хеш-сумм полученных пакетов.

Также необходимо исключить возможность записи в базу неполных и заведомо ложных данных. Например, сервер должен отклонять попытки записать в базу данные о точках с координатами, не соответствующими Арктической зоне.

Сервер баз данных должен обладать повышенной устойчивостью к атакам. В целях повышения защищенности от DDoS атак на сервере предполагается ввод ограничения на частоту отправки запросов.

Модуль сервера принятия решений реализует выбранную математическую модель и алгоритм контроля ее обучения.

Подмодуль алгоритма генерации получает данные о судне от модуля интерфейса для экипажей судов, соединяет их с данными, полученными от сервера баз данных, и на их основе генерирует маршрут. Данный маршрут должен удовлетворять всем заданным правилам.

Однако на начальных этапах обучения при генерации маршрута могут возникнуть различные ошибки, например заход в запрещенную зону или выполнение разворота в окружении многолетних льдов. Для обнаружения таких ситуаций используется подмодуль проверки правильности построения маршрута. Данный подмодуль представляет собой статичную подсистему, моделирующую движение судна по заданному маршруту. Если модель обнаруживает нарушение какого-либо правила, алгоритм оповещает подмодуль алгоритма генерации о ее возникновении. В случае возникновения такой ситуации модуль генерации получает негативную оценку, значение которой определяется в зависимости от того, какой вид ошибки был допущен. Затем выполняется повторная генерация и проверка. Данный процесс повторяется до тех пор, пока сгенерированный маршрут не будет удовлетворять всем ограничениям.

Данный подход значительно увеличивает время генерации маршрута на начальном этапе, однако он позволяет модели эффективно обучаться и избегать ошибок, которые неизбежны на раннем этапе. В дальнейшем, когда модель будет достаточно хорошо обучена, первый маршрут, который она предложит, будет являться оптимальным и повторная генерация не потребуется. На начальном этапе модуль проверки будет являться основным учителем для алгоритма генерации, но впоследствии данный модуль будет предназначен только для контроля и предотвращения сбоев в работе системы. Соответственно при обучении время генерации маршрута будет уменьшаться, а точность – увеличиваться.

Для взаимодействия специалистов, выполняющих анализ образцов воды, поступивших на арктическую базу, с информационной системой разработан модуль интерфейса. Данный модуль описывает форму отправки результатов анализа на сервер базы данных. Форма отправки содержит поля для ввода значений параметров образцов, выявленных в результате анализа. При нажатии на кнопку отправки проверяется корректность введенных данных. В случае обнаружения ошибки при вводе система оповещает

пользователя о ней. В противном случае выполняется отправка введенных значений на сервер баз данных.

Доступ к данной форме ограничен подсистемой авторизации по логину и паролю. При попытке авторизации происходит шифрование логина и пароля, введенных пользователем, и их отправка на сервер базы данных, где происходит сравнение зашифрованных параметров с имеющимися в базе. В случае обнаружения в базе полученной связки «логин-пароль» сервер базы данных возвращает модулю интерфейса для арктической базы личный идентификатор пользователя, соответствующего данной связке. Полученный идентификатор отправляется в базу данных вместе с введенными пользователем параметрами анализов воды.

Первоначальное заполнение базы данных логинами и паролями выполняется с помощью подмодуля регистрации, требующего от пользователя ввода таких данных, как фамилия, имя, отчество, дата рождения, арктическая база, номер паспорта и номер телефона для связи с пользователем.

Таким образом будет осуществляться защита базы данных от несанкционированного доступа к ее изменению лицами, не являющимися сотрудниками арктической базы.

При работе с информационной системой члены экипажа судна используют специальный интерфейс, представляющий собой форму, на которой размещены поля для ввода параметров судна:

– категория;
– длина;
– ширина;
– осадка;
– масса без учета груза;
– расход топлива;
– максимальная скорость.

Данные параметры сохраняются на сервере базы данных, что позволяет уменьшить количество данных, вводимых пользователем, при дальнейшей работе с интерфейсом. Сохранение этих данных является целесообразным, так как предполагается, что одна машина, обеспечивающая доступ к интерфейсу, расположена на одном и том же судне.

Помимо данных полей, пользователь имеет доступ к интерактивной карте, на которой он указывает свое текущее местоположение и конечную точку маршрута. Клиентское приложение должно быть интегрируемо с системами навигации GPS или ГЛОНАСС. Интеграция с данными системами позволит исключить необходимость указания текущего местоположения. Также интеграция позволит организовать отправку оповещений о приближении к точкам забора воды.

Перед отправкой запроса на построение маршрута информационная система запрашивает у пользователя дополнительные данные о маршруте: расчетное время прибытия, ограничения по топливу, а также массу и вид груза. Пользователь указывает данные параметры по желанию и подтверждает запрос на генерацию. Введенные данные отправляются на сервер принятия решений, где выполняется генерация маршрута. При завершении система предлагает несколько маршрутов, отвечающих всем параметрам, указанным пользователем. Интерфейс для экипажа сообщает пользователю об ус-

пехе при генерации пути и отображает предложенные маршруты на карте. Далее пользователь выбирает маршрут и получает набор координат точек, в которых необходимо сделать забор воды.

При достижении конечной точки пользователю предлагается сбросить маршрут и вернуть интерфейс в начальное состояние.

Также предполагается предоставить пользователю возможность оценивать сгенерированный маршрут. Если маршрут категорически не устраивает пользователя, на сервер принятия решений отправляется негативная оценка маршрута и система повторяет процесс генерации. Данная подсистема позволит ускорить процесс обучения модели и улучшить показатели системы. Это также позволит модели сформировать зависимость между параметрами судов и тем, какие маршруты являются для них наиболее предпочтительными.

Реализация и внедрение предложенной системы позволит значительно улучшить состояние арктических вод, уменьшив воздействие на них интенсивного судоходства в Арктике.

Список использованных источников

1. **Климат** Арктики. Природа и льды Арктики [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. – URL : http://fb.ru/article/179767/klimat-arktiki-priroda-i-ldyi-arktiki, свободный (дата обращения: 12.11.2017). – Загл. с экрана.

2. **Животные** Арктики [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. – URL : https://givotniymir.ru/zhivotnye-arktiki/, свободный (дата обращения: 12.11.2017). – Загл. с экрана.

References

1. **The climate** of the Arctic. Nature and ice of the Arctic [Electronic resource]. – Electronic text and graphic data. – Access mode: http://fb.ru/article/179767/klimat-arktiki-priroda-i-ldyi-arktiki, free (date of the application: 12.11.2017). – Title from screen.

2. **Arctic** Animals [Electronic resource]. – Electronic text and graphic data. Access mode: https://givotniymir.ru/zhivotnye-arktiki/, free (date of the application: 12.11.2017). – Title from screen.

УДК 004

Назарова А. В.,[1] Данилов М. А.,[2] Деменкова Е. А.[3]
Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
Россия, г. Архангельск
[1](Тел. (8182)216100, e-mail: anna_nazarova_1996@mail.ru),
[2](Тел. (8182)216100, e-mail: strangerinla@yandex.ru),
[3](Тел. (8182)216100, e-mail: e.demenkova@narfu.ru)

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ ОПТИМАЛЬНЫЕ МАРШРУТЫ ДЛЯ СУДОВ, ПРОХОДЯЩИХ ПО АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ, С УЧЕТОМ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ

Nazarova A. V.,[1] Danilov M. A.,[2] Demenkova E. A.[3]
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Russia, Arkhangelsk
[1](Tel. (8182)216100, e-mail: anna_nazarova_1996@mail.ru),
[2](Tel. (8182)216100, e-mail: strangerinla@yandex.ru),
[3](Tel. (8182)216100, e-mail: e.demenkova@narfu.ru)

THE CONCEPT OF THE SYSTEM DETERMINING THE OPTIMAL ROUTES FOR VESSELS PASSING ON THE ARCTIC ZONE, IN ACCORDANCE WITH THEIR INFLUENCE ON THE ECOLOGICAL SITUATION

Аннотация. Арктическая зона – один из самых сложных и уязвимых регионов нашей планеты. Сложность региона определяется его географическим положением: ледники, дрейфующие вследствие глобального потепления, суровые климатические условия и др. Помимо уникального географического положения, Арктическая зона известна своими экологическими проблемами: таянием ледников и загрязнением водной среды.

В рамках статьи рассмотрена проблема загрязнения водной среды Арктической зоны. Одной из главных причин загрязнения Арктических вод является интенсивное судоходство. В ходе работы будет рассмотрена концепция системы, призванной уменьшить влияние судоходства на водную среду Арктики.

Ключевые слова: Арктика, судоходство, информационная система, концепция, экология, нефть, водная среда, загрязнение.

Abstract. The Arctic zone is one of the most difficult and vulnerable regions of our planet. The complexity of the region is determined by its geographical location: glaciers drifting from global warming, severe climatic conditions, etc. In addition to the unique geographical location, the Arctic zone is known for its environmental problems: the melting of glaciers and the pollution of the aquatic environment.

Within the framework of the article, the problem of pollution of the water environment of the Arctic zone is considered. One of the main causes of pollution of the Arctic waters is intensive navigation. During the work the concept of a system designed to reduce the impact of shipping on the aquatic environment of the Arctic will be considered.

Keywords: Arctic, shipping, information system, concept, ecology, oil, water, pollution.

Во всем мире остро стоит проблема экологического состояния окружающей среды, особенно водной. Арктическая зона – один из самых сложных и уязвимых регионов нашей планеты. Сложность региона определяется его географическим положением:

ледники, дрейфующие вследствие глобального потепления, суровые климатические условия и др. Помимо уникального географического положения, Арктическая зона известна своими главными экологическими проблемами: таянием ледников и загрязнением водной среды [1].

В рамках данной статьи будет рассмотрена проблема загрязнения водной среды Арктической зоны.

Арктика имеет обширную водную экосистему, нарушение которой может повлечь за собой ужасающие последствия для всей планеты. К ее нарушению приводят активный рыбный промысел и интенсивное судоходство. Морские обитатели гибнут под винтами двигателей судов, курсирующих по арктическим морям, а ледоколы разрушают естественный ледяной покров. Кроме того, огромную опасность для морских экосистем Арктики представляют аварии, связанные с разливом нефтепродуктов [2].

Запасы нефти в Арктике по оценкам специалистов составляют порядка 13% от мировых. В связи с этим добыча нефти в данном регионе является наиболее распространенным видом деятельности. Однако каждый этап добычи нефти может нанести колоссальный ущерб экологии региона. Бурение нефтяных скважин увеличивает риск разлива нефти по поверхности Арктических вод. Также существует вероятность аварий, сопровождающихся разливом нефтепродуктов при их транспортировке. Нефть легче воды, и в случае разлива она покрывает тонкой, не пропускающей кислород, пленкой огромную площадь водного пространства.

Существует множество способов сбора разлитой нефти, однако в Арктике ситуацию значительно осложняет наличие ледников и айсбергов. В случае разлива нефти на участке, заполненном айсбергами, задача сбора разлитого горючего помимо всего прочего будет состоять в очистке затронутых айсбергов. Интенсивное судоходство в арктическом регионе является главной проблемой, приводящей к таким проблемам, как загрязнение арктических морей нефтепродуктами, увеличение ловли рыбы и добычи других морепродуктов, изменение среды обитания организмов в Арктике, сокращение популяций полярных животных.

Любое судно, проходящее по территории Арктики, влияет на химический состав воды. Это связано с попаданием в воду топлива и смазочных материалов, используемых в подвижных частях кораблей. При прохождении большого количества судов по одному и тому же маршруту на нем образуется скопление в больших объемах химических элементов, которые негативно влияют на экологическую обстановку вод Арктики.

Наиболее очевидным решением данной проблемы является уменьшение числа судов, проходящих по одному маршруту за единицу времени. Однако это может привести к уменьшению объемов добычи нефти, что может повлечь за собой серьезные проблемы в области энергетики и экономики.

Для уравновешивания экологического и экономического баланса необходимо разработать систему, определяющую оптимальные маршруты для судов, проходящих по Арктической зоне таким образом, чтобы минимизировать время маршрута, затраты на топливо и при этом уменьшить вред экологии Арктических вод.

Существуют следующие категории арктических судов:

– суда категории А – суда, ледовая прочность которых оценивается с учетом возможности встречи с многолетними льдами;

– суда категории B – суда, предназначенные для эксплуатации в условиях однолетних льдов;

– суда категории C – суда, предназначенные для эксплуатации в свободных ото льда зонах.

Исходя из этой классификации, можно сделать вывод о том, что при прокладывании маршрута для арктических судов необходимо учитывать их категорию и тип льдов на каждом участке маршрута. Каждое судно имеет такие параметры, как длина, ширина, осадка и масса. Данные параметры также учитываются при прокладывании маршрута.

Расход топлива является определяющим параметром, исходя из которого, рассчитывается стоимость пути. Время пути зависит от расстояния, которое проходит судно. Соответственно, максимальная длина маршрута должна рассчитываться исходя из располагаемого времени. Траектория маршрута должна выбираться наиболее ровной, так как поворот в условиях арктических льдов может оказаться трудновыполнимой задачей для некоторых судов.

Каждое судно, проходящее по арктическим водам, оказывает влияние на окружающую среду. В целях минимизации этого влияния необходимо распределять их по различным маршрутам. Каждый маршрут должен быть удален от остальных на такое расстояние, чтобы суда, проходящие по нему, не влияли на их экологию.

При разработке системы необходимо определиться с данными о морских транспортных средствах, которые будут ее использовать. Должны иметься в распоряжении такие параметры, как длина, ширина, осадка, масса без учета груза, максимальная масса груза, минимальная и максимальная скорость и класс судна. В качестве дополнительного параметра можно указать тип груза.

Помимо данных о морских транспортных средствах, необходимо иметь в наличии карту Арктической зоны с указанием вида и приблизительной толщины ледяного покрова. Обновление карты должно происходить с периодичностью не менее одного раза в год, так как за этот промежуток времени толщина льда может сильно измениться. Мониторингом толщины Арктических льдов на сегодняшний день занимается большое число организаций, так как данный параметр очень точно отражает изменения в климате планеты.

На карте также должны быть отмечены основные арктические базы, которые в большинстве случаев будут являться конечными точками маршрутов, и маршруты, используемые судами на данный момент. Также необходимо выделить зоны, в которые не должны заплывать морские транспортные средства – это зоны с повышенной толщиной ледников, заповедники, а также зоны, в которых ведется наблюдение за параметрами окружающей среды, на которые судоходство может повлиять.

Для определения экологической безопасности окружающей среды при прохождении судов требуется собирать и анализировать образцы воды. Так как основной задачей системы является уменьшение влияния судоходства на водную среду Арктики, организация отдельных судов для периодического сбора образцов является нецелесообразной. Наиболее рациональным вариантом будет являться сбор образцов воды в определенных точках экипажем проходящих судов, так как данная операция не требует установки дополнительного оборудования. Анализ воды будет проводиться на Арктических базах, являющихся конечными точками маршрутов.

Таким образом, каждое судно, проходящее по маршруту, будет собирать данные о загрязнении, вызванном предыдущими. Каждая Арктическая база будет определять экологическую обстановку в близлежащих регионах. Результаты анализов поступают в централизованную базу данных, на основе которой и работает алгоритм, определяющий маршрут.

Задачу определения оптимальных маршрутов судов должна решать информационная система. Данная система должна обрабатывать результаты анализов и генерировать маршруты с учетом экологической обстановки, затрат топлива и возможностей судов. Доступ к информационной системе должны иметь капитаны всех судов, проходящих по Арктической зоне.

Внедрение данной концепции позволит оптимизировать движение судов с учетом их влияния на водную среду Арктики. Распределение судов по различным маршрутам позволит улучшить экологическую обстановку Арктической зоны, так как будет решена проблема образования масляных пятен вдоль сильно загруженных транспортных маршрутов.

Список использованных источников

1. **Экологические** проблемы Арктики [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. – URL : http://library.narfu.ru/rus/TRResources/VirtualExhibitions/Pages/20170419_ecology_Arktika.aspx, свободный (дата обращения: 12.11.2017). – Загл. с экрана.

2. **Экологические** проблемы в зоне Арктических пустынь. Экологические проблемы и их причины [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. – URL : http://fb.ru/article/162655/ekologicheskie-problemyi-v-zone-arkticheskih-pustyin-ekologicheskie-problemyi-i-ih-prichinyi, свободный (дата обращения: 12.11.2017). – Загл. с экрана.

References

1. Ecological problems of the Arctic [Electronic resource]. – Electronic text and graphic data. – Access mode : http://library.narfu.ru/rus/TRResources/VirtualExhibitions/Pages/20170419_ecology_Arktika.aspx, free (date of the application: 12.11.2017). – Title from screen.

2. Environmental problems in the Arctic desert zone. Environmental problems and their causes [Electronic resource]. – Electronic text and graphic data. – Access mode : http://fb.ru/article/162655/ekologicheskie-problemyi-v-zone-arkticheskih-pustyin-ekologicheskie-problemyi-i-ih-prichinyi, free (date of the application: 12.11.2017). – Title from screen.

УДК 004.021

Немтинов В. А., Терехов С. М.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Nemtinov V. A., Terekhov C. M.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING IN THE RECONSTRUCTION OF HEAT SUPPLY SYSTEMS

Аннотация. Рассмотрен подход к оптимизации систем теплоснабжения путем разработки модуля геоинформационной системы, объединяющего и структурирующего разные типы данных систем теплоснабжения. В качестве программной платформы для оптимизации при реконструкции систем теплоснабжения, проблем с совместимостью форматов данных выбрана геоинформационная система QGIS с открытым исходным кодом. Описаны этапы разработки системы поддержки принятия решений при реконструкции систем теплоснабжения. Система реализована в виде модуля для геоинформационной системы QGIS. Модуль включает в себя: функцию распознавания объектов, модуль, реализующий модифицированный алгоритм трассировки тепловых сетей с минимальной стоимостью, модуль предварительной оценки сметной стоимости участка тепловой сети.

Ключевые слова: информационная система, теплоснабжение, оптимизация, трассировка, постановка задачи, алгоритм кратчайшего пути, ГИС.

Abstract. An approach to the optimization of heat supply systems by developing a module of geographic information system, combining and structuring different types of data of heat supply systems is described. As a software platform for optimization in the reconstruction of heat supply systems, problems with compatibility of data formats, selected geographic information system QGIS open source. The stages of development of decision support system in the reconstruction of heat supply systems are described. The system is implemented as a module for the geographic information system QGIS. The module includes: object recognition function, module. Implementing a modified algorithm for tracing heat networks with a minimum cost, the module of preliminary estimation of the estimated cost of the heat network section.

Keywords: information system, heat supply, optimization, tracing, problem statement, shortest path algorithm, GIS.

Введение. Качественное отопление давно стало обязательной потребностью многих людей. Однако в настоящее время не существует универсальной меры, по которой можно судить об эффективности функционирования системы теплоснабжения. Для потребителя наиболее важны: стоимость теплоснабжения, оптимальная температура, бесперебойная подача. Для теплоснабжающих организаций важна рентабельность и безаварийность систем теплоснабжения. Характеризуя степень влияния критериев эффек-

тивности функционирования систем теплоснабжения, следует учитывать требования потребителей и теплоснабжающих организаций.

Существуют решения по оптимизации систем теплоснабжения [1, 2]. В разных работах предлагаются отдельные пути совершенствования систем на разных этапах проектирования. Отдельные решения [3, 4] предлагается использовать для существующих систем, например, наладка теплогидравлических режимов. Существует целый ряд решений по диспетчеризации систем [4]. Но оказывается, что многие из этих решений либо очень дорогие, либо малоэффективные. А о многих существующих решениях теплоснабжающим организациям даже неизвестно.

На этапе проектирования затруднительно рассчитать и учесть все параметры работы системы на десятки лет вперед. Появляются новые подходы к проектированию, режимной наладке, сбору информации на узлах системы теплоснабжения. Испытываются и внедряются отдельные решения по повышению эффективности работы систем [5, 6]. В результате собирается большой объем плохо структурированных дынных. Существующие данные о системе разделены на: проект системы теплоснабжения, отдельные чертежи, паспорта оборудования, данные о сбыте, технико-экономические показатели, необработанный массив данных диспетчеризации, кадастровые границы и др.

Специалисты в области проектирования сетей теплоснабжения сталкиваются с мультиформатностью и несовместимостью систем (cad/gis/pkk/etc). Это сильно затрудняет работу, делает сбор и обработку данных неточным и длительным процессом.

В связи с этим в данной работе рассмотрены следующие вопросы: постановка задачи разработки информационной системы ППР, описание структуры и отдельных компонентов информационной системы, методы и инструменты для реализации функционала компонентов информационной системы, обоснование выбора методов решений, иллюстрация результатов решения поставленной задачи.

Постановка задачи и описание структуры информационной системы. Вербальная постановка задачи заключается в разработке информационной системы поддержки принятия решений для систем теплоснабжения, совмещающей проектные, географические, топологические, кадастровые, технико-экономические данные о тепловых сетях, и в возможности анализа с применением разработанного [5] модифицированного алгоритма оптимизации тепловых сетей. Используя проектные данные, данные о ландшафте, инфраструктуре, кадастровых границах, реализуют алгоритм трассировки тепловых сетей по критериям минимальной стоимости, с ограничениями на потери давления и температуры. Полученные данные используют для предварительной оценки сметной стоимости участков тепловой сети. Целью решения задачи разработки ИС является создание наилучших условий протекания процесса теплоснабжения.

В качестве программной платформы для разработки информационной системы, учитывая существующие проблемы с совместимостью форматов данных, выбрана геоинформационная система Qgis с открытым исходным кодом. Эта платформа бесплатна, мультиформатна, имеет большой функционал, открытый исходный код для написания нужных модулей и подключения баз данных. В данной работе рассмотрены интерфейс и функции СППР.

Решение задачи подключения оптимального числа потребителей тепловой сети рассмотрено в работах [5 – 7]. Схема информационных потоков разработанной информационной системы представлена на рис. 1. Как показано на рис. 1, пользователь (user) взаимодействует с модулем поддержки принятия решений (СППР) QGIS. Написанная в среде SQL compact 4.0 база данных «Объекты системы» импортируется через стандартный интерфейс в СППР модуль QGIS. Решение оптимизационной задачи трассировки тепловой сети [8-11] реализовано в подмодуле calc_sppr и содержит формы asar.resx и kenny.resx. Данные об участках тепловых сетей импортируются в специальные формы для использования в дальнейших расчетах предварительной оценки сметной стоимости. Такие технико-экономические формы представляют собой сценарии для использования в задаче подключения оптимального числа потребителей к существующей тепловой сети.

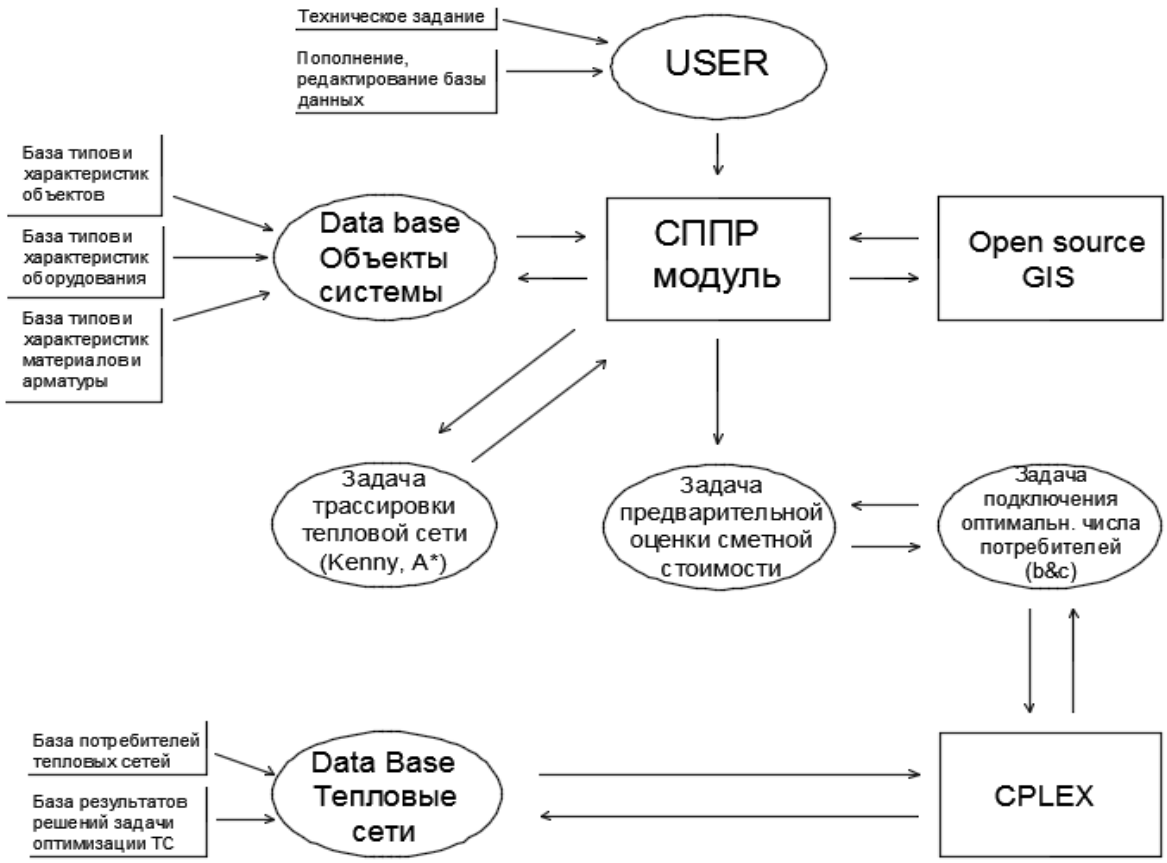


Рис. 1. Схема информационных потоков СППР

Информационная система поддержки принятия решений для оптимизации систем теплоснабжения включает в себя:

– панель инструментов с возможностью редактирования, рисования, внесения изменений в базы данных, ручной разметки по сетке, запуска имеющихся функций;

– модуль генерации двумерной сетки по размеру экрана на выбранном участке местности с функцией масштабирования;

– подключение кадастровых границ из открытого источника PKK rosreestr [http://pkk5.rosreestr.ru/arcgis/services/Cadastre/CadastreWMS/MapServer/WMSServer];

– подключение cad-чертежей систем в формате .dwg с возможностью внесения изменений и масштабирования;

– модуль автоматического распознавания объектов, включает этапы компьютерного сегментирования и фильтрации объектов на геоинформационном изображении инструментами подключаемых библиотек OpenCV;

– функция, реализующая модифицированный алгоритм трассировки тепловых сетей с минимальной стоимостью;

– функция предварительной оценки сметной стоимости объектов системы теплоснабжения для оценки диапазона сметной стоимости прокладки и материалов выбранного объекта тепловой сети с учетом неполноты информации (Использован подключаемый модуль smeta-master, написанный на языке C++, для оценки диапазона сметной стоимости прокладки и материалов выбранного объекта тепловой сети с учетом неполноты информации. Модуль включает формы Matherials.resx, addMatherials.resx, calc.resx. В состав модуля входят подключаемые нормативные базы и все необходимые выходные формы (КС-2, КС-3, КС-6.));

– база данных с результатами решений;

– база данных с объектами и оборудованием тепловых систем, включающая характеристики, стоимость;

– база данных потребителей и проектных данных, собираемых в форматах .word, .exel, .dwg.

На рисунке 2 проиллюстрирована панель инструментов, состоящая из 14 кнопок. Первые 4 кнопки предназначены для работы с сеткой: «белая» – очистить, присвоить проходимость; «красная» – присвоить непроходимость, добавить в закрытый список; «синяя» – присвоить условную проходимость со стоимостью входа G; «зеленая» – присвоить условную проходимость со стоимостью входа G; «ТК» – добавить тепловую камеру в выбранную ячейку, задать параметры во всплывающем поле; «ТР» – добавить фрагмент линии трубопровода в выбранную ячейку, задать параметры во всплывающем поле; «К» – добавить котельную (2×2 ячейки), задать параметры во всплывающем поле; «Решетка» – генерация двумерной М-масштабируемой сетки MxN по размеру экрана; «Ломаная» – трассировка трубопровода между тепловыми камерами с помощью модифицированного алгоритма А-стар с наименьшей стоимостью; «Кенни» – распознавание зданий и дорог выбранной области детектором грани Кенни; «Р» – функция предварительной оценки сметной стоимости участков тепловой сети.

Апробация алгоритма принятия решения проиллюстрирована на примере проектируемой котельной северного района г. Котовска.

Результаты трассировки тепловой сети модифицированным алгоритмом А* проиллюстрированы на рис. 3. Трассировка выполнена по размеченным вручную тепловым камерам, обозначенным черными квадратами. Котельная отмечена квадратом 4x4. При выбранной схеме трассировка относительно проста, однако, демонстрирует кратчайшие расстояния между тепловыми камерами и минимальное значение пересечений ячеек с повышенной стоимостью.

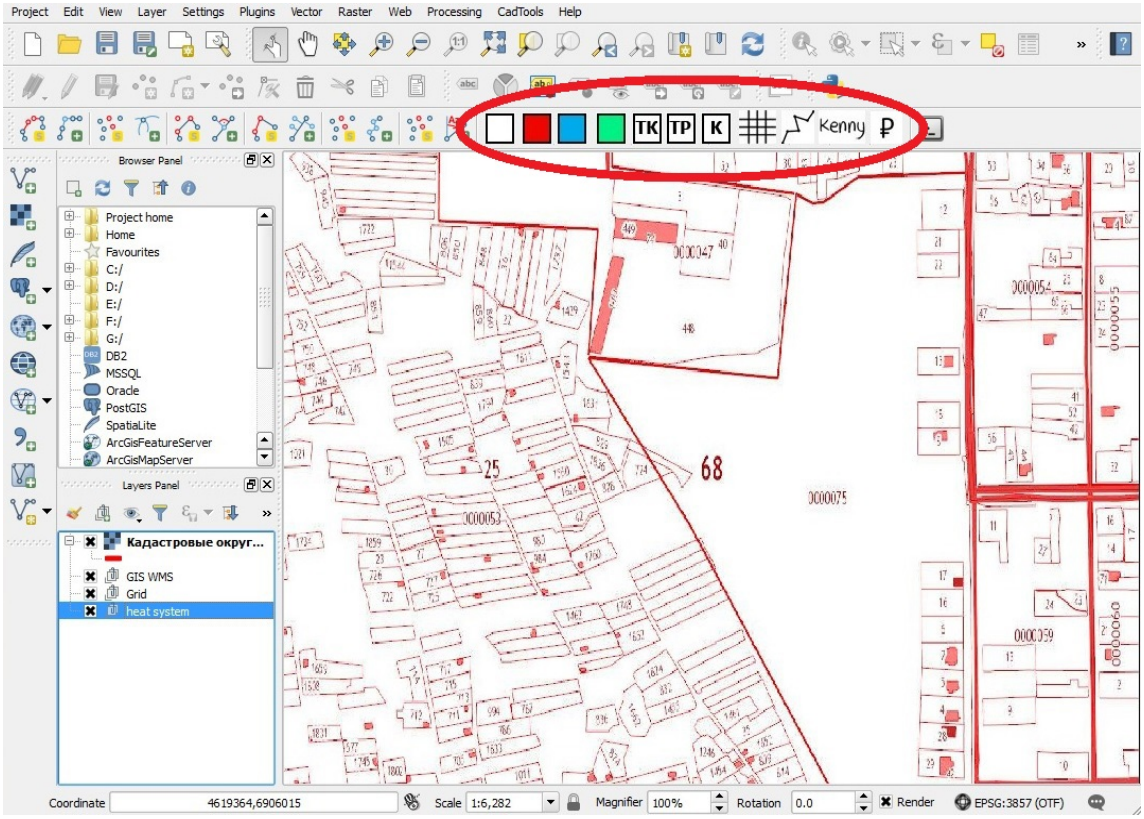


Рис. 2. Панель инструментов в системе Qgis

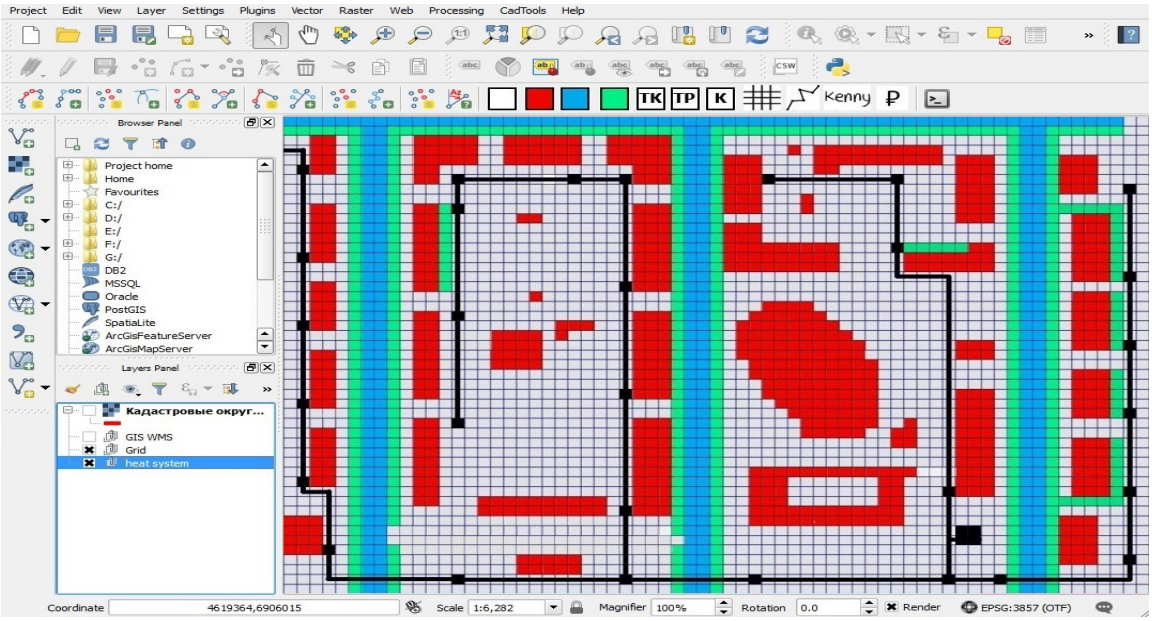


Рис. 3. Визуализация работы алгоритмов автоматического заполнения сетки и трассировки тепловой сети с отключенным ГИС-слоем

Оценка результата решения задачи разработки информационной системы поддержки принятия решений для систем теплоснабжения определяется по множеству критериев. Критериями можно считать время и стоимость получения результатов запросов на предоставление информации [14].

Теоретические и практические результаты исследований использованы при проектировании систем теплоснабжения инженерами АО «ТСК» в городе Уварово.

Заключение. Представленная система поддержки принятия решений для оптимизации систем теплоснабжения позволяет решать проблемы мультиформатности, сбора, структурирования и анализа данных. Система позволяет решать задачу предварительной оценки сметной стоимости, что позволяет экономить большое количество ресурсов, времени на проектирование и планирование.

Использование информационной системы ППР является перспективным как для организаций, занимающихся проектированием сетей теплоснабжения, так и для организаций жилищно-коммунального сектора, занимающихся обслуживанием и модернизацией сетей теплоснабжения.

Список использованных источников

1. **Дворецкий, Д. С.** Концепция теории гибкости технических систем / С. И. Дворецкий, Г. М. Островский, С. Г. Толстых // Вестник ТГТУ. – 2016. – № 2. – С. 172 – 181.

2. **Методические** рекомендации по оптимизации гидравлических и температурных режимов функционирования открытых систем коммунального теплоснабжения // Коммунальная энергетика. – М. : Роскоммунэнерго, 2005. – 52 с.

3. **Меренкова, Н. Н.** Разработка и применение математических моделей для оптимизации производительностей источников и конфигурации гидравлических сетей на основе избыточных схем : автореф. дисс. канд. техн. наук / Н. Н. Меренкова. – Новосибирск, 1980. – 22 с.

4. **Экономическая** эффективность проведения наладочных работ на тепловых сетях и внутренних системах теплопотребления / С. В. Белевич, А. В. Клецко, и др. // Теплоэнергоэффективные технологии. – 2004. – № 1. – С. 45 – 48.

5. **Optimization** model of heat supply consumers connection schedule to the heat supply system / V. A. Nemtinov, S. M. Terekhov, Yu. V. Nemtinova, A. B. Borisenko, Dr. S. Egorov // International Multidisciplinary Scientific Geoconferencences 29 June – 5 July, 2017, Bulgaria / 17th Geoconference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. – V. 1. – P. 1013 – 1020.

6. **Мокрозуб, В. Г.** Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, С. Я. Егоров // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 3. – С. 68 – 73.

7. **Представление** модели параметрического синтеза технического объекта в реляционной базе данных / В. Г. Мокрозуб, А. И. Сердюк, С. Ю. Шамаев, С. В. Каменев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 462 – 466.

8. **Mokrozub, V. G.** An approach to smart information support of decision-making in the design of chemical equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – V. 51, № 7. – С. 487 – 492.

9. **Егоров, С. Я.** Информационно-логическая модель компоновки промышленных объектов / С. Я. Егоров, В. А. Немтинов, М. С. Громов // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 2006. – № 4. – С. 19 – 23.

10. **Немтинов, В. А.** Информационный анализ видовых изображений объектов городской застройки / В. А. Немтинов, А. И. Горелов, М. Ю. Воробьева // Информационное общество. – 2015. – № 2-3. – С. 108 – 116.

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. **Dvoreckij, D. S.** Koncepciya teorii gibkosti tekhnicheskih sistem / S. I. Dvoreckij, G. M. Ostrovskij, S. G. Tolstyh // Vestnik TGTU. – 2016. – № 2. – S. 172 – 181.

2. **Metodicheskie** rekomendacii po optimizacii gidravlicheskih i temperaturnyh rezhimov funkcionirovaniya otkrytyh sistem kommunal'nogo teplosnabzheniya // Kommunal'naya ehnergetika. – M. : Roskommunehnergo, 2005. – 52 c.

3. **Merenkova, H. H.** Razrabotka i primenenie matematicheskih modelej dlya optimizacii proizvoditel'nostej istochnikov i konfiguracii gidravlicheskih setej na osnove izbytochnyh skhem : avtoref. diss. kand.tekhn. nauk. – Novosibirsk, 1980. – 22 s.

4. **Ehkonomicheskaya** ehffektivnost' provedeniya naladochnyh rabot na teplovyh setyah i vnutrennih sistemah teplopotrebleniya / S. V. Belevich, A. V. Klecko, i dr. // Teploehnergoehffektivnye tekhnologii. – 2004. – № 1. – s. 45 – 48.

5. **Optimization** model of heat supply consumers connection schedule to the heat supply system / V. A. Nemtinov, S. M. Terekhov, Yu. V. Nemtinova, A. B. Borisenko, Dr. S. Egorov // International Multidisciplinary Scientific Geoconferencences 29 June – 5 July, 2017, Bulgaria / 17th Geoconference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. – V. 1. – P. 1013 – 1020.

6. **Mokrozub, V. G.** Informacionno-logicheskie modeli tekhnicheskih ob"ektov i ih predstavlenie v informacionnyh sistemah / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, S. Ya. Egorov // Informacionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve. – 2010. – № 3. – S. 68 – 73.

7. **Predstavlenie** modeli parametricheskogo sinteza tekhnicheskogo ob"ekta v relyacionnoj baze dannyh / V. G. Mokrozub, A. I. Serdyuk, S. Yu. SHamaev, S. V. Kamenev // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – V. 17, № 2. – S. 462 – 466.

8. **Mokrozub, V. G.** An approach to smart information support of decision-making in the design of chemical equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – V. 51, № 7. – S. 487 – 492.

9. **Egorov, S. Ya.** Informacionno-logicheskaya model' komponovki promyshlennyh ob"ektov / S. Ya. Egorov, V. A. Nemtinov, M. S. Gromov // Nauchno-tekhnicheskaya informaciya. Seriya 2: Informacionnye processy i sistemy. – 2006. – № 4. – S. 19 – 23.

10. **Nemtinov, V. A.** Informacionnyj analiz vidovyh izobrazhenij ob"ektov gorodskoj zastrojki / V. A. Nemtinov, A. I. Gorelov, M. YU. Vorob'eva // Informacionnoe obshchestvo. – 2015. – № 2-3. – S. 108 – 116.

11. **Gorelov, I. A.** Komp'yuternye tekhnologii pri reshenii voprosov razvitiya territorij gorodskih municipal'nyh obrazovanij / I. A. Gorelov, V. A. Nemtinov // Informacionnoe obshchestvo. – 2014. – № 1. – S. 49 – 54.

УДК 551.46

Леменкова П. А.
Океанологический университет Китая, Колледж морских геонаук, КНР, г. Циндао
(Тел. (+86)1768-554-1605, e-mail: pauline.lemenkova@gmail.com)

ИЕРАРХИЧЕСКИЙ КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ НА ЯЗЫКЕ R ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ОДНОРОДНЫХ ГРУПП БАТИМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ МАРИАНСКОГО ЖЕЛОБА, ТИХИЙ ОКЕАН

Lemenkova P. A.
Ocean University of China, College of Marine Geoscience, P.R.C., Qingdao
(Tel. (+86)1768-554-1605, e-mail: pauline.lemenkova@gmail.com)

HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS BY R LANGUAGE FOR PATTERN RECOGNITION IN THE BATHYMETRIC DATA FRAME: A CASE STUDY OF THE MARIANA TRENCH, PACIFIC OCEAN

Аннотация. Целью настоящего исследования является анализ батиметрических свойств Марианского желоба, самой глубокой точки Земли, расположенной в западной части Тихого океана. Марианский желоб имеет уникальную структуру и особенности, сформированные в сложном процессе его развития под влиянием ряда геолого-тектонических факторов. Батиметрические свойства поперечных профилей желоба сильно различаются в разных его частях: угол и крутизна склона, глубина, покатость, выположенность. Технически работа опиралась на использование статистических алгоритмов кластерного анализа группировки данных на языке программирования R. Визуализация и получение данных были осуществлены в Quantum GIS. Результаты выявили неравномерность батиметрических профилей согласно факторам, влияющим на геологическую структуру желоба.

Ключевые слова: кластерный анализ, R, программирование, алгоритмы, океанография, Марианский желоб, Тихий океан.

Abstract. The geographic focus of the current study Mariana trench, the deepest point of the Earth located in the west Pacific Ocean. Mariana trench has unique structure and features formed in the complex process of the trench development. There is a range of the environmental factors affecting trench structure and functioning: bathymetry, geography, geology and tectonics. Current research aimed to study interconnections among these determinants. Technically, the research was performed by R programming language, statistical analysis, and Quantum GIS. Methodology includes a range of the statistical methods for data processing, the most important of which is cluster analysis. The results revealed unevenness of the factors affecting trench bathymetric structure, caused by the environmental conditions.

Keywords: cluster analysis, R, programming, algorithms, oceanography, Mariana Trench, Pacific Ocean.

1. Introduction

Mariana trench has a complicated geomorphic structure with various types of the continental tectonic plate boundaries producing a unique type of its seafloor bathymetry (Fig.1). Submarine terrain of the Mariana trench has a complex structure of various objects, the scale of which sharply exceeds the dimensions forms of the earth's surface on the margin continents. These include the system of the mid-ocean ridges, crossing their sub-system of trans-

form faults, deep-sea ridges, vast ocean plains complicated by chains and mountain groups, ridges and plateaus [3]. The width of the continental shelf of the margin plates connecting to the Mariana trench occupies varies from a few tens to thousands of km and the average bottom slope is 17…25º [1].

The main ridge axes of the Mariana trench represent a place in the system where the upwelling magma encounters cold seawater in the location of four tectonic plates crossing Mariana trench. Since functionality of the biological communities of the Marina trench goes beyond the scopes of the current research, it should be only briefly mention as an example of interconnection of the system [2], [4]. Hence, the hydrothermal cooling of magma at the ridge axes causes recycling of the entire volume of the water in the hadal column. In this way it provides nutrients for biological communities in the abyssal of trench, as studies, for example in various research papers [5 – 7].

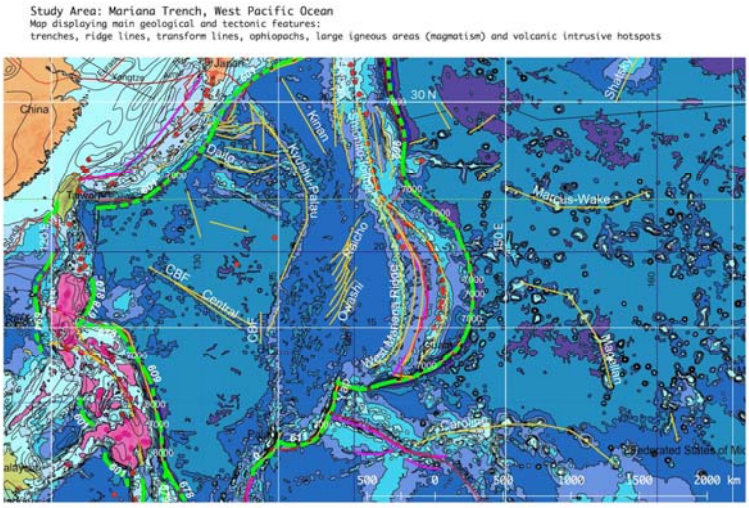


Fig. 1. Mariana Trench: Quantum GIS visualization

2. Research Problem

Systematic ocean exploration in the 21th century started combining remote sensing methods, GIS tools for data processing and a variety of machine learning tools for data post-processing and statistical analysis. The study of the ocean floor is possible not only through the GIS, yet also by means of the available R statistical approaches: network analysis, factors analysis, plotting, diagrams, cluster analysis by various methods (k-means, dendrograms, silhouettes), triple correlation by ternary diagrams, to mention a few.

3. Methods and Results

In the current research, the main method of the determining clusters of the environmental variables affecting Mariana trench formation is an algorithm provided by cluster analysis, executed by {dendextend} R library. Initially, the GIS based digitizing of the 25 bathymetric profiles across Mariana trench has been performed in QGIS. The length of each profile was taken 1000 km, and the distance between every pair was 100 km (Fig. 2). The coordinated were saved in a table with three columns: elevations, latitude and longitude. After that, a cycle number of the R codes enabled to stepwise perform cluster analysis, data partition, sorting and grouping. Comparative analysis of the multi-dimensional data enabled to analyse interrelationships between the factors impacting changes in the morphology and dynamics of the system of Mariana trench.

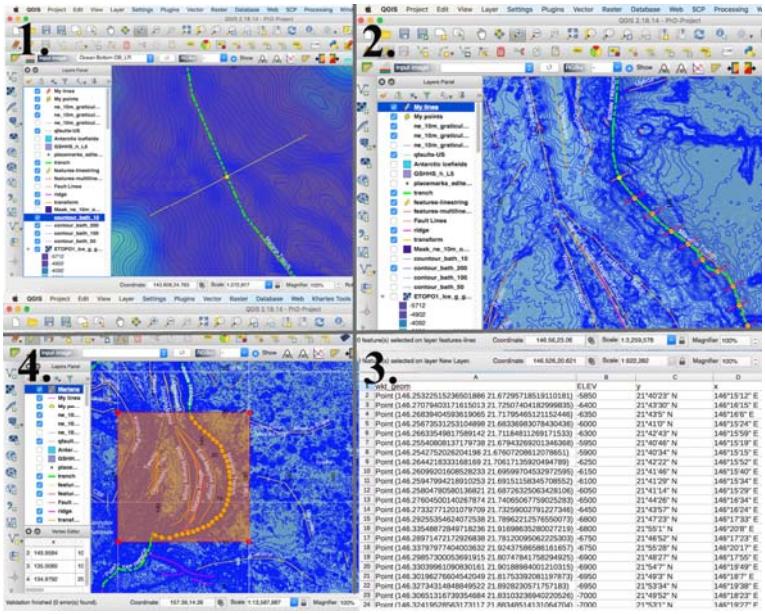


Fig. 2. Four steps of creating 25 bathymetric profiles in Quantum GIS

Using existing methodologies, various approaches of the comparative analysis were tested in the current research. The most efficient was computing hierarchical dendrogram clustering with p-values called by R library {dendextend}. The default hierarchical clustering method used in this library is “hclust”. The results of the executed algorithm have been visualized as a plotted dendrogram.

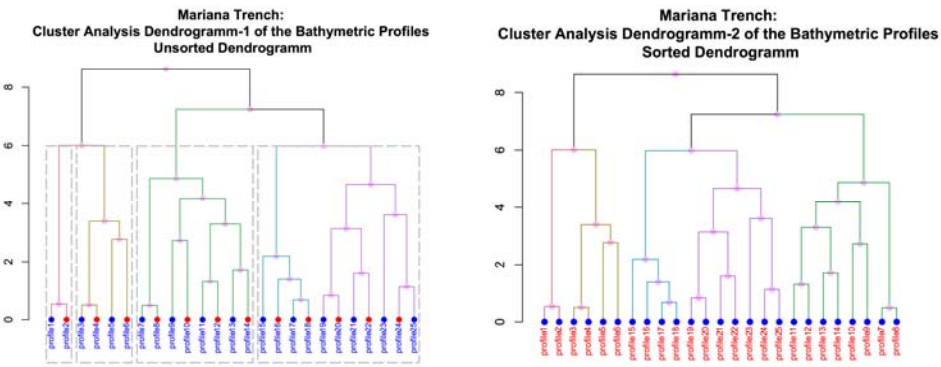


Fig. 3. R based dendrogram tree of the 25 profiles. Left: unsorted, right: sorted

The working flowchart include following steps: creating unsorted and sorted dendrograms (Fig. 3), cross-comparison of the both (Fig. 4), hierarchical clustering using p-Values, and dendrogram by clustering using bootstrap probability method (Fig. 5). The initial step included created unsorted dendrogram. Several adjustments have been made thereafter: changed and coloured labels based on real profiles groups category, coloured branches based on the procedure of cutting dendrogram tree into the clusters. Then the dendrogram was sorted using machine learning algorithm. After the reflection of the unsorted dendrogram on the sorted according to the data distribution by observation values, the model proceeded to the comparison

of the two dendrograms (Fig. 4). The compared dendrograms now form cluster kernels. Further processing is completed on the machine by an embedded mathematical approach of R that filter out the less significant profiles and compares them to the kernel ones.

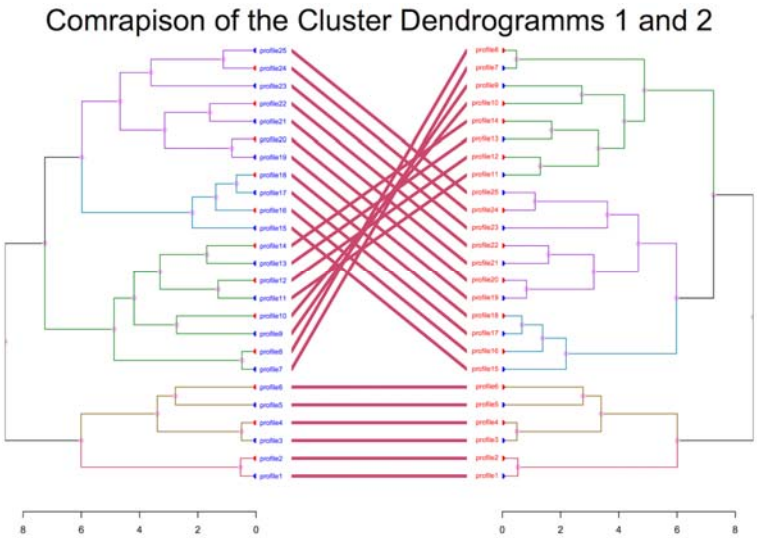


Fig. 4. Cluster analysis in R programming: comparison between cluster groups

The information is then stored to create final step: clustering using bootstrap probability method. Thus, there are four modifications of the initial model consisted of cross-section bathymetric profiles of the Mariana trench. The hierarchical dendrogram method was selected to test the data, due to its flexibility: this type of the machine learning is used specially for unlabelled data, i.e. without defined categories or groups, aimed to understand data possible allocation into groups. As the structure of the tectonics and trench geomorphic properties are rather complex, the dendrogram clustering facilitated data partition though defining the resulting groups, with similar morphology, distance to the volcanic areas, slope angles and sedimental thickness. The complete R programming script for cluster analysis is as follows:

3.1. Creating data.frame

Read-in table, create dataframe as performed using following code :

```
# step-1 MDepths <- read.csv("Mariana.csv", header=TRUE, sep = ",")
# step-2.At the next step the data frame was cleaned up from non-available values:
MDF <- na.omit(MDepths)
row.has.na <- apply(MDF, 1, function(x){any(is.na(x))}) # check up if non-available values are deleted
sum(row.has.na) # sum up all NA, should be: [1] 0
head(MDF) # look up cleaned up dataframe.
```

3.2. Hierarchical cluster analysis, dendrogram tree

```
library(dendextend) – using this package
# step-3. creating 1st dendrogram (here: by 25 clusters as bathymetric profiles)
dend <- MDF[1:25,] %>% scale %>% dist %>% # calculate a distance matrix,
hclust (method = "average") %>%        as.dendrogram %>%
    set("labels", c(("profile"), rep(1:25), sep="")) %>%
    set("labels_col","blue") %>% set("labels_cex", c(.7)) %>%
```

```
    set("branches_k_color", k=5) %>% set("branches_lwd", 1) %>%
    set("nodes_pch", 19) %>% set("nodes_cex", 1) %>%
    set("nodes_col", "plum1") %>%
    set("leaves_pch", 19) %>% set("leaves_col", c("blue", "red"))
dend %>% plot(main = "Mariana Trench: \nCluster Analysis Dendrogramm-1 of the Bathymetric Profiles \nUnsorted Dendrogramm")
# step-4. Create the 2nd dendrogram from the 1st one sorted by size of clusters
dend2 <- sort(dend)
dend2 %>% set("branches_k_color", k=3) %>% set("branches_lwd", 1) %>%
    set("labels_col","blue")
%>% set("labels_cex", c(.7)) %>% set("branches_k_color", k=5) %>% set("branches_lwd", 1) %>%
    set("nodes_pch", 19) %>% set("nodes_cex", 1) %>%
    set("nodes_col", "plum1") %>%
    set("leaves_pch", 19) %>% set("leaves_col", c("blue", "red"))
    dend2 %>% plot(main = "Mariana Trench: \nCluster Analysis Dendrogramm-2 of the Bathymetric Profiles \nSorted Dendrogramm")
```

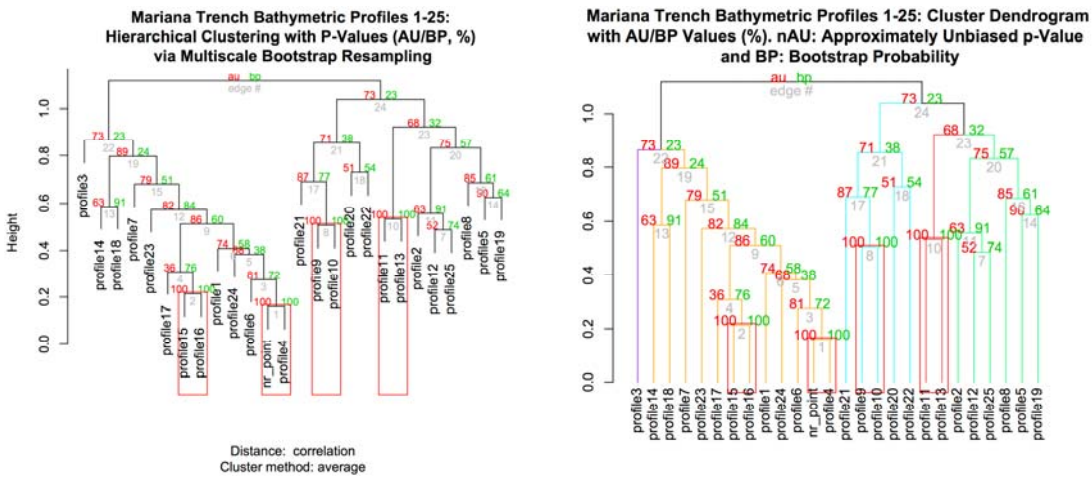


Fig. 5. Hierarchical clustering with p-values using multiscale bootstrap probability

3.3. Comparing dendrograms

```
# step-5. (sorted and unsorted ones) tanglegram(dend, dend2)
tanglegram(dend, dend2) %>% plot(main = "Mariana Trench: \nComrapison of the Cluster Dendrogramms 1 and 2")
# step-6. Hierarchical Clustering with P-Values via Multiscale Bootstrap Resampling data(MDF)
set.seed(518)
result <- pvclust(MDF, method.dist="cor", method.hclust="average", nboot=10)
# Default plot of the result
plot(result, main = "Mariana Trench Bathymetric Profiles 1-25: \nHierarchical Clustering with P-Values (AU/BP, %) \nvia Multiscale Bootstrap Resampling")
pvrect(result)
```

```
# step-7. pvclust and dendextend – results as a sorted dendrogram result %>% as.dendrogram %>% set("branches_k_color", k = 5, value = c("purple", "orange", "cyan1", "firebrick1", "springgreen")) %>% plot(main = "Mariana Trench Bathymetric Profiles 1-25: Cluster Dendrogram nwith AU/BP Values (%). nAU: Approximately Unbiased p-Value \n and BP: Bootstrap Probability") result %>% text result %>% pvrect
```

4. Conclusion

To summarize methodological application of this research, following conclusion can be drawn. The advantages consist in usability of many R libraries and algorithms at one time to understand the best option for the data set. When the proper method is found for each research step, the results are visualized as plot. In this case, the main method was dendrogram by the {dendextend} library aimed at data partition according to the environmental properties. As the programs received a table in (.csv) format and called script from the command line, it follows a mathematical algorithm to process the data. The R algorithm then calculated the values for the environmental values (geology, bathymetry, geomorphology, sedimentation and tectonics), and divided the dataset into clusters, according to the similarity of their values. Once the data are analysed by the machine, the visualization of the bathymetric groups and data partition were successfully performed.

References

1. **Пущаровский, Ю. М.** Тектоническое развитие Земли. Тихий океан и его обрамление / Ю. М. Пущаровский, Е. Н. Меланхолина. – М., 1992.

2. **Submersible** and lander-observed community patterns in the Mariana and New Britain trenches: Influence of productivity and depth on epibenthic and scavenging communities. Deep-Sea Research I / N. D. Gallo, J. Cameron, K. Hardy, P. Fryer, D. H. Bartlett, L. A. Levin. – 2015 – V. 99. – P. 119 – 133.

3. **Jarrard, R.** Relations among subduction parameters. Rev. Geoph. / R. Jarrard. – 1986. – V. 24. – P. 217 – 284.

4. **Community** structure and diversity of scavenging amphipods from bathyal to hadal depths in three South Pacific Trenches. Deep-Sea Research I / N. C. Lacey, A. A. Rowden, M. R. Clark, N. M. Kilgallen, T. Linley, D. J. Mayor, A. J. Jamieson. – 2016. – V. 111. – P. 121 – 137.

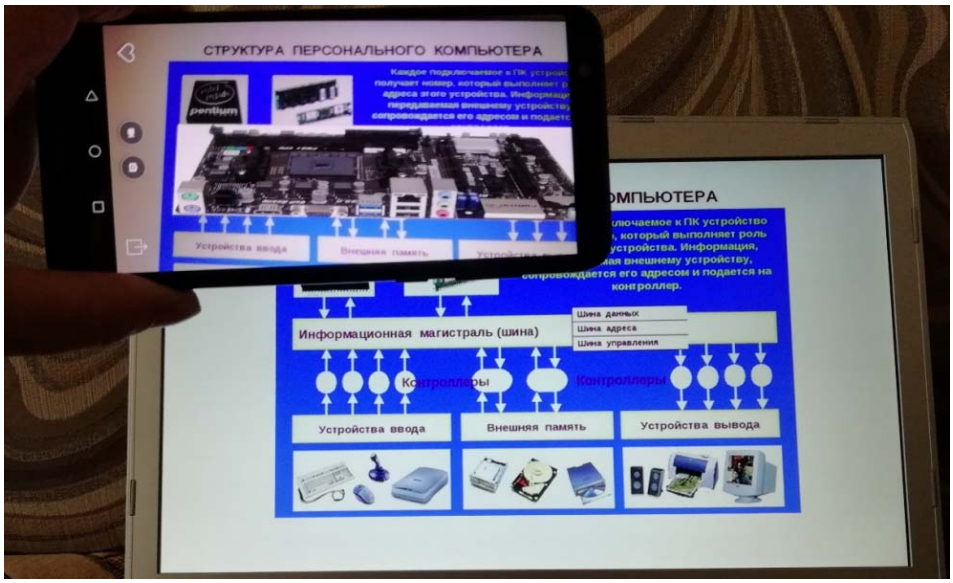
5. **A Biodecolorization** of a food azo dye by the deep sea Dermacoccus abyssi MT1.1T strain from the Mariana Trench. Journal of Environmental Management / W. Lang, S. Sirisansaneeyakul, L.O. Martins, L. Ngiwsara, N. Sakairi, W. Pathomaree, M. Okuyama, H. Mori, Kimura. – 2014. – V. 132. – P. 155 – 164.

6. **Provenances,** distribution, and accumulation of organic matter in the southern Mariana Trench rim and slope: Implication for carbon cycle and burial in hadal trenches. Marine Geology / M. Luo, J. Gieskes, L. Chen, X. Shi, D. Chen. – 2017. – V. 386. – P. 98 – 106.

7. **The distribution** of benthic biomass in hadal trenches: A modelling approach to investigate the effect of vertical and lateral organic matter transport to the seafloor. Deep-Sea Research I / M. C. Ichino, M. R. Clark, J. C. Drazen, A. Jamieson, D. O. B. Jones, A. P. Martin, A. A. Rowden, T. M. Shank, P. H. Yancey, H. A. Ruhl. – 2015. – V. 100. – P. 21 – 33.

С е к ц и я IV

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ И СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ



УДК 629.7.064.5

Бочаров А. С., Локтиков А. Ю., Шаров И. В., Шипилов А. А.
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Россия, г. Воронеж
(E-mail: bocharov_a_s@mail.ru)

РАЗРАБОТКА ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В СРЕДЕ SIMULINK

Bocharov A. S., Loktikov A. Yu., Sharov I. V., Shipilov A. A.
Zhukovsky – Gagarin Military and Air Force Academy,
Russia, Voronezh
(E-mail: bocharov_a_s@mail.ru)

DEVELOPMENT OF THE CONTROL BAR AND VISUALIZATION OF OPERATION MODES OF THE SIMULATION MODEL OF SYSTEM OF ELECTRICAL POWER SUPPLY OF THE DIRECT CURRENT OF THE AIRCRAFT IN THE ENVIRONMENT OF SIMULINK

Аннотация. Показана возможность применения пакета Dashboard программы визуального имитационного моделирования Simulink для разработки панели управления и визуализации режимов работы имитационной модели системы электроснабжения постоянного тока самолета Су-30СМ при ее исследовании как в нормальных, так и в аварийных режимах функционирования. Описаны блоки пакета Dashboard, настройка их параметров и приведены примеры использования.

Ключевые слова: система электроснабжения, электроэнергетический комплекс, имитационная модель, Simulink, Dashboard.

Abstract. The paper explores the possibility of application of Dashboard package of Simulink program for visual simulation to develop a control bar and make a visualization of operation modes of a simulation model of system of electrical power supply of a direct current of the SU-30SM plane both in normal and emergency operation conditions. The Dashboard units and setup of their parameters are described, and the examples of use are given.

Keywords: system of electrical power supply, electrical power complex, simulation model, Simulink, Dashboard.

Введение. Программа визуального структурного моделирования Simulink [1] позволяет создавать имитационные модели различных динамических систем, в том числе довольно сложных по своей функциональной работе. Разработчику приходится проводить сложную предварительную настройку модели, прежде чем провести ее исследование в динамических режимах функционирования. Это приводит к временным затратам из-за сложности поиска необходимых для изменения параметров блоков по всей разветвленной структуре модели и может стать причиной ошибок в настройке.

Возможными решениями данной задачи, т.е. создания необходимого простого и удобного интерфейса для изменения настроек имитационной модели, являются следующие способы.

В качестве первого способа создать графический интерфейс пользователя рассматривается применение встроенного в программу Simulink редактора GUI [1]. Однако данный способ неприемлем для пользователя-любителя, который в нем до этого не работал и не знаком с его особенностями из-за его сложности, а трудозатраты для создания интерфейса сопоставимы разработке самой имитационной модели.

Вторым, более подходящим, способом является применение библиотеки Dashboard программы Simulink, в которой довольно просто создать необходимые коммутационные блоки для визуализации и переключения различных динамических режимов работы имитационной модели.

Постановка задачи исследования. Таким образом, в работе рассматривается задача разработки панели управления и визуализации режимов работы имитационной модели системы электроснабжения (СЭС) постоянного тока самолета Су-30СМ при ее исследовании как в нормальных, так и в аварийных режимах функционирования с помощью библиотеки Dashboard программы Simulink. Рассматриваемая в этой статье имитационная модель разработана ранее и приведена в статье [2] с учетом доработок, приведенных в статье [3].

Решение задачи исследования.

Рассмотрим возможности библиотеки Dashboard.

Библиотека блоков Simulink/Dashboard может использоваться для создания инструментальных панелей элементов управления и визуализации результатов в симуляции различного рода имитационных моделей.

Она позволяет улучшить визуальное восприятие показателей, вырабатываемых моделью, а также быстро и беспрерывно для математического расчета, производимого ПЭВМ, изменять параметры, используемые в имитационной модели.

Данная библиотека появилась в новой версии программы Matlab 2015b, что еще больше расширило ее возможности в области объектно-ориентированного моделирования. Библиотека Dashboard доступна в браузере библиотек Simulink, приведенном на рис. 1, и состоит из таких блоков, как индикаторы:

- круговой (Gauge);
- половинный (Half Gauge);
- четвертной (Quarter Gauge);
- линейный (Linear Gauge);
- поворотная ручка (Knob);
- лампа (Lamp);
- кнопка (Push Button);
- перекидной переключатель (Rocker Switch);
- вращательный переключатель (Rotary Switch);
- ползунок (Slider);
- ползунковый переключатель (Slider Switch);
- тумблер (Toggle Switch),

а также блока осциллографа для приборной доски (Dashboard Scope).

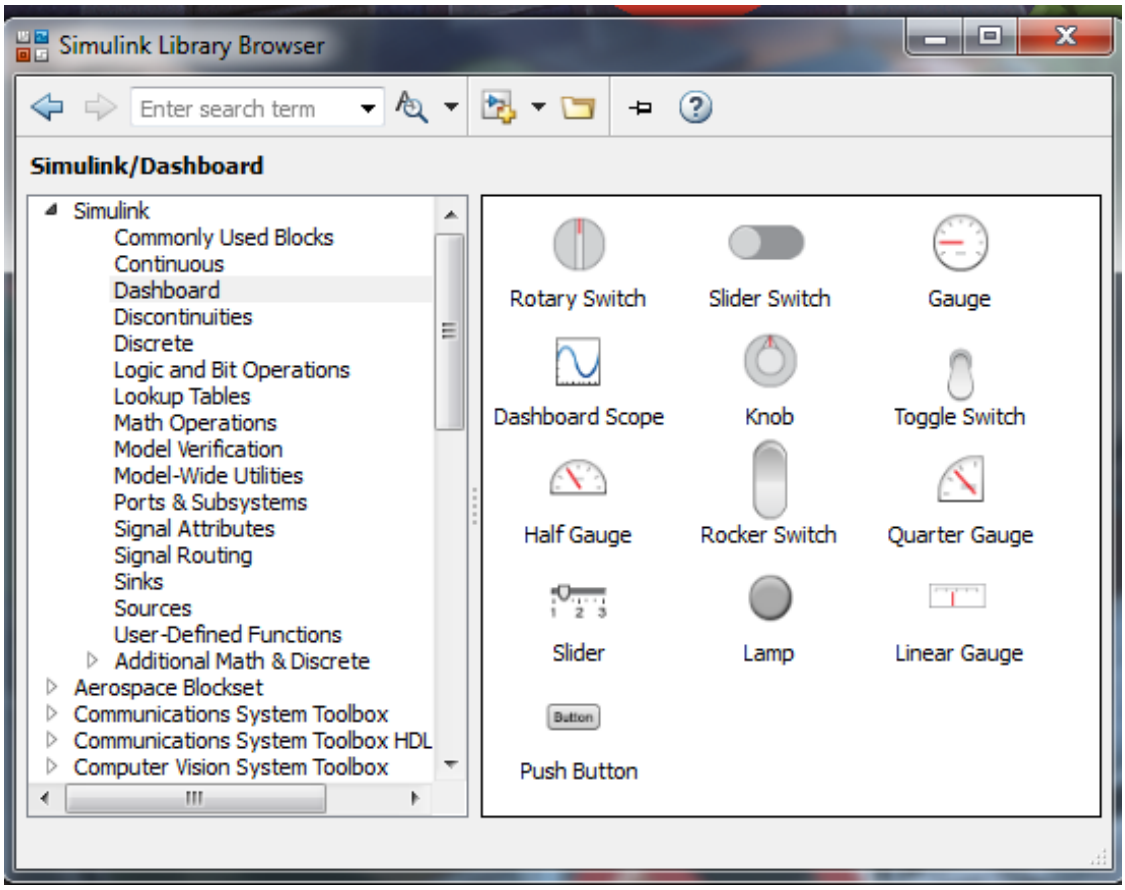


Рис. 1. Браузер библиотек Simulink

В Simulink-моделях блоки Dashboard можно использовать так же, как и другие блоки Simulink, то есть добавлять их в модель, перемещать, изменять размер, удалять.

Рассмотрим пример использования данной библиотеки на разработке панели визуализации и управления в имитационной модели СЭС самолета Су-30СМ, описанной в статье [3].

Имитационная модель позволяет реализовать аварийные режимы работы СЭС постоянного тока самолета Су-30СМ при отказах одного, двух и трех выпрямительных устройств. Для проведения этих исследований разработан «Блок управления режимами работы», представленный на рис. 2, на котором представлены реализация коммутации блоков имитационной модели для подключения вольтметра постоянного тока и коммутации блоков для реализации ввода отказов и индикации отказавших выпрямителей. Информационное поле панели визуализации и управления режимами работы, собранное из элементов библиотеки Dashboard в имитационной модели для СЭС, приведено на рис. 3.

Работа каждого из трех выпрямительных устройств ВУ-6Б регулируется тумблерами, у которых положение «On» соответствует включенному состоянию выпрямительного устройства ВУ-6Б, а положение «Off» – отключенному состоянию, т.е. отказавшему. Индикация работы каждого выпрямительного устройства ВУ-6Б реализована световой индикацией, расположенной слева от каждого тумблера. Включенное состояние выпрямительного устройства ВУ-6Б соответствует зеленому цвету, отключенное состояние – красному.

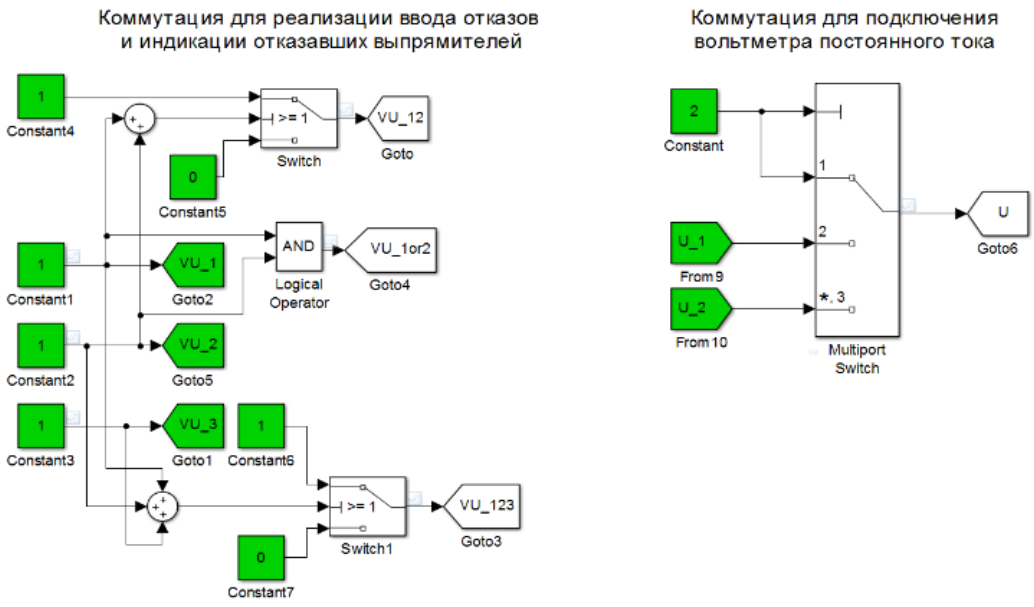


Рис. 2. Имитационная модель «Блок управления режимами работы»

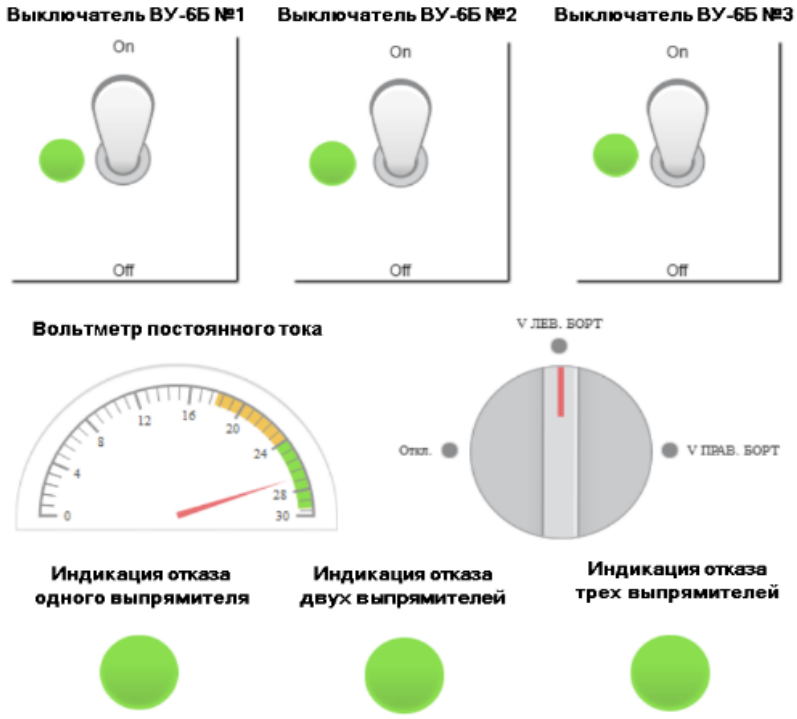


Рис. 3. Информационное поле органов управления и индикации

Индикация уровня напряжения постоянного тока левой или правой бортовой СЭС в рассматриваемой системе электроснабжения производится индикатором «Вольтметр постоянного тока». На данном индикаторе может отображаться значение напряжения как левого, так и правого бортов самолета. Циферблат вольтметра имеет две выделенные области, которые соответствуют показателям качества электроэнергии для постоянного напряжения 27 В. Настройка блока вольтметра постоянного тока приведена на рис. 4.

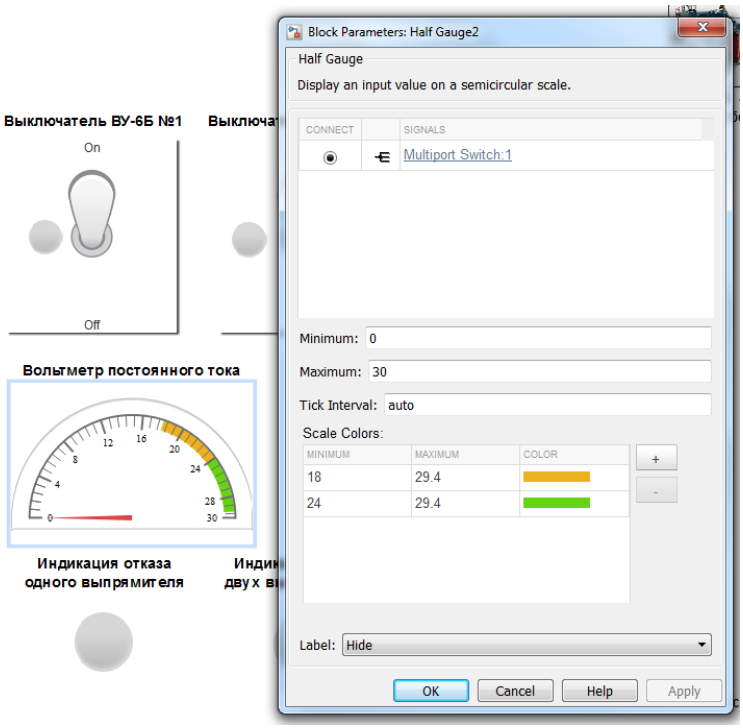


Рис. 4. Окно настройки параметров блока «Вольтметр постоянного тока»

Переключение вывода значения напряжение на данный индикатор между левым и правым бортами осуществляется галетным переключателем, у которого положение «Откл.» соответствует отключенному состоянию вольтметра, положение «V ЛЕВ. БОРТ» – отображению напряжения СЭС левого борта и положение «V ПРАВ. БОРТ» – отображению напряжения СЭС правого борта. Настройка блока данного галетного переключателя приведена на рис. 5.

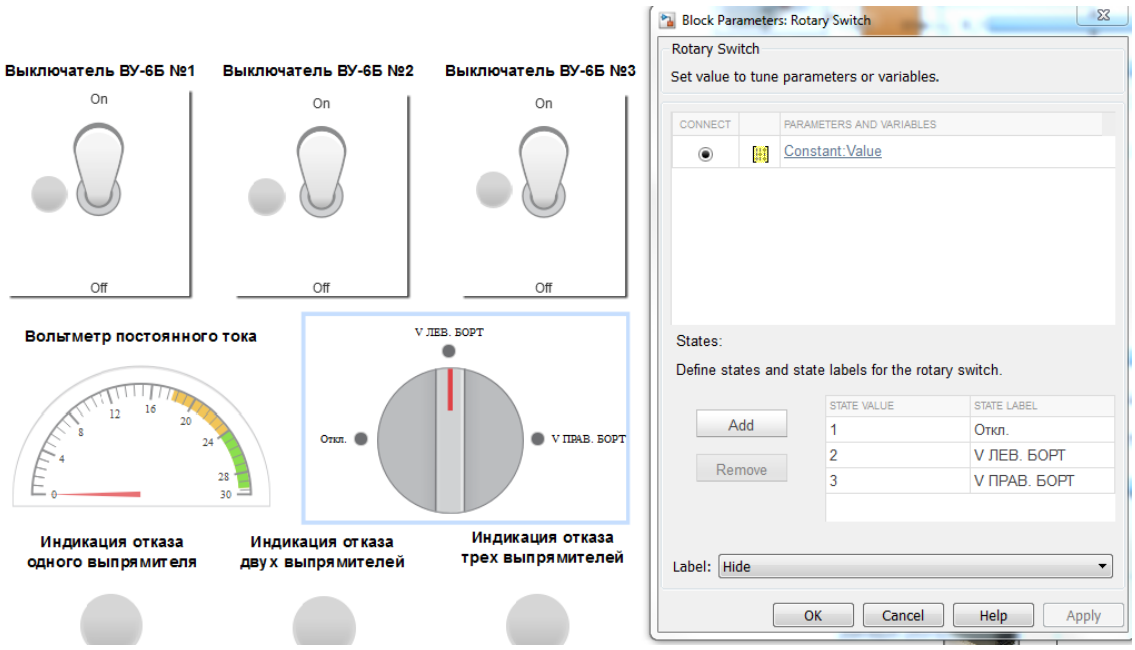


Рис. 5. Окно настройки параметров блока галетного переключателя напряжения

Индикация отказа выпрямительных устройств ВУ-6Б выполнена в виде трех световых индикаторов: «Индикация отказа одного выпрямителя», «Индикация отказа двух выпрямителей» и «Индикация отказа трех выпрямителей». Зеленый цвет индикатора соответствует включенному состоянию выпрямительных устройств, а красный цвет – отказу какого-либо из них. С помощью управляющего поля на рис. 3 в имитационной модели реализуются следующие режимы функционирования СЭС постоянного тока самолета Су-30СМ: нормальная работа СЭС; отказ каждого выпрямителя в отдельности; последовательный отказ выпрямителей; одновременный отказ первого и второго выпрямителей; одновременный отказ всех трех выпрямителей.

Настройка других, примененных блоков пакета Dashboard, таких как тумблер и лампа, интуитивно понятна и не требует дополнительных пояснений.

Заключение. В работе решена задача разработки панели управления и визуализации режимов работы имитационной модели СЭС постоянного тока самолета Су-30СМ при ее исследовании в различных режимах функционирования с помощью библиотеки Dashboard программы Simulink.

Список использованных источников

1. **Дьяконов, В. П.** Simulink 5/6/7: Самоучитель [Текст] / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

2. **Аббясов, И. В.** Исследование аварийных режимов работы системы электроснабжения постоянного тока самолета с помощью среды визуального имитационного моделирования SIMULINK [Текст] / И. В. Аббясов, А. С. Бочаров // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс] : материалы IV Международной НПК : в 3 т. Т. 2 / под общ. ред. В. А. Немтинова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4. – С. 158 – 164.

3. **Бочаров, А. С.** Реализация аварийных режимов работы в имитационной модели системы электроснабжения постоянного тока летательного аппарата в среде Simulink [Текст] / А. С. Бочаров, А. Ю. Локтиков // Статья в данном сборнике.

References

1. **Dyakonov, V. P.** Simulink 5/6/7: Samouchitel / V. P. Dyakonov. – M. : DMK-Press, 2008. – 784 s.

2. **Abbyasov, I. V.** Issledovaniye avariynykh rezhimov raboty sistemy elektrosnabzheniya postoyannogo toka samoleta s pomoshchyu sredy vizualnogo imitatsionnogo modelirovaniya SIMULINK [Tekst] / I. V. Abbyasov. A. S. Bocharov // Virtualnoye modelirovaniye, prototipirovaniye i promyshlennyydizayn [Elektronnyy resurs] : materialy IV Mezhdunarodnoy NPK : v 3 t. T. 2. / pod obshch. red. V. A. Nemtinova. – Tambov : Izd-vo FGBOU VO «TGTU», 2017. – V. 4. – S. 158 – 164.

3. **Bocharov A. S.** Realizatsiya avariynykh rezhimov raboty v imitatsionnoy modeli sistemy elektrosnabzheniya postoyannogo toka letatelnogo apparata v srede Simulink [Tekst] / A. S. Bocharov, A. Y. Loktikov // Statya v dannom sbornike.

УДК 004.9

Акопян В. Н.,[1] Акопян С. А.[2]
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
[1](Тел. 8 (953) 702-24-71, e-mail: lera.fomchenkova@yandex.ru),
[2](Тел. 8 (902) 734-86-98, e-mail: www.serrgeyy@mail.ru)

БАЗА ЗНАНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВАЛЫ И ОСИ»

Akopyan V. N.,[1] Akopyan S. A[2]
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
[1](Tel. 8 (953) 702-24-71, e-mail: lera.fomchenkova@yandex.ru),
[2](Tel. 8 (902) 734-86-98, e-mail: www.serrgeyy@mail.ru)

KNOWLEDGE BASE OF AUTOMATED SYSTEM TO DEVELOP TECHNOLOGIES OF MANUFACTURE PARTS OF THE «SHAFT AND AXES» TYPE

Аннотация. Представлено описание структуры программного обеспечения, состоящего из трех модулей и предназначенного для автоматизированного определения подходящего маршрута обработки при изготовлении деталей типа «Валы и оси». Также представлена структура базы данных, являющейся основным элементом базы знаний данной системы.

Ключевые слова: автоматизация, база данных, технология изготовления, машиностроение, технологический процесс.

Abstract. The article describes the structure of software consisting of three modules designed to automatically determine the appropriate route of processing for the production of shafts and axes. Also, the structure of the database which is the main element of the knowledge base of this system is presented.

Keywords: automation, database, manufacturing technology, engineering, technological process.

Определения оптимального технологического процесса обработки детали – это задача, которая решается как на этапе разработки технологической документации при проектировании новых изделий, так и на этапе планирования необходимых ресурсов для выполнения производственного задания.

Разрабатываемая автоматизированная система, задача которой – определение оптимального маршрута обработки для изготовления деталей типа «Валы и оси», представляет собой программное обеспечение (ПО), состоящее из трех модулей (рис. 1):

1. Графический редактор – это первый модуль ПО, позволяющий передать программе параметры формы детали, выбрать установочные базы и разработать оптимальную очередность обрабатывания поверхностей.

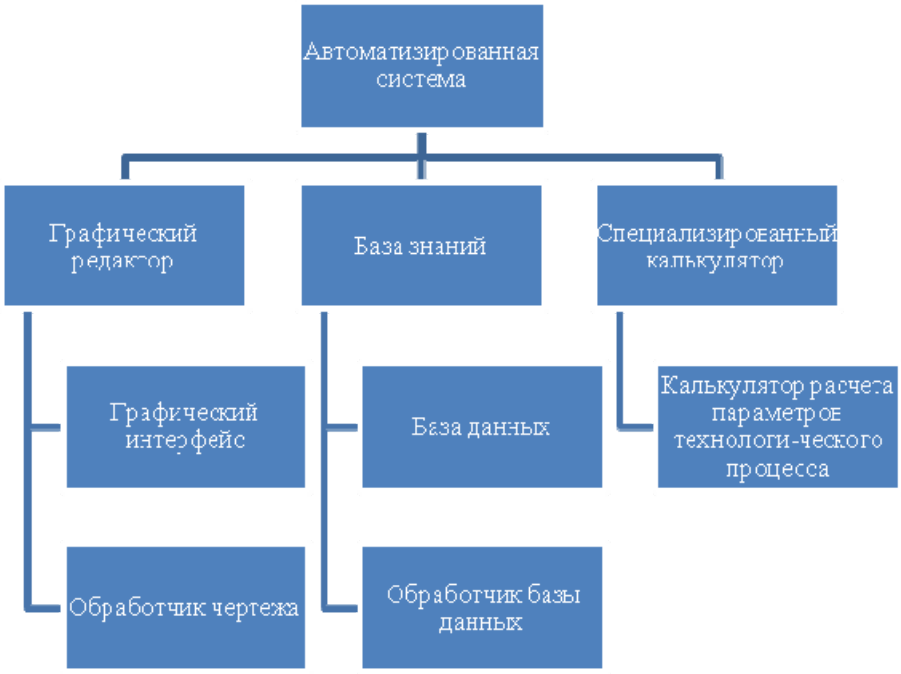


Рис. 1. Структура автоматизированной системы разработки технологического процесса изготовления валов

Работа в графическом редакторе заключается в начертании формы детали с последующим явным указанием дополнительных конструкционных элементов (отверстие, скругление, фаска и т.д.). Так как детали типа «Вал» являются телами вращения, за некоторым исключением, то работа в редакторе начинается с уже имеющейся, горизонтально расположенной, оси вращения. Пользователь вычерчивает деталь и при необходимости явно указывает место для добавления поперечного разреза.

Далее обработчик чертежа анализирует его, разбивает его на элементарные конструкционные элементы, находит их соответствие в базе данных, подбирает несколько подходящих заготовок (пруток исходя из максимального диаметра, отливка исходя из формы детали и т.д.) и передает эти параметры в следующий модуль системы.

2. База знаний – это второй модуль, предназначенный для выбора подходящего вида механической обработки исходя из параметров конструкционного элемента детали. Этот модуль получает от предыдущего параметры обрабатываемого элемента детали, по порядку обработки. Специальный алгоритм преобразует параметры и записывает в таблицу базы данных. Затем выдает подходящего вида механическую обработку в формате таблицы.

Одним из способов автоматизации поддержки принятия решений при определении подходящего вида механической обработки при обработке деталей является использование онтологии предметной области.

Формально онтология, предназначенная для определения подходящего вида механической обработки при обработке определенного элемента детали, определяется как $OP = \langle P, T, G \rangle$, где P – таксономия (дерево) видов механической обработки (токарная, черновое точение), T – таксономия (дерево) видов деталей и обрабатываемых элемен-

тов (вал, ступень), G – правила, связывающие вершины дерева видов механической обработки с вершинами дерева видов деталей и обрабатываемых.

Онтология такого рода, может быть реализована в формате базы данных (рис. 2).

Она состоит из 11 таблиц:

1. Виды обрабатываемых элементов. В этой таблице перечислены все возможные конструкционные элементы деталей типа «Вал» (отверстие продольное, ступень, резьба и др.).

2. Шероховатость обработки *Ra*. В ней перечислены диапазоны шероховатостей по *Ra*.

3. Шероховатость обработки *Rz*. Здесь перечислены диапазоны шероховатостей по *Rz*.

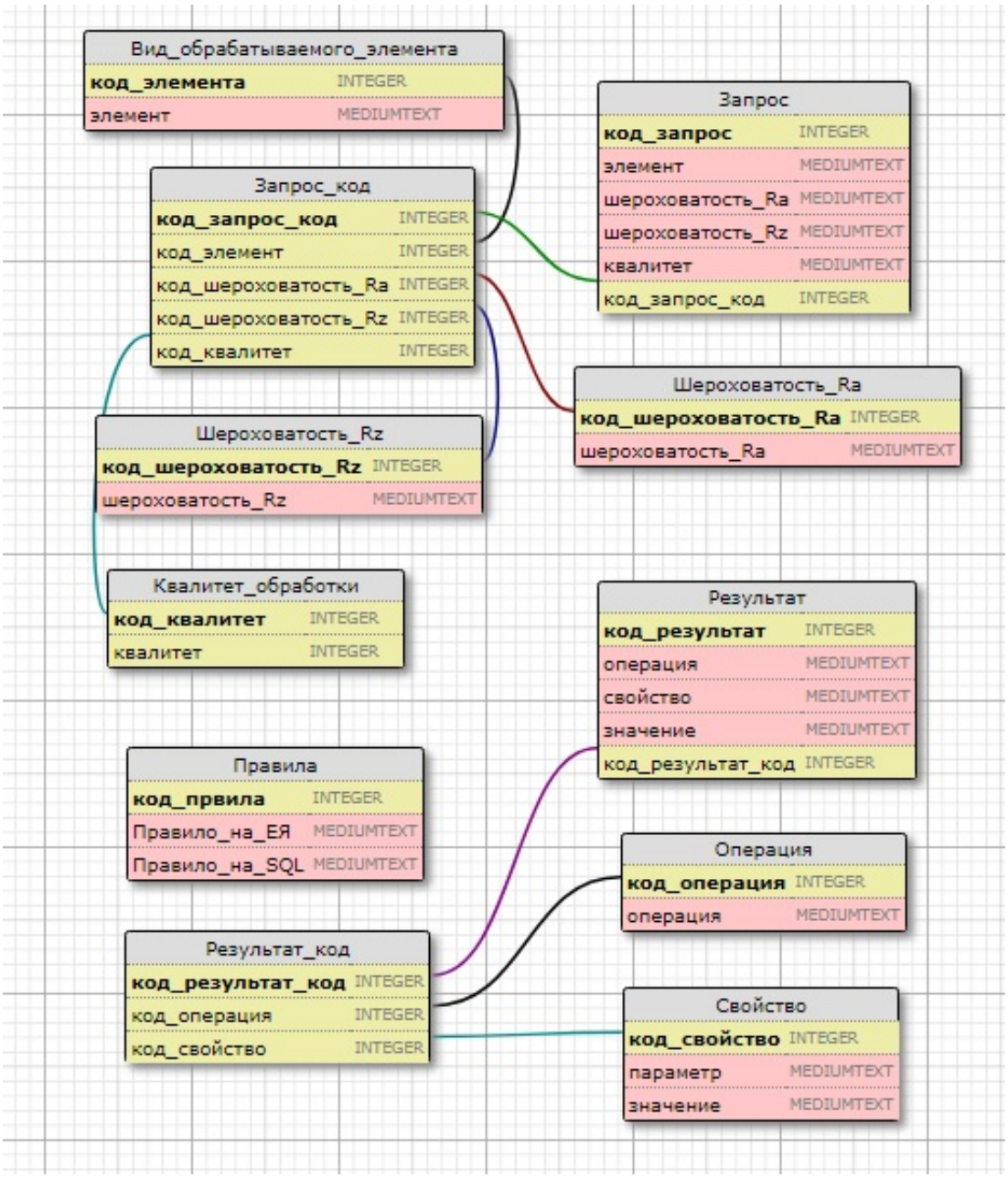


Рис. 2. Структура базы данных

4. Квалитет обработки. В этой таблице перечислены квалитеты точности обработки.

5. Операции. В ней перечислены все возможные механические операции (токарное точение, токарное растачивание, сверление, зенкерование).

6. Свойства операции. Здесь перечислены свойства операции с разными значениями (чистота обработки: чистовая, чистота обработки: черновая и т.д.).

7. Правила. Здесь находятся связи, связывающие определенную вариацию элементов с определенной вариацией механической обработки.

8. Запрос. Это изначально пустая таблица, предназначенная для сбора и хранения информации, введенной пользователем.

9. Запрос код. Данная таблица предназначена для хранения информации из табл. 8, отличие лишь в том, что значения ячеек изменяются на соответствующие им значения «код» из табл. 1, 2, 3 и 4.

10. Результат код. В эту таблицу обработчик записывает результат совпадения запроса из табл. 9 и правила из табл. 7 в формате значения «код».

11. Результат. В эту таблицу обработчик записывает значения табл. 5 и 6, соответствующие значения ячейки «код» из табл. 10.

3. Специализированный калькулятор – это третий модуль, предназначенный для расчета параметров технологического процесса. Модуль получает таблицу вида механической обработки с необходимыми параметрами для определенной поверхности детали и рассчитывает ее параметры: подачу, скорость резания, глубину и т.д.

Представленная структура программного обеспечения является основой для разработки автоматизированной системы для выбора технологии изготовления деталей типа «Валы и оси».

Работа выполнена под руководством профессора кафедры КИСМ ТГТУ В. Г. Мокрозуба.

Список использованных источников

1. **Мокрозуб, В. Г.** Создание виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» в Тамбовском государственном техническом университете / В. Г. Мокрозуб // САПР и графика. – 2015. – № 1(219). – С. 38 – 39.

2. **Мокрозуб, В. Г.** Структура реляционной базы данных для хранения групповых спецификаций изделий с взаимозаменяемыми элементами / В. Г. Мокрозуб // Автоматизация. Современные технологии. – 2015. – № 3. – С. 30 – 35.

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

4. **Мокрозуб, В. Г.** Представление структуры изделий в реляционной базе данных / В. Г. Мокрозуб // Информационные технологии. – 2008. – № 11(147). – С. 11 – 13.

References

1. **Mokrozub, V. G.** Sozdanie virtual'nogo kabineta «Konstruirovanie technologicheskogo oborudovaniya» v tambovskom gosudarstvennom tekhnicheskom universitete / V. G. Mokrozub // SAPR i grafika. – 2015. – № 1(219). – S. 38–39.

2. **Mokrozub, V. G.** Struktura relyacionnoj bazy dannyh dlya hraneniya gruppovyh specifikacij izdelij s vzaimozamenyaemymi ehlementami / V. G. Mokrozub // Avtomatizaciya. Sovremennye tekhnologii. – 2015. – № 3. – S. 30 – 35.

3. **Baza** dannyh standartnyh i tipovyh ehlementov tekhnicheskih ob"ektov / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, S. V. Morozov, A. N. Konovalova // Radiotekhnika. – 2010. – № 12. – S. 29 – 32.

4. **Mokrozub, V. G.** Predstavlenie struktury izdelij v relyacionnoj baze dannyh / V. G. Mokrozub // Informacionnye tekhnologii. – 2008. – № 11(147).

УДК 629.7.064.5

Бочаров А. С., Локтиков А. Ю.
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Россия, г. Воронеж
(E-mail: bocharov_a_s@mail.ru),

РЕАЛИЗАЦИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ В ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В СРЕДЕ SIMULINK

Bocharov A. S., Loktikov A. Yu.
Zhukovsky – Gagarin Military and Air Force Academy,
Russia, Voronezh
(E-mail: bocharov_a_s@mail.ru)

IMPLEMENTATION OF EMERGENCY OPERATION MODES IN THE SIMULATION MODEL OF THE DC POWER SUPPLY SYSTEM OF AN AIRCRAFT IN THE SIMULINK ENVIRONMENT

Аннотация: Рассмотрена задача исследования системы электроснабжения постоянного тока самолета Су-30СМ в программе визуального имитационного моделирования Simulink. Разработанная имитационная модель позволяет проводить исследование системы электроснабжения постоянного тока как в нормальном режиме работы, так и в аварийных условиях при отказах различных элементов.

Ключевые слова: система электроснабжения, электроэнергетический комплекс, имитационная модель, Simulink, выпрямительное устройство.

Abstract. The paper deals with the problem of studying the DC power supply system of the Su-30SM aircraft in the Simulink visual simulation program. The developed simulation model allows the study of the DC power supply system both in normal operation and in emergency conditions in case of failure of various elements.

Keywords: system of electrical power supply, electrical power complex, simulation model, Simulink, rectifier.

Введение. Современные компьютерные технологии позволяют качественно менять и существенно улучшать технологию изучения электроэнергетических комплексов (ЭЭК), так как мы можем смоделировать любую авиационную систему, перевести ее в виртуальную реальность и осуществить в этой виртуальной лаборатории все необходимые исследования статических и динамических режимов работы имитационных моделей элементов ЭЭК, их механических характеристик, условий пуска, аварийных режимов и технико-экономических показателей с получением количественных результатов.

Решить данную задачу позволяет разработка имитационных моделей реальных ЭЭК воздушных судов (ВС) в программах визуального моделирования, таких как Simulink [1].

Постановка задачи исследования. В работе рассматривается задача синтеза имитационной модели ЭЭК с системой электроснабжения (СЭС) постоянного тока ВС в программе объектно-ориентированного имитационного моделирования Simulink. Принципы построения имитационных моделей ЭЭК ВС приведены в статье [2].

Целью работы является доработка имитационной модели СЭС постоянного тока самолета Су-30, приведенной в статье [3], более новой модификацией ЭЭК самолета Су-30СМ и разработкой субблока «Блок управления режимами работы».

Решение задачи исследования. В статье [3] приведена имитационная модель СЭС постоянного тока самолета Су-30 более ранней версии построения ЭЭК, в которой еще применялись дифференциально-минимальные реле ДМР-200ВУ для коммутации выпрямительных устройств ВУ-6Б к бортовой электрической сети. В данной работе эта модель доработана в соответствии с принципами построения ЭЭК модернизированного самолета Су-30СМ, в схеме которого ДМР-200ВУ заменены диодными блоками.

Таким образом, синтезирована доработанная имитационная модель СЭС постоянного тока в составе ЭЭК самолета Су-30СМ, которая приведена на рис. 1.

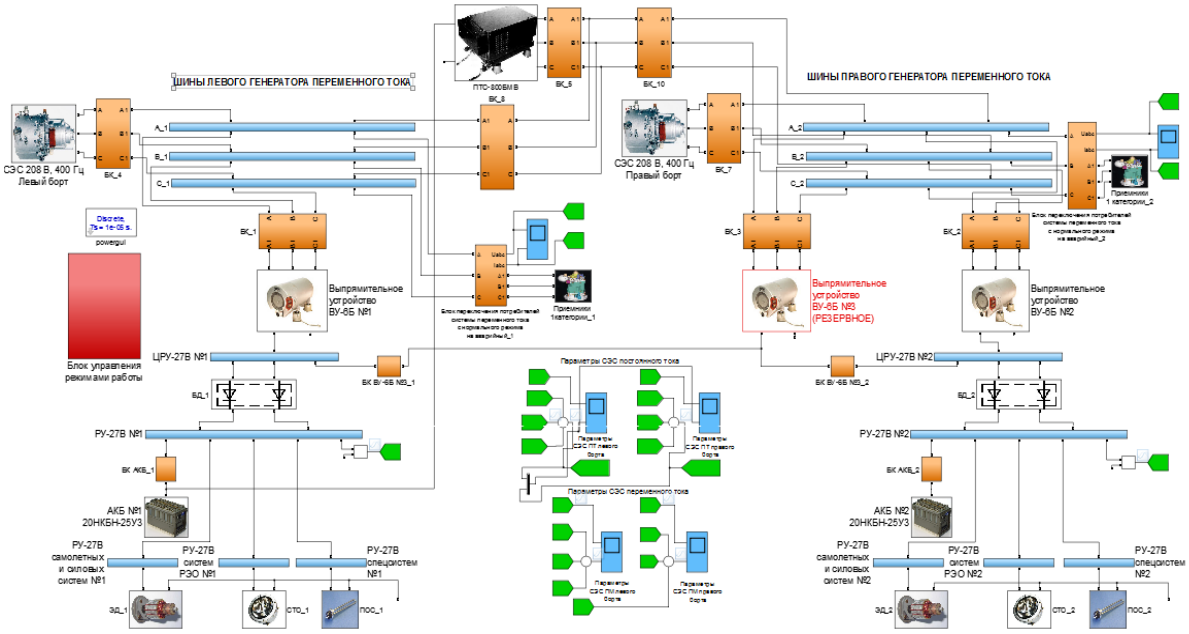


Рис. 1. Имитационная модель СЭС постоянного тока в составе ЭЭК самолета Су-30СМ

В качестве источников переменного тока напряжением 208 В 400 Гц здесь применены блоки «СЭС 208 В 400 Гц Правый борт» и «СЭС 208 В 400 Гц Левый борт», имитирующие работу интегрального гидропривода ГП-25 совместно с генератором переменного тока. Система генерирования постоянного тока, являясь вторичной СЭС, питающейся от генераторов переменного тока, состоит из двух каналов: левого и правого. В каждом канале системы генерирования постоянного тока выпрямительное устройство подключено к основной шине, а аккумуляторная батарея подключена к аварийной шине. Блок силовых диодов соединяет основную шину канала с аварийной шиной это-

го же канала, если работает хотя бы одно выпрямительное устройство. Этот же блок силовых диодов отделяет основную шину от аварийной шины, если напряжение на основной шине отсутствует (то есть, выпрямительные устройства не работают). Конструктивно основная, аварийная шины и блок силовых диодов левого канала размещены в центральном распределительном устройстве ЦРУ-27 В № 1, а правого канала – в ЦРУ-27 В № 2.

Результаты исследования. Для исследования рассматриваемой имитационной модели в аварийных режимах функционирования разработан субблок «Блок управления режимами работы», схема которого приведена на рис. 2.

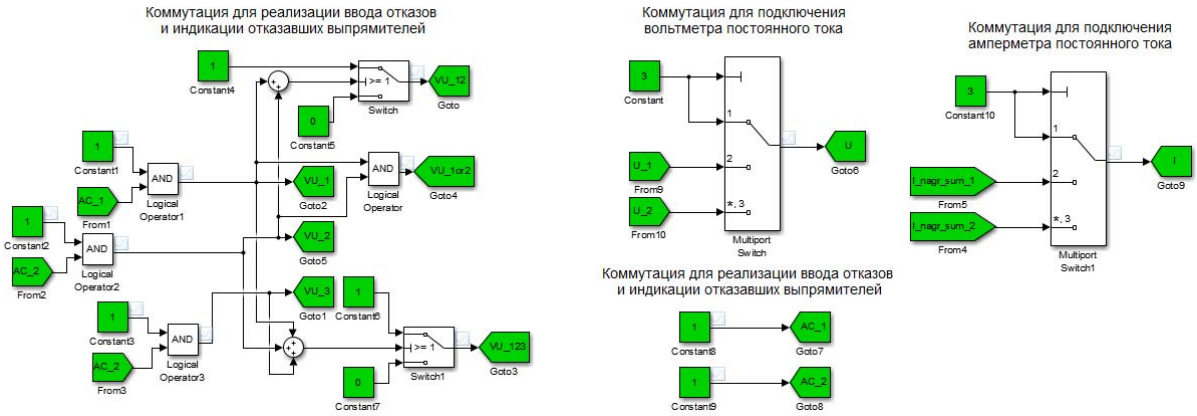


Рис. 2. Схема моделирования различных режимов функционирования «Блока управления режимами работы»

С помощью «Блока управления режимами работы» исследуются переходные процессы ЭЭК постоянного тока самолета при отказах выпрямительных устройств в следующих случаях:

– отказ каждого выпрямителя в отдельности;
– поочередный отказ каждого выпрямителя;
– одновременный отказ первого и второго выпрямителей;
– одновременный отказ всех трех выпрямителей.

При этом если отказали (обесточены) одно или два выпрямительных устройства, питание всех шин в РУ-27 В № 1 и 2 сохраняется. Если отказали (обесточены) все три выпрямительных устройства, то основные шины в РУ-27 В № 1 и 2 обесточиваются, а каждая аккумуляторная батарея питает аварийную шину своего канала независимо от другой аккумуляторной батареи.

На рисунке 3 представлены графики переходных процессов при моделировании случая отказа выпрямителя ВУ-6Б № 1, на рис. 4 – в случае поочередного отказа выпрямителей ВУ-6Б № 1 и 2, на рис. 5 – в случае одновременного отказа выпрямителей ВУ-6Б № 1 и 2. На рисунке 4 видно, что при отключении ВУ-6Б № 1 левого борта происходит подключение ВУ-6Б № 3 и напряжение на шине восстанавливается до своего номинального значения 27 В. То же самое происходит при одновременном отключении ВУ-6Б № 1 и 2.

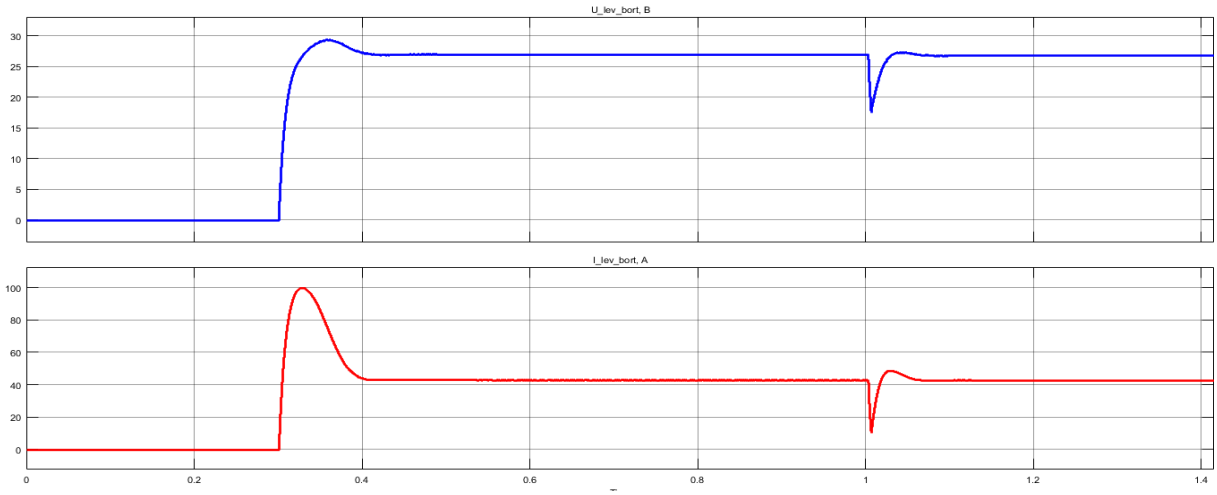


Рис. 3. Графики переходных процессов выходных напряжений и токовпри отключении выпрямительного устройства ВУ-6Б № 1 левого борта самолета

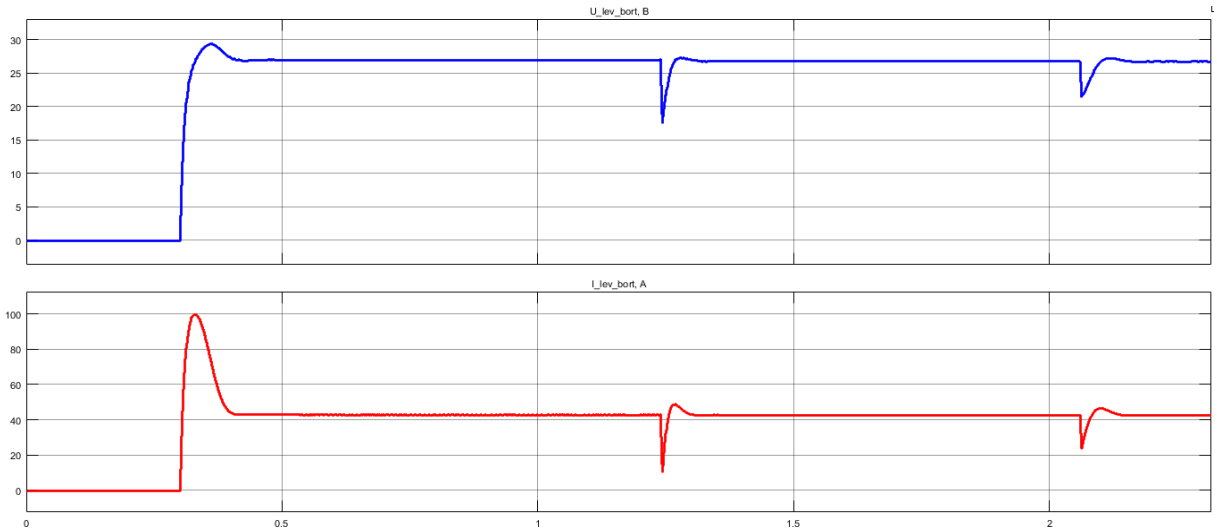


Рис. 4. Графики переходных процессов выходных напряжений и токов при поочередном отключении выпрямительных устройств ВУ-6Б № 1 и 2

При отключении всех трех выпрямителей электроснабжение осуществляется от аккумуляторных батарей и напряжение в бортовой сети падает с 27 до 24 В аккумуляторной батареи.

Время моделирования длится 1,4 с, на 0,3 с включается в работу СЭС постоянного тока под нагрузку своих приемников электроэнергии, т.е. на вход выпрямительных устройств подается напряжение от первичной СЭС переменного тока.

Исследование аварийного режима производится следующим образом. После 1 с моделирования вводится отказ выпрямительных устройств, т.е. ВУ-6Б № 1 и 2 прекращают выдавать напряжение, при этом происходит переключение шины РУ-27 В к исправному ВУ-6Б № 3, тем самым перерыва в питании приемников электроэнергии не происходит, о чем свидетельствуют графики, на которых изображено изменение напряжений и токов на шине РУ-27 В от времени.

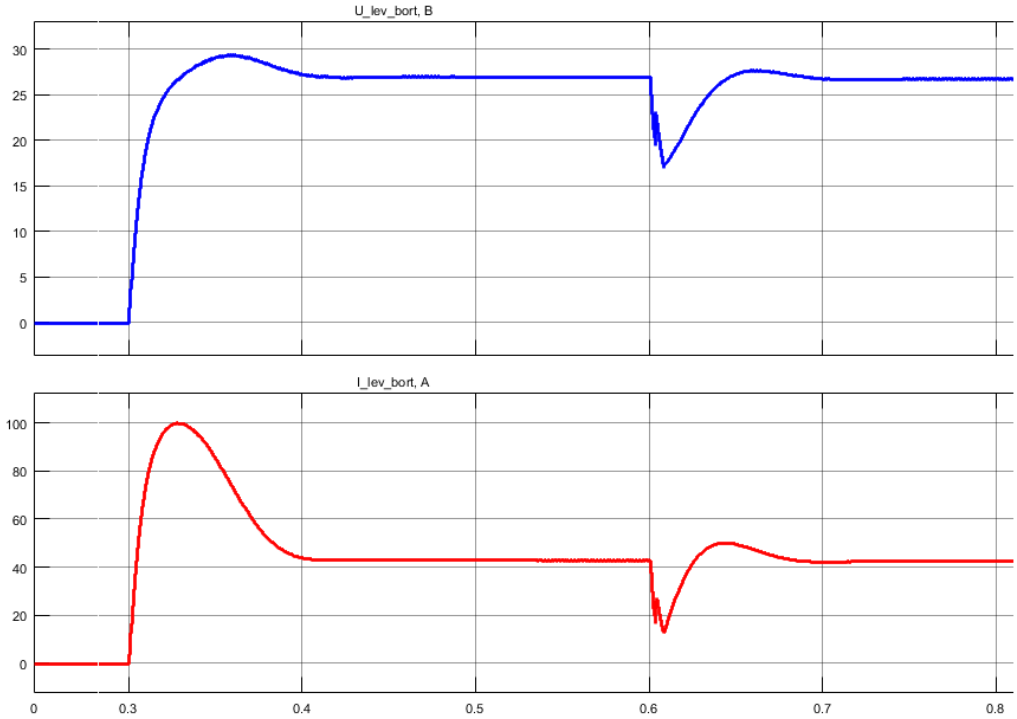


Рис. 5. Графики переходных процессов выходных напряжений и токов при одновременном отключении выпрямительных устройств ВУ-6Б № 1 и 2

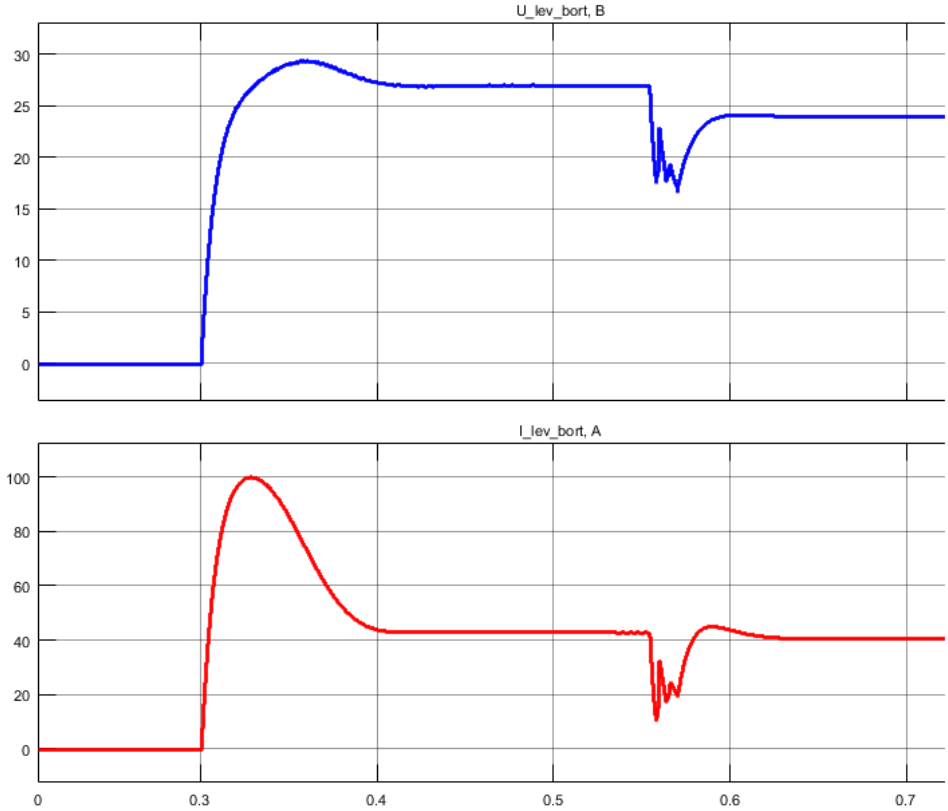


Рис. 6. Графики переходных процессов выходных напряжений и токов при одновременном отключении всех трех выпрямителей

Заключение. В работе решена задача синтеза имитационной модели СЭС постоянного тока самолета Су-30СМ с возможностью ввода отказов выпрямительных устройств. Результаты моделирования подтверждают адекватность отработки отказов выпрямительных устройств ВУ-6Б в соответствии с реальной работой схемы.

Список использованных источников

1. **Дьяконов, В. П.** Simulink 5/6/7: Самоучитель [Текст] / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

2. **Бочаров, А. С.** Использование среды имитационного моделирования MATLAB для исследования электроэнергетических комплексов воздушных судов [Текст] / А. С. Бочаров, К. А. Губанов // Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского». – М. : Изд. дом Академии Н. Е. Жуковского, 2015. – С. 241 – 246.

3. **Аббясов, И. В.** Исследование аварийных режимов работы системы электроснабжения постоянного тока самолета с помощью среды визуального имитационного моделирования SIMULINK [Текст] / И. В. Аббясов, А. С. Бочаров // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс] : материалы IV Международной НПК : в 3 т. Т. 2 / под общ. ред. В. А. Немтинова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4. – С. 158 – 164.

References

1. **Dyakonov, V. P.** Simulink 5/6/7: Samouchitel / V. P. Dyakonov. – M. : DMK-Press, 2008. – 784 s.

2. **Abbyasov, I. V.** Issledovaniye avariynykh rezhimov raboty sistemy elektrosnabzheniya postoyannogo toka samoleta s pomoshchyu sredy vizualnogo imitatsionnogo modelirovaniya SIMULINK [Tekst] / I. V. Abbyasov. A. S. Bocharov // Virtualnoye modelirovaniye. prototipirovaniye i promyshlennyy dizayn [Elektronnyy resurs] : materialy IV Mezhdunarodnoy NPK : v 3 t. T. 2 / pod obshch. red. V. A. Nemtinova. – Tambov : Izd-vo FGBOU VO «TGTU». 2017. – V. 4. – S. 158 – 164.

3. **Bocharov, A. S.** Realizatsiya avariynykh rezhimov raboty v imitatsionnoy modeli sistemy elektrosnabzheniya postoyannogo toka letatelnogo apparata v srede Simulink [Tekst] / A. S. Bocharov, A. Y. Loktikov // Statya v dannom sbornike.

УДК 621.9.06:513.(07)

Петухов П. А,[1] Толок А. В,[2] Локтев М. А[3]
Московский государственный технологический университет МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, г. Москва
[1](Тел. (915)237-92-67 e-mail: petuxowpawel@yandex.ru),
[2](e-mail: a.tolok@stankin.ru),
[3](e-mail: loktevrus@gmail.com)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ВОКСЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СРЕДСТВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ К ЗАДАЧАМ ПОИСКА ПУТИ

Petukhov P. A.,[1] Tolok A. V.,[2] Loktev M. A.[3]
Moscow State Technological University MSTU «STANKIN», Russia, Moscow
[1](Tel. (915) 237-92-67 e-mail: petuxowpawel@yandex.ru),
[2](e-mail: a.tolok@stankin.ru),
[3](e-mail: loktevrus@gmail.com)

APPLICATION OF THE METHOD OF THE FUNCTIONAL-VOXEL MODELING BASED ON MEANS OF POTENTIAL FIELDS TO TASKS OF SEARCHING FOR THE WAY

Аннотация. Рассмотрено одно из решений задачи построения возможного варианта трассы с помощью функционально-воксельного моделирования с применением принципов метода потенциалов, который позволяет динамически сканировать пространство с препятствиями для решения таких задач в слабо детерминированной среде. Также предлагается анализ разработанных ранее алгоритмов геометрических преобразований пространства функции, представленной локальными геометрическими характеристиками (ЛГХ). Данный шаг позволит провести дальнейшие исследования в направлении разработок программного обеспечения для реализации основных процедур построения сложных геометрических объектов, описанных каноническими уравнениями.

Ключевые слова: функционально-воксельное моделирование, метод потенциалов, слабо детерминированная среда, геометрические преобразования пространства функции, локальные геометрические характеристики, канонические уравнения.

Abstract. In this article, we consider one of the solutions to the problem of constructing a possible route variant with the help of functional-voxel modeling using the principles of the potential method, which allows you to dynamically scan the obstacle space for solving such problems in a weakly deterministic environment. We also offer an analysis of previously developed algorithms for geometric transformations of a function space represented by local geometric characteristics (LGC). This step will allow further research in the direction of software development for implementing the basic procedures for constructing complex geometric objects described by canonical equations.

Keywords: functional voxel modeling, method of potentials, weakly deterministic environment, geometric transformations of a function space, local geometric characteristics, canonical equations.

На сегодняшний день существует множество подходов для решения задач, связанных с поиском пути в детерминированной (заранее определенной) среде. В большинстве случаев они сводятся к задачам управления объектом, движущимся к цели. Использование различных подходов при построении трассы (или группы трасс) в зависимости от используемого метода предъявляет определенные требования. Так, к примеру, для построения оптимального маршрута мобильного робота можно использовать такие параметры, как «близость» к препятствию и величины, влияющие на выбор решения. Варьируя данными параметрами, можно оптимизировать варианты решения для каждой конкретной ситуации. Метод, позволяющий получить такие результаты, использует потенциальные поля и называется методом «потенциалов» или «потенциальных полей». Алгоритм основан на использовании «притягивающего» и «отталкивающих» полей, в результате которого на каждом шагу рассчитывается потенциальное поле в текущем положении координат, а затем рассчитывается сила, индуцированная этим полем. Полученная сила определяет направление движущего объекта к назначенной цели. Метод характерен тем, что позволяет постоянно сканировать динамически изменяемую среду. Недостатком является временная зависимость работы алгоритма от количества препятствий в среде.

Метод, который позволяет более полно описать геометрические свойства объекта на компьютере, является методом функционально-воксельного моделирования (ФВМ). Функционально-воксельное моделирование – графическое представление данных об объекте, которое использует аналитический способ описания моделей. ФВМ позволяет эффективно решать задачи, связанные с прокладкой трасс с использованием статического (аналитического) описания объектов-препятствий. Добавление динамической составляющей метода потенциальных полей позволит эффективно строить маршрут для слабо детерминированных сред, где доступны к использованию сильные стороны обоих методов. Реализация данного подхода позволит привести к синтезу двух методов: метода «потенциалов» и метода ФВМ.

Задачами данной работы являются:

- разработка редактора препятствий с использованием средств задания точек;
- разработка средств построения сцены препятствий, задающей пространство всех возможных трасс;
- задание поверхности конуса с вершиной в конечной точке маршрута;
- построение функционально-воксельной модели для решения задачи трассировки;
- определение всех возможных трасс с помощью метода потенциалов;
- построение трассы;
- создание системы моделирования аналитически описанных геометрически сложных объектов на основе их графического отображения.

В работе рассматриваются задачи поиска трасс с помощью ФВМ на примере сложных коммуникаций в технической системе. Одним из примеров является двигатель самолета. Прокладкой коммуникаций в двигателе самолета занимается инженер-конструктор с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР), таких

как NX, CATIA и т.д. [3]. На основе метода ФВМ разработана графическая система трассировки. Эта система формирует трассу от выбранной точки и до конечной точки в обход препятствий. А другой метод, который позволяет сканировать динамически среду, называется методом потенциалов.

В этом подходе, в отличие от метода ФВМ, имея одну картину, можно получить различные результаты трасс, так как в данном подходе препятствие и цель обладают неким потенциалом. На рисунке 1 демонстрируется функциональная модель IDEF0 системы, описывающей построение возможных трасс.

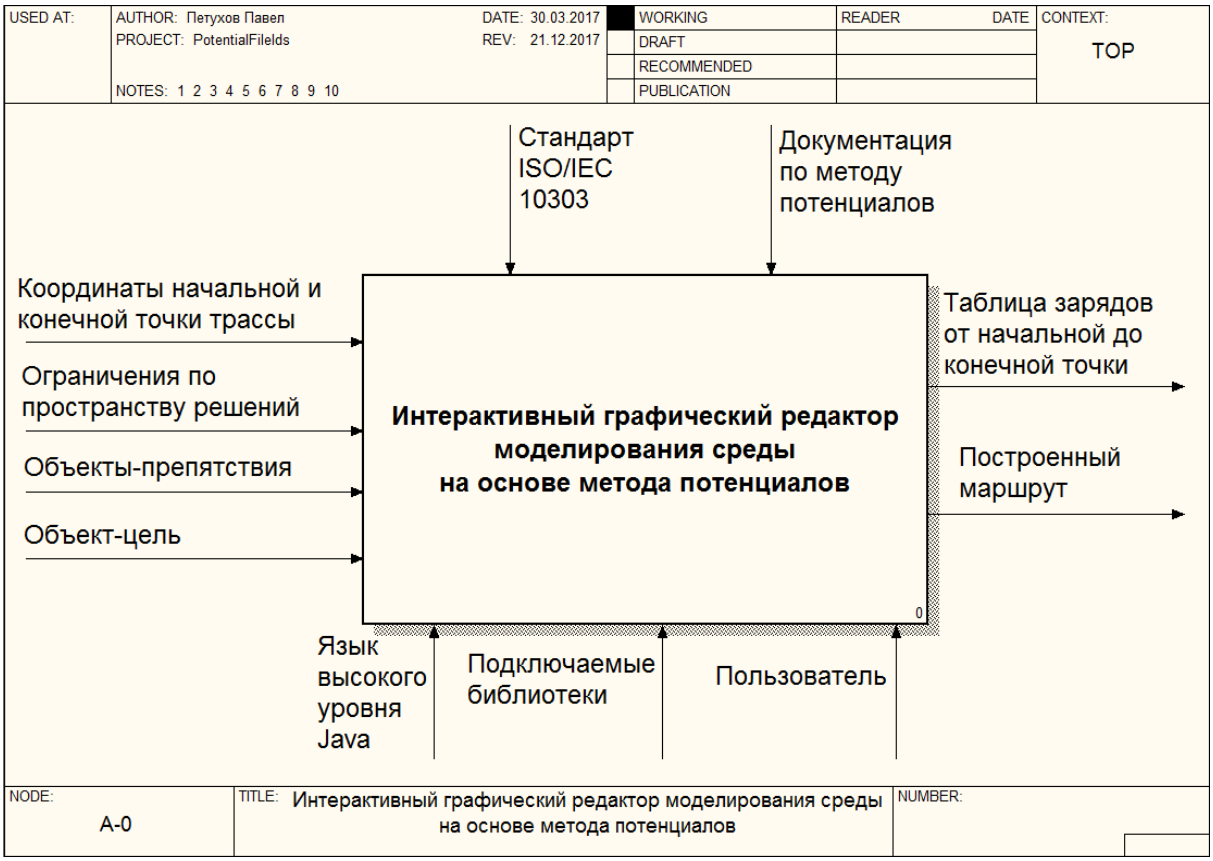


Рис. 1. Функциональная модель интерактивного редактора

Метод потенциальных полей

Вспомогательным средством для построения трассы в системе применяется метод потенциальных полей (potential fields). Традиционные подходы метода потенциальных полей создают притягивающее поле внутри цели. Потенциальное поле определяется через все свободное пространство, и на каждом временном шаге вычисляется потенциальное поле для текущего положения, а затем рассчитывается система индуцированных этим полем сил. Трасса прокладывается в соответствии с этой системой сил. Принцип работы метода представлен на рис. 2.

Для того чтобы построить трассу, необходимо вычислить потенциал функции. Потенциал вычисляется по формуле

$$U(q) = U_{att}(q) + U_{rep}(q). \quad (1)$$

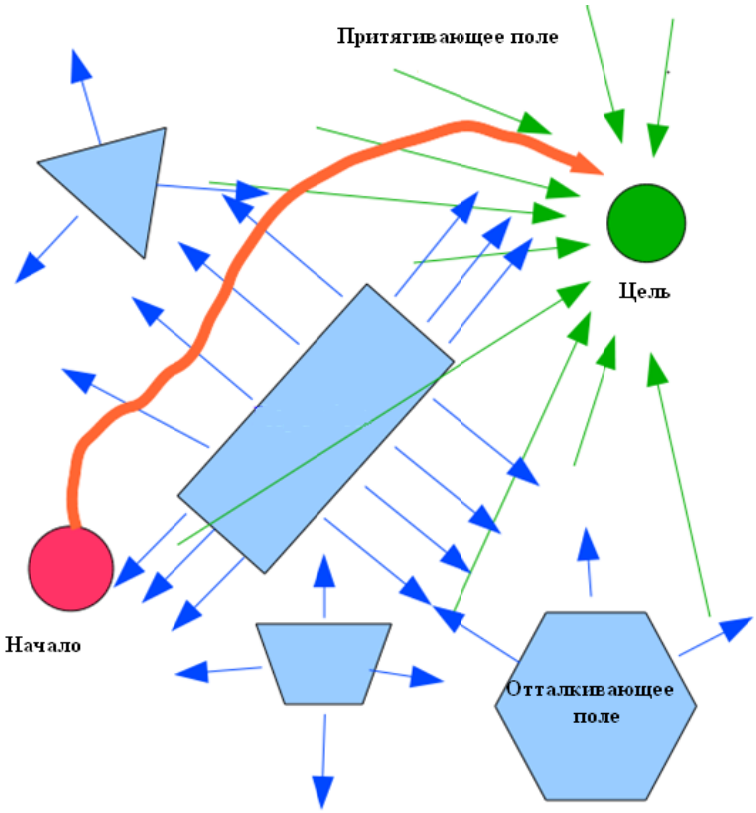


Рис. 2. Притягивающие и отталкивающие поля

«Притягивающий» потенциал $U_{att}(q)$ и его градиент определяются как функция от фактической конфигурации q и конфигурации цели q_{goal}.

$$U_{att}(q) = \begin{cases} \frac{1}{2}\zeta\, d^2(q, q_{goal}), d(q, q_{goal}) \le d^*_{goal}; \\ d^*_{goal}\zeta\, d(q, q_{goal}) - \frac{1}{2}\zeta\,(d^*_{goal})^2, d(q, q_{goal}) \le d^*_{goal}; \end{cases} \quad (2)$$

$$\nabla U_{att}(q) = \begin{cases} \zeta(q - q_{goal}), d(q, q_{goal}) \le d^*_{goal}; \\ \frac{d^*_{goal}\,\zeta(q - q_{goal})}{d(q, q_{goal})}, d(q, q_{goal}) > d^*_{goal}, \end{cases} \quad (3)$$

где ζ – коэффициент притяжения; $d(q, q_{goal})$ – расстояние между текущим положением и положением цели; d^*_{goal} – пороговая функция, изменяющее свое значения для того, чтобы сбалансировать величину потенциала.

«Отталкивающий» потенциал $U_{rep}(q)$ и его градиент определяются как функция расстояния $D(q)$ от фактической конфигурации q и ближайшим препятствием [7].

$$U_{rep}(q) = \begin{cases} \frac{1}{2}\eta\left(\frac{1}{D(q)} - \frac{1}{Q^*}\right)^2, \mid D(q) < Q^*; \\ 0, \mid D(q) > Q^*; \end{cases} \quad (4)$$

$$\nabla U_{rep}(q) = \begin{cases} \eta\left(\frac{1}{Q^*} - \frac{1}{D(q)}\right)\frac{1}{D^2(q)}\nabla D(q), \mid D(q) \le Q^*; \\ 0, \mid D(q) \ge Q^*, \end{cases} \quad (5)$$

где η – отталкивающий коэффициент; $D(q)$ – расстояние между конфигурацией q и его ближайшим препятствием; Q^* – порог близости препятствий.

Потенциальное поле $U(q)$ вычисляется как сумма $U_{att}(q)$ («притягивающий» потенциал) и $U_{rep}(q)$ («отталкивающий» потенциал) [1].

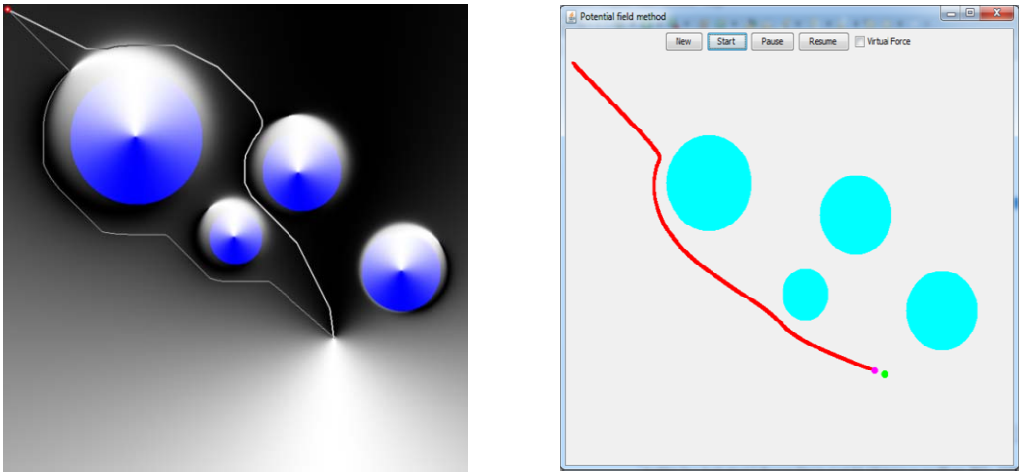
Выше описывались общие подходы для получения потенциалов. Для того чтобы получить полную картину, нам необходимы формулы для перемещения в потенциальном поле и другие, которые влияют на построение трассы. Для этого были описаны формулы, которые используются для вычисления потенциала, перемещения, действующих сил и остальных компонентов.

Описание программного обеспечения для прокладки пути. Для динамичной работы системы в детерминированной среде применяется метод ФВМ [4]. Создан графический модуль для трассировки на двумерных функционально-воксельных моделях, который позволяет моделировать сцену, при этом автоматически формируя аналитическое описание модели. Для моделирования объектов-препятствий используется интерактивная графическая подсистема компоновки замкнутых контурных объектов [2].

Базовым примитивом, с которым работает пользователь, является плоское положительное полупространство. Строится замкнутый контурный объект путем компоновки из нескольких полупространств [2].

Программа разработана на языке высокого уровня Java в среде Eclipse. Программный комплекс представляет собой среду для динамического и интерактивного построения пути к назначенной цели с учетом обхода препятствий. Построение трассы и препятствий осуществляется в компоненте *contentPane.*

Разработка осуществлялась на основе метода функционально-воксельного моделирования [5], который позволяет графически отобразить геометрическую информацию об объектах. Синтез двух методов (ФВМ и потенциальных полей) позволяет ускорить время расчета динамического движения объекта к выбранной цели. При этом стационарные препятствия и цель описаны градиентной поверхностью, что позволяет двигаться к цели по градиентному спуску. Динамические же препятствия подлежат постоянному мониторингу методом потенциальных полей. Разница в построении трассы с использованием функционально-воксельного метода продемонстрирована на рис. 3, *а*, а с учетом потенциальных полей в разработанном приложении – на рис. 3, *б*.



а) *б*)

Рис. 3. Построение трассы с использованием:
а – функционально-воксельного метода; *б* – метода потенциалов

Идея создания метода ФВМ с использованием средств метода потенциалов. Данная идея заключается в модернизации существующего метода функционально-воксельного моделирования. Модернизация подразумевает собой добавление составляющих метода потенциала, а именно динамическую среду. Используя данный подход, можно перевести метод ФВМ к решению задач поиска пути не только статических объектов, но и динамических. Если говорить более подробно, то метод ФВМ при этом должен строить поверхность не только статическую, но и динамически изменяемую. Примером тому может служить метод потенциалов – при добавлении нового препятствия меняется и движение самого объекта. Соответственно, при добавлении препятствия в метод функционально-воксельного моделирования нужно изменять и саму поверхность. Решение данной задачи может привести к тому, что мы сможем добавлять сколько угодно препятствий в любой момент времени, а вычисления при этом должны получаться быстро.

Заключение. Данный метод на сегодняшний день является молодым, по сравнению с методом потенциалов, и не проявил себя с полной силой. На основе метода потенциалов создается потенциальное поле, находящееся внутри цели и препятствия, в результате чего рассчитывается общее потенциальное поле, и на основе его на каждом шаге рассчитываем силу, действующую на движущий объект. И в зависимости от силы движущийся объект отталкивается на определенное расстояние, при приближении к препятствию, а затем притягивается в сторону цели, хотя можем отметить, что притягиваться он начинает с начального шага, но сила притяжения может быть небольшая, так как еще все зависит от расстояния до цели, а также от количества препятствий и от величины интенсивности каждого из них.

С помощью метода функционально-воксельного моделирования можно моделировать сцены различной сложности, что является основным преимуществом, где в отношении с методом потенциалов он выигрывает, так как в методе потенциалов сложность вычисления зависит от размера величины интенсивностей, а также от количества препятствий. А в методе функционально-воксельного моделирования все превращается в поверхность, где затем на основе градиентного метода анализируется поверхность и прокладывается столько маршрутов, сколько возможно.

Существуют такие задачи, где метод функционально-воксельного моделирования на данный момент бессилен. Данные задачи основаны на обходе препятствий с динамической структурой, которые в определенный момент времени могут изменить свое направление. Такие среды можно назвать недетерминированными, так как неизвестно как поведет себя препятствие спустя некоторое время. С помощью метода потенциалов реализация данного подхода возможна, но довольно трудоемка, так как из-за изменения положения препятствия будет происходить пересчет всей рабочей области.

Таким образом, нужно свести задачу поиска пути в динамических средах к синтезу двух методов: методу потенциалов, имеющего динамическую структуру, и методу функционально-воксельного моделирования, использующего градиентный подход для обхода пути. Реализация нового подхода позволит решать все те задачи, которые

требуют максимальной готовности, чтобы обойти движущееся препятствие. Полученная структура может получить название метода функционально-воксельного потенциала.

Список использованных источников

1. **Wilschut, T.** An obstacle avoidance algorithm for a mobile robot based upon the potential field method / T. Wilschut // Eindhoven: University of Technology. – 2011. – P. 6 – 8.

2. **Интерактивная система** создания и компоновки функционально-воксельных моделей для решения задачи поиска пути градиентным методом / С. В. Додонов, М. А. Локтев, П. А. Петухов, А. В. Толок // Вестник МГТУ «Станкин». – М. : МГТУ «Станкин», 2016. – № 3(38). – С. – 66 – 69.

3. **Толок, А. В.** Функционально-воксельные вычисления на компьютере : труды 26-й Международной научной конференции GraphiCon 2016 / А. В. Толок. – Н. Новгород : ИФТИ, ННГАСУ, 2016. – С. 1 – 8.

4. **Толок, А. В.** Функционально-воксельный метод в компьютерном моделировании / А. В. Толок ; под ред. академика РАН С. Н. Васильева. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 112 с.

5. **Толок, А. В.** Функциональный принцип обхода препятствий с применением метода функционально-воксельного моделирования / А. В. Толок, М. А. Локтев // Вестник МГТУ «Станкин» № 1(36). – М. : МГТУ «Станкин», 2016. – С. – 75 – 80.

6. **Петухов, П. А.** Компоновка среды с помощью функционально-воксельного моделирования для задачи поиска методом потенциалов : материалы Международной студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2016)» : сборник тезисов / П. А. Петухов. – М. : МГТУ «Станкин», 2016.

7. **Додонов, С. В.** Компоновка и хранение функционально-воксельных геометрических моделей с помощью интерактивной графической системы для задачи поиска пути методом потенциалов : материалы Международной студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2017)» : сборник тезисов / С. В. Додонов, П. А. Петухов. – М. : МГТУ «Станкин», 2017.

References

1. **Wilschut, T.** An obstacle avoidance algorithm for a mobile robot based upon the potential field method // Eindhoven: University of Technology. – 2011. – P. 6 – 8.

2. “**Interaktivnaya** sistema sozdaniya i komponovki funkcional'no-voksel'nyh modelej dlya resheniya zadachi poiska puti gradientnym metodom / S. V. Dodonov, M. A. Loktev, P. A. Petuhov, A. V. Tolok // Vestnik MGTU «Stankin» № 3(38). – M. : MGTU «Stankin», 2016. – S. – 66 – 69.

3. **Tolok, A. V.** Funkcional'no-voksel'nye vychisleniya na komp'yutere : Trudy 26-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii GraphiCon 2016. – N. Novgorod : IFTI, NNGASU, 2016. – S. 1 – 8.

4. **Tolok, A. V.** Funkcional'no-voksel'nyj metod v komp'yuternom modelirovanii / Pod red. akademika RAN S. N.Vasil'eva. – M. : FIZMATLIT, 2016. – 112 s.

5. **Tolok, A. V.**, Loktev M. A. Funkcional'nyj princip obhoda prepyatstvij s primeneniem metoda funkcional'no-voksel'nogo modelirovaniya // Vestnik MGTU «Stankin». – № 1(36). – M. : MGTU «Stankin», 2016. – S. – 75 – 80.

6. **Petuhov, P. A.** Komponovka sredy s pomoshch'yu funkcional'no-voksel'nogo modelirovaniya dlya zadachi poiska metodom potencialov : Materialy mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Avtomatizaciya i informacionnye tekhnologii (AIT-2016)» : Sbornik tezisov. – M. : MGTU «Stankin», 2016.

7. **Dodonov, S. V.**, Petuhov P. A. Komponovka i hranenie funkcional'no-voksel'nyh geometricheskih modelej s pomoshch'yu interaktivnoj graficheskoj sistemy dlya zadachi poiska puti metodom potencialov : Materialy mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Avtomatizaciya i informacionnye tekhnologii (AIT-2017)» : Sbornik tezisov. – M. : MGTU «Stankin», 2017.

УДК 519.86

Васильев В. В., Исаева О. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630369, e-mail: phys@nnn.tstu.ru)

ТЕСТИРОВАНИЕ ТОРГОВЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА В ПРОСТРАНСТВЕ ДУКА

Vasilyev V. V., Isaeva O. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Тел. (4752)630369, e-mail: phys@nnn.tstu.ru),

TESTING OF TRADING SYSTEMS USING THE SCHRÖDINGER EQUATION IN THE DUCA SPACE

Аннотация. Использован квантовый анализ в прогнозировании временного ряда. Применено уравнение Шреденгера в пространстве Дука для предсказания значений временного ряда и последующего тестирования торговых систем. Разработаны алгоритм и компьютерная программа мониторинга движения денежных средств торговой сети.

Ключевые слова: уравнение Шредингера, пространство Дука, канал временного ряда, случайная величина.

Abstract. Quantum analysis in time series prediction is used. The Schrödinger equation in Duka space is used to predict the values of the time series and the subsequent testing of trading systems. An algorithm and a computer program for monitoring the cash flow of the trading network have been developed.

Keywords: schrödinger equation, Duka space, time series channel, random variable.

В настоящее время так называемый «Квантовый анализ» набирает поклонников и может стать хорошим инструментом наряду с обычным техническим анализом в области прогнозирования движения цен на финансовом рынке [1 – 3]. Использование квантового анализа позволяет применять идеи квантовой физики для более точного физически обоснованного построения квантового графика тестирования торговых систем. Один из инструментов квантового анализа – каналы.

Пусть фазовым пространством квантово-механической системы является проективное пространство $\Phi = P(H)$, соответствующее некоторому комплексному гильбертову пространству. Точки пространства Φ называются состояниями системы. Пространство H реализуется как пространство функций, вектор Ψ называется волновой функцией. Наблюдаемой называется самосопряженный оператор A в пространстве H. Вероятность того, что значение наблюдаемой A в состоянии φ принадлежит подмножеству $E \subset R$ равна $\lambda_\Psi(E) = (\lambda(E)\Psi, \Psi)$, где λ – спектральная мера оператора A, а Ψ – единичный вектор из H, задающий состояние φ.

Уравнение, описывающее развитие системы во времени, имеет вид

$$ih\frac{\partial}{\partial t}\Psi(q,t) = -\frac{h^2}{2m}\frac{\partial^2\Psi(q,t)}{\partial q^2} + V(q)\Psi(q,t).$$

Пусть $r > 0$, $\lambda = 2r$, $\tau = \frac{r}{c}$, где c – максимально возможная скорость распространения энергии в пространстве. Определим импульс на выбранной длине волны равенством $P = \frac{h}{2r}$, где h – аналог постоянной Планка. Согласно Планку энергия может принимать только квантованные значения $E = nh\nu$, где $n = 1, 2, 3\ldots$. Масса выражается через V следующим образом $m = \frac{h}{2rV}$. В свою очередь частота связана с длиной волны соотношением $\lambda\nu = c$, где λ – длина волны; ν – частота.

Из предыдущих соотношений следует, что

$$\frac{h}{2r} = \frac{nh\nu V_n}{c^2} = const,$$

где V_n – скорость, соответствующая квантовому числу *n*. Отсюда следует правило квантования скорости:

$$V_n = \frac{c}{n},$$

где $n = 1, 2, 3\ldots$.

Уравнение Шредингера решается в сферических координатах:

$$-\frac{h^2}{2m}\left(\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{d\Psi}{dr}\right) + \frac{1}{r^2\sin\Theta}\frac{d}{d\Theta}\left(\sin\Theta\frac{d\Psi}{d\Theta}\right) + \frac{1}{r^2\sin^2\Theta}\frac{\partial^2\Psi}{\partial\varphi^2}\right) + U(r)\psi = E\psi.$$

Пользуясь этим уравнением, возможно предсказать нахождение значения случайной величины в области пространства Дука. На его основе разработаны алгоритм и компьютерная программа мониторинга движения денежных средств торговой сети.

Далее приводится фрагмент программы на Delphi, позволяющей прогнозировать поведение исследуемой случайной величины.

```
procedure TDuka.FilDuka; // заполнение массива Duka
 const delta = 10; //Величина приращения длины динамического массива
 var j, l, p, k: word;
 Begin
 k:=Length(Y); j:=0; p:=0; // //ShowMessage('k = '+IntToStr(k));
 DukaY[0].Close:=0; {Y[0].Close;} {DukaCl[0]:=0;} j:=0; p:=0; r:=1*Amp/2; //ShowMessage('r = '+FloatToStr(r));
 while j < k do
 begin // if l=1 then l:=0;
 while (abs(Y[j].Close – Y[l].Close)<r) and (l<k) do
 begin Inc(l) end; // //ShowMessage('l = '+IntToStr(l)); // //ShowMessage(FloatToStr(Y[j].Close)+' '+IntToStr(j)+'=j '+' '+FloatToStr(Y[l].Close)+' '+IntToStr(l)+'=l');
 if p = Length(DukaY) then SetLength(DukaY, p + delta); // Если требуется, увеличиваем длину массива
```

```
if (Y[j].Close-Y[l].Close)>0
then begin Inc(p); DukaY[p].Close:=DukaY[p-1].Close-r end
else begin Inc(p); DukaY[p].Close:=DukaY[p-1].Close+r end; //
//ShowMessage(FloatToStr(DukaCl[p])+' '+IntTostr(p));
j:=l
end;
if p < Length(DukaY) then SetLength(DukaY, p); // Корректируем длину массива, в соответствии с количеством записанных в него элементов p-1 для того чтобы не рисовал правое звено, которое почему-то свисает
// //ShowMessage(FloatToStr(DukaY[0].Close)+' '+IntTostr(p));
End;

procedure TDuka.FindC; // Поиск c – аналога скорости света в пространстве Дука
var
mx, mn: double;
i, imn, imx: word;
Begin
mx:=DukaY[0].Close; mn:=DukaY[0].Close; imn:=0; imx:=0;
for i := 1 to High(DukaY) do //
begin
if DukaY[i].Close<mn then begin mn:=DukaY[i].Close; imn:=i end;
if DukaY[i].Close>mx then begin mx:=DukaY[i].Close; imx:=i end
end;
// //ShowMessage('mx = '+FloatToStr(mx)+' mn = '+FloatToStr(mn)+' imx = '+IntToStr(imx)+' imx = '+IntToStr(imx));
c:=abs(DukaY[1].Close-DukaY[2].Close);// // r; abs((mx-mn)/(imx-imn));
End;

procedure TDuka.ChBoard(const m, s: word); //----- нахождение опорных точек границ каналов и n – энергетического уровня
var i, k: word;
Begin
k:=High(DukaY);
// R1 := DukaY[k-s].Close; R2 := DukaY[k-s].Close; i1:=k-s; i2:=k-s;
{for i := k-s downto k-m do // R1 – min; R2 – max
begin
if (DukaY[i] < R1) and (DukaY[i]<DukaY[i+1]) and (DukaY[i]<DukaY[i-1]) then begin R1 := DukaY[i]; i1 := i end;
if (DukaY[i] > R2) and (DukaY[i]>DukaY[i+1]) and (DukaY[i]>DukaY[i-1]) then begin R2 := DukaY[i]; i2 := i end
end; }
R1:=DukaY[k-m].Close; R2:=DukaY[k-s].Close; i1:=k-m; i2:=k-s;
Rn := abs(R2 – R1);
if R2-R1>0 then begin signum:=-1 end
else begin signum:=1 end
```

```
 End;
procedure TDuka.FindQ;
var i, j, k: integer;
 Begin
 // q:= 1.41; // 3.25; 1.5; Rn/(4*r);
// Sh owMessage(FloatToStr(High(DukaY)));
 for i:=1 to High(DukaY) do
 begin
 for j:=i+1 to High(DukaY)-1 do
 begin
 if (abs(DukaY[i].Close-DukaY[j].Close)/(4*r)>q) and (abs(DukaY[i].Close-
DukaY[j].Close)/(4*r)<20)
 then q:=IntPower(abs(DukaY[i].Close-DukaY[j].Close),2)/(4*r*abs(i-j)*c)
 end
 end;
 // //ShowMessage(FloatToStr(q))
 End;
procedure TDuka.QCh; //----- нахождение квантовых чисел трендов
 var qq, enlevel: double;
 Begin
 enlevel:= c*abs(i2-i1)/Rn; // n – номер энергетического уровня
 qq:=Rn/(q*r);
 if sqr(qq/2) + enlevel*qq >= 0
 then nABC[1]:= qq/2 + sqrt( sqr(qq/2)+qq*enlevel );
 if sqr(qq/2) – enlevel*qq >= 0
 then
 begin
 nABC[2]:=qq/2 + sqrt( sqr(qq/2)-qq*enlevel );
 nABC[3]:=qq/2 – sqrt( sqr(qq/2)-qq*enlevel )
 end;
 End;
procedure TDuka.Grad; //----- нахождение скоростей трендов
 var i: byte;
 Begin
 if R2<R1 then begin mABC[1]:=1; mABC[2]:=-1; mABC[3]:=-1 end
 else begin mABC[1]:=-1; mABC[2]:=1; mABC[3]:=1 end;
 for i:=1 to 3 do if nABC[i]<>0 then vABC[i]:=mABC[i]*c/nABC[i];
 End;
procedure TDuka.Draw(const XY: matr; var fl: control; const MyF: TForm1);
 var
 lft, rgt, i: cardinal;
 CH, CW: word;
 Begin
 lft:=trunc(fl[1]); rgt:=trunc(fl[2]);
 if rgt>High(XY) then rgt:=High(XY);
```

```
if lft<0 then lft:=0;
for i:=lft to rgt do
begin
if XY[i].Close<fl[3] then fl[3]:=XY[i].Close;
if XY[i].Close>fl[4] then fl[4]:=XY[i].Close
end;
with MyF do
begin
CH:=2*ClientHeight; CW:=ClientWidth;
fl[6]:=CH/(fl[4]-fl[3]); // коэфиициенты растяжения
fl[5]:=CW /(rgt-lft); //
with Image1.Canvas do
begin
{рисовать оси}
Pen.Color := clSilver;
Brush.Color:=clSilver;
Pen.Width:=1; //толщина линии графика
//Pen.Style:=psDash;
for i:=1 to 10 do {вертикальные}
begin
MoveTo(trunc(i*CW/10), 0);
LineTo(trunc(i*CW/10), CH);
end;
for i:=1 to 10 do {горизонтальные}
begin
if i=5 then Pen.Color:=clBlue else Pen.Color:=clSilver; {выделить середину}
MoveTo(0, trunc(i*CH/10));
LineTo(CW, trunc(i*CH/10));
end;
{строить график }
Pen.Color := trunc(fl[8]); // установить цвет кисти – цвет линии графика
Pen.Style := psSolid; //стиль линии графика
Pen.Width:=2; //толщина линии графика
MoveTo( 0, trunc(0.5*fl[7]*CH) -trunc(0.5*fl[6]* (XY[lft].Close-fl[3])));
for i:=lft+1 to rgt do
LineTo(trunc(fl[5]*(i-lft)), trunc(0.5*fl[7]*CH) – trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3])));

if fl[9]=1
then
begin
for i:=lft+1 to rgt do
Ellipse(trunc(fl[5]*(i-lft)-3),          trunc(0.5*fl[7]*CH)-trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-
fl[3]))+3, trunc(fl[5]*(i-lft)+3),trunc(0.5*CH*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3]))-3);
end;
if fl[10]=1
```

```
then
begin
Font.Name := 'Tahoma';
Font.Size := 8;
Font.Color := clLime;
Brush.Style := bsClear; // область вывода текста не закраши-
for i:=lft+1 to rgt do
begin
TextOut(trunc(fl[5]*(i-lft)),          trunc(10+0.5*CH*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-
fl[3])), IntToStr(rgt-i) );
MoveTo (trunc(fl[5]*(i-lft)), trunc(CH*0.5*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3])));
end;
end;
end;
end;
End;
procedure TDuka.DrawTr(var fl: control; const MyF: TForm1);
var i, lft, rgt,CH,CW, tn: word;
Begin
lft:=trunc(fl[1]); rgt:=trunc(fl[2]);
CH:=2*MyF.ClientHeight; CW:=MyF.ClientWidth;
with MyF.Image1.Canvas do
begin
Pen.Style := psSolid; //стиль линии графика
Pen.Width:=2; //толщина линии графика
for i:=1 to 3 do
begin
Pen.Color := cABC[i]; // установить цвет кисти – цвет линии графика
MoveTo(trunc((i1   -lft)*fl[5]),   trunc(CH*0.5*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(DukaY[i1].Close-
fl[3])));
LineTo(trunc((rgt-lft)*fl[5]),              trunc(CH*0.5*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(lin(vABC[i],
DukaY[i1].Close, abs(i1-rgt))-fl[3] )));
MoveTo(trunc((i2   -lft)*fl[5]),   trunc(CH*0.5*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(DukaY[i2].Close-
fl[3])));
LineTo(trunc((rgt-lft)*fl[5]),              trunc(CH*0.5*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(lin(vABC[i],
DukaY[i2].Close, abs(rgt-i2))- fl[3])));
end;
Pen.Color:=clWhite;
Pen.Width:=1;
for i:=1 to 7 do
begin
MoveTo(trunc((i2   -lft)*fl[5]),   trunc(CH*0.5*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(DukaY[i2].Close-
fl[3])));
LineTo(trunc((rgt-lft)*fl[5]),          trunc(CH*0.5*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(lin(signum*c/i,
DukaY[i2].Close, abs(rgt-i2))-fl[3] )));
```

```
fl[3])));
fl[3]))+3, trunc(fl[5]*(i-lft)+3),trunc(0.5*CH*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3]))-3);
end;
end;
End;
```

Список использованных источников

1. **Кириллов, А. А.** Теоремы и задачи функционального анализа / А. А. Кириллов, А. Д. Гвишиани. – М. : Наука, 1988. – 380 с.
2. **Дука, А.** Общая теория эволюции / А. Дука. – URL : www.dukascopy.narod.ru/files/sp5_r.html
3. **Васильев, В. В.** Канал для значений временного ряда / В. В. Васильев, О. В. Исаева // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 5-2. – С. 2470 – 2472.

References

1. **Kirillov, A. A.** Teoremy i zadachi funktsionalnogo analiza / A. A. Kirillov, A. D. Gvishiani. – M. : Nauka, 1988. – 380 s.
2. **Duka, A.** Obschaya teoriya evolyutsii / A. Duka. – URL : www.dukascopy.narod.ru/files/sp5_r.html
3. **Vasilev, V. V.** Kanal dlya znacheniy vremennogo ryada / V. V. Vasilev, O. V. Isaeva // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2013. – T. 18, № 5-2. – S. 2470 – 2472.

УДК 004.896, 62-529

Галин Р. Р.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова» РАН, Россия, г. Москва
(Тел.: +7(923)406-27-72, e-mail: grr@ipu.ru)

ВИРТУАЛЬНАЯ ПОЛИГОННАЯ БАЗА ДЛЯ ОТРАБОТКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Galin R. R.
V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of
Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow
(Tel.: +7(923)406-27-72, e-mail: grr@ipu.ru)

VIRTUAL TEST AREA FOR COLLABORATIVE ROBOTICS

Аннотация. Рассмотрена актуальность разработки виртуальной полигонной базы – контролируемой параметрической окружающей среды в целях проведения и тестирования робототехнических комплексов на примере коллаборативной робототехники.

Ключевые слова: коллаборативная робототехника, киберфизические системы, социально-экономические эффекты, виртуальный полигон.

Abstract. The article deals with the relevance of the development of a virtual polygon base – controlled parametric environment for testing robotic systems using the example of collaborative robotics.

Keywords: collaborative robotics, cyber-physical systems, virtual polygon (virtual test area), socio-economic effects.

Введение. Развитие робототехники и эффективность ее применения влияют на повышение производительности труда и улучшает качество продукции, способствует модернизации технологических процессов. Изначально роль роботизации была направлена на освобождение человека от выполнения тяжелого и опасного труда, повышая производительность процесса, но впоследствии этот процесс привел к положительным социально-экономическим эффектам и к началу нового технического прогресса [1].

Основная часть. По мере роста функциональных возможностей роботов, многократно возросло количество их возможных применений в различных сферах деятельности человека. Тем не менее на сегодняшний день множество рабочих процессов попрежнему остаются невозможны в силу отсутствия полной автоматизации. Таким образом, возникает потребность в совместной работе человека и робота при выполнении поставленных задачи. Процесс совместной работы человека и робота принято называть коллаборативным взаимодействием, а приспособленный для этого класс роботов – коллаборативными роботами [2].

Идея создать коллаборативных роботов возникла еще в 1995 году в рамках научно-исследовательского проекта Фонда GeneralsMotors [3]. Данная идея заключалась в том, чтобы сделать роботов, которые могли бы работать рука об руку с людьми при условии

безопасного взаимодействия. Тем не менее сегодня существует сложность в разделении понятий: промышленная робототехника и коллаборативная робототехника.

Для того чтобы дать более четкое определение коллаборативной робототехнике, были разработаны технические спецификации [4 – 9]. Основные формы совместной работы коллаборативного робота, отвечающие технической спецификации:

– Safety-rated monitored stop – контролируемая остановка (остановка робота, если человек попадает в зону безопасного рабочего пространства);

– Handguiding – ручное ведение (роботы с силомоментными датчиками);

– Speed and separation monitoring – контроль скорости и разделения (замедление процессов робота по мере приближения человека, возможна параллельная деятельность, остановка возможна – при пересечении заданных границ безопасности);

– Power and force limiting – ограничение мощности и усилия (контролируемые сила и мощность робота).

Полигонная база для отработки взаимодействия коллаборативной робототехники. Проведение испытаний и тестирований робототехнических комплексов, а также проведение экспериментов является трудоемким и ресурсозатратным процессом, который требует создания условий, приближенных к реальным показателям внутренней и внешней среды. Учитывая динамику изменения среды проведения экспериментов и факторов внешних влияний, решением может стать разработка полигонной базы с фиксированными и изменяющимися условиями реальной окружающей среды и, как следствие, создание виртуальной среды моделирования и отработки разработанных алгоритмов управления, технического зрения, навигации и взаимодействия с окружающей средой.

Полигонные базы создаются в зависимости от поставленных задач, к которым относятся:

– развитие новых неинвазивных сенсорных систем;
– развитие методов скоростного обучения (тренажеров);
– разработка методов интеллектуального анализа;
– разработка методов обработки сенсорной информации;
– проведение тестирования и пуско-наладочных работ и др.

Для эффективного решения поставленной задачи существует необходимость на каждом этапе иметь возможность тестирования алгоритмов, технических решений и программного обеспечения на соответствие поставленным требованиям.

Более гибкий и, как следствие развития физического полигона – это его виртуальная реализация, позволяющая выбрать конфигурацию, которая подходит для особых условий использования, а также дает возможность разработать алгоритмы без необходимости приобретения дорогостоящего оборудования. Виртуальный испытательный полигон включает в себя следующие субъекты [10, 11]: виртуальные камеры (включая установленные на мобильных платформах), система датчиков (инфракрасные, ультразвуковые, микроволновые, датчики пересечения луча), модель испытательного полигона, программное обеспечение, имитирующие людей, как законопослушных, так и нарушителей; программное обеспечение, соответствующее роботу и роботизированной системе, система сценариев для обучения и испытания робототехнических комплексов.

Оптимальным подходом к разработке виртуального испытательного полигона считается метод модульного подхода, который используется для достижения наибольшей универсальности, благодаря возможности выбрать необходимые модули, предназначенные для достижения конкретных целей. Такой подход позволяет осуществлять динамическую загрузку и обновление модулей, что способствует изменению режима визуализации (помехи, изменение ландшафта, внешняя среда) в процессе экспериментальной апробации.

Заключение. Создание контролируемой параметрической окружающей среды может значительно снизить расходы на выстраивание технологического процесса для разработки различных методов и алгоритмов. Виртуальная полигонная база позволит осуществлять отработку сценариев взаимодействия робототехнических комплексов на уровнях: робот – робот, человек – робот, непосредственное и опосредованное взаимодействие коллаборативных роботов в киберфизической системе.

Список использованных источников

1. **Макаров, И. М..** Робототехника. История и перспективы. Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения / И. М. Макаров, Ю. И. Топчеев. – М. : Наука, МАИ, 2003. – 352 с.

2. **Ермишин, К. В.** Коллаборативные мобильные роботы – новый этап развития сервисной робототехники / К. В. Ермишин, А. С. Ющенко // Робототехника и техническая кибернетика. – СПб. : ЦНИИ РТК. – 2016. – № 3(12). – С. 3 – 9.

3. **Robot** or cobot: The five key differences. Hannover Messe, 18 October 2016. [Электронный ресурс]. – URL : http://www.hannovermesse.de/en/news/robot-or-cobot-the-five-key-differences.xhtml?emsrc=socialmedia&refID=hm/17/b/twitter/intensive /regel/cobots/en. (дата обращения: 20.10.2018).

4. **ISO/TC 299** Robotics – “ISO 8373:2012 Robots and robotic devices – Vocabulary”, 2012. [Электронный ресурс]. – URL : https://www.iso.org/standard/55890.html (дата обращения: 01.09.2018).

5. **ISO/TC 299** Robotics – “ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices – Collaborative robots”, 2016. [Электронный ресурс]. – URL : https://www.iso.org/standard/62996.html (дата обращения: 20.10.2018).

6. **A methodology** to develop collaborative robotic cyber physical systems for production environments / A. Khalid, P. Kirisci, Z. Ghrairi et al. Logistics Research, Springer Berlin Heidelberg, Online ISSN 1865-0368. [Электронный ресурс]. – 2016. – URL : https://doi.org/10.1007/s12159-016-0151-x

7. **Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H.** Collaborative networks: value creation in a knowledge society. In: Wang, K., Kovacs, G. L., Wozny, M., Fang, M. (eds.) PROLAMAT2006. IIFIP. V. 207, pp. 26 – 40. Springer, Boston, MA (2006). doi:10.1007/0-387-34403-9_4.

8. **Ефимов, А.** Как роботы могут работать с человеком вместе (а не вместо) [Электронный ресурс] / А. Ефимов. – URL : https://habr.com/company/sberbank/blog/416193 (дата обращения: 19.10.2018).

9. **Lazarte M.** Robots and humans can work together with new ISO guidance. [Электронный ресурс] / M. Lazarte. – URL : https://www.iso.org/news/2016/03/Ref2057.html (дата обращения: 19.10.2018).

10. **Fischer K. et al.** (2015) The Effects of Social Gaze in Human-Robot Collaborative Assembly. In: Tapus A., André E., Martin JC., Ferland F., Ammi M. (eds) Social Robotics. ICSR 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9388. Springer, Cham.

11. **Михайлов, И. О.** Виртуальный испытательный полигон для роботизированных охранных комплексов / И. О. Михайлов, И. С. Стародубцев, В. С. Провков : труды 27-й Международной конференции GraphiCon-2017. – Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2017. – С. 367 – 359.

References

1. **Makarov, I. M.**, Topcheev Yu. I . Robototekhnika. Istoriya i perspektivy. Informatika: neogranichennye vozmozhnosti i vozmozhnye ogranicheniya. – M. : Nauka, MAI, 2003. – 352 s.

2. **Ermishin, K. V.** Kollaborativnye mobil'nye roboty – novyj ehtap razvitiya servisnoj robototekhniki / K. V. Ermishin, A. S. Yushchenko // Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika. – Sankt-Peterburg : CNII RTK. – 2016. – № 3(12). – S. 3 – 9.

3. **Robot** or cobot: The five key differences. Hannover Messe, 18 October 2016. [EHlektronnyjresurs]. – Rezhim dostupa: http://www.hannovermesse.de/en/news/robot-or-cobot-the-five-key-differences.xhtml?emsrc=socialmedia&refID=hm/17/b/twitter/intensive /regel/cobots/en (data obrashcheniya: 20.10.2018).

4. **ISO/TC 299 Robotics** – «ISO 8373:2012 Robots and robotic devices – Vocabulary», 2012. [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : https://www.iso.org/standard/55890.html (data obrashcheniya: 01.09.2018).

5. **ISO/TC 299 Robotics** – «ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices – Collaborative robots», 2016. [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : https://www.iso.org/standard/62996.html (data obrashcheniya: 20.10.2018).

6. **Khalid, A.**, Kirisci, P., Ghrairi, Z. et al. (2016). A methodology to develop collaborative robotic cyber physical systems for production environments / Logistics Research, Springer Berlin Heidelberg,Online ISSN 1865-0368.[EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://doi.org/10.1007/s12159-016-0151-x

7. **Camarinha-Matos, L.M.**, Afsarmanesh, H. Collaborative networks: value creation in a knowledge society. In: Wang, K., Kovacs, G.L., Wozny, M., Fang, M. (eds.) PROLAMAT2006. IIFIP, vol. 207, p. 26 – 40. Springer, Boston, MA (2006). doi:10.1007/0-387-34403-9_4

8. **Efimov, A.** Kak roboty mogut rabotat' s chelovekom vmeste (a ne vmesto) [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : https://habr.com/company/sberbank/blog/416193 (data obrashcheniya: 19.10.2018).

9. **Lazarte, M.** Robots and humans can work together with new ISO guidance. [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : https://www.iso.org/news/2016/03/Ref2057.html (data obrashcheniya: 19.10.2018).

10. **Fischer K. et al.** (2015) The Effects of Social Gaze in Human-Robot Collaborative Assembly. In: Tapus A., André E., Martin JC., Ferland F., Ammi M. (eds) Social Robotics. ICSR 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9388. Springer, Cham.

11. **Mihajlov I. O.**, Starodubcev I. S., Provkov V. S. Virtual'nyj ispytatel'nyj poligon dlya robotizirovannyhohrannyh kompleksov : trudy 27 mezhdunarodnoj konferencii GraphiCon-2017. – Permskij gosudarstvennyj nacional'nyj issledovatel'skij universitet, 2017. – S. 367 – 359.

УДК 372.8

Рагимов Омурбек
Ошский технологический университет
(E-mail: chief.nauk@yandex.ru)

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ragimov Omurbek
Osh University of Technology
(E-mail: chief.nauk@yandex.ru)

MODERN INFORMATION SYSTEMS OF INTELLECTUAL PROCESSING OF TEXT INFORMATION

Аннотация. Статья актуализирует вопросы обработки текстовой информации методами современных информационных систем. Основной тенденцией в области автоматической обработки и анализа естественного языка является учет множества различных факторов в целях предоставления пользователю поисково-аналитических сервисов, обладающих высокой точностью и полнотой.

Ключевые слова: информационные системы, интеллектуальная обработка информации, информация, информационные технологии.

Abstract. The article discusses the questions of text processing methods of modern information systems. The main trend in the field of automatic processing and analysis of natural language is to take into account many different factors in order to provide the user with search and analytical services with high accuracy and completeness.

Keywords: information systems, intellectual information processing, information, information technologies.

Большой объем информации, с одной стороны, позволяет получить более точные расчеты и осуществить точный анализ, с другой – превращает поиск решений в сложную задачу. Основная особенность Data Mining – это сочетание широкого математического инструментария и последних достижений в области информационных технологий, строго формализованных методов и методов неформального анализа, т.е. количественного и качественного анализа данных.

Различают две большие группы методов Data Mining: статистические (базируются на подсчете количества слов в текстах и не требуют глубоких теоретических знаний в лингвистике, используют усредненные данные и выявленные закономерности) и кибернетические (объединяют множество разнообразных математических подходов, связывая компьютерную математику и искусственный интеллект).

Для интеллектуальной обработки текстовой информации разработана технология эффективного анализа текста Text Mining. Она предназначена для проведения содержательного анализа текста, обеспечения навигации и поиска в неструктурированных текстах на основе использования средств искусственного интеллекта и осуществления статистического и лингвистического анализа. Это инструментарий, который позволяет

анализировать большие объемы информации в поисках тенденций, шаблонов и взаимосвязей, способных помочь при принятии стратегических решений.

Технология Text Mining базируется на использовании механизмов интеллектуального анализа данных, в частности, выполнении задач классификации и кластеризации. Однако основными методами Text Mining являются построение семантических сетей (поиск и анализ связей в тексте) и извлечение фактов (позволяет улучшить и оптимизировать классификацию, кластеризацию и поиск определенной информации в текстовом массиве).

Методы можно сравнивать между собой, оценивая характеристики их свойств, которые являются определяющими при выборе метода анализа данных. Большинство инструментов интеллектуального анализа данных, которые предлагаются сегодня на рынке программного обеспечения, реализуют сразу несколько алгоритмов. Однако не все методы Data Mining и Text Mining можно эффективно применять при обработке текстовой информации.

Для анализа текста, который является одной из основных задач обработки естественного языка, сегодня используются также точные методы, направленные на понимание текстов и извлечение из них информации, предусматривает разбиение текстов на предложения, изъятия объектов, синтаксический анализ и др.

В информационно-поисковых системах применяются такие методы поиска, как: индексирование текстов и поиск по ключевым словам (по индексу); поиск, включающий морфологический разбор и отождествление различных грамматических форм; поиск по ранжированию документов по степени релевантности запроса; использование формальных поисковых языков; методы семантического анализа текста, итеративного поиска, комплексные.

Еще одним методом анализа текстовой информации является контент-анализ – стандартная методика исследования текстовых массивов, основанный на количественном анализе текстов с целью содержательной интерпретации выявленных числовых закономерностей.

Каждый из проанализированных методов имеет свои сильные и слабые стороны в зависимости от конкретной задачи, которая решается.

Основной тенденцией в области автоматической обработки и анализа естественного языка является учет множества различных факторов в целях предоставления пользователю поисково-аналитических сервисов, обладающих высокой точностью и полнотой.

Анализ методов интеллектуального анализа данных по таким важным критериям для обработки естественного языка, как трудоемкость, скорость, масштабируемость, сфера использования, основные алгоритмы, порядок слов, расстояние между словами, использование тезауруса, синтаксические и семантические связи, позволил сделать вывод о том, что ни один из существующих методов не может обеспечить решение всего спектра задач интеллектуального анализа текстовой информации.

Системы обработки естественного языка делятся на несколько категорий:

– системы анализа и лингвистической обработки текстов [9];
– программы преобразования текстов [1];

– программы-генераторы: системы создания онтологий, электронных корпусов [5];

– системы автоматического перевода и извлечения фактов из текстов [10];

– психолингвистические программы [4];

– системы обработки естественного языка: анализаторы (морфологические, синтаксические, семантические), системы автореферирования и аннотирования [7];

– системы автоматического распознавания и синтеза речи [8];

– словари и тезаурусы [3];

– системы сравнительного анализа электронных текстов [6];

– системы порождения текстов [1];

– автоматизированные информационно-поисковые системы [2];

– системы передачи информации в сетях [9].

Основным недостатком существующих информационных систем интеллектуального анализа аналитической обработки текстовой информации является отсутствие единого подхода к анализу текстовой информации.

В основе своей большинство систем используют результаты существующих программных средств предварительной обработки текстов, вследствие чего погрешность функционирования созданной аналитической системы увеличивается за счет погрешности существующего программного обеспечения. Использование различных формальных моделей представления текстовой информации на различных этапах обработки приводит к многократному преобразованию текстовой информации в модели представления знаний, и наоборот. Таким образом, оценить недостатки таких систем и точно определить доверительный интервал для результатов работы интеллектуальных систем очень трудно. Также необходима обязательная подготовка входящей текстовой информации для дальнейшей ее обработки. Это связано с необходимостью выявления присутствующих в данных закономерностей, а также компактного размещения естественно речевой информации в целях оптимизации времени выполнения обработки.

Почти все области знаний, науки и техники из-за сложности своей системной организации нуждаются в интеллектуальной обработке данных. Для решения проблемы корректной обработки электронных документов необходимо объединение усилий специалистов не только в области информационных технологий, но и лингвистики, филологии, философии, искусственного интеллекта, программирования и математического моделирования. Такими синтетическими дисциплинами являются компьютерная лингвистика, компьютерная семантика и др.

С развитием этих дисциплин происходит перенос центра тяжести с машинного представления процедур к машинному представлению знаний. Проблема представления знаний требует создания моделей, основанных на более глубоком понимании человеческой памяти. Большое внимание уделяется разработке программ автономных объектов, движущихся и способных в режиме реального времени создавать сценарии и прогнозы выхода из различных конфликтных ситуаций. Частным случаем этой проблемы является задача редукции и синтеза программ на основе спецификации начальных и конечных условий. А сильная метафоричность является одним из главных факторов сложности формализации.

Обработка электронных документов требует сегодня мощных механизмов формализации и глубинного лингвистического анализа текстовой информации, которые бы обеспечили полный и корректный переход от естественного языка к математическим моделям с целью применения к ним известных алгоритмов математической логики.

Итак, рынок информационных технологий требует создания нового программного продукта, который базировался бы на содержательном анализе моделей представления знаний.

Список использованных источников

1. **Вольская, Н. Н.** Поликодовый медиатекст: пути исследования / Н. Н. Вольская // Русская речь. – 2016. – № 2. – С. 58 – 63.

2. **Волынская, М. Г.** О разрешимости одной нелокальной задачи с интегральным условием / М. Г. Волынская // Математическое моделирование и краевые задачи // Труды Второй Всероссийской научной конференции. – 2005. – С. 62 – 64.

3. **Девель, Л. А.** Англо-русский учебный словарь. Лингводидактические проблемы использования в информационном поиске и дистанционном обучении в непрерывном образовании / Л. А. Девель. – СПб., 2011. – 135 с.

4. **Концепты.** Категории: языковая реальность / М. В. Малинович, Д. А. Арипова, В. В. Батицкая и др. – Иркутск, 2014. – 345 с.

5. **Нечаев, Ю. Б.** Быстрый метод оценки числа сигналов при наличии гауссовского и негауссовского шумов / Ю. Б. Нечаев, С. А. Зотов // Антенны. – 2008. – № 7-8. – С. 104 – 111.

6. **Поляничко, М. А.** Методика автоматизированного обнаружения конфликтов в комплексе программных средств защиты информации [8] / М. А. Поляничко, А. А. Корниенко // Естественные и технические науки. – 2013. – № 1(63). – С. 327 – 333.

7. **Рюмкин, В. И.** Распознавание многомерных объектов при помощи процедуры функционального шкалирования / В. И. Рюмкин // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2005. – Т. 12, № 4. – С. 1074 – 1075.

8. **Санников, В. Г.** Слуховая томография – новое направление в области обработки речевых сигналов / В. Г. Санников // Электросвязь. – 2007. № 5. – С. 52 – 56.

9. **Старожилова, О. В.** Распознавание изображений по текстурам программными методами / О. В. Старожилова // Перспективы развития науки и образования : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции : в 13 ч. – 2015. – С. 138 – 141.

10. **Томин, В. В.** О проблемах машинного перевода научно-технического текста в информационном поле кросс-культурного взаимодействия / В. В. Томин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 1(176). – С. 33 – 39.

References

1. **Vol'skaya, N. N.** Polikodovyy mediatekst: puti issledovaniya / N. N. Vol'skaya // Russkaya rech'. – 2016. – № 2. – S. 58 – 63.

2. **Volynskaya, M. G.** O razreshimosti odnoy nelokal'noy zadachi s integral'nym usloviyem / M. G. Volynskaya // Matematicheskoye modelirovaniye i krayevyye zadachi // Trudy Vtoroy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. – 2005. – S. 62 – 64.

3. **Devel', L. A.** Anglo-russkiy uchebnyy slovar'. lingvodidakticheskiye problemy ispol'zovaniya v informatsionnom poiske i distantsionnom obuchenii v nepreryvnom obrazovanii / L. A. Devel'. – Sankt-Peterburg, 2011. – 135 s.

4. **Kontsepty.** Kategorii: yazykovaya real'nost' / Malinovich M. V., Aripova D. A., Batitskaya V. V., Bidagayeva Ts. D., Gurin V. V., Ivanova R. P., Kirichenko N. R., Lats T. A., Polonskaya O. Yu., Savartseva N. V., Topka L. V., Toropova L. S. – Irkutsk, 2014. – 345 s.

5. **Nechayev, Yu.** B. Bystryy metod otsenki chisla signalov pri nalichii gaussovskogo i negaussovskogo shumov / Yu. B. Nechayev, S. A. Zotov // Antenny. – 2008. – № 7-8. – S. 104-111.

6. **Polyanichko, M. A.** Metodika avtomatizirovannogo obnaruzheniya konfliktov v komplekse programmnykh sredstv zashchity informatsii [8] / M. A. Polyanichko, A. A. Korniyenko // Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – 2013. – № 1(63). – S. 327 – 333.

7. **Ryumkin, V. I.** Raspoznavaniye mnogomernykh ob"yektov pri pomoshchi protsedury funktsional'nogo shkalirovaniya / V. I. Ryumkin // Obozreniye prikladnoy i promyshlennoy matematiki. – 2005. – T. 12, № 4. – S. 1074 – 1075.

8. **Sannikov, V. G.** Slukhovaya tomografiya – novoye napravleniye v oblasti obrabotki rechevykh signalov / V. G. Sannikov // Elektrosvyaz'. – 2007. – № 5. – S. 52 – 56.

9. **Starozhilova, O. V.** Raspoznavaniye izobrazheniy po teksturam programmnymi metodami / O. V. Starozhilova // Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya : sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii : v 13 chastyakh. – 2015. – S. 138 – 141.

10. **Tomin, V. V.** O problemakh mashinnogo perevoda nauchno-tekhnicheskogo teksta v informatsionnom pole kross-kul'turnogo vzaimodeystviya / V. V. Tomin // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 1(176). – S. 33 – 39.

УДК 004.93

Зверев М. В., Балашов П. В., Сиухин А. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (8953)7035811, e-mail: mihane4elovek@yandex.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Zverev M. V., Balashov P. V., Siukhin A. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (8953)7035811, e-mail: mihane4elovek@yandex.ru)

THE USE OF MACHINE VISION TO SOLVE THE PROBLEM OF AUTOMATIC CONTROL OF AGRICULTURAL MACHINERY

Аннотация. Актуальной проблемой современного общества является цифровизация промышленности, в том числе сельского хозяйства. В рамках данного процесса необходимо решить задачу автоматического управления сельскохозяйственной техникой, так как это позволит снизить негативное влияние человеческого фактора, повысить производительность и качество работы техники, экономическую эффективность данной отрасли. Рассмотрены применение технологий машинного зрения на примере прототипа сельскохозяйственной техники и необходимое алгоритмическое обеспечение для автоматического управления прототипа. Полученные результаты могут использоваться в дальнейшем в полноразмерной сельскохозяйственной технике.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, автоматизация, автоматическое управление, машинное зрение, цифровизация.

Abstract. The actual problem of modern society is the digitalization of industry, including agriculture. Within the framework of this process, it is necessary to solve the problem of automatic control of agricultural equipment, since this will reduce the negative impact of the human factor, increase the productivity and quality of machinery, and the economic efficiency of the industry. The article discusses the use of machine vision technologies on the example of prototype agricultural machinery and the necessary algorithmic support for the automatic control of a prototype. The results obtained can be used in the future in full-size agricultural machinery.

Keywords: agricultural machinery, automation, automatic control, machine vision, digitization.

Дальнейшее развитие и оптимизация сельскохозяйственной отрасли невозможны без применения современных информационных технологий, отработки больших объемов информации для решения задачи автоматизации управления техникой и агропромышленным процессом. В качестве одного из путей развития данного сектора экономики является внедрение роботизированных технологий и систем искусственного интеллекта для разработки автоматических систем управления.

Для решения данной задачи возможно использование технологий машинного зрения на основе библиотеки обработки изображений OpenCV (язык программирования Python) [1]. Данный инструмент позволяет получать и обрабатывать изображение с камеры, анализировать его, фильтровать, обнаруживать определенные объекты. Поэтому его использование для решения задачи обнаружения препятствий на пути транспорта является оправданным [2].

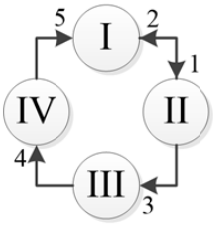


Рис. 1. Схема связи между этапами

В рамках данной статьи была поставлена следующая задача: разработать необходимое алгоритмическое и программное обеспечение для управления прототипом сельскохозяйственной техники, позволяющее ему успешно перемещаться вдоль искусственных препятствий (напечатанных на 3D-принтере деревьев), разворачиваться после окончания ряда деревьев, продолжать движение в следующем ряду [3 – 8].

Алгоритмическое обеспечение представлено блок-схемой, отражающей основные этапы управления прототипом и обработки данных.

Рассмотрим основные этапы алгоритма:

Первый этап включает в себя инициализацию камеры, объявление необходимых переменных и первичный захват изображения. Схема связи между этапами алгоритма программы приведена на рис. 1.

Далее начинается основной цикл программы, включающий в себя обработку изображения с камеры, вычисление положения объектов, а также управление двигателями условной единицы сельскохозяйственной техники.

Изображение, полученное с камеры, обрабатывается несколькими фильтрами для минимизации помех, разбивается на 3 области (рис. 2), затем по одной из них проверяется наличие объекта перед машиной (рис. 3). Результат обработки поступающего с камеры изображения представлен на рис. 4.

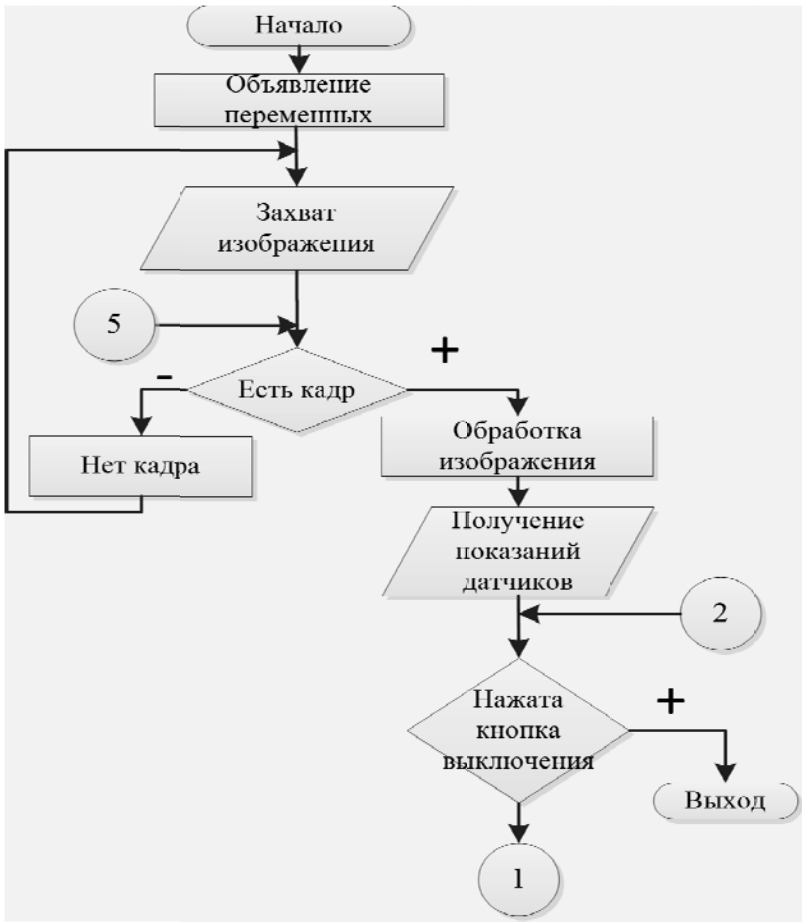


Рис. 2. Этап 1

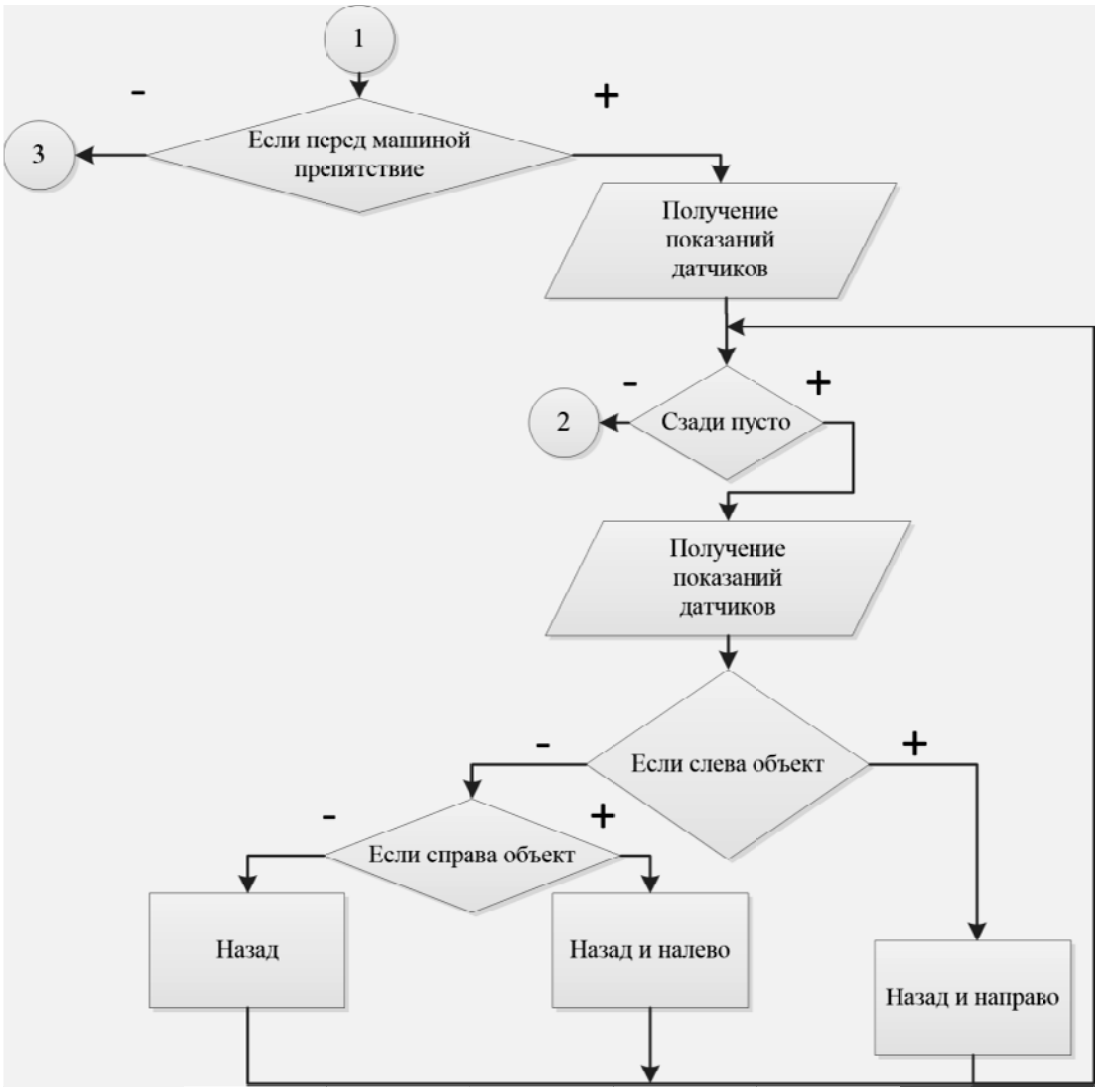


Рис. 3. Этап 2

Рис. 4. Обработанное изображение с камеры прототипа

В случае обнаружения объекта перед машиной для возвращения в безопасный коридор также дополнительно используются показания инфракрасных датчиков дальномеров (рис. 5). В зависимости от положения объектов на изображении формируется управляющий сигнал, позволяющий избежать столкновения.

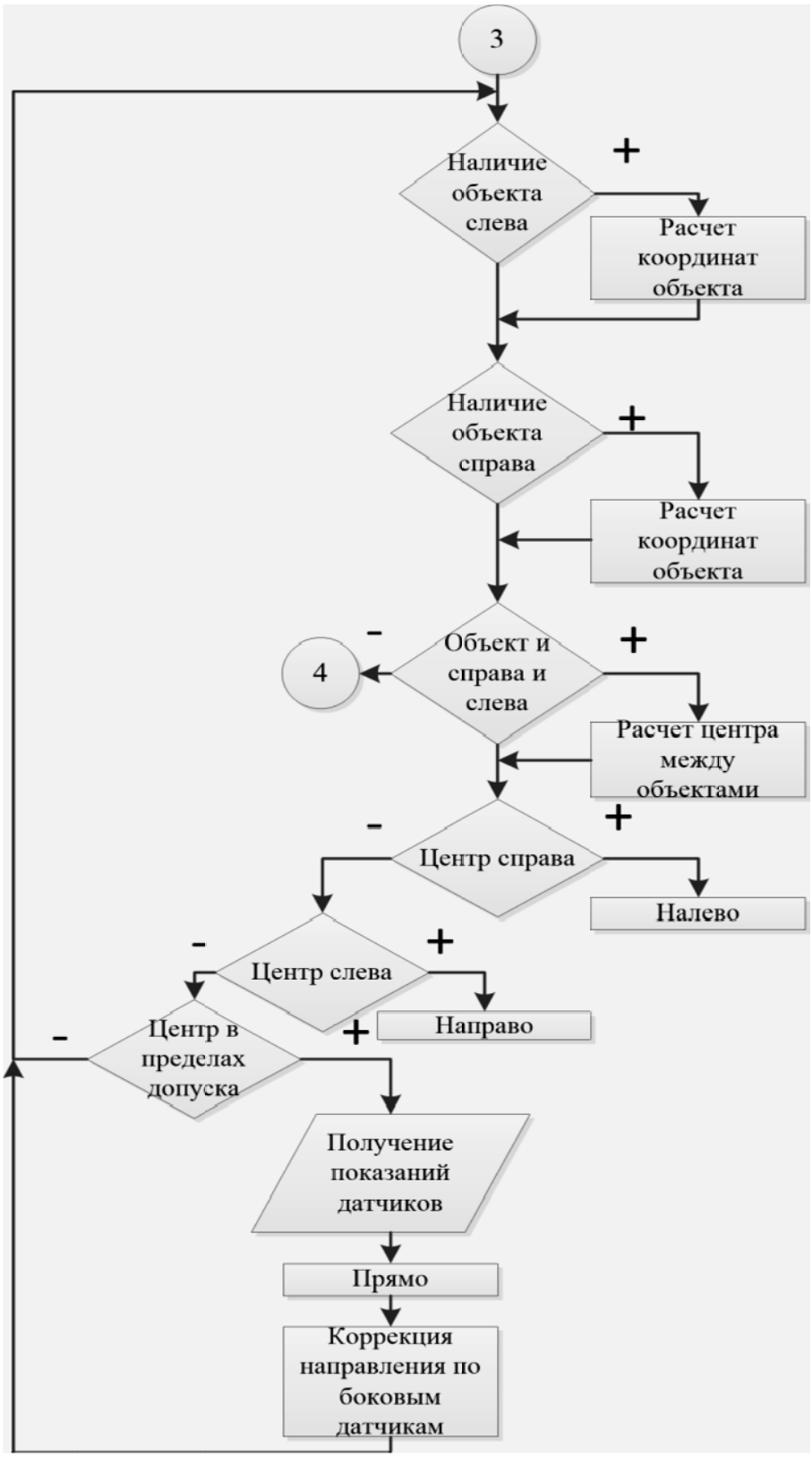


Рис. 5. Этап 3

Затем, при отсутствии преград, рассматриваются оставшиеся две области, по которым определяется положение объектов, между которыми должна двигаться машина (рис. 5 и 6).

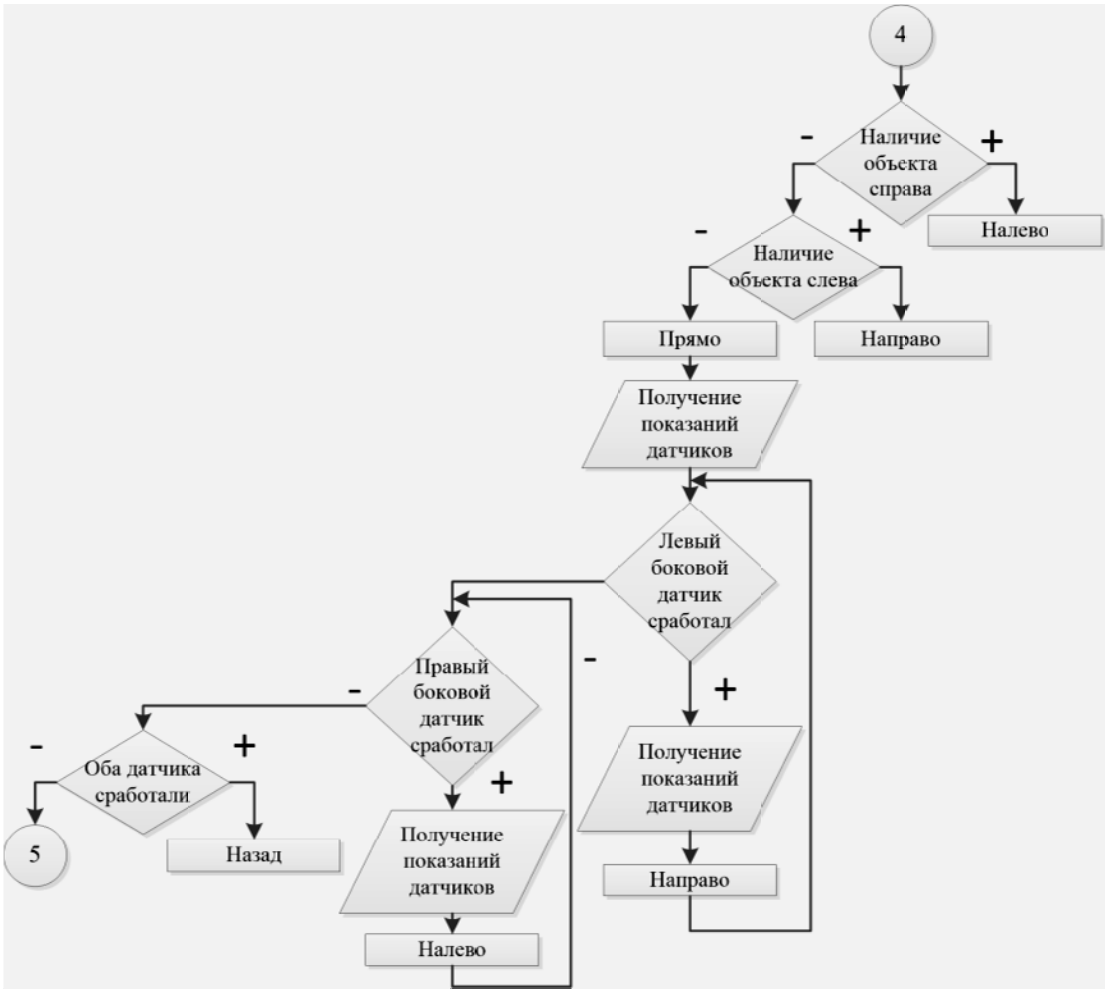


Рис. 6. Этап 4

Таким образом, представленные алгоритмическое и программное обеспечения позволяют решить задачу автоматического управления прототипом сельскохозяйственной техники с использованием технологий машинного зрения.

Работа выполнена на базе центра коллективного пользования «Цифровое машиностроение».

Список использованных источников

1. **Разин, И. Б.** Применение библиотеки opencv в системах автоматизированного проектирования / И. Б. Разин // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2015). – 2015. – 246 с.

2. **Савицкий, С. К.** Методы и алгоритмы обработки изображений в системах технического зрения. Машинное зрение / С. К. Савицкий // ББК 1 Р76. – 2017. – 61 с.

3. **Design** and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – S. 10415 – 10422.

4. **Разработка** адаптивных тренажерных систем профессионального назначения для моделирования процесса распространения пожаров // М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, А. Е. Архипов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 149 – 155.

5. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use. / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – S. 022075.

6. **Автоматизированная** информационная система обучения персонала промышленных предприятий на основе виртуальных тренажерных комплексов / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов, А. А. Руднев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 11. – С. 86 – 94.

7. **Краснянский, М. Н.** Обучение операторов нефтехимических производств с применением компьютерных тренажеров / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2011. – № 11. – С. 50 – 56.

8. **Разработка** программного и методического обеспечения виртуального тренажерного комплекса / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев, М. В. Ионов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2. – С. 60 – 65.

References

1. **Razin, I. B.** Primeneniye biblioteki opencv v sistemakh avtomatizirovannogo proyektirovaniya // Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATSII-2015). – 2015. – 246 c.

2. **Savitskiy, S. K.** Metody i algoritmy obrabotki izobrazheniy v sistemakh tekhnicheskogo zreniya. Mashinnoye zreniye // BBK 1 R76. – 2017. – 61 c.

3. **Design** and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – S. 10415 – 10422.

4. **Razrabotka** adaptivnyh trenazhernyh sistem professional'nogo naznacheniya dlya modelirovaniya processa rasprostraneniya pozharov // M. N. Krasnyanskij, D. L. Dedov, A. D. Obuhov, A. E. Arhipov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2017. – № 3(65). – S. 149 – 155.

5. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use. / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – S. 022075.

6. **Avtomatizirovannaya** informacionnaya sistema obucheniya personala promyshlennyh predpriyatij na osnove virtual'nyh trenazhernyh kompleksov / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov, A. A. Rudnev // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2013. – № 11. – S. 86 – 94.

7. **Krasnyanskij, M. N.** Obuchenie operatorov neftekhimicheskih proizvodstv s primeneniem komp'yuternyh / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov // Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti. – 2011. – № 11. – S. 50 – 56.

8. **Razrabotka** programmnogo i metodicheskogo obespecheniya virtual'nogo trenazhernogo kompleksa / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskij, A. A. Rudnev, M. V. Ionov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 2. – S. 60 – 65.

УДК 004.93

Балашов П. В., Зверев М. В., Сиухин А. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (8902)7208482, e-mail: mihane4elovek@yandex.ru)

СТРУКТУРА АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Balashov P. V., Zverev M. V., Siukhin A. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (8902)7208482, e-mail: mihane4elovek@yandex.ru)

THE STRUCTURE OF HARDWARE FOR AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Аннотация. Актуальной проблемой современного общества является цифровизация промышленности, в том числе сельского хозяйства. В рамках данного процесса необходимо решить задачу автоматического управления сельскохозяйственной техникой, так как это позволит снизить негативное влияние человеческого фактора, повысить производительность и качество работы техники, экономическую эффективность данной отрасли. Рассмотрена структура аппаратного обеспечения для системы управления прототипа сельскохозяйственной техники. Полученные результаты могут использоваться в дальнейшем в полноразмерной сельскохозяйственной технике.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, автоматизация, автоматическое управление, машинное зрение, цифровизация.

Abstract. The actual problem of modern society is the digitalization of industry, including agriculture. Within the framework of this process, it is necessary to solve the problem of automatic control of agricultural equipment, since this will reduce the negative impact of the human factor, increase the productivity and quality of machinery, and the economic efficiency of the industry. The article deals with the hardware structure for the control system of agricultural machinery prototype. The results can be used in the future in full-size agricultural machinery.

Keywords: agricultural machinery, automation, automatic control, machine vision, digitalization.

Развитие современной сельскохозяйственной отрасли невозможно без применения новейших информационных технологий, отработки больших объемов информации для решения задачи автоматизации управления техникой и агропромышленным процессом. В качестве одного из путей развития данного сектора экономики является внедрение роботизированных технологий и систем искусственного интеллекта для разработки автоматических систем управления.

Для первоначальных испытаний предлагается использовать прототип сельскохозяйственной техники, построенный на основе платформы Raspberry Pi 3 (рис. 1), а также включающий следующие компоненты:

- двигатели N20 DC6V (рис. 2);
- сдвоенный мостовой драйвер двигателей L298N (рис. 3);
- аккумулятор A123 (рис. 4);
- камера Raspberry Pi CSI (рис. 5).

Raspberry Pi 3 Model B+ представляет собой новейшую программно-аппаратную платформу Raspberry из когда-либо представленных, предназначенную для решения простых задач автоматизации, таких как создание «умных» домов, теплиц, примитивных устройств слежения и простых роботов. Она оборудована 64-битным 4-ядерным ARM процессором, работающим на частоте до 1,4 ГГц. Поддерживается PoE через дополнительный модуль PoE HAT, BLE 4.2. Имеет 42 пина ввода/вывода, 4 USB, имеет возможность подключения посредством проводной/беспроводной связи, имеет возможность подключения периферийных устройств, таких как монитор, клавиатура, мышка, камера и аудиоустройств.

Рис. 1. Плата Raspberry Pi 3 Model B+ V1.2

Коллекторный двигатель N20 DC6V представлен на рис. 2, используется для перемещения, зубчатый редуктор снижает скорость вращения вала двигателя с 3600 до 20 об/мин, что позволяет увеличить крутящий момент на выходном валу.

Рис. 2. Двигатель с редуктором N20 DC6V 20 об/мин

Сдвоенный мостовой драйвер двигателей L298N (рис. 3) осуществляет контроль над 4 двигателями N20 DC6V, подключенными параллельно к двум разъемам. Управляющее воздействие задается с программно-аппаратной платформы Raspberry Pi.

Рис. 3. Сдвоенный мостовой драйвер двигателей L298N

В проекте используются взрывозащищенные аккумуляторы A123 SYSTEMS LiFePO4 APR18650M1-A (рис. 4).

Рис. 4. Аккумулятор A123 SYSTEMS LiFePO4 APR18650M1-A

Прототип оснащен камерой с восьмимегапиксельным сенсором Sony IMX219 Exmor. Он позволяет захватывать, записывать и транслировать видео в форматах 1080p, 720p и VGA. Максимальное разрешение для фотографий достигает 3280×2464 пикселей (рис. 5).

Модуль подключается в CSI-порт на Raspberry Pi – он не нагружает процессор, как это делают внешние камеры, и не занимает дефицитные USB-порты.

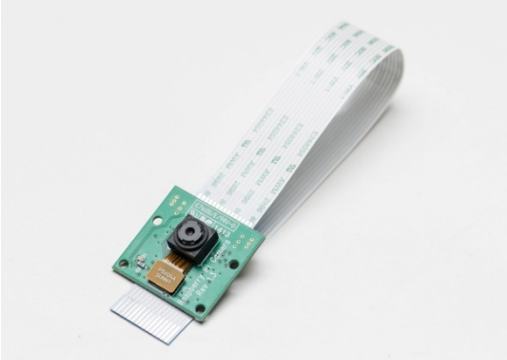


Рис. 5. Камера Raspberry Pi CSI модуль 5MP

Рис. 6. Прототип сельскохозяйственной техники

Данный прототип позволяет проводить испытания по автоматическому управлению техникой, апробацию технологий распознавания изображения и машинного зрения. Внешний вид прототипа представлен на рис. 6.

В рамках данной статьи была поставлена следующая задача: разработать необходимое аппаратное обеспечение управляющей системы для тестирования прототипа сельскохозяйственной техники, позволяющее ему успешно перемещаться вдоль искусственных препятствий (напечатанных на 3D-принтере деревьев), разворачиваться по окончании ряда деревьев, продолжать движение в следующем ряду.

Таким образом, представленные компоненты аппаратного обеспечения прототипа сельскохозяйственной техники позволили организовать его движение и управление с использованием технологий машинного зрения.

Работа выполнена на базе центра коллективного пользования «Цифровое машиностроение».

Список использованных источников

1. **Design** and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – S. 10415 – 10422.

2. **Разработка** адаптивных тренажерных систем профессионального назначения для моделирования процесса распространения пожаров // М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, А. Е. Архипов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – S. 022075.

4. **Автоматизированная** информационная система обучения персонала промышленных предприятий на основе виртуальных тренажерных комплексов / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов, А. А. Руднев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – №. 11. – С. 86 – 94.

5. **Краснянский, М. Н.** Обучение операторов нефтехимических производств с применением компьютерных / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2011. – № 11. – С. 50 – 56.

6. **Разработка** программного и методического обеспечения виртуального тренажерного комплекса / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев, М. В. Ионов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2. – С. 60 – 65.

7. **Годжаев, З. А.** Перспективы развития роботизированных технологий в растениеводстве / З. А. Годжаев, А. П. Гришин, А. А. Гришин // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 12. – С. 42 – 45.

8. **Годжаев, З. А.** Беспилотное мобильное энергосредство сельскохозяйственного назначения / З. А. Годжаев // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 10. – С. 41 – 44.

References

1. **Design** and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12. № 20. – S. 10415 – 10422.

2. **Razrabotka** adaptivnyh trenazhernyh sistem professional'nogo naznacheniya dlya modelirovaniya processa rasprostraneniya pozharov / M. N. Krasnyanskij, D. L. Dedov, A. D. Obuhov, A. E. Arhipov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2017. – № 3(65). – S. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – T. 327, № 2. – C. 022075.

4. **Avtomatizirovannaya** informacionnaya sistema obucheniya personala promyshlennyh predpriyatij na osnove virtual'nyh trenazhernyh kompleksov / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov, A. A. Rudnev // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2013. – № 11. – S. 86 – 94.

5. **Krasnyanskij, M. N.** Obuchenie operatorov neftekhimicheskih proizvodstv s primeneniem komp'yuternyh / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov // Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti. – 2011. – № 11. – S. 50 – 56.

6. **Razrabotka** programmnogo i metodicheskogo obespecheniya virtual'nogo trenazhernogo kompleksa / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskij, A. A. Rudnev, M. V. Ionov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 2. – S. 60 – 65.

7. **Godjaev, V. A.** Perspektiva razvitiya robotizirovanih tehnologij v rastenevodstve / V. A. Godjaev, A. P. Grishin, A. A. Grihsin // Traktori i selhozmashini. – 2015. – № 12. – C. 42 – 45.

8. **Godjaev, V. A.** Bespelotnoe mobilnoe energosredstvo selskohozyajstvennogo naznacheniya / V. A. Godjaev // Traktori i selhozmashini. – 2016. – № 10. – C. 41 – 44.

УДК 519.71

Шмырин А. М.,[1] Мишачев Н. М.,[2] Кавыгин В. В.,[3] Кузнецов А. Г.[4]
[1]Липецкий государственный технический университет
(E-mail: amsh@lipetsk.ru),
[2]Липецкий государственный технический университет
(E-mail: nmish@lipetsk.ru),
[3]Липецкий государственный технический университет
(E-mail: kabugun@mail.ru),
[4]Воронежский государственный университет
(E-mail: tema94lipetsk@yandex.ru)

РЕГРЕССИОННЫЙ КЛАССИФИКАТОР НАВЫКОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Shmyrin A. M.,[1] Mishachev N. M.,[2] Kavygin V. V.,[3] Kuznetsov A. G.[4]
[1]Lipetsk State Technical University
(E-mail: amsh@lipetsk.ru),
[2]Lipetsk State Technical University
(E-mail: nmish@lipetsk.ru),
[3]Lipetsk State Technical University
(E-mail: kabugun@mail.ru),
[4]Voronezh State University
(E-mail: tema94lipetsk@yandex.ru)

REGRESSION CLASSIFIER OF THE SKILLING TECHNICAL VISION SYSTEM

Аннотация. Рассмотрена задача построения классификатора для набора *n* физических объектов, кодируемых векторами пространства $\mathbb{R}^N$. В этой хорошо известной задаче распознавания образов нас интересует случай, когда количество факторов *N* значительно больше количества обучающих векторов. В качестве классификатора используется линейная однородная функция $f: \mathbb{R}^N \to \mathbb{R}^1$. Предполагается, что для каждого объекта с номером *i* имеется набор-кластер $\widehat{K_i} \subset \mathbb{R}^N$, состоящий из K_i обучающих векторов, соответствующих наблюдениям этого объекта, например набор его оцифрованных фотографий. В случае, когда $N \gg K = K_1 + \cdots + K_n$, линейный однородный классификатор, как правило, существует. Описан алгоритм построения классификатора и обсуждены свойства этого алгоритма.

Ключевые слова: линейный однородный классификатор, недоопределенная система, алгоритм Качмажа.

Abstract: The article deals with the task of constructing a classifier for a set of n physical objects encoded by vectors of the space $\mathbb{R}^N$. In this well-known pattern recognition problem, we are interested in the case when the number of factors *N* is much greater than the number of training vectors. The linear homogeneous function $f: \mathbb{R}^N \to \mathbb{R}^1$ is used as the classifier. It is assumed that for each object with number *i* there is a cluster set $\widehat{K_i} \subset \mathbb{R}^N$, consisting of K_i training vectors corresponding to the observations of this object, for example, a set of its digitized photos. In the case when $N \gg K = K_1 + \cdots + K_n$, the linear homogeneous classifier, as a rule, exists. We describe the algorithm for constructing a classifier and discuss the properties of this algorithm.

Keywords: linear homogeneous classifier, underdetermined system, Kachmaz algorithm.

1. Введение. Классической задаче распознавания образов посвящено огромное количество публикаций. В настоящее время наиболее популярны нейросетевые классификаторы, построение которых требует большого количества обучающих выборок. Заметим, что задача идентификации N коэффициентов линейного регрессионного уравнения может рассматриваться как задача обучения простейшей нейронной сети прямого распространения с N входами, одним выходом и без скрытых слоев. В этой регрессионной задаче обычно предполагается, что количество обучающих выборок существенно больше количества идентифицируемых коэффициентов N и потому линейная система для нахождения коэффициентов является переопределенной, а искомые коэффициенты находятся как псевдорешение системы, то есть как решение, минимизирующее L^2 норму невязки (решение в смысле наименьших квадратов). В работе [1] и более ранних работах по навыковой системе технического зрения был предложен простой алгоритм распознавания образов, предназначенный для ситуации, когда количество факторов N, характеризующих распознаваемые объекты, намного больше количества обучающих выборок K. В этом алгоритме в качестве классификатора для набора из n объектов использовалась линейная однородная функция, при этом система для нахождения ее коэффициентов, то есть нахождения коэффициентов уравнения линейной однородной регрессии, была сильно недоопределенной в силу условия $K \ll N$. В качестве метода решения системы 1 использовали алгоритм Качмажа последовательного проектирования, который, помимо хорошей скорости сходимости, позволяет достаточно просто корректировать результаты при добавлении новых данных (см. [2]). На первый взгляд, такой подход к задаче распознавания образов выглядит довольно легковесным, но эксперименты с программой, реализующей алгоритм, доказали его эффективность в описанном классе ситуаций. Кроме того, задача оптимизации алгоритма оказалась содержательной и нетривиальной.

2. Описание алгоритма. Алгоритм очень прост и неформально уже изложен во введении, но для дальнейшего обсуждения (в следующем пункте) некоторых деталей и возможных модификаций дадим формальное описание.

Векторы пространств $\mathbb{R}^n$ будем считать для определенности строками. Пусть распознаваемые объекты кодируются векторами пространства $\mathbb{R}^N$ и пусть количество классов объектов равно n, при этом общее количество K обучающих выборок $\widehat{K} \subset \mathbb{R}^N$ равно $K_1 + \cdots + K_n$, где K_i – количество выборок, соответствующих i-му классу объектов (кластеру) $\widehat{K} \subset \mathbb{R}^N$, $i = 1, \dots , n$, $\widehat{K} = \widehat{K_1} \cup \dots \cup \widehat{K_n}$. Далее, пусть

$$X_j^i = \left[x_{j1}^i, \dots, x_{jN}^i\right] \in \mathbb{R}^N$$

– вектор координат j-й выборки из K_i , то есть $i = 1, \dots, n$ и $j = 1, \dots, K_i$. Система линейных уравнений для нахождения коэффициентов $[c_1, \dots, c_N] \in \mathbb{R}^N$ линейного однородного классификатора

$$f_c\colon \mathbb{R}^N \to \mathbb{R}, f_c(X) = CX^T = c_1x_1 + \cdots + c_Nx_N$$

имеет вид

$$\begin{cases} X^1C^T = B_1^T; \\ \dots\dots\dots \\ X^nC^T = B_n^T, \end{cases} \tag{1}$$

где $$X^i = \begin{bmatrix} x_{11}^i & \dots & x_{1N}^i \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{k_i,1}^i & \dots & x_{k_i,N}^i \end{bmatrix}$$

и $B_i = \left[b^i, \dots, b^i\right] = b^i[1, \dots, 1] \in \mathbb{R}^{K_i}$. Эта система состоит из $K = K_1 + \dots + K_n$ уравнений

$$X_j^i C^T = b^i; i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, K_i.$$

Вектор $\hat{B} = [b^1, \dots, b^n] \in \mathbb{R}^N$с различными координатами b^i, являющимися в дальнейшем идентификаторами кластеров (или объектов), выбирается произвольным образом; обычно $\hat{B} = [1, \dots, n]$. В реальных приложениях эффективность алгоритма связана с условием $K \ll N$, но для дальнейших теоретических рассмотрений достаточно предполагать, что $K \leq N$. При таком условии множество всех классификаторов с заданными значениями b^i на каждом из кластеров K_i является в общем случае ($N - K$)-мерным аффинным подпространством пространства $\mathbb{R}^N$. Для упрощения обозначений запишем систему (1) в виде

$$A_X C^T = B, \tag{2}$$

где $A_X = [X^1, \dots, X^n]^T$ и $B = [B_1, \dots, B_n]^T$, тогда коэффициенты классификатора f_c с минимальной нормой $\|C\|$ будет задаваться формулой $C_{min}^T = A_X^+ B$, где A_X^+ – псевдообратная матрица для A_X. Непосредственное применение этой формулы с вычислением псевдообратной матрицы требует примерно $O(K^2N^2)$ операций. Вместо псевдообращения удобно использовать итерационный алгоритм Качмажа, требующий примерно $O(KN)$ операций. Этот алгоритм имеет следующий простой геометрический смысл. Проекция вектора $x_0 \in \mathbb{R}^N$ на гиперплоскость P , заданную уравнением $ax^T = b$, определяется формулой

$$x_1 = x_0 + \frac{(b - ax_0^T)}{\|a\|} \frac{a}{\|a\|}$$

(спуск из точки x_0 вдоль единичной нормали $\frac{a}{\|a\|}$ к гиперплоскости P на расстояние $(b - ax_0^T)/\|a\|$ от x_0 до P). Итерируя эту формулу для произвольного начального вектора $x_0 = C_0 = [c_1^0, \dots, c_N^0]$ и циклической последовательности уравнений системы (1), получаем последовательность векторов, сходящихся к некоторому решению системы (1). Для сходимости к решению с минимальной нормой $C_{\min}^T = A_X^+ B$ достаточно в качестве начального вектора взять $C_0 = [0, \dots, 0]$.

3. Обсуждение алгоритма и его возможных модификаций.

Напомним, что мы предполагаем выполненным условие $K \leq N$.

3.1. *Существование классификатора.* В общем случае для большинства наборов исходных данных $\hat{K} \subset \mathbb{R}^N$, недопределенная (или определенная) система (1) совместна, и потому линейный классификатор существует. Это тривиальное условие совместности системы (теорема Кронекера–Капелли) в данном случае можно дополнить более содержательными геометрическими наблюдениями, связанными со структурой вектора $\hat{B}$ в правой части системы. Линейный однородный классификатор f_c должен принимать постоянное значение b^i на векторах из кластера $\hat{K}_i$. Поскольку $b^{i1} \neq b^{i2}$ при $i_1 \neq i_2$, то необходимым условием существования классификатора является условие отсутствие

попарных пересечений аффинных подпространств $A(\widehat{K}_i)$, порожденных кластерами $\widehat{K}_i$. Заметим, что при этом пересечения линейных оболочек $L(\widehat{K}_i)$ не запрещены. Простейшие примеры с $K_1 = \cdots = K_n = 1$ и точками $\widehat{K_1}, \dots, \widehat{K_n}$, расположенными на одной аффинной прямой в порядке, отличающемся от 1, ..., n, показывают, что условие отсутствия пересечений не является достаточным, если вектор $\hat{B}$ фиксирован. Вопрос: является ли это условие достаточным для существования классификатора, если дополнительно допустить возможность выбора вектора идентификаторов $\hat{B}$? Этот вопрос наиболее актуален при K, близких к N, когда относительная мера множества систем, ε-близких к несовместным, может быть достаточно велика. В наших практических задачах, как правило, $N \gg K$, и потому относительная мера систем, ε-близких к несовместным, мала. Но и в этом случае вопрос достаточно интересен, поскольку он может быть переформулирован как вопрос о зависимости относительной меры множества «плохих» систем от выбора вектора $\hat{B}$.

3.2. *Условие минимальности нормы классификатора.* Это условие обеспечивает наилучшее разделение кластеров при фиксированном векторе $\hat{B}$, поскольку для $\hat{B} = [b^1, \dots, b^n]$ расстояние между соседними гиперплоскостями

$$P_i\colon f_C(X) = b^i \text{ and } P_{i+1}\colon f_C(X) = b^{i+1},$$

содержащими кластеры $\widehat{K}_i$ и $\widehat{K}_{i+1}$, равно $|b^i - b^{i+1}|/\|C\|$. Таким образом, выбор вектора $C_0 = [0, \dots, 0]$ в качестве начальной точки алгоритма Качмажа является оптимальным.

3.3. *Выбор последовательности уравнений.* Хорошо известно, что выбор последовательности уравнений в алгоритме Качмажа влияет на скорость сходимости (см., например, обсуждение в статье [3]). Циклический порядок в общем случае не является оптимальным. Для совместных систем при отсутствии дополнительной информации хорошие результаты дает генерирование случайной последовательности уравнений. В нашем случае при наличии кластеров данных имеет смысл применять двойную рандомизацию последовательности уравнений: на очередном шаге случайным образом выбирается кластер и затем уравнение внутри кластера, при этом можно еще исключать выбранный кластер из набора кластеров, выбираемых на следующем шаге.

3.4. *Выбор вектора идентификаторов* $\hat{B} = [b^1, \dots, b^n]$. Можно считать, что всегда выполняется условие $b^1 < \cdots < b^n$, и при этом порядок перечисления кластеров в системе (1) можно изменять произвольным образом. Нетрудно показать уже на простых примерах, что используемый по умолчанию и не допускающий изменений порядок перечисления кластеров, вообще говоря, может оказаться очень далеким от оптимального. Если, например, кластеры достаточно хорошо аппроксимируются точками некоторой аффинной прямой $L \subset \mathbb{R}^N$, то порядок их следования относительно L является оптимальным порядком перечисления кластеров, и этот порядок может не совпадать с порядком, заданным по умолчанию. Далее, в этом же примере, после определения оптимального порядка следования кластеров оптимальный выбор чисел $b^1 < \cdots < b^n$ должен учитывать средние расстояния d^i между соседними кластерами, а именно, вектор $\hat{B}$ должен быть пропорционален вектору $D = [d^1, \dots, d^n]$. В частности, выбор вектора $\hat{B}$ с одинаковыми расстояниями между последовательными координатами (как в векторе [1, . . . , n]) может оказаться очень неудачным. Конечно, данный пример нельзя

назвать типичным, но он достаточно хорошо показывает нетривиальность проблемы выбора вектора идентификаторов $\hat{B}$.

4. Заключение. Предложенный простой метод распознавания объектов, основанный на линейном классификаторе, как показывает опыт практического применения, достаточно успешно справляется с соответствующим классом задач, в которых $K \ll N$. Для дальнейшего усовершенствования алгоритма нужно решать задачу оптимизации классификатора на множестве векторов-идентификаторов $\hat{B} \in \mathbb{R}^N$. Эта задача математически содержательна и нетривиальна.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (*проект № 16-07-00854 а*).

Список использованных источников

1. **Козлов, А. М.** Интеллектуальная навыковая система автоматизированного выбора маршрутных технологий механообработки деталей / А. М. Козлов, И. И. Шацких, В. В. Кавыгин // Вестник МГТУ СТАНКИН. – 2017. – Вып. 3(42). – С. 90 – 93.

2. **Коррекция** коэффициентов окрестностной системы и алгоритм Качмажа / А. М. Шмырин, Н. М. Мишачев, Е. П. Трофимов, А. Г. Кузнецов // Вестник Липецкого государственного технического университета. – 2016. – № 3(29). – С. 38 – 41.

3. **Шмырин, А. М.** Окрестностные системы и алгоритм Качмажа / А. М. Шмырин, Н. М. Мишачев // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – Тамбов, 2016. – Т. 21, Вып. 6. – С. 2113 – 2120.

References

1. **Kozlov A. M.**, Shackih I. I., Kavygin V. V. Intellektual'naya navykovaya sistema avtomatizirovannogo vybora marshrutnyh tekhnologij mekhanoobrabotki detalej // Vestnik MGTU STANKIN.– 2017. – V. 3(42). – S. 90 – 93.

2. **Korrekciya** koehfficientov okrestnostnoj sistemy i algoritm Kachmazha / A. M. Shmyrin, N. M. Mishachev, E. P. Trofimov, A. G. Kuznecov // Vestnik Lipeckogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2016. – № 3(29). – S. 38 – 41.

3. **Shmyrin A. M.**, Mishachyov N. M. Okrestnostnye sistemy i algoritm Kachmazha // Vestnik Tambovskogo universiteta. Ser. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – Tambov, 2016. – V. 21, Vyp. 6. – S. 2113 – 2120.

УДК 004.942:519.17:004.031.43:519.876.5

Пашуева И. М., Бондарев А. В.
Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж
(Тел. (4732)464222, e-mail: vapushka @ yandex.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЦЕНТРА ДОГОСПИТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЧИТЫВАЮЩЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ НАСЕЛЕНИЯ

Pashueva I. M., Bondarev A. V.
Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh
(Tel. (4732)464222, e-mail: vapushka @ yandex.ru)

MODELING THE WORK OF THE PRE-HOSPITAL MEDICAL AID CENTER USING A MATHEMATICAL MODEL TAKING INTO ACCOUNT AGE FACTOR OF POPULATION

Аннотация. Описана работа догоспитальной службы скорой медицинской помощи, дано определение экстренного режима работы районной подстанции, предложена математическая модель выявления экстренного режима работы в отдельной районной подстанции на основании возрастного показателя населения в каждом территориальном секторе, основанная на статистических данных работы службы и информации о возрастном показателе населения, приведены результаты имитационного моделирования работы центра догоспитальной медицинской помощи в условиях возникновения экстренного режима работы, приведены анализ данной математической модели и методики выявления и устранения экстренного режима работы центра догоспитальной медицинской помощи, указаны дальнейшие пути совершенствования методики выявления и устранения экстренного режима работы центра.

Ключевые слова: имитационное моделирование, модель, математическая модель, поддержка принятия управленческих решений, GPSS.

Abstract. The article describes the work of the pre-hospital medical aid center, defines the emergency mode of operation of the district substation, offers a mathematical model to identify the emergency mode of operation in a separate district substation on the basis of the age index of the population in each territorial sector, based on statistical data of the service and information about the age index of the population, the results of simulation of the center of pre-hospital medical care in the conditions of emergency mode of operation, the analysis of this mathematical model and methods of identifying and addressing emergency mode of operation of the center of pre-hospital medical care, identifies further ways of improving methods of identifying and addressing emergency mode of operation of the center.

Keywords: simulation, model, mathematical model, management decision support, GPSS.

Введение. В условиях современной мировой политической ситуации основное внимание следует уделять здоровью нации. Своевременная диагностика, выявление заболеваний на ранних стадиях, а также результативное лечение являются приоритетной задачей для сохранения здоровья граждан. Однако бывают ситуации, когда нужна неотложная помощь. В такой ситуации может оказаться каждый из нас. В экстренной си-

туации, когда на счету каждая минута, очень важна оперативность работы скорой медицинской помощи. Система оказания неотложной помощи все время требует совершенствования. В данной статье предлагается математическая модель, основанная на учете возрастного показателя населения.

Постановка задачи. Подробное описание работы городского центра догоспитальной медицинской помощи приведено в работах [1 – 3]. На рисунке 1 проиллюстрирована структура работы городского центра догоспитальной медицинской помощи.

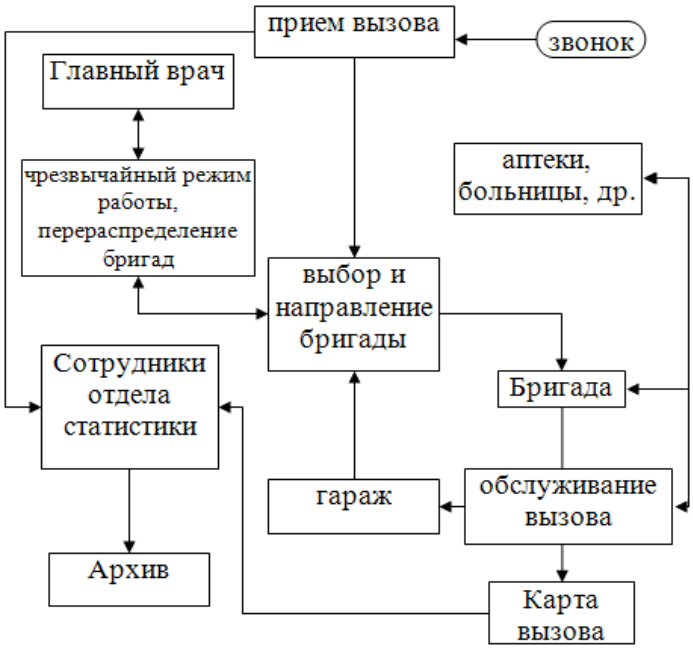


Рис. 1. Структура работы центра догоспитальной медицинской помощи

Особенностью работы центра догостипальной медицинской помощи является возникновение в каком-то из районных подстанций экстренного режима работы.

Экстренный режим работы районной подстанции – ситуация, сложившаяся в районной подстанции, при которой поступающие на диспетчерский пункт вызовы на данной районной территории ресурсами данной районной подстанции не могут быть обслужены в установленные нормативами временные промежутки.

Разрабатываемая методика должна помогать выявлять возникновение экстренного режима работы в районных подстанциях и предлагать оптимальные решения для скорейшего перевода подстанции в нормальный режим работы.

Описание математической модели. Для выявления возникновения экстренного режима работы предложена математическая модель, основанная на расчете минимаксной оценки [4 – 6]. В качестве оптимального варианта выбирается тот, на котором достигнут максимум функции агрегирования следующего вида:

$$\beta_i = \min(d_i \quad \nu(A_i, S_j)) + (1 \quad) \quad \max(d_i \quad \nu(A_i, S_j)), \qquad (1)$$

где d_i – вес критерия; $\nu(A_i, S_j)$ – оценка критерия S_j для района A_i; m – количество критериев; φ – изменяемый параметр; i – индекс района.

В качестве критериев, учитываемых в модели, выбраны следующие: интенсивность поступления вызовов на диспетчерский пункт, количество ожидающих в очереди обслуживания вызовов, общее количество машин в районной подстанции и количество свободных на данный момент бригад, удаленность районного центра от района с чрезвычайным режимом работы, прогнозируемое количество свободных бригад в ближайшие 15 и 30 мин, коэффициент возрастного показателя населения, проживающего на территории районной подстанции. Коэффициент возрастного показателя вычисляется на основании статистических данных работы службы и информации о возрастном показателе населения. Приведены результаты имитационного моделирования работы центра догоспитальной медицинской помощи в условиях возникновения экстренного режима работы. Коэффициент показывает отношение количества жителей в возрасте от 45 и выше и от 0 до 3 лет к общему числу жителей.

Моделирование. Моделирование проводили в среде имитационного моделирования GPSS [7, 8]. На рисунке 2 представлены результаты моделирования работы городского центра догоспитальной медицинской помощи в условиях возникновения экстренного режима работы в одной из районных подстанций.

Выбор оптимального решения о перераспределении бригад догоспитальной медицинской помощи основывается на расчете минимаксной функции агрегирования.

Верхняя кривая на рисунке отражает скорость обслуживания вызовов в среднем в центре догоспитальной медицинской помощи с применением предложенной модели, нижняя кривая отражает среднюю скорость обслуживания вызовов в городском центре догоспитальной медицинской помощи в течение двадцатичетырехчасовой рабочей смены без применения модели помощи в принятии управленческих решений на основе предложенной математической модели.

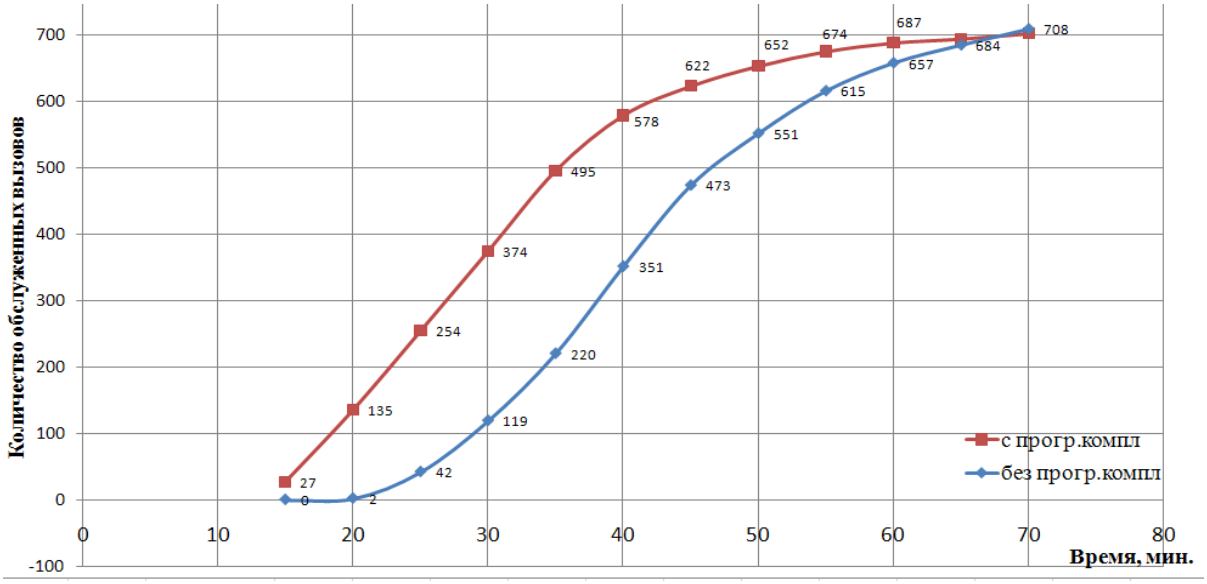


Рис. 2. Среднее время обслуживания вызовов городским центром догоспитальной медицинской помощи в условиях возникновения экстренного режима работы на одной из районных подстанций за двадцатичетырехчасовую рабочую смену с применением предлагаемой модели и без ее применения

Заключение. По результатам имитационного моделирования можно сделать вывод о том, что применение предлагаемой математической модели, учитывающей особенности возрастного показателя населения, проживающего на территории различных районных подстанций, помогает повысить эффективность функционирования городского центра догоспитальной медицинской помощи.

В дальнейшем планируется расширять количество критериев предложенной математической модели и проводить сравнительный анализ эффективности их влияния на разрабатываемую модель.

Список использованных источников

1. **Пашуева, И. М.** Описание и оценка эффективности подсистемы поддержки принятия управленческих решений в условиях неопределенности с применением математической модели на основе оценки рисков на примере работы центра скорой медицинской помощи / И. М. Пашуева, С. М. Пасмурнов, А. В. Бондарев // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2017. – Т. 13, Вып. 6. – С.7 – 12.

2. **Пашуева, И. М.** Применение сетей Петри в моделировании подсистемы управления центрами быстрого реагирования / И. М. Пашуева, С. М. Пасмурнов // Системы управления и информационные технологии: научно-технический журнал. – 2011. – № 4.1(46). – С. 162 – 166.

3. **Пашуева, И. М.** Моделирование работы распределенной сети служб скорой помощи с использованием функции агрегирования / И. М. Пашуева // Физико-математическое моделирование систем : материалы XIII Междунар. семинара. – Воронеж, 2015. – Ч. 2. – С. 65 – 68.

4. **Пашуева, И. М.** Моделирование процессов принятия оперативных управленческих решений в системе управления центрами служб скорой медицинской помощи / И. М. Пашуева // Физико-математическое моделирование систем : материалы XIII Междунар. семинара. – Воронеж, 2015. – Ч. 2. – С. 69 – 73.

5. **Пашуева, И. М.** Имитационной моделирование системы управления центрами служб скорой медицинской помощи с использованием многокритериальных оценок / И. М. Пашуева // Физико-математическое моделирование систем: материалы XIII Междунар. семинара. – Воронеж, 2015. – Ч. 2. – С.74 – 78.

6. **Пашуева, И. М.** Моделирование функционирования распределенной сети центров оказания скорой медицинской помощи с использованием санавиации / И. М. Пашуева, С. М. Пасмурнов // Физико-математическое моделирование систем : материалы XIV Междунар. семинара. – Воронеж, 2016. – Ч. 2. – С. 124 – 130.

7. **Пашуева, И. М.** Принятие оперативных решений в экстренном режиме работы системы управления центром догоспиатльной медицинской помощи // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах : материалы Всерос. молодежной научной школы. – Воронеж, 2017. – Ч. 1. – С. 47 – 51.

8. **Пашуева, И. М.** Моделирование подсистемы поддержки принятия оперативных управленческих решений в экстренном режиме работы центра скорой помощи / И. М. Пашуева, С. М. Пасмурнов, А. В. Бондарев // Интеллектуальные информационные системы : материалы конференции. – Воронеж. – 2017. – Ч. 2. – С. 63 – 67.

References

1. **Pashueva, I. M.** Opisanie i ocenka ehffektivnosti podsistemy podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij v usloviyah neopredelennosti s primeneniem matematicheskoj modeli na osnove ocenki riskov na primere raboty centra skoroj medicinskoj pomoshchi / I. M. Pashueva, S. M. Pasmurnov, A. V. Bondarev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2017. – V. 13. – Vyp. – 6. S.7 – 12.

2. **Pashueva, I. M.** Primenenie setej Petri v modelirovanii podsistemy upravleniya centrami bystrogo reagirovaniya / I. M. Pashueva, S. M. Pasmurnov // Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii : nauchno-tekhnicheskij zhurnal. – 2011. – № 4.1(46). – S. 162 – 166.

3. **Pashueva, I. M.** Modelirovanie raboty raspredelennoj seti sluzhb skoroj pomoshchi s ispol'zovaniem funkcii agregirovaniya / I. M. Pashueva // Fiziko-matematicheskoe modelirovanie system : materialy XIII Mezhdunar. seminara. – Voronezh, 2015. – Ch. 2. – S. 65 – 68.

4. **Pashueva, I. M.** Modelirovanie processov prinyatiya operativnyh upravlencheskih reshenij v sisteme upravleniya centrami sluzhb skoroj medicinskoj pomoshchi / I. M. Pashueva // Fiziko-matematicheskoe modelirovanie system : materialy XIII Mezhdunar. seminara. – Voronezh, 2015. – Ch. 2. – S. 69 – 73.

5. **Pashueva, I. M.** Imitacionnoj modelirovanie sistemy upravleniya centrami sluzhb skoroj medicinskoj pomoshchi s ispol'zovaniem mnogokriterial'nyh ocenok / I. M. Pashueva // Fiziko-matematicheskoe modelirovanie system : materialy XIII Mezhdunar. seminara. – Voronezh, 2015. – Ch. 2. – S. 74 – 78.

6. **Pashueva, I. M.** Modelirovanie funkcionirovaniya raspredelyonnoj seti centrov okazaniya skoroj medicinskoj pomoshchi s ispol'zovaniem sanaviacii / I. M. Pashueva, S. M. Pasmurnov // Fiziko-matematicheskoe modelirovanie system : materialy XIV Mezhdunar. seminara. – Voronezh, 2016. – Ch. 2. – S. 124 – 130.

7. **Pashueva, I. M.** Prinyatie operativnyh reshenij v ehkstrennom rezhime raboty sistemy upravleniya centrom dogospiatl'noj medicinskoj pomoshchi // Optimizaciya i modelirovanie v avtomatizirovannyh sistemah : materialy Vseros. molodezhnoj nauchnoj shkoly. – Voronezh, 2017. – Ch. 1. – S. 47 – 51.

8. **Pashueva, I. M.** Modelirovanie podsistemy podderzhki prinyatiya operativnyh upravlencheskih reshenij v ehkstrennom rezhime raboty centra skoroj pomoshchi / I. M. Pashueva, S. M. Pasmurnov, A. V. Bondarev // Intellektual'nye informacionnye sistemy : materialy konferencii. – Voronezh, 2017. – Ch. 2. – S. 63 – 677.

УДК 004.946

Ильин И. В., Белоусов А. А., Вехтева Н. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (8953) 1215754, e-mail: keliz@ yandex.ru)

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМАХ

Ilyin I. V., Belousov A. A., Vekhteva N. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (8953)1215754, e-mail: keliz@ yandex.ru)

APPROACHES TO MODELING VIRTUAL REALITY ON MOBILE PLATFORMS

Аннотация. Рассмотрена задача визуализации определенных исторических событий с помощью программ для трехмерного моделирования и использование трехмерных моделей в виртуальной реальности для мобильных устройств. Проведены исследования по оптимизации трехмерных моделей для мобильных устройств и непроизводительного оборудования.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, виртуальная реальность, низкополигональная трехмерная геометрия, мобильные платформы.

Abstract. The task of visualizing certain historical events with the help of programs for three-dimensional modeling and the use of three-dimensional models in virtual reality for mobile devices. Studies on the optimization of three-dimensional models for mobile devices and non-productive equipment were conducted.

Keywords: three-dimensional modeling, virtual reality, low-poly three-dimensional geometry, mobile platforms.

Виртуальная реальность – одна из новых и перспективных технологий на данный момент. Она способна передавать человеку через органы чувств различные, созданные техническими средствами, ощущения [1 – 5]. Эта технология уже не первый год находится на рынке и уже успела стать отдельной платформой. Для нее создается масса различных игр, симуляторов и программного обеспечения. В целях реализации данной технологии на мобильные устройства компанией Samsung в сотрудничестве с Oculus VR было создано такое устройство, как Samsung Gear VR.

В рамках данной статьи рассмотрим применение виртуальной реальности для решения задачи реконструкции исторических событий, происходящих на территории Тамбовской области в XVII веке, создания интерактивных сцен и визуализации процесса строительства Татарского вала, защиты его от набегов татар. Особым требованием было использование мобильных платформ для отображения виртуального пространства, что накладывает свои ограничения. В качестве такой платформы решено было выбрать Samsung Gear VR из-за доступности, распространенности, законченности аппаратного решения [6].

Выполнение поставленной задачи предусматривало исследование платформы и ее максимально возможные пределы производительности. В результате выбраны оптимальные параметры разрабатываемого программного обеспечения.

Комплект Gear VR включает шлем, главной частью которого служит обычный смартфон. В силу слабой производительности большей части смартфонов были установлены ограничения по количеству полигонов на сцене и в трехмерной сетке. Так, например, на одну сцену можно использовать не более 20 тысяч треугольных плоскостей и не больше 30 костей на одного персонажа, итого в среднем около 1500 треугольников на одну модель.

Исходя из существующих технических ограничений, было выбрано программное обеспечение, которое позволило выполнить поставленную задачу. В качестве среды разработки был выбран Unity3D, а в качестве инструмента для создания трехмерных моделей – Blender3D [3, 5]. Причиной выбора Unity3D в целях решения данной задачи была простота интеграции библиотек OVR SDK, реализующих возможность разработки приложений для Gear VR. Blender3D в свою очередь обладает большим количеством инструментов для создания трехмерной геометрии, анимации и риггинга. Финальным и окончательным аргументом использования данных сред стало их удобство визуального интерфейса и условная бесплатность обоих программ [4].

Одной из основных задач является наполнение сцены различными объектами для придания целостности виртуального мира. К ним относятся множество декоративных предметов: жилища данного временного периода, предметы быта и элементы природного ландшафта. Реконструкция предусматривает поиск и изучение информации из исторических источников о данном временном периоде. Рассмотрим процесс моделирования пушки для сцены сражения в качестве примера.

Первый этап в создании модели – это поиск информации о данном объекте, фотографий или сохранившихся экземпляров в музеях (рис. 1).

Рис. 1. Экспонат Лысогорского краеведческого музея

Второй этап – это создание низкополигональной сетки или low-poly данного экспоната (рис. 2). Как правило, такие модели используются для создания развертки и как заготовка для скульптурного моделирования высокополигональной модели. Из-за технических ограничений платформы эта версия модели будет основной. Уже поверх нее будет осуществляться рельефное текстурирование и настройка освещения.

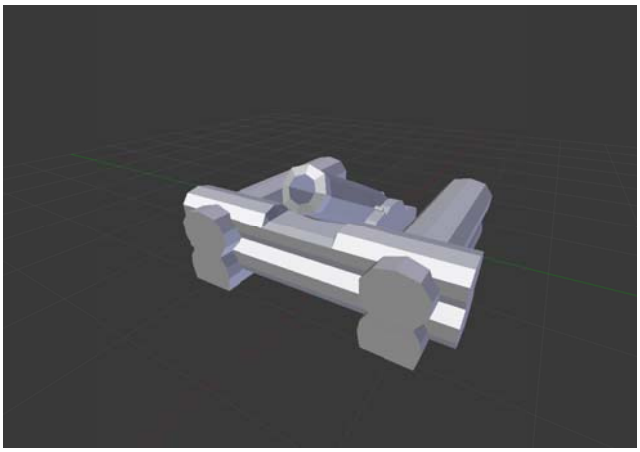


Рис. 2. Низкополигональная модель

Этап развертки – сложный и важный процесс, так как от него зависит, как быстро будут накладываться текстуры и насколько процесс текстурирования будет удобным.

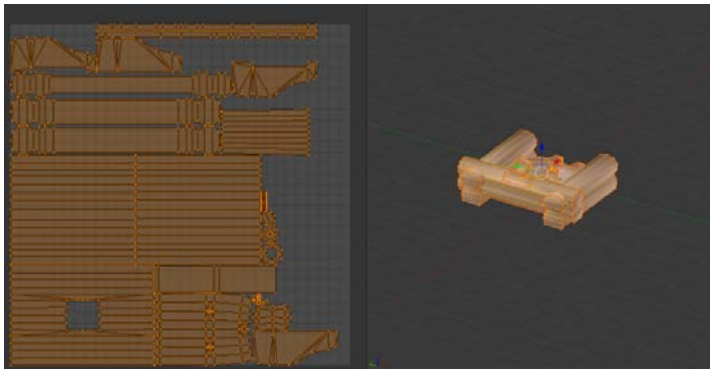


Рис. 3. Готовая развертка low-poly

Следующий этап – это создание высокополигональной модели из низкополигональной путем скульптурного моделирования (рис. 4) для создания рельефа модели. Этот этап может занимать большое количество времени, так как процесс требует от моделирующего большой внимательности и концентрации.

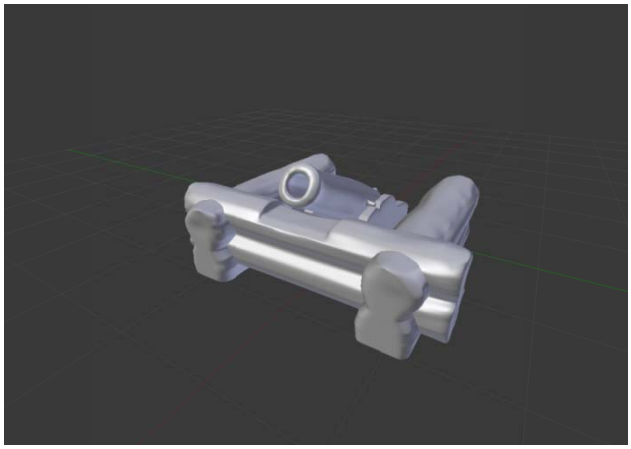


Рис. 4. Промежуточный вариант скульптурного моделирования

После завершения этого этапа наступает процесс текстурирования модели. Для этого заранее созданная высокополигональная модель отображается на низкополигональную для получения карт рельефа. Карты нормали и рельефные карты компенсируют малое количество полигонов и недостаток в детализации объекта (рис. 5). Применение данных текстур является одним из основных способов оптимизации моделей под маломощные платформы.

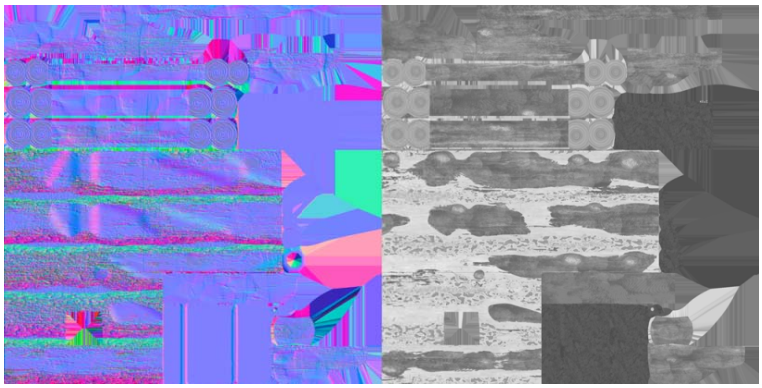


Рис. 5. Карты нормалей и рельефа

После получения текстур рельефа формируется текстура, передающая цвет модели. Для ее создания используются наборы текстур, которые или фотографируется и обрабатываются в сторонних редакторах, или рисуются художниками, или используются уже готовые наборы. Затем с помощью материалов и развертки назначаются текстуры. Таким образом формируется основная текстура (рис. 6).

Рис. 6. Основная текстура

Рис. 7. Финальная версия модели

После настройки всех текстур и освещения на сцене получаем итоговую версию модели (рис. 7).

Таким образом, в данной статье рассмотрены общие этапы создания и текстурирования моделей для слабых платформ, в том числе мобильных с учетом специфических ограничений, вызванных недостаточной производительностью данных платформ. Дальнейшие исследования будут связаны с разработкой математического [7] и алгоритмического [8, 9] обеспечения процессов моделирования виртуального окружения.

Работа выполнена на базе центра коллективного пользования «Цифровое машиностроение».

Список использованных источников

1. **Dedov, D. L.** Design and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – P. 10415 – 10422.

2. **Краснянский, М. Н.** Разработка адаптивных тренажерных систем профессионального назначения для моделирования процесса распространения пожаров / М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, А. Е. Архипов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use. / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – P. 022075.

4. **Краснянский, М. Н.** Автоматизированная информационная система обучения персонала промышленных предприятий на основе виртуальных тренажерных комплексов / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов, А. А. Руднев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 11. – С. 86 – 94.

5. **Краснянский, М. Н.** Обучение операторов нефтехимических производств с применением компьютерных тренажеров / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2011. – № 11. – С. 50 – 56.

6. **Дедов, Д. Л.** Разработка программного и методического обеспечения виртуального тренажерного комплекса / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев, М. В. Ионов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2. – С. 60 – 65.

7. **Krasnyanskiy, M. N.** Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin, A. D. Obukhov // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V. 12. – № 3. – P. 2395 – 2409.

8. **Krasnyanskiy, M. N.** Algorithm for Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin // Journal of Applied Sciences. – 2016. – V. 16. – № 7. – S. 332.

9. **Krasnyanskiy, M. N.** Formalization of document management using multilevel graph model of information processing / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, E. M. Solomatina, V. I. Skvortsov, V. A. Khvorov // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 413 – 420.

References

1. **Dedov, D. L.** Design and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – P. 10415 – 10422.

2. **Krasnyanskij, M. N.** Razrabotka adaptivnyh trenazhernyh sistem professional'nogo naznacheniya dlya modelirovaniya processa rasprostraneniya pozharov / M. N. Krasnyanskij, D. L. Dedov, A. D. Obuhov, A. E. Arhipov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2017. – № 3(65). – P. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – P. 022075.

4. **Krasnyanskij, M. N.** Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema obucheniya personala promyshlennyh predpriyatij na osnove virtual'nyh trenazhernyh kompleksov / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov, A. A. Rudnev // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2013. – № 11. – P. 86 – 94.

5. **Krasnyanskij, M. N.** Obuchenie operatorov neftekhimicheskih proizvodstv s primeneniem komp'yuternyh / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov // Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti. – 2011. – № 11. – P. 50 – 56.

6. **Dedov, D. L.** Razrabotka programmnogo i metodicheskogo obespecheniya virtual'nogo trenazhernogo kompleksa / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskij, A. A. Rudnev, M. V. Ionov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 2. – P. 60 – 65.

7. **Krasnyanskiy, M. N.** Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. V. Ostroukh, A., S. V. Karpushkin, A. D. Obukhov // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V. 12, № 3. – P. 2395 – 2409.

8. **Krasnyanskiy, M. N.** Algorithm for Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin // Journal of Applied Sciences. – 2016. – V. 16. – № 7. – P. 332.

9. **Krasnyanskiy, M. N.** Formalization of document management using multilevel graph model of information processing / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, E. M. Solomatina, V. I. Skvortsov, V. A. Khvorov // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 413 – 420.

УДК 004.946

Чеботов Н. А., Ильин И. В., Волков А. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. 89156775770, e-mail: chobotov@bk.ru)

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ UNITY

Chebotov N. A., Ilyin I. V., Volkov A. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel.89156775770, e-mail: chobotov@bk.ru)

APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF SIMULATORS WITH THE USE OF UNITY

Аннотация. Тренажерные комплексы стали неотъемлемой частью рабочего процесса в различных областях человеческой деятельности, позволяя вывести процесс обучения на новый уровень реалистичности за счет погружения обучаемых в различные внештатные ситуации. Такие тренировки являются не только экономически выгодными, но и высокоэффективными за счет использования качественной 3D-визуализации для повышения реалистичности обстановки и получения эффекта присутствия. В данной статье рассматривается подход к разработке тренажерных комплексов с использованием среды разработки Unity. Разработка подобных тренажеров является достаточно сложным процессом, который требует наличия определенных знаний и навыков у разработчиков.

Ключевые слова: Unity, проектирование, информационные технологии, программный комплекс, визуализация, тренажерный комплекс.

Abstract. Due to the rapid development of scientific and technological progress, training complexes have become an integral part of the working process. Training complexes allow immersing specialists of different fields in different emergency situations. Such training is not only cost-effective, but also highly effective. 3D-visualization allows you to immerse a person in a realistic environment and achieve the effect of presence. Training complexes are intended for training or professional development of specialists, are used for obtaining new skills. The development of such simulators is a complex process that requires certain knowledge and skills.

Keywords: Unity, design, information technology, software complex, visualization, training complex, software.

Тренажерный комплекс представляет собой совокупность аппаратного (мониторов, очков виртуальной или дополненной реальности) и программного обеспечения (интерактивная трехмерная модель виртуального мира с возможностью моделирования приближенного рабочего процесса) [1]. Обычно в тренажерных комплексах поддерживаются два режима работы: аварийный и штатный. Штатный режим служит для обучения регламенту рабочего процесса, аварийный – создан для обучения правилам действий при возникновении внештатных ситуаций [2 – 4].

Широкое распространение тренажерных комплексов обусловлено их относительной доступностью – в настоящее время достаточно производительные компьютеры, способные поддерживать программное обеспечение тренажерных комплексов на основе виртуальной реальности, стали намного доступнее и, следовательно, использование

таких комплексов для обучения персонала становится все более экономически выгодным [5]. Также с каждым годом появляется все больше сред разработки, упрощающих процесс проектирования таких тренажеров для различных отраслей, улучшается их качество, детализация виртуального мира. Тренажерные комплексы позволяют создавать для испытуемой ситуации различной степени опасности, при этом сам испытуемый опасности не подвергается [6, 7].

Общая структура тренажерного комплекса представлена на рис. 1.

Рис. 1. Структура тренажера

Таким образом, тренажерный комплекс включает следующие компоненты [5]:

• Интерфейс оператора. Интерфейс оператора позволяет обучающемуся взаимодействовать с виртуальным миром, органами управления способами, аналогичными используемым в реальном мире или процессе.

• Интерфейс инструктора. Интерфейс инструктора позволяет управлять работой тренажера, выбирать и изменять сценарии тренировок, добавлять различные факторы в сценарии (для моделирования внештатных ситуаций).

• Модель процесса. Формализованное представление в виде математической модели взаимодействия компонентов и систем моделируемого процесса. В зависимости от степени схожести модели с реальной ситуацией или объектом зависит качество получаемых навыков.

• Моделирующий компьютер. Моделирующий компьютер связан с интерфейсом оператора через систему ввода-вывода (монитор, очки виртуальной или дополненной реальности и т.д.).

• Дополнительное периферийное оборудование. Дополнительное периферийное оборудование может включать в себя любое оборудование, необходимое для повышения реалистичности моделируемой окружающей обстановки (контроллеры, перчатки виртуальной реальности, беговые дорожки и т.д.).

Рассмотрим общий алгоритм разработки тренажерных комплексов (рис. 2) [8 – 10].

Важнейшим этапом в разработке тренажерного комплекса является грамотно составленное техническое задание, которое предоставляет предприятие или заказчик. Техническое задание (ТЗ) позволяет получить продукт, рассчитанный именно под определенные нужды производства, снизить вероятность архитектурных ошибок и последующих издержек.

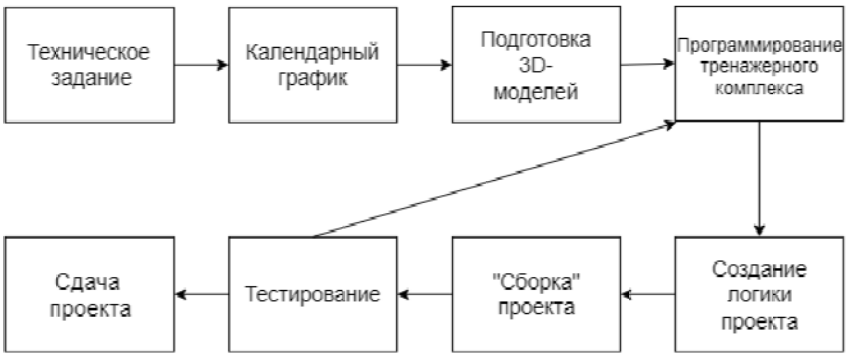


Рис. 2. Алгоритм разработки программных комплексов

Отметим, что на этапе составления ТЗ могут проявиться такие проблемы, как:

- Отсутствие специалистов в моделируемой области.
- Короткие сроки разработки тренажера.
- Некомпетентность заказчика в виде неправильных расчетов параметров тренажерного комплекса и требований к нему.

На этапе формирования календарного графика определяются сроки на разработку тренажерного комплекса и выдачу конечного проекта.

После этого осуществляется 3D-моделирование, включая создание трехмерных моделей, текстурирование, риггинг (процесс подготовки персонажа к анимации) и создание анимаций.

Далее группой разработчиков определяется логика проекта. На этом же этапе разрабатывается необходимое программное обеспечение в виде пакетов и библиотек программного кода, ответственного за определенные задачи: управление, UI (пользовательский интерфейс), воспроизведение анимации 3D-объектов, воспроизведение звуков, интерактивность, создание различных тренировочных сценариев, AI (искусственного интеллекта).

Также на этапе программирования для реализации тренажерного комплекса используется свободно-распространяемый игровой движок Unity. Данный движок поставляется с функциональной средой разработки (рис. 3). Unity позволяет создавать игровые сцены и полностью их настраивать. Так как движок является кросс-платформенным, это дает возможность создавать тренажерные и развлекательные комплексы для различных устройств и платформ. Unity поддерживает платформы начиная от мобильных и заканчивая новейшими игровыми консолями и Web. Данный движок поддерживает большинство форматов 3D-моделей. Сцену можно сразу же запускать в игровом движке и проверять на работоспособность, что позволяет моментально исправлять ошибки в проекте. Unity имеет свой собственный магазин AssetStore, включающий тысячи готовых компонентов, моделей, библиотек, что позволяет сократить время на разработку типовых элементов.

После реализации основных подсистем тренажерного комплекса начинается этап «сборки» проекта из Unity в самостоятельное приложение.

Затем проводится множественное тестирование финальной версии приложения для поиска ошибок и их устранения на различных устройствах. Найденные ошибки исправляются с повторением этапов «программирование–сборка–тестирование». Процесс разработки заканчивается сдачей полностью исправного проекта заказчику.

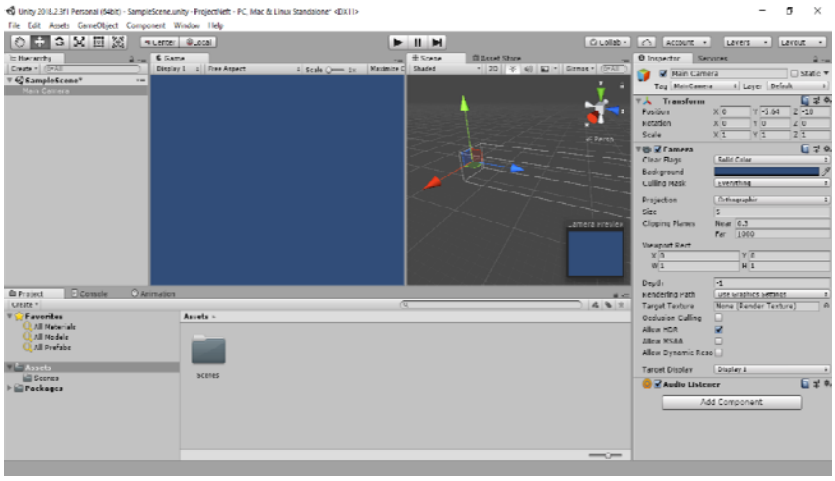


Рис. 3. Рабочее окно Unity

Таким образом, мы рассмотрели общий подход к разработке тренажерных комплексов. Управление в современных тренажерах может быть основано на различном оборудовании: очках виртуальной реальности (VR) и джойстиках управления: OculusRift, HTCVive, SamsungGearVR, PlayStationVR, перчатках или костюмах виртуальной реальности. Также простейшие тренажеры используют обычные мониторы для отображения виртуального пространства.

Итак, использование компьютерных тренажеров для обучения персонала показывает положительный опыт, к основным компонентам которого можно отнести:

- Обучаемые более заинтересованы в изучении нового материала.
- Качество подготовки специалистов повышается за счет использования передовых технологий.
- Компьютерные тренажерные комплексы экономически выгодны при обучении персонала в отраслях, работа в которых связана с угрозой человеческой жизни и здоровью.
- Программное обеспечение тренажеров позволяет объективно оценить знания и навыки обучаемого, провести анализ большого объема данных.

Однако, несмотря на перечисленные достоинства, разработка и внедрение тренажерных комплексов остается достаточно дорогостоящим процессом, требующим стандартизации, анализа, индивидуального подхода. Поэтому актуальной задачей является изучение протекающих в этой области процессов в целях разработки универсальных подходов к разработке тренажеров, определению максимально эффективных параметров их структуры.

Работа выполнена на базе центра коллективного пользования «Цифровое машиностроение».

Список использованных источников

1. **Трухин, А. В.** Анализ существующих в РФ тренажерно-обучающих систем / А. В. Трухин // Открытое и дистанционное образование . – 2008. – № 1. – С. 32 – 39.

2. **Краснянский, М. Н.** Разработка адаптивных тренажерных систем профессионального назначения для моделирования процесса распространения пожаров /

М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, А. Е. Архипов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – P. 022075.

4. **Краснянский, М. Н.** Автоматизированная информационная система обучения персонала промышленных предприятий на основе виртуальных тренажерных комплексов / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов, А. А. Руднев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 11. – С. 86 – 94.

5. **Краснянский, М. Н.** Обучение операторов нефтехимических производств с применением компьютерных тренажеров / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2011. – № 11. – С. 50 – 56.

6. **Дедов, Д. Л.** Разработка программного и методического обеспечения виртуального тренажерного комплекса / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев, М. В. Ионов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2. – С. 60 – 65.

7. **Karpov, S. V.** Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebov, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – С. 231 – 239.

8. **Krasnyanskiy, M. N.** Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin, A. D. Obukhov // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V. 12, № 3. – P. 2395 – 2409.

9. **Krasnyanskiy, M. N.** Algorithm for Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin // Journal of Applied Sciences. – 2016. – V. 16, № 7. – P. 332.

10. **Krasnyanskiy, M. N.** Formalization of document management using multilevel graph model of information processing / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, E. M. Solomatina, V. I. Skvortsov, V. A. Khvorov // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 413 – 420.

References

1. **Trukhin, A. V.** Analiz sushestvuyushih v RF trenajorno-obuchaushih sistem / A. V. Trukhin // Otkritoe i distancionnoe obrazovanie. – 2008. – № 1. – С. 32 – 39.

2. **Krasnyanskij, M. N.** Razrabotka adaptivnyh trenazhernyh sistem professional'nogo naznacheniya dlya modelirovaniya processa rasprostraneniya pozharov / M. N. Krasnyanskij, D. L. Dedov, A. D. Obuhov, A. E. Arhipov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2017. – № 3(65). – S. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP

Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – P. 022075.

4. **Krasnyanskij, M. N.** Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema obucheniya personala promyshlennyh predpriyatij na osnove virtual'nyh trenazhernyh kompleksov / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov, A. A. Rudnev // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2013. – № 11. – S. 86 – 94.

5. **Krasnyanskij, M. N.** Obuchenie operatorov neftekhimicheskih proizvodstv s primeneniem komp'yuternyh / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov // Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti. – 2011. – № 11. – S. 50 – 56.

6. **Dedov, D. L.** Razrabotka programmnogo i metodicheskogo obespecheniya virtual'nogo trenazhernogo kompleksa / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskij, A. A. Rudnev, M. V. Ionov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 2. – S. 60 – 65.

7. **Karpov, S. V.** Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebov, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – P. 231 – 239.

8. **Krasnyanskiy, M. N.** Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin, A. D. Obukhov // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V. 12, № 3. – C. 2395 – 2409.

9. **Krasnyanskiy, M. N.** Algorithm for Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin // Journal of Applied Sciences. – 2016. – T. 16, № 7. – C. 332.

10. **Krasnyanskiy, M. N.** Formalization of document management using multilevel graph model of information processing / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, E. M. Solomatina, V. I. Skvortsov, V. A. Khvorov // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 413 – 420.

УДК 004.946

Белоусов А. А., Иванов М. А., Ильин И. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. +79005190851, e-mail: evergames68@gmail.com)

MR-ТЕХНОЛОГИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОЙ, МЕДИЦИНСКОЙ И ВОЕННОЙ ОТРАСЛЯХ

Belousov A. A., Ivanov M. A., Ilyin I. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. +79005190851, e-mail: evergames68@gmail.com)

MR TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION IN INDUSTRIAL, MEDICAL AND MILITARY SECTORS

Аннотация. Рассмотрены ключевые особенности технологии MR, а также возможности применения данной технологии в промышленности, медицине, обучении персонала и военной отрасли.

Ключевые слова: смешанная реальность, инженерия, медицина, обучение персонала, военная отрасль.

Abstract. The main features of the MR technology, as well as the possibilities of using this technology in engineering, medicine, personnel training, and military industry are considered.

Keywords: mixed reality, engineering, medicine, personnel training, military industry.

Трендом современного общества является повсеместное проникновение технологий виртуальной и дополненной реальности для решения разноплановых задач в области инженерии, медицины, промышленности и обучения персонала. В рамках данной статьи рассмотрим результат размещения виртуальных объектов в пространстве относительно реальных объектов и последующего наложения их на реальный мир – смешанную реальность (Mixed Reality, MR) [1, 2].

В MR виртуальные объекты могут быть привязаны к конкретному объекту или к положению в пространстве, реагировать на изменения, происходящие в реальном мире и на основе этих изменений менять свое положение в пространстве. Пользователь устройства с такой технологией также имеет возможность сам перемещать и изменять виртуальные объекты [3].

Примером устройств, предоставляющим возможности технологий MR, являются очки HoloLens. Это устройство способно сканировать окружение для дальнейшего использования пользователем, например, для расстановки на отсканированном окружении каких-либо объектов [4]. Устройства с технологией MR активно внедряются в различные области человеческой деятельности, несмотря на их достаточно высокую стоимость и низкую производительность.

В инженерной отрасли технология MR используется для построения трехмерных моделей различных механизмов, зданий, транспорта (как в натуральную величину, так и в масштабе), симуляции физики созданных моделей и т.д. [5 – 8]. Это заметно облегчает работу с объектами и позволяет не создавать реальных моделей объектов в натуральную величину (рис. 1).

Рис. 1. Использование MR в инженерии

В медицине MR используется для изучения трехмерных моделей полного строения человека, его внутренних органов, а также просмотра изображений сканирования внутренних органов человека, например МРТ или КТ, не отвлекаясь от операционного стола [1]. Эта технология позволяет накладывать трехмерные снимки органов прямо на пациента (рис. 2), позволяя точнее и быстрее оперировать пациентов, при этом уменьшается риск провала операции.

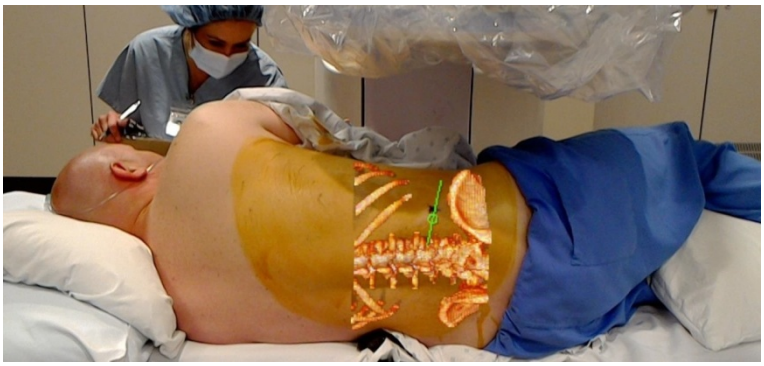


Рис. 2. Использование MR в медицине

MR используется в сфере обучения для подготовки специалистов разных специальностей, например, таких, как медики, инженеры и т.д. С помощью тренажеров производится подготовка стоматологов и хирургов, разработаны виртуальные анатомические атласы, в которых содержатся трехмерные модели органов и тканей человека в здоровом и патологическом развитии. Подобные тренажерные комплексы позволяют врачам оперативно усваивать новые знания и применять их на практике и существенно снизить риски врачебных ошибок [4, 9, 10].

Дополненная реальность имеет большое значение при обучении персонала промышленных предприятий, например в горнодобывающей, химической, металлургической отраслях.

В военной отрасли технология Смешанной Реальности может использоваться на поле боя для отображения союзных единиц, задач, количества боеприпасов в умных

винтовках. Можно использовать MR и для тренировки солдат. Командиры могут просматривать трехмерную карту поля боя со всеми боевыми единицами в реальном времени.

Также MR-технологию можно совмещать с различным оборудованием, например, для вывода данных о показателях техники прямо на экран MR-устройства.

Перспективными выглядят исследования, связанные с интеграцией MR-технологий (например, HoloLens) с костюмами или перчатками виртуальной реальности, позволяющими отслеживать движения пользователя в режиме реального времени. Подобные интерфейсы взаимодействия позволяют значительно расширить и улучшить пользовательский опыт, расширить возможности по взаимодействию с объектами дополненной реальности [6].

В настоящее время технология MR только начинает распространяться, имеет ряд минусов, среди которых дороговизна, малая производительность коммерческих решений. Также из-за несовместимости платформы HoloLens – Universal Windows Platform (UWP) – с ОС Windows невозможно полноценно использовать некоторые функции из последней. Из-за этого создается необходимость адаптации приложения под UWP [8 – 10]. Однако преимущества от использования подобных технологий значительны: возможность моделирования трудноосуществимых и дорогостоящих процессов, обучение персонала в штатных и аварийных ситуациях, интерактивное взаимодействие с дополненной реальностью без отрыва от реального окружения.

Работа выполнена на базе центра коллективного пользования «Цифровое машиностроение».

Список использованных источников

1. **Dedov, D. L.** Design and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – P. 10415 – 10422.

2. **Краснянский, М. Н.** Разработка адаптивных тренажерных систем профессионального назначения для моделирования процесса распространения пожаров / М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, А. Е. Архипов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use. / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – P. 022075.

4. **Краснянский, М. Н.** Автоматизированная информационная система обучения персонала промышленных предприятий на основе виртуальных тренажерных комплексов / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов, А. А. Руднев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 11. – С. 86 – 94.

5. **Краснянский, М. Н.** Обучение операторов нефтехимических производств с применением компьютерных тренажеров / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2011. – № 11. – С. 50 – 56.

6. **Дедов, Д. Л.** Разработка программного и методического обеспечения виртуального тренажерного комплекса / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев, М. В. Ионов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2. – С. 60 – 65.

7. **Karpov, S. V.** Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebo, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – P. 231 – 239.

8. **Krasnyanskiy, M. N.** Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin, A. D. Obukhov // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V. 12, № 3. – P. 2395 – 2409.

9. **Krasnyanskiy, M. N.** Algorithm for Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin // Journal of Applied Sciences. – 2016. – V. 16, № 7. – P. 332.

10. **Krasnyanskiy, M. N.** Formalization of document management using multilevel graph model of information processing / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, E. M. Solomatina, V. I. Skvortsov, V. A. Khvorov // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 413 – 420.

References

1. **Dedov, D. L.** Design and development of adaptive simulators using 3D-modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – P. 10415 – 10422.

2. **Krasnyanskij, M. N.** Razrabotka adaptivnyh trenazhernyh sistem professional'nogo naznacheniya dlya modelirovaniya processa rasprostraneniya pozharov / M. N. Krasnyanskij, D. L. Dedov, A. D. Obuhov, A. E. Arhipov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2017. – № 3(65). – S. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – P. 022075.

4. **Krasnyanskij, M. N.** Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema obucheniya personala promyshlennyh predpriyatij na osnove virtual'nyh trenazhernyh kompleksov / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov, A. A. Rudnev // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2013. – № 11. – S. 86 – 94.

5. **Krasnyanskij, M. N.** Obuchenie operatorov neftekhimicheskih proizvodstv s primeneniem komp'yuternyh / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov // Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti. – 2011. – № 11. – S. 50 – 56.

6. **Dedov, D. L.** Razrabotka programmnogo i metodicheskogo obespecheniya virtual'nogo trenazhernogo kompleksa / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskij, A. A. Rudnev,

M. V. Ionov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 2. – S. 60 – 65.

7. **Karpov, S. V.** Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebo, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – P. 231 – 239.

8. **Krasnyanskiy, M. N.** Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin, A. D. Obukhov // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V. 12, № 3. – P. 2395 – 2409.

9. **Krasnyanskiy, M. N.** Algorithm for Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin // Journal of Applied Sciences. – 2016. – V. 16, № 7. – P. 332.

10. **Krasnyanskiy, M. N.** Formalization of document management using multilevel graph model of information processing / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, E. M. Solomatina, V. I. Skvortsov, V. A. Khvorov // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 413 – 420.

УДК 004.946

Иванов М. А., Чеботов Н. А., Белоусов А. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. 79606626860, e-mail: makcimbx@gmail.com)

СРАВНЕНИЕ VR, AR и MR-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Ivanov M. A., Chebotov N. A., Belousov A. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. 79606626860, e-mail: makcimbx@gmail.com)

COMPARING VR, AR AND MR TECHNOLOGIES FOR SOLVING THE VISUALIZATION PROBLEM

Аннотация. Исследована ключевая разница между VR-, AR- и MR-технологиями, а также рассмотрены особенности продуктов, в которых эти технологии присутствуют, их применение в разных сферах жизнедеятельности человека.

Ключевые слова: дополненная реальность, смешанная реальность, виртуальная реальность, особенности технологий, визуализация.

Abstract. The key difference between VR, AR and MR technologies was investigated, and the features of the products in which these technologies are present, their application in various spheres of human activity were considered.

Keywords: augmented reality, mixed reality, virtual reality, technology features, visualization.

Современные информационные технологии уже прочно вошли в жизнь людей и с каждым годом их позиция закрепляется все сильнее и сильнее. Для многих они уже стали неотъемлемой частью жизни [1 – 4].

В данной статье рассматривается сравнение актуальных и стремительно развивающихся технологий виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной (MR) реальностей, их применение и особенности.

Под термином VR принято понимать искусственно созданный с помощью компьютерных технологий мир, который воспринимается человеком как настоящий. Ощущения могут передаваться с помощью органов зрения, слуха, осязания, обоняния и т.д. Свое основное применение эта технология находит в области развлечений и игр. Конечно, текущего развития технологий все еще недостаточно для создания полноценного виртуального мира, но учитывая, что качество этих миров чаще всего ограничивают именно процессорная и графическая части компьютера, к которому подключено устройство виртуальной реальности, то скорость развития в данном направлении будет расти с каждым годом. В данный момент для использования технологий виртуальной реальности достаточно приобретения соответствующего оборудования (шлема или очков виртуальной реальности). Подобные устройства становятся все доступнее для покупателя, однако в большинстве своем имеют ряд недостатков: низкое разрешение экрана, несовершенство контроллеров, эффект морской болезни при перемещении, быстрая утомляемость и т.д.

Виртуальная реальность используется во многих отраслях современной экономики и промышленности, например при разработке тренажерных комплексов, интерактивных игр, обучения персонала, проведения презентаций, лечении психологических заболеваний и т.д. И с каждым годом спектр задач, решаемых с их помощью, постоянно растет [5, 6].

Итак, если в продуктах виртуальной реальности пользователи взаимодействуют лишь с виртуальным миром, то дополненная и смешанная реальности включают в себя еще и реальный. Также большинство устройств, использующих данные технологии, полностью автономны и не требуют подключения к компьютеру или другому устройству. Ключевое отличие между VR и AR/MR отражено на рис. 1.

Рис. 1. Отличие между VR и AR/MR

Дополненная реальность не меняет окружение человека, а лишь привносит в него искусственные элементы, вроде информации о погоде или всплывающего перед глазами уведомления о получении нового электронного сообщения. Ключевой момент и главное отличие от смешанной реальности заключаются в том, что цифровой контент не прикреплен к пространству. Такую реальность можно увидеть, надев, например, Google Glass. Также дополненная реальность получила широкое распространение в различных приложениях и играх на мобильных платформах (ARKit, ARCore) благодаря наличию на них камер и достаточно мощного оборудования для визуализации элементов дополненной реальности в реальном времени.

Дополненная реальность используется для решения следующих задач:

- интерактивная навигация;
- визуальный поиск;
- распознавание объектов (туризм, музей, галерея и т.д.);
- обработка фото и видео с добавлением трехмерных объектов и эффектов;
- предоставление пошаговых инструкций для реализации конкретных задач;
- электронная торговля и реклама.

В случае смешанной реальности можно говорить о взаимодействии и сосуществовании реальных и виртуальных объектов [7]. Сама по себе смешанная реальность – это окружение, которое создано с привязкой к положению в реальном мире. В данном слу-

чае в мир добавляются виртуальные объекты, которые прикреплены к своему месту в пространстве для того, чтобы пользователь воспринимал их как реальные. Например, создание окна на стене с видом на море – смешанная реальность. Обставленная как виртуальной, так и реальной мебелью комната, и обходящий как реальные, так и виртуальные препятствия ИИ – это тоже смешанная реальность. Суть технологии состоит с том, чтобы привнести виртуальные объекты, выглядящие максимально правдоподобно, в реальный мир. Максимизация правдоподобности и возможность взаимодействия с виртуальным объектом, «живущим» в реальном мире, – ключевые моменты в смешанной реальности. Эта технология открывает огромные возможности в самых различных сферах применения, но чаще всего затрагивает именно корпоративный сектор, так как она позволяет существенно увеличить возможности компании и эффективность работы сотрудников.

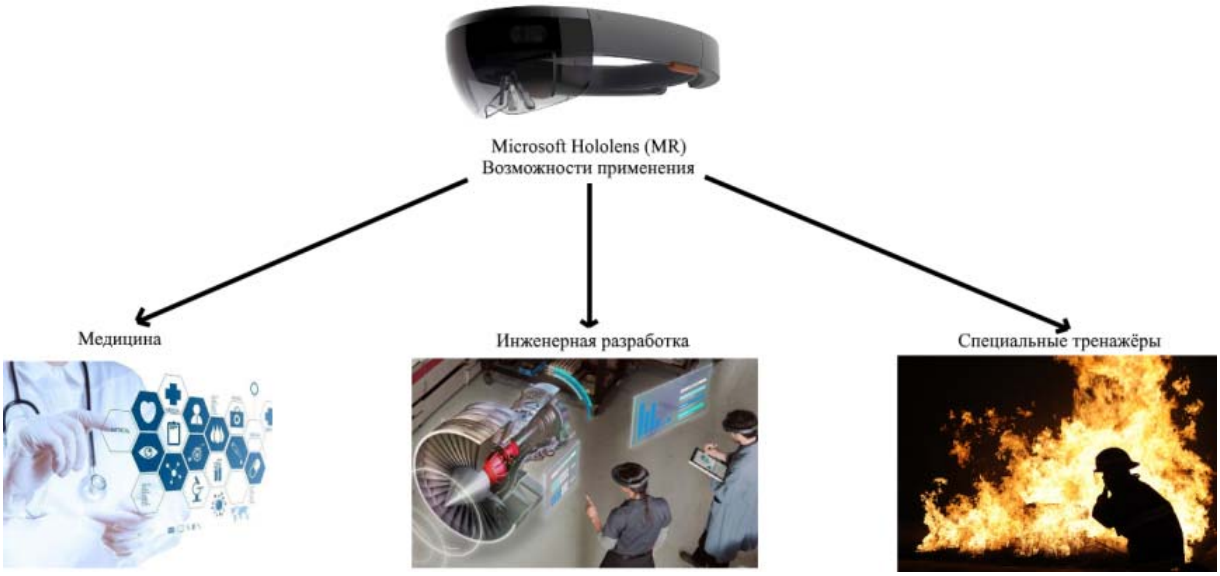


Рис. 2. Применение MR

Одним из примеров устройств смешанной реальности является HoloLens. Высокая стоимость и ориентация на разработчиков, а не конечного пользователя не позволила им получить широкое распространение, однако в области проведения научных исследований и разработке тренажерных комплексов они нашли свое применение. На основе данных очков разрабатываются специализированные решения для различных областей применения: медицины, космической и транспортной сферы, промышленности и т.д.

Смешанная реальность позволяет также значительно повышать интерактивность и реалистичность статических макетов и моделей (плакаты, стенды, афиши и т.д.) за счет наложения трехмерных моделей, визуальных эффектов, анимации. В качестве примера можно использовать применение технологии Vuforia совместно с очками HoloLens, что позволило наполнить стенд интерактивными деревьями, техникой, людьми и погодными эффектами (рис. 3). Для точного позиционирования трехмерной сцены дополненной реальности используется уникальная текстура, расположенная чуть ниже поверхности сцены и совмещаемая с реальным миром посредством метки, имеющей аналогичный рисунок.

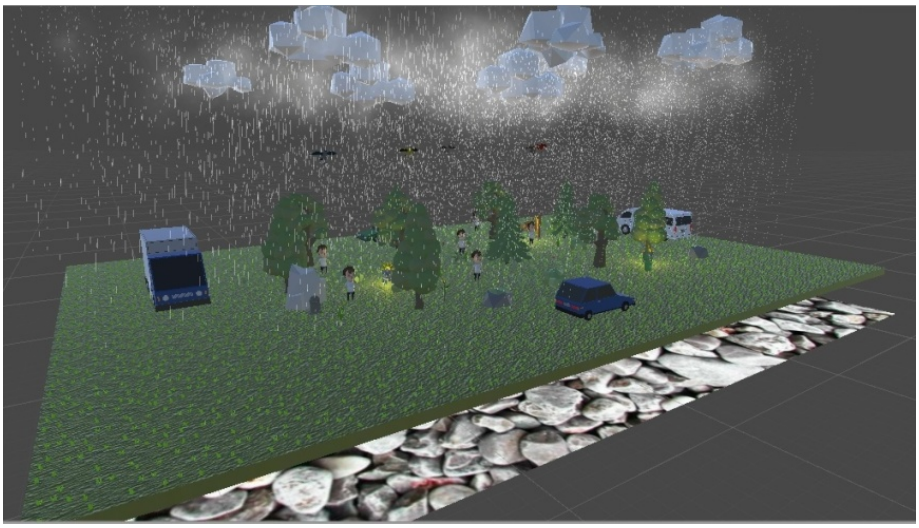


Рис. 3. Использование MR в интерактивных стендах

Таким образом, был проведен сравнительный анализ современных технологий дополненной, виртуальной и смешанной реальности, выделен ряд задач, решаемых с помощью данных технологий, а также конкретные примеры устройств, реализующих перечисленные технологии. Дальнейшие исследования будут связаны с разработкой математического и алгоритмического обеспечения [8 – 10] для комплексных систем на основе дополненной и смешанной реальности.

Работа выполнена на базе центра коллективного пользования «Цифровое машиностроение».

Список использованных источников

1. **Dedov, D. L.** Design and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – P. 10415 – 10422.

2. **Краснянский, М. Н.** Разработка адаптивных тренажерных систем профессионального назначения для моделирования процесса распространения пожаров // М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, А. Е. Архипов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327. – № 2. – P. 022075.

4. **Краснянский, М. Н.** Автоматизированная информационная система обучения персонала промышленных предприятий на основе виртуальных тренажерных комплексов / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов, А. А. Руднев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 11. – С. 86 – 94.

5. **Краснянский, М. Н.** Обучение операторов нефтехимических производств с применением компьютерных тренажеров / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2011. – № 11. – С. 50 – 56.

6. **Дедов, Д. Л.** Разработка программного и методического обеспечения виртуального тренажерного комплекса / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев, М. В. Ионов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2. – С. 60 – 65.

7. **Karpov, S. V.** Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebov, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – P. 231 – 239.

8. **Krasnyanskiy, M. N.** Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin, A. D. Obukhov // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V. 12, № 3. – P. 2395 – 2409.

9. **Krasnyanskiy, M. N.** Algorithm for Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin // Journal of Applied Sciences. – 2016. – V. 16, № 7. – P. 332.

10. **Krasnyanskiy, M. N.** Formalization of document management using multilevel graph model of information processing / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, E. M. Solomatina, V. I. Skvortsov, V. A. Khvorov // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 413 – 420.

References

1. **Dedov, D. L.** Design and development of adaptive simulators using 3D modeling / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. E. Arkhipov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, № 20. – P. 10415 – 10422.

2. **Krasnyanskij, M. N.** Razrabotka adaptivnyh trenazhernyh sistem professional'nogo naznacheniya dlya modelirovaniya processa rasprostraneniya pozharov / M. N. Krasnyanskij, D. L. Dedov, A. D. Obuhov, A. E. Arhipov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2017. – № 3(65). – S. 149 – 155.

3. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – S. 022075.

4. **Krasnyanskij, M. N.** Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema obucheniya personala promyshlennyh predpriyatij na osnove virtual'nyh trenazhernyh kompleksov / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov, A. A. Rudnev //Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2013. – № 11. – S. 86 – 94.

5. **Krasnyanskij, M. N.** Obuchenie operatorov neftekhimicheskih proizvodstv s primeneniem komp'yuternyh / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov // Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti. – 2011. – № 11. – S. 50 – 56.

6. **Dedov, D. L.** Razrabotka programmnogo i metodicheskogo obespecheniya virtual'nogo trenazhernogo kompleksa / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskij, A. A. Rudnev, M. V. Ionov //Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 2. – S. 60 – 65.

7. **Karpov, S. V.** Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebov, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – P. 231 – 239.

8. **Krasnyanskiy, M. N.** Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin, A. D. Obukhov // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V. 12, № 3. – P. 2395 – 2409.

9. **Krasnyanskiy, M. N.** Algorithm for Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institution / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, A. V. Ostroukh, S. V. Karpushkin // Journal of Applied Sciences. – 2016. – V. 16, № 7. – P. 332.

10. **Krasnyanskiy, M. N.** Formalization of document management using multilevel graph model of information processing / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, E. M. Solomatina, V. I. Skvortsov, V. A. Khvorov // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 413 – 420.

УДК 004.35

Волков А. А., Чеботов Н. А., Вехтева Н. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. +79537030619, e-mail: didim@eclabs.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP8266 ПРИ РАЗРАБОТКЕ АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Volkov A. A., Chebotov N. A., Vekhteva N. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. +79537030619, e-mail: didim@eclabs.ru)

APPLICATION OF THE ESP8266 MICROCONTROLLER IN THE DEVELOPMENT OF HARDWARE FOR TRAINING COMPLEXES

Аннотация. Рассмотрен микроконтроллер ESP8266, который может применяться при разработке аппаратного обеспечения для компьютеризированных тренажерных комплексов, его технические характеристики и особенности использования.

Ключевые слова: микроконтроллер, ESP8266, информационные технологии, программный комплекс, тренажерный комплекс.

Abstract. The article describes the ESP8266 microcontroller, which can be used in the development of hardware for computerized training complexes, its technical characteristics, and features of use.

Keywords: microcontroller, ESP8266, information technologies, software, training complex.

Информационные технологии прочно вошли в нашу жизнь. Любая отрасль человеческой деятельности, будь то промышленность, сельское хозяйство, экономика или повседневный быт тем или иным образом связана с компьютерами. Не является исключением и образовательный процесс. Одним из ярких примеров внедрения информационных технологий в образование может служить применение компьютеризированных тренажерных комплексов [1, 2].

Тренажерный комплекс (ТК) – это совокупность аппаратных и программных средств, позволяющих симулировать какие-либо реальные ситуации с высокой степенью погружения [3]. Тренажерные комплексы могут эффективно применяться в тех случаях, когда обучение в реальных условиях затруднено, например по экономическим соображениям, таким как высокая «цена ошибки», или же представляет опасность для здоровья и жизни обучающихся, например ликвидация последствий ЧС.

Современные ТК используют для создания приближенных к реальным условиям сцен такие технологии, как, например, виртуальная и дополненная реальность, которые позволяют создавать достаточно достоверное визуальное окружение [4, 5]. Для усиления эффекта присутствия в подобных системах могут быть использованы специализированные аппаратные средства, интегрируемые с программной составляющей тренажера. Такими средствами могут служить модели органов управления промышленным оборудованием, инструмента или специального снаряжения. Управление подобными

устройствами обычно подразумевает обработку некоторого взаимодействия с окружающим миром, например чтение состояния датчиков или организацию обратной связи с пользователем посредством различных физических воздействий [6]. Одним из наиболее удобных решений для реализации систем управления аппаратными модулями ТК являются микроконтроллеры.

Микроконтроллер – это «компьютер на кристалле», микросхема, объединяющая в себе центральный процессор, оперативную и энергонезависимую память, а также различные периферийные блоки, такие как таймеры, цифровые входы/выходы (GPIO), ШИМ-выходы, аналоговые входы (АЦП), аналоговые выходы (ЦАП), и разнообразные цифровые интерфейсы низкого (SPI, I^2C, UART) и высокого (USB, Ethernet, WI-FI, Bluetooth) уровня. Современная промышленность выпускает широкий спектр микроконтроллеров под различные нужды: от очень дешевых и простых решений подобных ATtiny13 (8-Bit CPU с частотой до 20 MHz, 64 байта SRAM и 1 кб Flash-памяти) до «вычислительных монстров», сопоставимых по производительности с офисным ПК. Одним из перспективных решений для реализации вышеозначенной задачи является микросхема ESP8266 от компании Espressif Systems, получившая широкую известность в 2014 году, и модули на ее основе. Один из вариантов подобных модулей представлен на рис. 1. Основные технические характеристики МК представлены в табл. 1.

1. Технические характеристики ESP8266

CPU	Tensilica Xtensa L106 32-bit, 80 МГц
RAM	До 248 кб
Flash	Внешняя, подключаемая по SPI, до 16 Мбайт
Wi-Fi	802.11 b/g/n до 72 Mbps, WPA/WPA2, IPv4, TCP/UDP/HTTP
Перифирия	14 GPIO, 10-bit АЦП, ШИМ, UART, SDIO, SPI, I2C, I2S
Питание	2.5V ~ 3.6V До 215 мА в режиме передачи 100 мА в режиме приема 70 мА в режиме ожидания 15 мкА в режиме глубокого энергосбережения (Deep sleep)

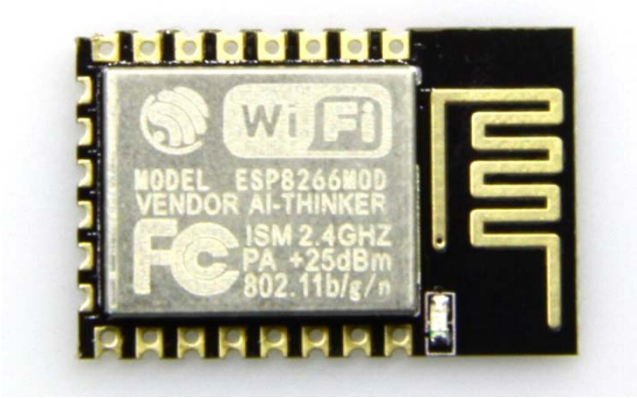


Рис. 1. Внешний вид модуля ESP-12-F

К достоинствам модулей на базе ESP8266 в рамках поставленной задачи можно отнести:

- компактные размеры готовых модулей в купе с достаточно низким энергопотреблением, что позволяет создавать небольшие устройства с автономным питанием, рассчитанные на долговременную работу (батарея из двух Li-ion АКБ типоразмера 18650 при отсутствии иных мощных потребителей может обеспечить работу устройства на протяжении 10 часов при активном обмене данными);
- интегрированный интерфейс WI-FI, позволяющий физически отвязать устройство от основного ПК комплекса, а также без дополнительных узлов в сети соединяться с самостоятельными решениями, создающими визуальное окружение, такими как Microsoft HoloLens;
- относительно мощный блок CPU и огромный по меркам МК объем энергонезависимой памяти (за счет использования внешних микросхем Flash-памяти), что дает возможность реализовывать довольно сложную логику обработки входных сигналов без необходимости отправки их на основной вычислительный узел комплекса, и тем самым уменьшить расход энергии на передачу данных – одну из наиболее энергоемких операций;
- хорошую программную поддержку, которая выражается в наличии широкого спектра готовых библиотек для взаимодействия с различными датчиками и другими внешними модулями, что избавляет от необходимости реализовывать взаимодействие на низком уровне и позволяет использовать удобный программный API. Нельзя не отметить и факт существования вариантов встроенного программного обеспечения, реализующих (хотя и не в полной мере) интерпретаторы современных скриптовых языков программирования высокого уровня, таких как Lua и Python, а также предоставляющих готовые интерфейсы для управления сетевыми соединениями. Это позволяет реализовать управляющую логику в виде набора отдельных скриптов, отвечающих за конкретные компоненты системы, а также реализовать возможность настройки устройства как с главного компьютера комплекса, так и непосредственно на самом устройстве через встроенный веб-интерфейс.

Общая структурная схема одного из вариантов взаимодействия устройства на базе ESP8266 с тренажерным комплексом показана на рис. 2.

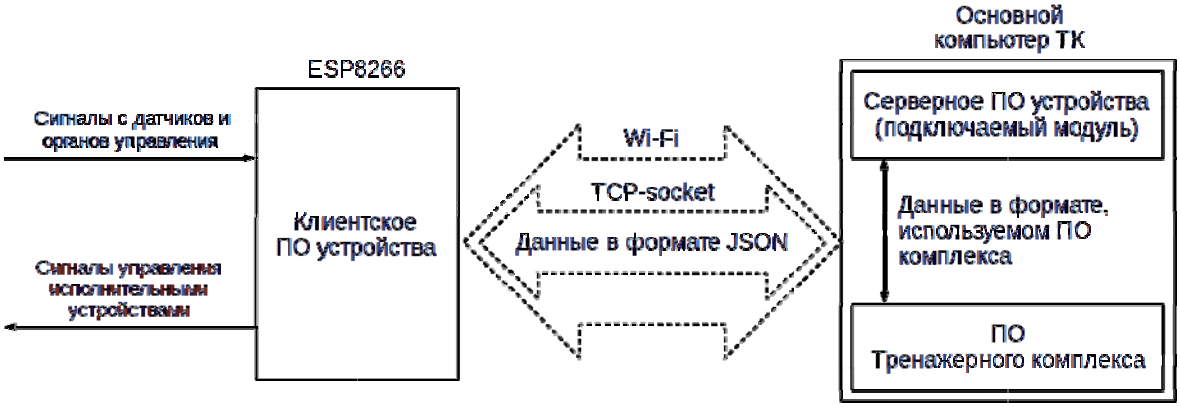


Рис. 2. Структурная схема взаимодействия устройства на базе ESP8266 с тренажерным комплексом

Таким образом, микроконтроллер ESP8266 и модули на его основе являются достаточно удобной и гибкой платформой для построения специализированных аппаратных средств для различных цифровых тренажерных комплексов.

Работа выполнена на базе центра коллективного пользования «Цифровое машиностроение».

Список использованных источников

1. **Краснянский, М. Н.** Разработка адаптивных тренажерных систем профессионального назначения для моделирования процесса распространения пожаров // М. Н. Краснянский, Д. Л. Дедов, А. Д. Обухов, А. Е. Архипов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 149 – 155.

2. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – P. 022075.

3. **Краснянский, М. Н.** Автоматизированная информационная система обучения персонала промышленных предприятий на основе виртуальных тренажерных комплексов / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов, А. А. Руднев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 11. – С. 86 – 94.

4. **Краснянский, М. Н.** Обучение операторов нефтехимических производств с применением компьютерных / М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин, Д. Л. Дедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2011. – № 11. – С. 50 – 56.

5. **Дедов, Д. Л.** Разработка программного и методического обеспечения виртуального тренажерного комплекса / Д. Л. Дедов, М. Н. Краснянский, А. А. Руднев, М. В. Ионов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2. – С. 60 – 65.

6. **Karpov, S. V.** Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebov, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – P. 231 – 239.

References

1. **Krasnyanskij, M. N.** Razrabotka adaptivnyh trenazhernyh sistem professional'nogo naznacheniya dlya modelirovaniya processa rasprostraneniya pozharov // M. N. Krasnyanskij, D. L. Dedov, A. D. Obuhov, A. E. Arhipov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2017. – № 3(65). – S. 149 – 155.

2. **Obukhov, A. D.** Development of structural model of adaptive training complex in ergatic systems for professional use / A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. E. Arkhipov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – V. 327, № 2. – P. 022075.

3. **Krasnyanskij, M. N.** Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema obucheniya personala promyshlennyh predpriyatij na osnove virtual'nyh trenazhernyh kompleksov / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov, A. A. Rudnev // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2013. – № 11. – S. 86 – 94.

4. **Krasnyanskij, M. N.** Obuchenie operatorov neftekhimicheskih proizvodstv s primeneniem komp'yuternyh / M. N. Krasnyanskij, S. V. Karpushkin, D. L. Dedov // Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti. – 2011. – № 11. – S. 50 – 56.

5. **Dedov, D. L.** Razrabotka programmnogo i metodicheskogo obespecheniya virtual'nogo trenazhernogo kompleksa / D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskij, A. A. Rudnev, M. V. Ionov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 2. – S. 60 – 65.

6. **Karpov, S. V.** Development and validation of a new construction of imitator of mine insulating self-rescuer / S. V. Karpov, A. O. Glebov, D. L. Dedov, M. N. Krasnyanskiy, S. Y. Alexeev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings. – 2017. – P. 231 – 239.

УДК 004.056.53

Нурутдинов Г. Н.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. 89204743375, e-mail: nurutgn@mail.ru)

МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКА ОТКАЗОВ В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Nurutdinov G. N.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. 89204743375, e-mail: nurutgn@mail.ru)

THE DISTRIBUTION MODEL OF THE FLOW OF FAILURES IN COMPUTER INFORMATION PROTECTION SYSTEMS IN INFORMATION SYSTEMS

Аннотация. Рассмотрены модели потока отказов в системе защиты информации информационной системы, если они обусловлены техническими причинами и (или) воздействием атак. Предложена методика приближенной идентификации законов распределения потока отказов.

Ключевые слова: закон распределения, интенсивность потока отказов, составной поток, профильтрованный поток, группирование потока отказов.

Abstract. The paper explores the models of the flow of failures in the information system protection system, caused by technical reasons and (or) the impact of attacks. The technique of approximate identification of laws of distribution of a stream of failures is proposed.

Keywords: distribution law, intensity of flow of failures, composite stream, filtered stream, grouping.

В ходе проектирования систем защиты компьютерной информации редко затрагиваются вопросы надежности самой системы защиты (СЗ). Применительно к СЗ от несанкционированного доступа (НСД) надежность – это свойство СЗ обеспечивать защиту компьютерной информации от НСД в течение заданного промежутка времени [1].

Идентификация закона потока отказов представляет значительный интерес при решении задач анализа и синтеза СЗ информационных систем (ИС).

Основные цели работы: 1) рассмотреть существующие модели информационных потоков отказов и предложить методику приближенной идентификации их законов распределения; 2) рассмотреть один из возможных вариантов модели потока отказов СЗ ИС, обусловленных различного вида атаками.

В настоящее время в основном используют три модели потока отказов технических систем (в том числе и информационных систем).

1. Очень часто модель поток отказов считают пуассоновской (простой). Она определяется выражением

$$P_n = \frac{\lambda^n}{n!}\exp(-\lambda),\ n = 0, 1, 2, ..., \quad (1)$$

где λ – интенсивность потока отказов. Основными числовыми характеристиками пуассоновского потока являются математическое ожидание *m* и дисперсия *D*. Для пуассоновского потока $m = D = \lambda$.

2. Наряду с пуассоновской моделью рассматривают иногда и сложный (составной) пуассоновский поток.

Характеристическая функция сложного пуассоновского потока определяется выражением

$$Q(jv) = \exp\left[\lambda\left(\varphi(jv) - 1\right)\right], \tag{2}$$

где $\varphi(jv)$ – характеристическая функция некоторой случайной переменной X_i, $i = 1, ..., \nu$. Само число слагаемых ν распределено по пуассоновскому закону с интенсивностью λ.

Положим, что

$$\varphi(jv) = -c\ln\left(1 - q\exp(jv)\right), \tag{3}$$

то есть является характеристической функцией логарифмического распределения. Здесь величина $c = -(\ln p)^{-1}$, где $p = 1 - p$, $0 \langle q \langle 1$.

Если положить также, что $\lambda = \dfrac{\alpha}{c} = -\alpha \ln p$, и подставить выражение (3) в (2), то в результате получим

$$Q(jv) = \left(\frac{1-q}{1-q\exp(jv)}\right)^{\alpha}. \tag{4}$$

Полученное выражение представляет собой характеристическую функцию отрицательного биномиального закона. Распределение вероятностей для него определяется соотношением

$$P_n = \frac{\Gamma(\alpha + n)}{\Gamma(\alpha)n!} q^n (1-q)^{\alpha}, \quad n = 0, 1, 2, ..., \tag{5}$$

где $\alpha \rangle 0$; $\Gamma(z)$ – гамма-функция.

Основными числовыми характеристиками данного закона являются математическое ожидание и дисперсия, причем $m \langle D$. Эти характеристики определяются выражениями:

$$m = \frac{\alpha q}{1-q}; \quad D = \frac{\alpha q}{(1-q)^2}. \tag{6}$$

Таким образом, в качестве закона распределения сложного пуассоновского процесса можно принять отрицательный биномиальный закон (5).

3. В некоторых случаях вместо пуассоновской модели используют прореженный (профильтрованный) пуассоновский входной поток, имеющий конечное число состояний [3]. Для него характерно выполнение условия $m \rangle D$. Поэтому в качестве закона распределения для этого потока с точностью до первых двух моментов можно положить биномиальный закон, имеющий ограниченное число состояний *N* и определяемый выражением

$$P_n = \frac{N!}{(N-n)!n!}\left(\frac{p}{1-p}\right)^n (1-p)^N,\ n = 0, 1, 2, ..., N, \tag{7}$$

где $0 \langle p \langle 1, N \geq 1$ – параметры закона. Для математического ожидания и дисперсии справедливы выражения:

$$m = pN;\ D = p(1-p)N. \tag{8}$$

Рассмотренные вероятностные модели (1), (5) и (7) информационного входного потока являются частными случаями вероятностной модели [2].

$$P_n = \begin{cases} K_{\text{н}}, & n = 0; \\ K_{\text{н}} \prod_k^n \frac{(k-1)(1-\beta)+\beta m}{k}, & n \geq 1, \end{cases} \tag{9}$$

где

$$K_{\text{н}} = \left[1 + \sum_{n=1}^{\alpha} \prod_k^n \frac{(k-1)(1-\beta)+\beta m}{k}\right]^{-1}, \tag{10}$$

$\beta = \frac{m}{D}$; $d = N$ $(\beta \rangle 1)$ либо $d = \infty$ (когда $\beta \leq 1$). Из выражения (9) следует, что параметры распределения в конечном итоге определяются математическим ожиданием и дисперсией. Следует отметить, что, если $\beta \rangle 1$, то число возможных состояний входного потока определяется соотношением

$$N \leq \frac{\beta m}{\beta - 1} = \frac{m^2}{m - D}. \tag{11}$$

Рассмотрим методику приближенной идентификации параметров распределения (9) и ее частных случаев по имеющимся экспериментальным данным.

На первом этапе определяются выборочные моменты

$$m_1 = \frac{1}{Z}\sum_{i-1}^{Z} n_i;\quad D = \frac{1}{Z}\sum_{i-1}^{Z}(n_i - m_1)^2.$$

Затем определяются параметры распределения (9): $m = m_1$, $\beta = \frac{m_1}{D}$, а также с помощью выражений (10) и (11) находится коэффициент нормировки $K_{\text{н}}$.

Если коэффициент $\beta = 1$, то выражение (9) преобразуется в закон Пуассона (1) с параметром $\lambda = m_1$. Если $\beta \langle 1$, то выражение (9) преобразуется в отрицательный биномиальный закон (5) с параметрами (учитывая выражение (6)): $q = 1 - \beta$; $\alpha = \frac{m_1 \beta}{1-\beta}$.

Если $\beta \rangle 1$, то выражение (9) преобразуется в биномиальный закон (7) с параметрами (учитывая выражение (8)): $p = \frac{(\beta - 1)}{\beta}$; $N = \left[\frac{m_1 \beta}{\beta - 1}\right]$, где $[\ ]$ – целая часть.

Таким образом, предложена методика идентификации закона распределения потока отказов, обусловленного техническими проблемами. Однако в СЗ ИС необходимо обнаруживать и устранять отказы, обусловленные не только техническими проблемами, но и атаками извне. Проявление последствий различного вида атак в алгоритме работы СЗ не всегда очевидно, поэтому необходимо использовать подсистему анализа, обнаружения и исправления отказов СЗ ИС. Особенно важно исследовать работоспособность СЗ в условиях потока отказов с различной степенью группирования отказов. В ряде случаев это поможет выявить вид атаки, но особый интерес такие модели представляют при обнаружении отказов, как следствия аномальных атак на ИС [1]. Простейшей моделью, учитывающей группирование отказов, является модель Бергера–Мандельброта. Обобщением модели Беннета–Фройлиха является модель Попова–Турина. Недостатком этих моделей является то, что они не учитывают нестационарность потока отказов. Поэтому с точки зрения адекватности модели реальным потокам отказов, наиболее перспективной следует считать модель с переменными параметрами [2]. В принципе надо знать не время пребывания СЗ не в норме, а количество фреймов (кадров, пакетов), обработанных в условиях отказа (отказов) СЗ. Обозначим через 0 пакет, обработанный СЗ без отказа, а через 1 – пакет, обработанный СЗ в условиях отказа. Будем пользоваться поинтервальным методом моделирования потока отказов. Сущность его заключается в записи потока отказов в виде последовательности чисел, равных длинам интервалов между двумя последовательными отказами.

Сущность процесса моделирования потока ошибок в СЗ ИС заключается в записи потока искаженных пакетов в виде последовательности чисел, равных длинам интервалов между двумя последовательными ошибками и выраженных в единичных элементах. Программная реализация математической модели источника ошибок состоит в генерировании случайной последовательности неискаженных интервалов в соответствии с законом их распределения. Для модели Бергера–Мандельброта интегральная функция распределения длин интервалов между ошибками подчиняется закону Парето с показателем группирования отказов $\alpha < 1$. Коэффициент $0 < \alpha < 1$ зависит от многих факторов, обусловленных объектом атаки, видом атаки, последствиями достижения цели атаки и т.д. Если $\alpha \approx 0{,}1$ – это соответствует биноминальной модели. В этом случае нет группирования отказов. Наибольшее значение α (от 0,5 до 0,7) наблюдается при DOS-атаках. Для атак, где бывают интервалы с большой интенсивностью отказов и интервалы с редкими отказами $\alpha = 0{,}3...0{,}5$. В отдельных случаях $\alpha = 0{,}3...0{,}4$. Обнаружение отказов СЗ ИС сводится к анализу результатов различного вида атак. Если в результате атаки алгоритм работы СЗ изменился и это обнаружено, то считается, что отказ обнаружен, в противном случае – не обнаружен. Возможна ситуация, когда атака произошла, СЗ ее обнаружила, исправила ее последствия и алгоритм работы СЗ не изменился. Число обнаруженных отказов, а также обнаруженных и устраненных представляет нестрогое равенство [2] и использование его в практических приложениях не всегда удобно. Поэтому предлагается ввести следующие понятия: 1) вероятность не обнаружения отказа $P_{но}$ – вероятность принятия решения о том, что отказа СЗ нет, а он произошел; 2) коэффициент повышения достоверности $K_{пд}$, показывающий, во сколько раз уменьшается вероятность появления пропущенных отказов до и после системы обнаружения отказов.

Вывод. Одним из методов оценки эффективности СЗ ИС является моделирование потока отказов СЗ с группированием отказов. Наиболее перспективной следует считать модель с переменными параметрами, учитывающую нестационарность потока отказов во времени.

Список использованных источников

1. **Щеглов, А. Ю.** Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа / А. Ю. Щеглов. – СПб. : Наука и Техника, 2004. – 383 с.

2. **Карпов, И. Г.** Модель телекоммуникационного канала в виде системы массового обслуживания с ожиданием. Приближенная идентификация закона распределения входного информационного потока : IX Всероссийская научно-техническая конференция «Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического моделирования» / И. Г. Карпов, Г. Н. Нурутдинов, А. Г. Нурутдинов. – Тамбов, 2009.

References

1. **Shcheglov, A. Yu.** Zashchita komp'yuternoj informacii ot nesankcionirovannogo dostupa / A. Yu. Shcheglov. – SPb. : Nauka i Tekhnika, 2004. – 383 s.

2. **Karpov, I. G.** Model' telekommunikacionnogo kanala v vide sistemy massovogo obsluzhivaniya s ozhidaniem. Priblizhennaya identifikaciya zakona raspredeleniya vhodnogo informacionnogo potoka : IX Vserossijskaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya «Povyshenie ehffektivnosti sredstv obrabotki informacii na baze matematicheskogo modelirovaniya» / I. G. Karpov, G. N. Nurutdinov, A. G. Nurutdinov. – Tambov, 2009.

УДК 681.3.06

Подвальный С. Л., Чижов М. И., Гусев П. Ю., Гусев К. Ю.
Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж
(Тел. +7-952-55-11-640, e-mail: gusevpvl@gmail.com)

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО УЧАСТКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Podvalny S. L., Chizhov M. I., Gusev P. Yu., Gusev K. Yu.
Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh
(Tel. +7-952-55-11-640, e-mail: gusevpvl@gmail.com)

OPTIMIZATION OF THE PREMACHINING PLANT OPERATION AT A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE USING SIMULATION MODELING

Аннотация. Анализ и оптимизация работы заготовительного производства являются одними из наиболее трудоемких и актуальных задач. Связано это, прежде всего, с тем, что от работы заготовительного производства зависит весь дальнейший технологический процесс обработки детали. Учитывая множество факторов, влияющих на работу заготовительного участка, предложен критерий оптимизации. В качестве исследуемого производства рассмотрен заготовительный участок, на котором представлено 6 единиц оборудования. Разработана имитационная модель заготовительного участка. В разработанной имитационной модели проведена оптимизация работы заготовительного участка и построены графики Ганта до и после оптимизации.

Ключевые слова: оптимизация, моделирование, заготовительное производство, график Ганта.

Abstract. Analysis and optimization of the premachining plant is one of the most time-consuming and urgent tasks. This is primarily due to the fact that the work of the premachining plant depends on the entire further processing of the part. Given the many factors affecting the work of the procurement site, the optimization criterion is proposed. A premachining plant under consideration has 6 pieces of equipment. A simulation model of the premachining plant has been developed. In the developed simulation model, the optimization of the operation of the premachining plant was made and the Gantt graphics before and after optimization were constructed.

Keywords: optimization, modeling, premachining plant, Gantt chart.

Введение. Одними из наиболее затруднительных для планирования производственных процессов являются производственные подразделения, связанные с заготовительным производством. Объясняется это, прежде всего, тем, что заготовительное производство находится в начале технологической цепочки любого изделия. При производстве изделия необходимо выстроить работу заготовительного производства таким образом, чтобы заготовки поступали в нужные моменты времени. В случае опережающей работы заготовительного производства может возникнуть ситуация, когда на промежуточных складах накопится много заготовок, что затруднит их поиск и дальнейшую обработку. В случае растянутого графика поступления заготовок может возник-

нуть ситуация простоя основного технологического оборудования и, как следствие, задержка в изготовлении готовой продукции.

Для обеспечения точности и оперативности производственного планирования заготовительного производства поставлена цель работы: повышение эффективности работы заготовительного участка машиностроительного производства с применением имитационного моделирования.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: формализация критериев оптимизации, разработка имитационной модели заготовительного участка, оптимизация участка с использованием эволюционных алгоритмов.

Постановка задачи. Рассматриваемый в работе заготовительный участок состоит из 6 наименований оборудования. 4 единицы оборудования представляют собой устройства резки листового металла и 2 единицы оборудования – это ленточнопильные станки. Все устройства формируют заготовки для дальнейшей обработки из поступаемых на участок полуфабрикатов. Согласно технологическим маршрутам часть заготовок сразу поступает на сборочные пункты. Однако большая часть заготовок, прежде чем поступить на сборку, проходит ряд технологических операций.

Качественно спланированная работа заготовительного участка обеспечивает поступление всех деталей, используемых в одной сборочной единице, на сборочный пункт с минимальным пролеживанием. Хорошим показателем работы заготовительного участка является также минимальное время ожидания поступления недостающих деталей при выполнении сборочных операций.

Основную сложность при планировании работ и обеспечении минимальности пролеживания и ожидания составляет тот факт, что из одного полуфабриката могут быть получены заготовки на разные сборочные единицы. Однако, если при планировании целенаправленно стараться минимизировать пролеживание деталей и заготовок, то в работе оборудования могут образоваться простои.

Одним из очевидных критериев оптимизации заготовительного участка должна являться минимизация времени выполнения технологических операций. Однако в данной работе технология резки полуфабрикатов не рассматривается, как следствие, для исследуемого объема производства общее время выполнения технологических операций не изменится. Но при одинаковом времени получения заготовок может изменяться время, затрачиваемое на сборку одного изделия.

Критерий оптимизации может изменяться в зависимости от производственных условий. Так, например, при необходимости обеспечения готовности изделия в срок может вводиться весовой коэффициент, обеспечивающий увеличение значимости времени ожидания и пролеживания деталей. Подобный коэффициент может касаться как всех сборочных единиц, так и отдельных представителей. Аналогично весовой коэффициент может применяться ко времени простоя оборудования.

Разработка имитационной модели. Одно из основных преимуществ имитационного моделирования – это возможность комплексного исследования всех производственных процессов предприятия. Даже в том случае, когда требуется оптимизация одного подразделения, лучшим решением будет создание имитационной модели всего предприятия.

Оценить эффект от оптимизации заготовительного участка можно путем анализа участков, осуществляющих обработку заготовок, а также анализируя сборочные опера-

ции. Поэтому в случае оптимизации заготовительного участка создание имитационной модели всего предприятия является необходимым условием.

В качестве инструмента имитационного моделирования выбран программный комплекс Siemens Plant Simulation. При использовании программного комплекса автоматизируется процесс создания имитационной модели, что значительно снижает трудоемкость работ.

Первая задача, возникающая при создании имитационной модели, это подготовка и загрузка исходных данных. Наиболее удобный формат представления исходных данных – это табличная форма. Поэтому для задания и изменения исходных данных имитационной модели используются следующие таблицы:

– состав изделия – содержит информацию по всем сборочным единицам одного изделия, включая каждую деталь;

– состав полуфабрикатов – перечень заготовок, получаемых из каждого полуфабриката;

– технологические маршруты всех деталей и сборочных единиц с содержанием штучного времени обработки.

Описанные таблицы загружаются в имитационную модель с применением интерфейса ODBC (Open Database Connectivity). Используя информацию из загруженных таблиц, имитационная модель обеспечивает достоверность проведения имитационных экспериментов.

Оптимизация заготовительного участка. Разработанная имитационная модель позволяет провести оптимизацию заготовительного участка машиностроительного производства. В процессе оптимизации имитационная модель представляет собой «черный ящик». При каждом запуске имитационной модели задается изменяемый набор параметров оптимизации, фиксированный набор исходных данных и критерий оптимизации. В качестве параметров оптимизации в нашем случае выступают очереди поступления полуфабрикатов для формирования заготовок.

В результате выполнения имитационных экспериментов, количество которых определяется алгоритмом оптимизации, определяется значение критерия оптимизации и формируется оптимальный план работы подразделения.

Первый имитационный эксперимент проведен с исходным набором параметров для определения начального значения критерия оптимизации. В исходных данных содержится информация по 2 изделиям. Для выпуска этих изделий задействуется все оборудование заготовительного участка. В результате проведения имитационного эксперимента получено значение критерия, равное 54, 28 часов.

Одним из наиболее наглядных способов представления информации, описывающей занятость производственных ресурсов, является диаграмма Гантта. Диаграмма позволяет визуально оценить план работы производственного подразделения, а также упрощает работы по контролю над выполнением плана. На рисунке 1 представлена диаграмма Гантта работы заготовительного участка по исходным данным.

Учитывая, что за вычисление функции приспосабливаемости генетического алгоритма отвечает программный метод имитационной модели, опытным путем определены параметры работы генетического алгоритма. В результате аналитической работы с результатами 30 оптимизаций установлено, что для достижения минимального значения критерия оптимизации достаточно 30 поколений с размером популяции 40 генотипов.

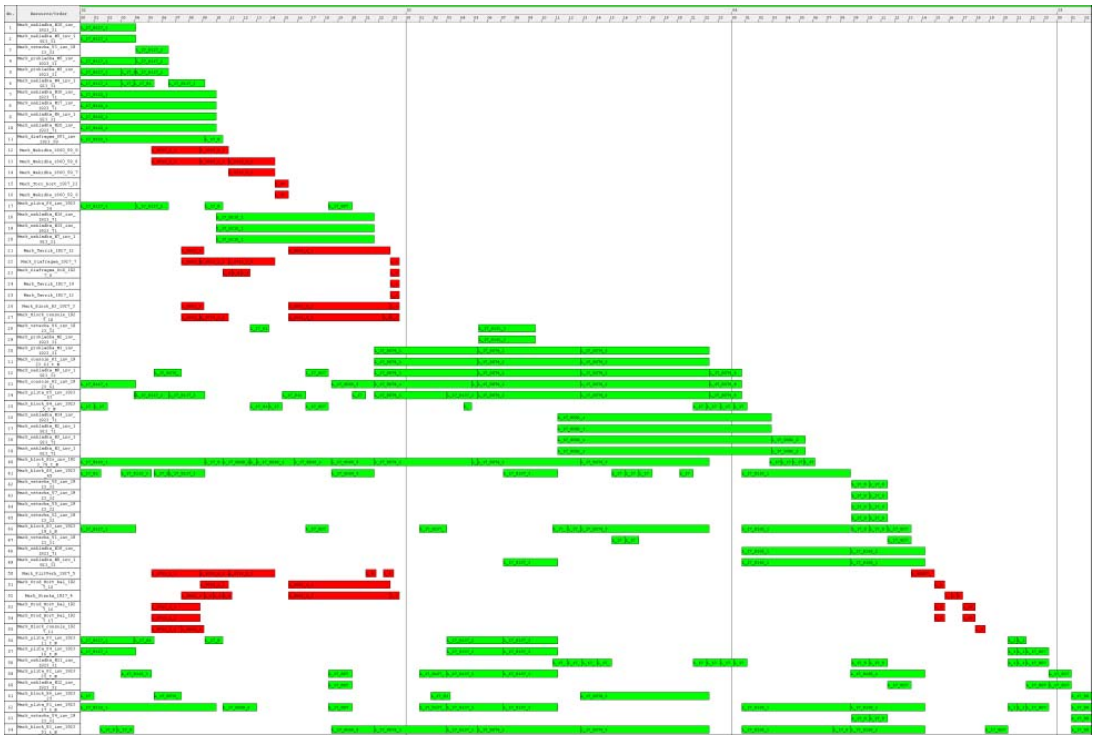


Рис. 1. График Гантта

Проведенная оптимизация заготовительного участка в имитационной модели машиностроительного производства позволила получить набор данных, обеспечивающий значение критерия оптимизации, равное 39,62 часа. Улучшение показателя составило 27% в сравнении с имитационным экспериментом по исходным данным.

Выводы. Подводя итоги работы, следует отметить основные преимущества применения имитационного моделирования для оптимизации работы заготовительного участка машиностроительного производства:

– улучшение показателей работы участка до 29%;

– возможность анализа влияния изменений на весь производственный процесс при внесении изменений на заготовительном участке;

– возможность составления оптимального производственного плана как по заготовительному участку, так и по другим производственным подразделениям.

Следует отметить, что создание имитационной модели представляет собой трудоемкий процесс. Однако трудоемкость подобной работы полностью себя оправдывает при исследовании многономенклатурных производств с большим количеством пересечений материальных потоков.

УДК 004.89

Пустынный Я. Н.
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н. П. Лаверова Российской Академии Наук,
Россия, г. Архангельскв
(Тел. +79539310073, e-mail: y.pustynnyy@yandex.ru)

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСЧЕЗАЮЩЕГО ГРАДИЕНТА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДОЛГОЙ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ

Pustynnyy Ya. N.
Federal Center for Integrated Arctic Research, Russia, Arkhangelsk
(Tel. +79539310073, e-mail: y.pustynnyy@yandex.ru)

SOLVING THE PROBLEM OF VANISHING GRADIENT USING NEURAL NETWORKS OF LONG SHORT-TERM MEMORY

Аннотация. Нейронные сети становятся все более популярными для задач моделирования. В то время как сети прямой передачи данных используют только данные фиксированной длины для предсказания результата на следующем временном шаге, стандартные рекуррентные нейронные сети могут учитывать результаты со всех итераций. С другой стороны, рекуррентные сети трудно поддаются обучению из-за так называемой проблемы исчезающего градиента. Эта проблема решается с помощью архитектуры нейронной сети с долговременной кратковременной памятью. В этой работе был проведен анализ этого типа сети в задаче решения вышеупомянутой проблемы. Была рассмотрена структура такого типа сетей и сделаны выводы, как именно такие сети решают проблему исчезающего градиента.

Ключевые слова: нейронные сети, долгая краткосрочная память, LSTM, исчезающий градиент, рекуррентные нейронные сети, врата забывания.

Abstract. Neural networks are becoming increasingly popular for modeling. While direct transmission networks only use fixed-length data to predict the result at the next time step, standard recurrent neural networks can take into account results obtained from all iterations. On the other hand, recurrent networks are difficult to train because of the so-called vanishing gradient problem. This problem can be solved with neural network architecture with long short-term memory. In this work, the analysis of this type of network in the problem of solving the above problem was carried out. The structure of this type of networks was considered and conclusions were drawn of how such networks solve the problem of vanishing gradient.

Keywords: neural networks, long short term memory, LSTM, vanishing gradient, recurrent neural networks, forget gate.

Введение. В настоящее время в системах распознавания изображений используют сверточные нейронные сети (далее – CNN), которые хорошо подходят для классификации статических изображений [1]. Однако, насколько хорошо они подходят, если необходимо проанализировать данные в динамике или составить прогнозную модель? Есть способы составить работающие алгоритмы с помощью CNN, но наиболее популярным методом выполнения классификации и другого анализа последовательностей данных являются рекуррентные нейронные сети (далее – RNN). В задачах анализа временных

рядов особенно выделяется подмножество таких сетей – сети долговременной краткосрочной памяти (далее LSTM).

Рекуррентная нейронная сеть на самом фундаментальном уровне является типом плотно связанной нейронной сети. Однако ключевым отличием от обычных сетей прямой передачи данных является введение времени – в частности, выход скрытого слоя в рекуррентную нейронную сеть подается обратно в себя.

Чистые рекуррентные нейронные сети не очень часто используются на практике. Основная причина этому – проблема исчезающего градиента. Для рекуррентных нейронных сетей, в идеале, следует иметь длинные цепочки «воспоминаний», чтобы сеть могла подключать отношения данных на значительных расстояниях во времени. Такая сеть могла бы добиться реального прогресса в понимании того, как работает язык и повествование, как соотносятся события на фондовом рынке и так далее. Тем не менее, чем больше временных шагов у нас есть, тем больше шансов, что градиенты обратного распространения либо накапливаются и взрываются, либо исчезают до нуля.

Проблема рекуррентных нейронных сетей.

Рассмотрим следующее представление рекуррентной нейронной сети:

$$h_t = \sigma(Ux_t + Vh_{t-1}),$$

где U и V – весовые матрицы, соединяющие входы и рекуррентные выходы соответственно.

Затем мы часто будем выполнять softmax всех выходов h_t (если есть какая-то конфигурация «многие ко многим» или «один ко многим»). Однако, что если вернуться на три шага назад в данной рекуррентной нейронной сети, то получим следующее:

$$h_t = \sigma(Ux_t + V(\sigma(Ux_{t-1} + V\sigma(Ux_{t-2}))).$$

Из вышесказанного можно заметить, что по мере того, как сеть работает во времени, в нее по сути добавляются более глубокие слои. Это вызывает определенную проблему. Если рассмотреть градиент ошибки относительно матрицы весов U во время обратного распространения во времени:

$$\frac{\partial E_3}{\partial U} = \frac{\partial E_3}{\partial out_3}\frac{\partial out_3}{\partial h_3}\frac{\partial h_3}{\partial h_2}\frac{\partial h_2}{\partial h_1}\frac{\partial h_1}{\partial U},$$

то станет заметно, что каждый из этих градиентов будет включать вычисление градиента сигмоидной функции. Проблема с сигмоидной функцией возникает, когда на вход подаются выходные данные, близкие к 0 или 1 – в этот момент градиент очень мал (рис. 1).

Как можно заметить, значения градиента (оранжевая линия) всегда меньше 0,25 и доходят до очень низких значений, когда выход приближается к 0 или 1. Это означает, что когда вы умножаете множество сигмовидных градиентов, умножается и множество значений, которые потенциально гораздо меньше нуля – это приводит к исчезновению градиента $\frac{\partial E_3}{\partial U}$, поэтому градиент станет практически нулевой. Поэтому сеть не узнает отношения, разделенные на значительные периоды времени. Это делает чистые рекуррентные нейронные сети не очень полезными.

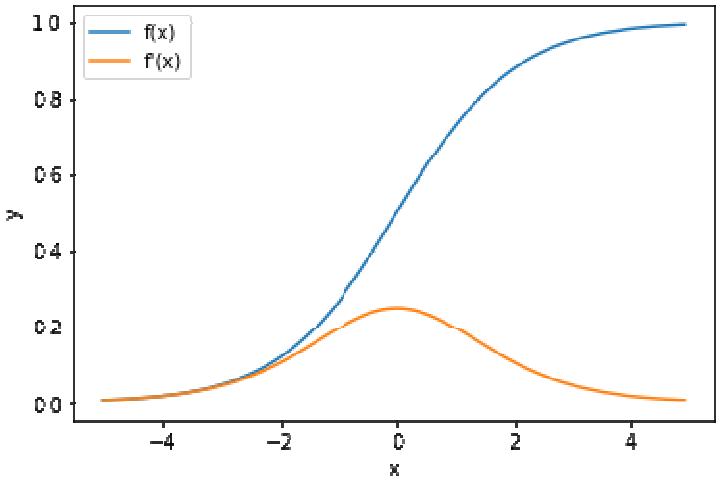


Рис. 1. Сигмоидный градиент

Разумеется, можно использовать функции активации ReLU, чтобы уменьшить эту проблему, но не устранить ее. Однако наиболее популярным способом решения этой проблемы в рекуррентных нейронных сетях является использование сетей долгой краткосрочной памяти [1, 2].

Структура сетей LSTM. Чтобы уменьшить проблему исчезающего (и взрывающегося) градиента и, следовательно, позволить рекуррентным нейронным сетям хорошо работать на практике, должен быть способ уменьшить умножение градиентов, которые меньше нуля. Ячейка LSTM является специально разработанной логической единицей, которая поможет уменьшить проблему исчезающего градиента в достаточной степени, чтобы сделать рекуррентные нейронные сети более полезными для долгосрочных задач памяти. Путь он делает путем создания состояния внутренней памяти, которое просто добавляется к обрабатываемому входному сигналу и которое значительно уменьшает мультипликативное влияние небольших градиентов. Зависимость от времени и эффектов предыдущих входов контролируются концепцией, называемой вратами забывания. Эта концепция определяет, какие состояния запоминаются или забываются. Структура типичной ячейки LSTM показана на рис. 2.

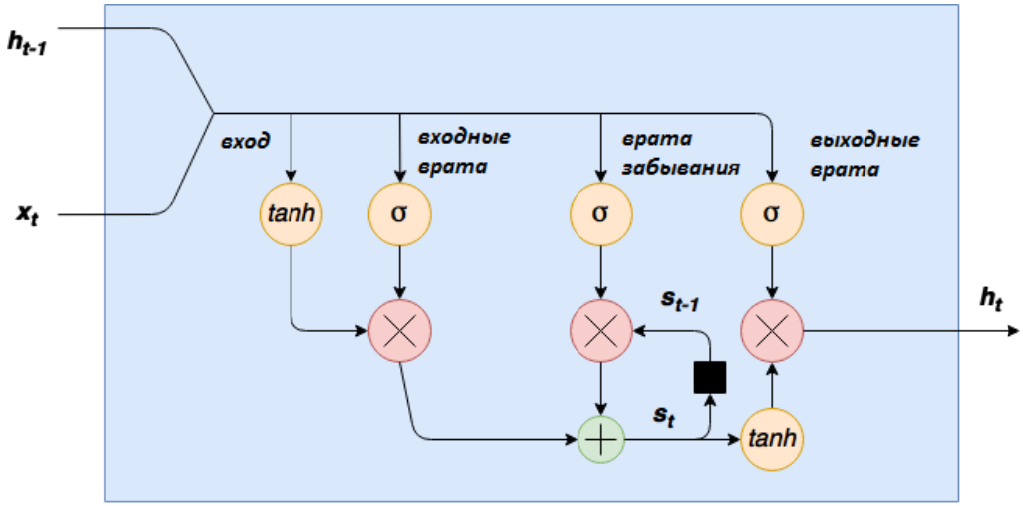


Рис. 2. Структура ячейки LSTM

Поток данных на рисунке идет слева направо, с текущим входным сигналом x_t и предыдущим выходом h_{t-1}, соединенным со входом в верхний «рельс данных» [3].

Входные врата. Входной сигнал лежит в интервале между –1 и 1 с помощью функции тангенциальной активации. Это можно выразить следующим образом:

$$g = \tanh(b^g + x_t U^g + h_{t-1} V^g),$$

где U^g и V^g – веса для входного и предыдущего выходных данных ячейки соответственно; b^g – смещение входного сигнала.

Обратите внимание, что индексы g не являются степенями, а скорее означают, что это входные веса и значения смещения.

Этот вход затем умножается по элементам на выход входного элемента. Входной элемент в основном представляет собой скрытый слой сигмоидных активированных узлов с взвешенными входными значениями x_t и h_{t-1}, который выводит значения от 0 до 1, а при умножении элемента на вход определяет, какие входы включены и выключены. Выражение для входного элемента

$$i = \sigma(b^i + x_t U^i + h_{t-1} V^i).$$

Выход входного каскада ячейки LSTM может быть выражен ниже, где оператор $\circ$ выражает элементарное умножение:

$$g \circ i.$$

Как можно заметить, выход входного затвора i действует как веса для входа g.

Врата забывания. На этом этапе в LSTM происходит то, что и отличает их от классических рекуррентных сетей. Как можно заметить, существует новая переменная s_t, которая является внутренним состоянием ячейки LSTM. Это состояние задерживается на один раз и в конечном итоге добавляется к входу $g \circ i$, чтобы обеспечить внутренний цикл повторения, таким образом можно узнать связь между входами, разделенными по времени. Нужно также помнить, что элемент забывания снова является сигмоидным активированным набором узлов, который элементарно умножается на s_{t-1}, чтобы определить, какие предыдущие состояния следует запомнить и которые следует забыть (т.е. забыть выход ворот близко к 0). Это позволяет ячейке LSTM изучать соответствующий контекст. Рассмотрим предложение «Мария отвезла Лену в Сочи, и та была очень благодарна». Для того чтобы ячейка LSTM узнала, к кому «та» относится, ей нужно забыть «Марию» и заменить ее «Леной» [2, 4]. Врата забывания выражаются следующим образом:

$$f = \sigma(b^f + x_t U^f + h_{t-1} V^{fi}).$$

Выход элементного произведения предыдущего состояния и забывающего элемента выражается как $s_{t-1} \circ f$. Опять же, выход забытых ворот действует как веса для внутреннего состояния.

Второе, что следует отметить на этом этапе – то, что состояние врат забывания просто добавляется к входу, а не умножается на него или смешивается с ним через веса

и сигмоидную функцию активации, как это происходит в классической рекуррентной нейронной сети. Это важно для уменьшения проблемы исчезающих градиентов. Вывод этой стадии s_t выражается через:

$$s_t = s_{t-1} \circ f + g \circ i \ .$$

Выходные врата. Заключительный этап LSTM это выход. Ячейка выхода имеет два компонента – другую тангенциальную функцию и сигмоидную функцию выхода. Выходная сигмоидная функция, как и другие функции в ячейке, умножается на сжатое состояние s_t, чтобы определить, какие значения состояния выводятся из ячейки. Ячейка LSTM контролирует, что такое вход, что «запоминается» во внутренней переменной состояния и, наконец, что выводится из ячейки.

Выражение для выходных ворот будет следующим:

$$o = \sigma(b^o + x_t U^o + h_{t-1} V^{oi}) \, .$$

Таким образом, конечный результат работы ячейки может быть выражен как

$$h_1 = \tanh(s_t) \circ o \ .$$

Устранение проблемы исчезающего градиента.

Проблема с классическими рекуррентными нейронными сетями заключается в том, что вычисление градиента для обновления весов включает каскадные выражения, такие как:

$$\frac{\partial h_n}{\partial h_{n-1}} \frac{\partial h_{n-1}}{\partial h_{n-2}} \frac{\partial h_{n-2}}{\partial h_{n-3}} \ldots \ .$$

Это проблема сигмоидной производной, которая присутствует во всех частных производных выше, будучи меньше 0,25 (что происходит очень часто). Существует также факториал весов, поэтому, если они последовательно меньше 1, мы получим аналогичный результат – исчезающий градиент. В ячейке LSTM рекуррентность внутреннего состояния включает дополнение:

$$s_t = s_{t-1} \circ f + g \circ i \ .$$

Если взять частичную производную этой рекуррентности, как было выше, для классической рекуррентной нейронной сети обнаружится следующее:

$$\frac{\partial s_t}{\partial s_{t-1}} = f \ .$$

Обращает внимание, что $g \circ i$ отпал и осталось просто повторяемое умножение f. Так, за три временных шага, было бы $f * f * f$. Очевидно, что если на выходе $f = 1$, то спада градиента не будет. Как правило, смещение сигмоида в f становится большим в начале обучения, так что f начинается как 1, что означает, что все прошлые входные

состояния будут «запомнены» в ячейке. Во время тренировки врата забывания уменьшат или исключат память некоторых компонентов [5]

Таким образом, LSTM сети являются отличным решением проблемы исчезающего градиента и, следовательно, являются причиной, почему в настоящее время используются так широко. До сих пор мы имели дело с данными в ячейках LSTM так, как если бы они были единичными значениями (т.е. скалярами), однако на самом деле они являются тензорами или векторами, и это может привести к путанице. Поэтому в следующем разделе я потрачу немного времени на объяснение размеров тензора, которые мы можем ожидать от развернутых сетей LSTM.

Список использованных источников

1. **Thomas, A.** An introduction to neural networks for beginners / A. Thomas. – 2015. – 40 p.
2. **Gershenson, C.** Artificial Neural Networks for Beginners / C. Gershenson. – ResearchGate, 2003. – 8 p.
3. **Frasconi, P.** Long Short-Term Memory in Recurrent Neural Networks / P. Frasconi. – ResearchGate, 2003. – 8 p.
4. **Sundermeyer, M.** LSTM Neural Networks for Language Modeling / M. Sundermeyer, H. Ney, R. Schlüter. – ResearchGate, 2012. – 8 p.
5. **Lindén, J.** Evaluating Combinations of Classification Algorithms and Paragraph Vectors for News Article Classification / J. Lindén. – ResearchGate, 2018. – 7 p.

УДК 004.93

Судаков Д. Е., Леньшин С. Г.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. 89537197162, e-mail: sudakov.dima1702@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ ЗРИТЕЛЬНОЙ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

Sudakov D. E., Lenshin S. G.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Тел. 89537197162, e-mail: sudakov.dima1702@yandex.ru)

RESEARCH INTO THE VISUAL CORTEX POTENTIALS OF THE BRAIN USING WAVELET ANALYSIS

Аннотация. Нейроны, посылающие зрительные сигналы от глаз, непосредственно соединены со зрительной зоной коры большого мозга. Анализируя потенциалы, возможно получить информацию, которая с успехом может использоваться для создания систем управления биомедицинской техникой или диагностики заболеваний глазного яблока.
Ключевые слова: вейвлет-анализ, зрительная кора, электроэнцефалограф.

Abstract. Neurons that send visual signals from the eyes are directly connected to the visual area of the cerebral cortex. By analyzing the potentials, it is possible to obtain information that can be successfully used to create systems for maturing biomedical techniques or diagnosing eyeball diseases.
Keywords: wavelet analysis, visual cortex, electroencephalograph.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) представляет собой метод исследования электрической активности нервных клеток головного мозга. Поскольку ЭЭГ представляет собой равнодействующую биопотенциалов многих миллиардов нервных клеток, образующих нервную систему, то оценка является довольно сложной задачей. Чем больше отведений, с помощью которых получают ЭЭГ, тем полнее может быть оценка при сопоставлении многих кривых.

Так как сигнал ЭЭГ – нестационарный и частотные характеристики сильно меняются от времени (разные положения глаз через разные промежутки времени), то стандартное преобразование Фурье даст только суммарный вклад гармоник на всем промежутке времени.

Частичным выходом из этой ситуации является оконное преобразование Фурье с движущейся по сигналу оконной функцией, имеющей компактный носитель. Однако для детального спектрального (а точнее спектрально-временного) анализа сигнала необходимо иметь базисные функции, которые имели бы локализацию как в частотной, так и во временной области. Такими свойствами обладают вейвлет-функции.

Существует множество используемых вейвлет-функций. Были рассмотрены вейвлет Мейера, вейвлет-функции Добеши и Хаара. Последний был отброшен первым, так как серьезным недостатком является его непрерывность, а, следовательно, недифференцируемость.

У семейства вейвлетов Добеши масштабирующая функция на компактном носителе непрерывна и ортогональна.

Сигнал ЭЭГ был снят со зрительной коры, которая является частью коры больших полушарий головного мозга, отвечающей за обработку визуальной информации. В основном она сосредоточена в затылочной доле каждого из полушарий головного мозга.

Для исследования использовалась следующая формула:

$$C_{\sigma_0^j,\sigma_0^j,k\tau_0\sigma_0^j}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\frac{1}{\sqrt{|\sigma_0|}}\psi\left(\frac{t-k\tau_0\sigma_0^j}{\sigma_0^j}\right)dt. \quad (1)$$

Как правило, в результате вейвлет-преобразования получается большое число малых коэффициентов и небольшое число больших. Дискретное вейвлет-преобразование сигнала вычисляется путем пропускания его через два фильтра (высоких и низких частот) в каждой итерации.

Так как фильтры пропускают только половину всех частотных компонентов сигнала, то не попавшие в полосу прозрачности составляющие могут быть удалены. Выполняется децимация ↓ 2, т.е. прореживание в 2 раза.

В результате исходный сигнал будет представлен как две новые последовательности коэффициентов *L* и *H*. Последовательности *L* и *H* имеют половинную длину по сравнению с исходным сигналом. Далее процесс декомпозиции может быть продолжен по *L*.

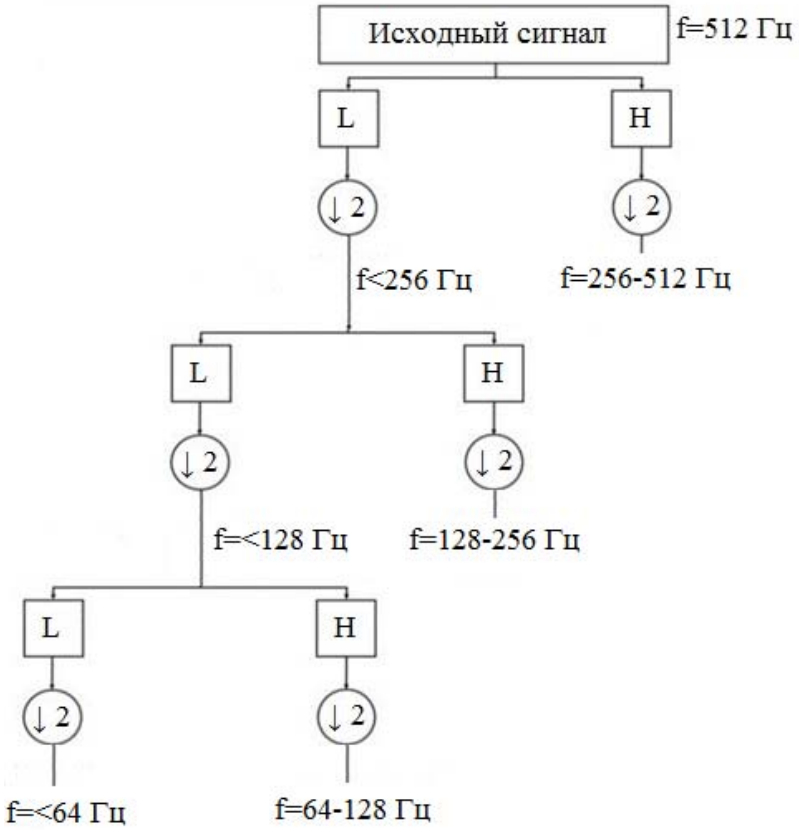


Рис. 1. Схема разложения сигнала

Чтобы преобразовать сигнал ЭЭГ воспользуемся дискретным аналогом функции Мейера и вейвлет-функцией Добеши второго порядка. Сравним взятые функции на одинаковом уровне разложения. При вейвлет-преобразовании функцией Добеши полезный сигнал подавляется сильнее, чем при использовании вейвлет-функции Мейера. Исходя из этого, далее будем использовать вейвлет Мейера.

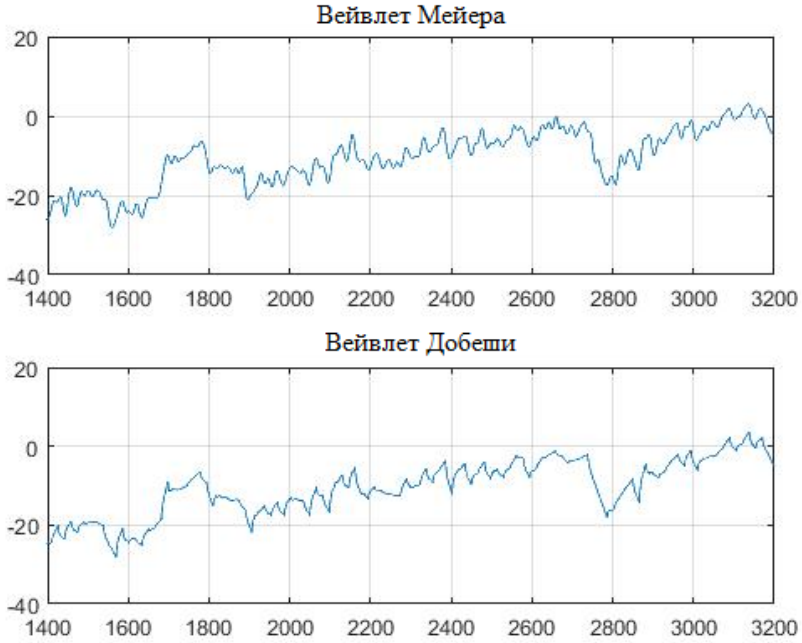


Рис. 2. Схема разложения сигнала

Проанализировав сигнал на разных частотах, была выбрана такая частота, при которой сигнал имеет наибольшее количество информации при наиболее низком уровне шума.

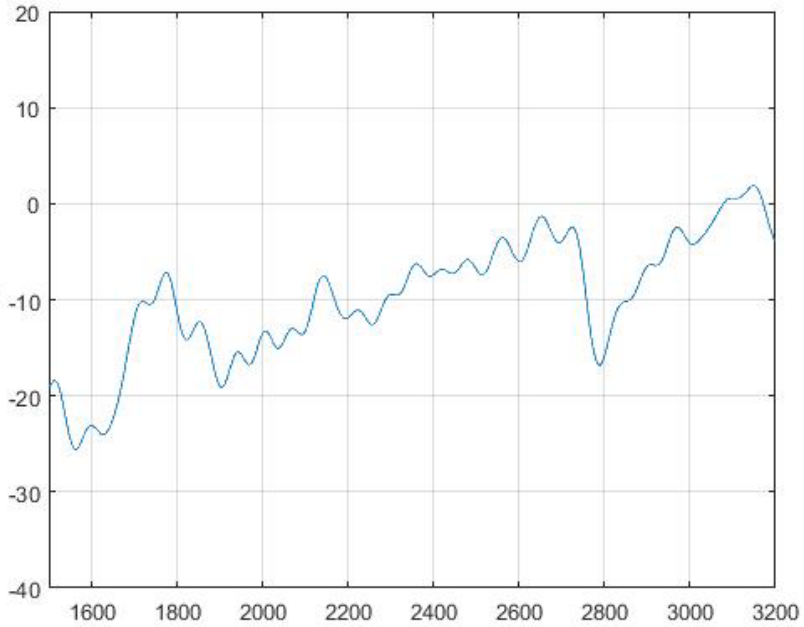


Рис. 3. Схема разложения сигнала

Обозначим интервалы, на которых производится движение глазного яблока вверх, цифрой «1», а движение вниз – цифрой «2», найдем средние значения амплитуд до, во время и после движения глазного яблока. Занесем получившиеся значения в табл. 1.

Таблица 1

Момент времени	Среднее значение амплитуды
До движения 1	–11,0307
Во время движения 1	2,6611
После движения 1	–5,1135
До движения 2	8,2176
Во время движения 2	–2,0633
После движения 2	9,0264

Движениям глазного яблока соответствуют резкие скачки амплитуды, резкое увеличение – для движения вверх и резкое уменьшение – для движения вниз.

Значения данных интервалов будут использованы для обучения искусственной нейронной сети, которая будет автоматически распознавать заранее заданные движения глазного яблока.

Список использованных источников

1. **Дубровин, В. В.** Аппаратно-программные средства повышения точности медицинских приборов на основе нейронных сетей / В. В. Дубровин, И. С. Рязанов, О. О. Голубятников // Математические методы в технике и технологиях. – Т. 27, № 3. – 2014. – С. 131–132.

2. **Судаков, Д. Е.** Модель электронного глаза человека с использованием искусственной нейронной сети / Д. Е. Судаков, В. В. Дубровин // Энергосбережение и эффективность в технических системах. – 2016. – С. 521–522.

3. **Фролова, М. С.** Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. – 2015. – № 4. – С. 139 – 145.

4. **Дубровин, В. В.** Аппаратно-программные средства повышения точности медицинских приборов на основе нейронных сетей / В. В. Дубровин, И. С. Рязанов, О. О. Голубятников // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27. – 2014. – № 3(62). – С. 131–132.

5. **Леньшин, С. Г.** Интеллектуальная система распознавания эмоционального состояния на электроэнцефалографе / С. Г. Леньшин // Взгляд молодых на проблемы региональной экономики – 2017 : Материалы Всероссийского открытого конкурса студентов вузов и молодых исследователей. – 2017. – С. 211 – 213.

6. **Кестер, У.** Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов / У. Кестер. – М. : Техносфера, 2010. – 328 с.

7. **Кропотов, Ю. Д.** Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / Ю. Д. Кропотов. – Донецк : Издатель Заславский А. Ю., 2010. – 512 с.

References

1. **Dubrovin, V. V.** Apparatno-programmnye sredstva povysheniya tochnosti medicinskih priborov na osnove nejronnyh setej / V. V. Dubrovin, I. S. Ryazanov, O. O. Golubyatnikov // Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyah. – V. 27, № 3. – 2014. – S. 131–132.

2. **Sudakov, D. E.** Model' ehlektronnogo glaza cheloveka s ispol'zovaniem iskusstvennoj nejronnoj seti / D. E. Sudakov, V. V. Dubrovin // EHnergosberezhenie i ehffektivnost' v tekhnicheskih sistemah. – 2016. – S. 521 – 522.

3. **Frolova, M. S.** Informacionnaya model' medicinskoj tekhniki na osnove ob"ektno-orientirovannogo podhoda / M. S. Frolova, T. A. Frolova, I. A. Tolstuhin // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. – 2015. – № 4. – C. 139 – 145.

4. **Dubrovin, V. V.** Apparatno-programmnye sredstva povysheniya tochnosti medicinskih priborov na osnove nejronnyh setej / V. V. Dubrovin, I. S. Ryazanov, O. O. Golubyatnikov // Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyah – MMTT-27. – 2014. – № 3(62). – S. 131–132.

5. **Len'shin, S. G.** Intellektual'naya sistema raspoznavaniya ehmocional'nogo sostoyaniya na ehlektroehncefalografe / S. G. Len'shin // Vzglyad molodyh na problemy regional'noj ehkonomiki – 2017 : Materialy Vserossijskogo otkrytogo konkursa studentov vuzov i molodyh issledovatelej. – 2017. – S. 211 – 213.

6. **Kester, U.** Proektirovanie sistem cifrovoj i smeshannoj obrabotki signalov / U. Kester. – M. : Tekhnosfera, 2010. – 328 s.

7. **Kropotov, Yu. D.** Kolichestvennaya EHEHG, kognitivnye vyzvannye potencialy mozga cheloveka i nejroterapiya / Yu. D. Kropotov. – Doneck : Izdatel' Zaslavskij A.Yu., 2010. – 512 s.

УДК 004.9 ББК 30в6

Воробьев Д. Н.,[1] Высоцкий А. В.,[2] Минин Ю. В.[3]
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
[1](Тел. 8(953)1259993, e-mail: dmitry1vrb@gmail.com),
[2](Тел. 8(4752)631358),
[3](Тел. 8(4752)631358, e-mail: yuri.minin@gmail.com)

ПРОЦЕДУРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА ФУНКЦИИ НА ИЗОБРАЖЕНИИ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТА

Vorobev D. N.,[1] Vysotsky A. V.,[2] Minin Yu. V.[3]
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
[1](Tel. 8(953)1259993, e-mail: dmitry1vrb@gmail.com),
[2](Tel. 8(4752)631358),
[3] (Tel. 8(4752)631358, e-mail: yuri.minin@gmail.com)

PROCEDURE FOR DETERMINING THE TYPE OF FUNCTION ON THE IMAGE IN THE PROBLEM OF DETERMINING THE OBJECT CHARACTERISTICS

Аннотация. Работа посвящена определению динамических характеристик технического объекта на основе анализа графиков корреляционных и взаимно корреляционных функций. Сформированы оценки изображений графиков. Предложен алгоритм нахождения предложенных оценок изображений графиков для автоматизации метода типовых таблиц.

Ключевые слова: изображение, управление, динамические характеристики, метод типовых таблиц.

Abstract. The work is devoted to the determination of the dynamic characteristics of a technical object on the basis of analysis of graphs of correlation and cross-correlation functions. Graphs of graphs are formed. An algorithm for finding proposed estimates of graph images for automating the method of type tables is proposed.

Keywords: image, control, dynamic characteristics, method of type tables.

Решение задач управления тесно связано с вопросами математического моделирования. Часто проводят большой объем экспериментов, тратят время и средства в целях получения динамических характеристик изучаемого процесса, при этом не всегда представляя себе, каков должен быть вид получаемых характеристик. Для решения задач идентификации и определения динамических характеристик при решении задач управления были собраны и систематизированы типовые функции, дающие представление о форме и характеристиках входных и выходных сигналов [1]. Рас-

смотрим процесс использования метода типовой идентификации. Если таблица достаточно подробно составлена, то есть одному виду $r_{xx}(t)$ представлено в соответствие большое количество кривых $r_{yx}(t)$ и векторов параметров. Получив значения $r^{э}_{xx}(t)$ и $r^{э}_{yx}(t)$, соответствующие реальному объекту, исследователь отыскивает в таблице кривую $r^{m}_{xx}(t)$, наиболее близкую к $r^{э}_{xx}(t)$, индекс «*m*» – табличная кривая, индекс «э» – экспериментальная кривая). Выбранная кривая $r^{m}_{xx}(t)$ выделяет из всей таблицы часть, которая содержит отклики $r^{m}_{yx}(t)$ достаточно широкого класса операторов на выбранное воздействие $r^{m}_{xx}(t)$. Выбирая далее из кривых $r^{m}_{yx}(t)$ кривую, наиболее близкую к $r^{э}_{yx}(t)$, исследователь находит вектор параметров – это оценка параметров реального объекта. Так как кривые $r^{m}_{yx}(t)$ и соответствующие $r^{m}_{xx}(t)$ разбиты на группы, то сначала подыскивается наиболее близкая кривая, являющаяся обобщенным портретом кривых в группе, далее продолжается поиск внутри группы [2].

Применение метода идентификации по таблицам сильно упрощает решение задач представленной области. Следующим логичным шагом упрощения данного процесса является его автоматизация. В этом случае возникает не тривиальная задача, для решения которой требуется: определить оценки, по которым компьютер сможет сопоставить и сравнить графики, представленные в виде изображений в его внутренней памяти; разработать способ нахождения и выделения этих оценок машиной; разработать способ сравнения и сопоставления графиков по полученным критериям.

В ходе анализа были сформированы следующие оценки изображений графиков:

– периоды монотонности;
– координаты крайних точек по оси абсцисс;
– координаты крайних точек по оси ординат;
– координаты точки перегиба функции.

Исходя из сформированных оценок, синтезирован алгоритм сравнения (рис. 1, 2). Первым шагом, если мы знаем периоды монотонности функций, мы знаем их количество у каждого из графиков, следовательно, сразу возможно сократить количество подходящих типовых графиков. Далее логичным будет сравнить знаки периодов монотонности, в ходе анализа графиков из типовых таблиц уже на этом шаге известно достаточно, чтобы отнести график в одну из групп. Третий шаг – сравнение координат точек перегиба функции, так как график, поступающий для поиска соответствий, может быть растянут как по оси абсцисс, так и ординат, то следует учитывать это, для чего и необходимы координаты крайних точек по осям [3].

Разработанный алгоритм оценки изображений графиков корреляционных и автокорреляционных функций состоит из следующих этапов.

– Осуществляется поиск пар чисел координат начала и конца графика, и формируется массив векторов, который описывает вершины графика.

– Формируется строка, изображающая поведение функции условными символами. Номер положения символа в строке описывает точку, находящуюся на той же позиции по оси абсцисс. Осуществляется поиск самой высокой и самой низкой точек графика.

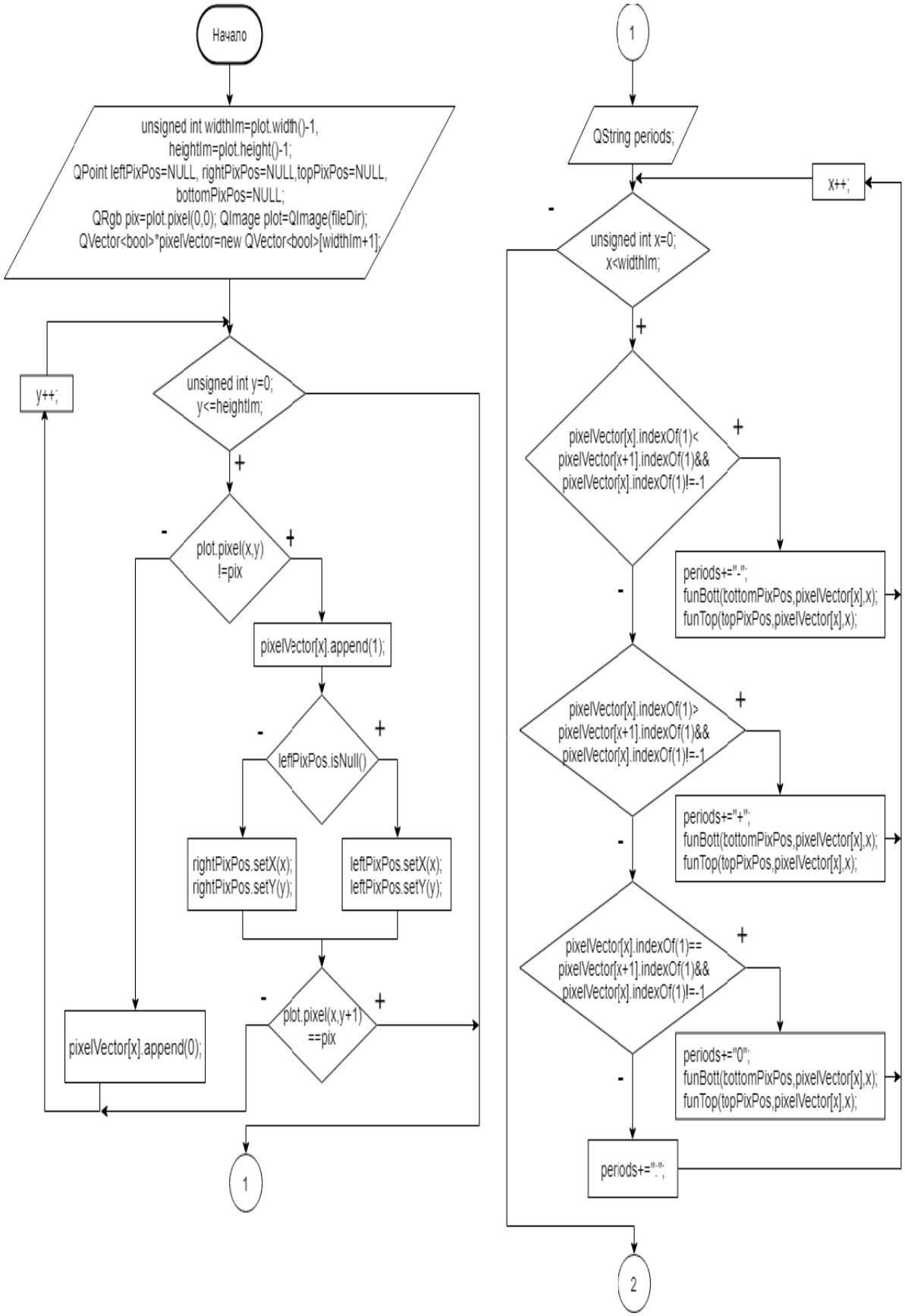


Рис. 1. Алгоритм сравнения

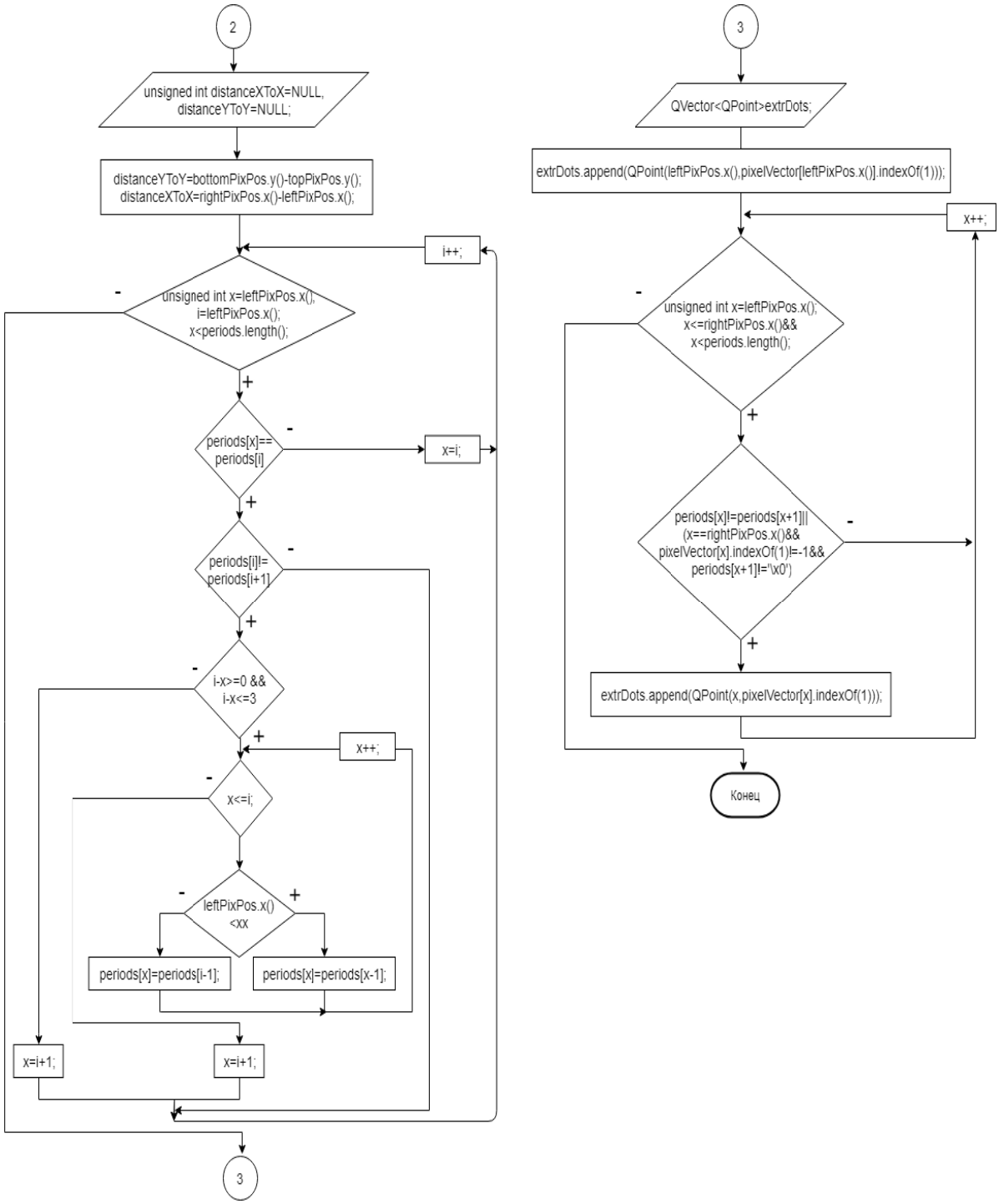


Рис. 2. Алгоритм сравнения (продолжение)

– Рассчитывается расстояние между крайними точками графика, после чего в сформированной строке, описывающей поведение функции, исправляются искажения, связанные с тем, что изображения представляются в памяти компьютера матрицами и там, где человеческий глаз видит убывание или возрастание функции, соседние пиксели могут иметь одинаковую координату по оси ординат.

– Осуществляется поиск и формирование вектора пар точек перегибов функции.

Список использованных источников

1. **Распознавание** информационного процесса в системе поддержки принятия решений / В. В. Алексеев, Ю. В. Минин, Х. Д. Лыонг, С. Н. Сатышев // Научтехлидиздат, 2014. – С. 47 – 49.

2. **Типовые** линейные модели объектов управления : справ. пособие / С. А. Анисимов, И. С. Зайцева, Н. С. Райбман, А. А. Яралов. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 264 с.

3. **Солопахо, А. В.** Гарантированное оптимальное управление объектом, описанным системой дифференциальных уравнений со случайным параметром / А. В. Солопахо // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 1995. – С. 239 – 245.

References

1. **Raspoznavanie** informacionnogo processa v sisteme podderzhki prinyatiya reshenij / V. V. Alekseev, Yu. V. Minin, H. D. Lyong, S. N. Satyshev // Nauchtekhlidizdat, 2014. – S. 47 – 49.

2. **Tipovye** linejnye modeli ob"ektov upravleniya: sprav. posobie / S. A. Anisimov, I. S. Zajceva, N. S. Rajbman, A. A. Yaralov. – M. : EHnergoatomizdat, 1983. – 264 s.

3. **Solopaho, A. V.** Garantirovannoe optimal'noe upravlenie ob"ektom, opisannym sistemoj differencial'nyh uravnenij so sluchajnym parametrom / A. V. Solopaho // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 1995. – S. 239 – 245.

УДК 004.942

Абрамов Г. В.,[1] Авцинов И. А.,[2] Емельянов А. Е.,[3] Суханова Н. В.[4]
[1]Воронежский государственный университет, Россия, г. Воронеж
(Тел. (4732)207521, e-mail: agwl@yandex.ru),
[2]Воронежский государственный университет инженерных технологий,
Россия, г. Воронеж
(Тел. (4732)553875, e-mail: igor.awtzinov@yandex.ru),
[3]Воронежский государственный университет инженерных технологий,
Россия, г. Воронеж
(Тел. (4732)553875, e-mail: emalexeg@yandex.ru),
[4]Воронежский государственный университет инженерных технологий,
Россия, г. Воронеж
(Тел. (4732)553875, e-mail: Sukhanovanv1971@ mail.ru)

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЯВЛЕНИЯ БУФЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ В СЕТЕВЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Abramov G. V.,[1] Avtsinov I. A.,[2] Emelyanov A. E.,[3] Sukhanova N. V.[4]
[1]Voronezh State University, Russia, Voronezh
(Tel. (4732)207521, e-mail: agwl@yandex.ru),
[2]Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia, Voronezh
Tel. (4732)553875, e-mail: igor.awtzinov@yandex.ru),
[3]Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia, Voronezh
(Tel. (4732)553875, e-mail:emalexeg@yandex.ru),
[3]Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia, Voronezh
(Tel. (4732)553875, e-mail: Sukhanovanv1971@mail.ru)

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL TO STUDY THE PHENOMENON OF BUFFERING DATA IN THE NETWORK CONTROL SYSTEMS

Аннотация. В работе предложены подходы к разработке имитационной модели сетевых систем управления с промежуточными буферами для пакетов данных. Предмет исследования состоял в разработке имитационной модели для изучения явления влияния буферизации данных на качество управления. При этом предполагалось, что объем буфера для пакетов данных ограничен. Считалось, что передача пакета данных по сетевому каналу за период квантования осуществляется с заданной вероятностью. Предполагалось что, если пакет данных от цифрового датчика не передается за один такт квантования на контроллер, то он помещается в буфер датчика. При этом контроллер обрабатывает поступающие данные из буфера последовательно. При создании имитационной модели сетевой системы управления использовались соответствующие разработанные случайные процессы. Разработка имитационной модели сетевой системы управления была проведена в среде Simulink системы Matlab.

Ключевые слова: имитационная модель, сетевая система управления, буфер, вероятность, такт квантования.

Abstract. The paper proposes approaches to the development of a simulation model of network control systems with intermediate buffers for data packets. The subject of the study was to develop a simulation model to study the influence of data buffering on the quality of control. Herewith it was assumed that the size of the buffer for data packets is limited. It was believed that the data packet transmission over the network channel for the quantization period was carried out with a given probability. It was assumed that if the data packet from the digital sensor was not transmitted for the one quantization tact to the controller, it was placed in the sensor buffer. Herewith the controller processes the incoming data from the buffer sequentially. When creating a simulation model of the network control system, the corresponding elaborated random processes were used. The development of a simulation model of the network control system was carried out in the environment Simulink of Matlab system.

Keywords: simulation model, network system of control, buffer, probability, quantization tact.

Введение. В современных системах управления используются сложная иерархическая информационная структура, основанная на различных средствах обработки данных, и многочисленные стандарты передачи данных. Параметрический и функциональный анализ таких систем, а также и их синтез представляют собой нетривиальную задачу. Это объясняется, в частности, тем, что в современных системах управления используются каналы передачи данных со случайными задержками и очередями, потерями пакетов данных [1 – 3]. Каналы передачи в таких системах получили название сетевых каналов, а сами системы – сетевые системы управления (Networked Control System (NCS)) [4, 5]. Исследования показали, что случайные задержки оказывают существенное влияние на качество регулирования [6, 7].

Наиболее перспективным для анализа режимов и качества функционирования систем, использующих каналы вероятностной передачи данных, является использование имитационного моделирования [6 – 12]. Такой подход требует использования методов и подходов не только теории управления, но и теории связи. При этом надо учитывать, что такой подход значительно усложняет анализ, моделирование и синтез таких систем управления [5].

Постановка задачи. Согласование скоростей передачи данных в линиях связи и сглаживание кратковременных перегрузок в каналах передачи данных осуществляются с помощью буферной памяти сетевых устройств. От ее размера зависит количество потерянных пакетов при передаче. Значительный интерес представляет анализ влияния размера буфера сетевых устройств на качество регулирования.

В работе предложены подходы к разработке имитационных моделей сетевых систем управления, позволяющих проводить анализ влияния различных размеров буферов сетевых устройств на качество процесса регулирования.

Методы. Разработка имитационной модели функционирования сетевой системы управления проводилась в среде Simulink системы Matlab. При этом предполагалось, что сетевые устройства имеют буферные модули: датчик – выходной буфер, контроллер – входной.

При разработке имитационной модели использовали следующие понятия работы данной системы. Сетевой канал является «закрытым», если передача данных в течение такта квантования T_0 по нему невозможна. Сетевой канал является «открытым», если по нему возможна передача данных в течение такта квантования T_0. Под запаздыванием в сетевом канале передачи данных понимается промежуток времени, в течение ко-

торого передача данных по нему невозможна. Под запаздыванием в системе управления понимается промежуток времени с момента формирования пакета данных в цифровом датчике до момента его переработки в дискретном регуляторе. Под информационным потоком системы управления с сетевыми каналами связи понимается поток данных, поступающих непосредственно на переработку от одних элементов системы к другим. Под разрывом информационного потока понимается случай, когда дискретный регулятор не имеет данных от цифрового датчика, которые не были бы уже использованы, для выработки регулирующего воздействия. Под временем разрыва информационного потока понимается промежуток времени, в течение которого наблюдался разрыв информационного потока в системе управления.

В некоторый момент времени в системе может сложиться следующая ситуация:

- сетевой канал – «закрыт»;
- буфер регулятора – пуст;
- буфер датчика – имеет пакеты данных от цифрового датчика.

Тогда на следующем такте квантования:

- новые данные от цифрового датчика будут помещены в буфер датчика;
- регулятор для выработки регулирующего воздействия будет использовать последние полученные данные от цифрового датчика, которые были уже использованы.

Когда сетевой канал «открывается», то пакеты данных из буфера цифрового датчика в течение такта квантования T_0 перемещаются в буфер дискретного регулятора.

Анализ функционирования такой системы показывает, что разрыв информационного потока наблюдается в том случае, когда число последовательных тактов квантования T_0, в течение которых сетевой канал находится в состоянии «закрыт», превышает максимальное число аналогичных тактов, наблюдавшихся до этого момента времени. В работе рассмотрен случай, когда система управления имеет одинаковый объем буферов данных в цифровом датчике и дискретном регуляторе. Обозначим данный объем через N. Предполагалось, что система работает достаточно долго и за это время в системе в буферах цифрового датчика и дискретного регулятора находится N пакетов данных, которые ждут своей очереди: часть на передачу по сетевому каналу, а другая часть – на обработку в дискретном регуляторе. Режим функционирования данной системы можно описать следующим образом:

1. Если время «закрытия» канала не превышает N тактов квантования T_0, то система работает с запаздыванием $\tau = NT_0$ в цепи обратной связи (так как считается, что в системе находится N пакетов данных).

2. Если время «закрытия» канала превышает N тактов квантования T_0, например на m тактов, то в буфере дискретного регулятора пакетов не будет; после того как объем буфера датчика полностью заполнится, будут потеряны m пакетов данных от цифрового датчика. После «открытия» канала система будет работать с запаздыванием $\tau = (N + m)T_0$ в течение N тактов, а после с запаздыванием $\tau = NT_0$.

Результаты. Предложенный выше подход к моделированию сетевой системы управления с ограниченным объемом буфера позволил разработать имитационную модель в среде Simulink системы Matlab, в которой предусмотрены следующие модули:

1. Формирования дискретного случайного процесса ξ_k «закрытия – открытия» сетевого канала:

$$\xi_k = \xi(kT_0) = \begin{cases} 1, & \textit{канал закрыт} - \textit{веоятность}\, p; \\ 0, & \textit{канал открыт} - \textit{вероятность} \quad q = 1 - p. \end{cases}$$

С этой целью используется блок формирования случайного числа, имеющего равномерное распределение. Вероятность p задается путем установки соответствующего значения в управляемом переключателе Switch.

2. Формирования числового значения времени закрытия канала передачи в тактах квантования.

С этой целью формируется дискретный случайный процесс:

$$\varepsilon_{k+1} = (\varepsilon_k + 1)\xi_k,$$

где ε_k – число последовательных тактов квантования «закрытия» сетевого канала на момент времени $t = kT_0$.

Для реализации данного случайного процесса используется интегрирующий блок. Пока $\varepsilon_k = 1$, выход интегратора возрастает, если $\varepsilon_k = 0$, то выход интегратора обнуляется. Условие такого перехода задается в управляемом переключателе Switch.

3. Формирования дискретного случайного процесса:

$$\varepsilon_k^{mx} = \varepsilon_k + 1[\varepsilon_k - N] + N(1 - 1[\varepsilon_k - N]),$$

где ε_k – значение времени «закрытия» сетевого канала в тактах квантования на момент времени $t = kT_0$; $1[\varepsilon_k - N]$ – единичная функция (значение 1, если $\varepsilon_k \geq N$, в противном случае – 0).

Значение данного случайного процесса не меньше N. Для реализации данного случайного процесса используется блок MinMax.

4. Формирования времени разрыва информационного потока в тактах квантования.

С этой целью формируется дискретный случайный процесс:

$$z_k^p = \varepsilon_k^{\max} - N.$$

Если разрыв информационного потока отсутствует, то значение $z_k^p = 0$.

В момент, когда наступает разрыв информационного потока, значение z_k^p начинает увеличиваться. Численное значение z_k^p равно времени разрыва информационного потока в тактах квантования.

5. Формирование постоянного времени запаздывания в цепи обратной связи $\tau_N = NT_0$ осуществляется с помощью блока Transport Delay.

6. Формирования времени эффекта разрыва информационного потока.

С этой целью используются блоки Enabled Subsystem и Variable Time Delay.

Заключение. Проведенный анализ функционирования сетевой системы управления с ограниченными буферами сетевых устройств позволил выработать подходы и разработать имитационную модель в среде Simulink системы Matlab. Разработанная имитационная модель позволяет проводить анализ качества переходных процессов системы регулирования, использующей сетевые вероятностные каналы передачи данных, а также оценивать влияние объема буфера сетевых устройства на эти характеристики.

Список использованных источников

1. **Self**-triggered linear quadratic control / T. Gommans, D. Antunes, T. Donkers, P. Tabuada, W. Heemels // Automatica. – 2014. – V. 50, № 4. – P. 1279 – 1287.

2. **Hua, M.-D.** Introduction to Feedback Control of Underactuated VTOL Vehicles: A Review of Basic Control Design Ideas and Principles / M.-D. Hua, T. Hamel, P. Morin, C. Samson // IEEE Control Systems. – 2013. – V. 33, № 1. – P. 61 – 75.

3. **You, K.** Survey of Recent Progress in Networked Control Systems / K. You, L. Xie // Acta Automatica Sinica. – 2013. – V. 39, № 2. – P. 101 – 117.

4. **Wu, H.** Cloud-Based Net- worked Visual Servo Control / H. Wu // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2013. – V. 60. – P. 554 – 566.

5. **Zhang, L.** Network-Induced Constraints in Networked Control Systems – A Survey / L. Zhang // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2013. – V. 9. – P. 403 – 416.

6. **Abramov, G. V.** Mathematic Model of Digital Control System with PID Regulator and Regular Step of Quantization with Information Transfer via the Channel of Plural Access / G. V. Abramov, A. E. Emeljanov, A. L. Ivashin // Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering (CISSE' 2008). University of Bridgeport, CT, USA. – P. 437 – 442.

7. **Abramov, G. V.** Identification of applicability area of mathematical model of network control system functioning in asynchronous mode during data transfer via multiple access channel / G. V. Abramov, A. E. Emelyanov, A. L. Ivashin // WMSCI 2011: the 15th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Proceedings 3. – 2011. – P. 199 – 202.

8. **Абрамов, Г. В.** Анализ времени передачи данных в распределенных сетях с конкурирующим доступом / Г. В. Абрамов, А. Е. Емельянов, К. Ч. Колбая // Вестник Воронежского государственного университета. – 2016. – № 4. – С. 61 – 67.

9. **Битюков, В. К.** Модель канала передачи со случайной задержкой и потерей пакетов данных для сетевых систем управления / В. К. Битюков, А. Е. Емельянов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – № 3. – С. 68 – 73.

10. **Burger, M.** Hierarchical clustering of dynamical networks using a saddle-point analysis / M. Burger, D. Zelazo, F. Allgower // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2013. – V. 58. – P. 113 – 124.

11. **Chen, X.** Periodic event-triggered state-feedback and output-feedback control for linear systems / X. Chen, F. Hao // Control, Automation and Systems. – 2015. – V. 13, № 4. – P. 779 – 787.

12. **Fuhrmann, P**. Reachability, observability and strict equivalence of networked linear systems / P. Fuhrmann, U. Helmke // Mathematics of Control Signals and Systems. – 2013. – № 2. – P. 299 – 306.

References

1. **Self**-triggered linear quadratic control / T. Gommans, D. Antunes, T. Donkers, P. Tabuada, W. Heemels // Automatica. – 2014. – V. 50, № 4. – P. 1279 – 1287.

2. **Hua, M.-D.** Introduction to Feedback Control of Underactuated VTOL Vehicles: A Review of Basic Control Design Ideas and Principles / M.-D. Hua, T. Hamel, P. Morin, C. Samson // IEEE Control Systems. – 2013. – V. 33, № 1. – P. 61 – 75.

3. **You, K.** Survey of Recent Progress in Networked Control Systems / K. You, L. Xie // Acta Automatica Sinica. – 2013. – V. 39, № 2. – P. 101 – 117.

4. **Wu, H.** Cloud-Based Net- worked Visual Servo Control / H. Wu // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2013. – V. 60. – P. 554 – 566.

5. **Zhang, L.** Network-Induced Constraints in Networked Control Systems – A Survey / L. Zhang // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2013. – V. 9. – P. 403 – 416.

6. **Abramov, G. V.** Mathematic Model of Digital Control System with PID Regulator and Regular Step of Quantization with Information Transfer via the Channel of Plural Access / G. V. Abramov, A. E. Emeljanov, A. L. Ivashin // Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering (CISSE' 2008). University of Bridgeport, CT, USA. – P. 437 – 442.

7. **Abramov, G. V**. Identification of applicability area of mathematical model of network control system functioning in asynchronous mode during data transfer via multiple access channel / G. V. Abramov, A. E. Emelyanov, A. L. Ivashin // WMSCI 2011: the 15th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Proceedings 3. – 2011. – P. 199 – 202.

8. **Abramov, G. V.** Analiz vremeni peredachi dannyh v raspredelennyh setyah s konkuriruyushchim dostupom / G. V. Abramov, A. E. Emel'yanov, K. CH. Kolbaya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – № 4. – S. 61 – 67.

9. **Bityukov, V. K.** Model' kanala peredachi so sluchajnoj zaderzhkoj i poterej paketov dannyh dlya setevyh sistem upravleniya / V. K. Bityukov, A. E. Emel'yanov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij. – 2015. – № 3. – S. 68 – 73.

10. **Burger, M.** Hierarchical clustering of dynamical networks using a saddle-point analysis / M. Burger, D. Zelazo, F. Allgower // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2013. – V. 58. – P. 113 – 124.

11. **Chen, X.** Periodic event-triggered state-feedback and output-feedback control for linear systems / X. Chen, F. Hao // Control, Automation and Systems. – 2015. – V. 13, № 4. – P. 779 – 787.

12. **Fuhrmann, P**. Reachability, observability and strict equivalence of networked linear systems / P. Fuhrmann, U. Helmke // Mathematics of Control Signals and Systems. – 2013. – № 2. – P. 299 – 306.

УДК 66.011: 681.518.3

Дмитриев О. С., Живенкова А. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,
(Тел. (4752)630369, e-mail: phys@nnn.tstu.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА ТФС В УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ

Dmitriev O. S., Zhyvenkova A. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov,
(Tel. (4752)630369, e-mail: phys@nnn.tstu.ru)

MODELING OF THE DECISION-MAKING PROCESS ON THE OPTIMAL TPP CALCULATION METHOD IN THE CONDITIONS OF A MULTICRITERIA PROBLEM

Аннотация. Рассмотрено моделирование процесса принятия решения при выборе метода расчета теплофизических свойств полимерных композитов, оптимального в конкретных условиях эксперимента. Целью моделирования процесса является использование предложенной модели в информационно-измерительной системе исследования полимерных композитов для уменьшения погрешности расчета теплофизических свойств. В основу модели положены принципы метода анализа иерархий, предназначенного для решения многокритериальных задач.

Ключевые слова: альтернатива, критерий, метод анализа иерархий, моделирование, полимерные композиты, теплофизические свойства.

Abstract. In this article, the modeling of the decision-making process is considered when choosing a method for calculating the thermophysical properties of polymer composites that are optimal under specific experimental conditions. The purpose of the process modeling is to use the proposed model in the computer-measuring system for the study of polymer composites to reduce the error in the calculation of thermophysical properties. The model is based on the principles of the hierarchy analysis method intended for solving the multicriteria problems.

Keywords: alternative, criterion, hierarchy analysis method, modeling, polymer composites, thermophysical properties.

Качество изделий из полимерных композитов (ПК) определяется главным образом температурно-временным режимом отверждения. Поэтому расчет оптимальных технологических режимов отверждения изделий из ПК является важной задачей [1].

Перспективные методы оптимизации режимов отверждения ПК предполагают использование математических моделей и идентификацию параметров этой модели. Одним из важных этапов задачи исследования процесса отверждения ПК является нахождение их теплофизических свойств (ТФС). При этом точность определения ТФС ПК

оказывает существенное влияние на дальнейшее использование исследованных характеристик при расчете оптимального режима отверждения изделий из ПК [1].

Для решения обратной задачи теплопроводности разработан набор методов и алгоритмов, успешно используемых для определения ТФС ПК и являющихся ядром алгоритмического обеспечения информационно-измерительной системы (ИИС) процесса отверждения ПК [2, 3]. Однако у каждого метода имеются индивидуальные ограничения по применению. Кроме того, точность результатов и устойчивость расчета у методов различается при различных условиях проведения экспериментов. Таким образом, невозможно выделить универсальный метод расчета ТФС ПК, обеспечивающий минимальную погрешность вычисляемых значений независимо от входных условий эксперимента. Поэтому необходимо произвести расчет величин имеющимися методами, сравнить результаты и выбрать один из них. При таком подходе необходимо автоматизировать процесс принятия решения по выбору метода и алгоритм расчета ТФС, который обеспечит минимальную погрешность искомых параметров [2].

В основу моделирования процесса принятия решений положен модифицированный метод анализа иерархий, предназначенный для решения многокритериальных задач с конечным множеством возможных решений. Принципиальная сложность задач выбора при многих критериях заключается в невозможности априорного определения наилучшего решения. Для построения модели принятия решения по выбору метода расчета ТФС представим ее в виде иерархической структуры: на первом уровне размещается цель, на втором уровне – состав критериев, на третьем – множество альтернатив. Поэтому суть метода заключается в использовании матрицы парных сравнений, построенной на основе экспертных данных об относительной важности критериев [4].

Целью моделирования является получение расчетных ТФС с минимальной погрешностью при заданных условиях проведения эксперимента. Поставленная цель может быть достигнута путем выбора одной из альтернатив – одного из методов расчета ТФС. Выбор наиболее удачной из альтернатив проводится на основании их сравнения между собой по критериям. В нашем случае в качестве критериев рационально использовать перечень условий проведения эксперимента и оценивать фактическую работоспособность алгоритма и погрешность в зависимости от критерия.

На основании множественных экспериментов по имитационному моделированию строятся матрицы оценок методов по критериям. Получив конкретные для эксперимента значения критериев из матриц, оценивается фактическая работоспособность и погрешность метода по каждому критерию. Для получения суммарной оценки альтернативы по всем критериям необходимо оценить критерии по степени важности. Для чего строится матрица парных сравнений.

Получаем аналитическую модель процесса поддержки принятия решения об оптимальном методе расчета:

$$M = (Kr, K, B, S, W, F, A), \tag{1}$$

где $Kr = \{kr_i\}$, $i = 1...m$ – вектор критериев; $K = \{k_i\}$, $i = 1...m$ – входной вектор значений критериев; $B = \{b_j\}$, $j = 1...n$ – вектор альтернатив; $S = \{s_j\}$, $j = 1...n$ – вектор суммарной оценки каждой альтернативы по всем критериям; $W = \{w_i\}$, $i = 1...m$ – вектор весов критериев; $F = \{f_{ij}\}$, $i = 1..m$, $j = 1...n$ – матрица оценки методов по критериям; $A = \{a_{ij}\}$, $i = 1..m$, $j = 1...n$ – матрица парных сравнений критериев.

Требуется выбрать один из элементов вектора альтернатив $b_l \in B$ такой, что $S_l = \min(S_j)$, $j = 1...n$.

Вектор суммарной оценки альтернатив рассчитывается как

$$S_j = \sum_{i=1}^{m} w_i f_{ij} . \tag{2}$$

Для получения матрицы оценки методов по нескольким критериям моделируем имитационные эксперименты, предварительно определив перечень критериев Kr:

- толщина образца (kr_1);
- перепад температуры по толщине образца (kr_2);
- время эксперимента (kr_3);
- количество термопар, проводящих замеры по толщине образца (kr_4);
- погрешность измерения температуры (kr_5).

Имитационное моделирование проводится на основе последовательного перебора различных прогнозируемых ситуаций, возникающих при измерениях ТФС, путем изменения значений одного критерия при неизменных значениях других критериев и получения погрешностей расчета для всех методов. После завершения расчетов с изменением значения одного критерия необходимо переходить к следующему и так далее. В результате получаем набор диапазонов значений по каждому критерию и соответственный набор значений погрешностей ТФС, рассчитанных каждым из методов. Полученные данные оформляются в виде набора правил базы знаний в формате [4]:

$$\begin{aligned}
&\text{ЕСЛИ } k_1 \in [e_1^1, e_2^1], \text{ ТО } p_1^1 ... p_n^1 \\
&\text{ЕСЛИ } k_1 \in [e_3^1, e_4^1], \text{ ТО } p_1^2 ... p_n^2 \\
&\text{ЕСЛИ } k_1 \in [e_{d-1}^1, e_d^1], \text{ ТО } p_1^{d/2} ... p_n^{d/2} \\
&... \\
&\text{ЕСЛИ } k_m \in [e_{d-1}^m, e_d^m], \text{ ТО } p_1^{md/2} ... p_n^{md/2},
\end{aligned} \tag{3}$$

где $k_1 - k_m$ – входные значения критериев; $[e_{d-1}^m, e_d^m]$ – диапазоны значений каждого из критериев; $p_1^1 ... p_n^{md/2}$ – значения погрешности расчета каждым из методов при попадании значения критерия в указанный диапазон.

Используя правила базы знаний (3), для конкретных условий эксперимента строится матрица оценки методов расчета ТФС по сформулированным критериям Kr.

Вектор весов критериев W определяется путем построения матрицы парных сравнений, которая получается на основе экспертных оценок. Выбирается один из критериев, с которым удобнее всего сравнивать все остальные. Затем эксперт определяет во сколько раз вес первого критерия больше веса второго. Далее сравнивается первый критерий с третьим и так далее последовательно. После таких сравнений будут получены числа $a_{11} = 1$, a_{12}, ..., a_{1m}. Остальные элементы матрицы парных сравнений определяются по формуле [4]

$$a_{ij} = \frac{a_{1j}}{a_{1i}}. \tag{4}$$

На следующем этапе по построенной матрице парных сравнений (4) рассчитываются веса, характеризующие сравнительную важность критериев [4]:

$$w_i = \frac{a_{1m}}{a_{1i}}. \tag{5}$$

И, наконец, веса (5) нормируются и используются для расчета суммарной оценки альтернатив (2). После этого выбирается оптимальный метод и алгоритм расчета теплофизических свойств полимерных композитов.

Предложенная модель процесса поддержки принятия решений об оптимальном методе расчета ТФС полимерных композитов успешно применяется в информационно-измерительной системе исследования ТФС ПК, обеспечивая повышение точности измерений и расчетов ТФС [2]. Кроме того, наличие модели в составе ИИС является методической поддержкой работы пользователей, не имеющих специальных знаний о принципах работы методов и алгоритмов расчета ТФС и условиях их применения.

Список использованных источников

1. **Optimization** of Curing Cycles Products of the Polymer Composite Materials on Base of Glutinous Prepregs / O. S. Dmitriev, S. V. Mischenko, S. O. Dmitriev, V. N. Kirillov // Polymer Science, Series D. – 2009. – V. 2, № 4. – P. 223 – 229.

2. **Дмитриев, О. С.** Интеллектуальная информационно-измерительная система для определения теплофизических характеристик полимерных композитов / О. С. Дмитриев, А. А. Живенкова, А. О. Дмитриев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 73 – 83.

3. **Автоматизированная** система исследования процесса отверждения композиционных полимерных материалов / С. В. Мищенко, О. С. Дмитриев, Н. П. Пучков, А. В. Шаповалов // Промышленная теплотехника. – 1989. – Т. 11, № 5. – С. 79 – 84.

4. **Ногин, В. Д.** Принятие решений при многих критериях : уч.- метод. пособие / В. Д. Ногин. – СПб. : Издательство «ЮТАС», 2007. – 104 с.

References

1. **Optimization** of Curing Cycles Products of the Polymer Composite Materials on Base of Glutinous Prepregs / O. S. Dmitriev, S. V. Mischenko, S. O. Dmitriev, V. N. Kirillov // Polymer Science, Series D. – 2009. – V. 2, № 4. – P. 223 – 229.

2. **Dmitriev, O. S.** Intellektualnaia informatcionno-izmeritelnaia sistema dlia opredeleniia teplofizicheskikh kharakteristik polimernykh kompozitov / O. S. Dmitriev, A. A. Zhyvenkova, A. O. Dmitriev // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2013. – V. 19, № 1. – C. 73 – 83.

3. **Avtomatizirovannaia** sistema issledovaniia protcessa otverzhdeniia kompozitcionnykh polimernykh materialov / S. V. Mishchenko, O. S. Dmitriev, N. P. Puchkov, A. V. Shapovalov // Promyshlennaia teplotekhnika. – 1989. – V. 11, № 5. – S. 79 – 84.

4. **Nogin, V. D.** Priniatie reshenii pri mnogikh kriteriiakh : Uch.- metod. posobie / V. D. Nogin. – SPb. : Izdatelstvo «IUTAS», 2007. – 104 s.

УДК 004.932

Лакомов Д. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. 8-915-860-38-72, e-mail: LaDEnV@yandex.ru)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВ ФИКСАЦИИ В ОПТИЧЕСКОМ И ИК-ДИАПАЗОНАХ БПЛА ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Lakomov D. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Тел. 8-915-860-38-72, e-mail: LaDEnV@yandex.ru)

TECHNICAL CHARACTERISTICS OF FIXATION DEVICES IN THE OPTICAL AND IR RANGES OF THE UAV IN THE ANALYSIS OF IMAGES OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES FACITLITES

Аннотация. Рассмотрены свойства света как носителя информации, описаны свойтсва ИК-сигнала, указаны характеристики средств наблюдения, приведены характеристики объективов. Приведена сравнительная таблица камер беспилотных летательных аппаратов, применимых для анализа изображений объектов ЖКХ.

Ключевые слова: анализ, изображения, БПЛА, ИК-диапазон, оптический диапазон, камеры, характеристики.

Abstract. The article deals with the properties of light as a carrier of information, describes the properties of the IR signal, the characteristics of the means of observation, the characteristics of the lenses. The article also provides a comparative table of cameras of unmanned aerial vehicles used for the analysis of images of housing and communal facilities

Keywords: analysis, images, UAV, infrared, optical range, camera features.

Видимый свет как носитель информации характеризуется следующими свойствами:

– наблюдение возможно, как правило, днем или при наличии мощного внешнего источника света;

– сильная зависимость условий наблюдения от состояния атмосферы, климатических и погодных условий:

– малая проникающая способность световых лучей в видимом диапазоне, что облегчает задачу защиты информации о видовых признаках объекта.

ИК-лучи как носители информации обладают большей проникающей способностью, позволяют наблюдать объекты при малой освещенности. Но при их преобразовании в видимый свет для обеспечения возможности наблюдения объекта человеком происходит значительная потеря информации об объекте.

Так как физическая природа носителя информации в видимом и инфракрасном диапазонах одинакова, то различные средства наблюдения, применяемые для добывания информации в этих диапазонах, имеют достаточно общую структуру.

Большинство средств наблюдения содержит оптический приемник, включающий оптическую систему, светоэлектрический преобразователь, усилитель и индикатор. В зависимости от вида светочувствительного элемента оптические приборы делятся на:

- визуально-оптические;
- фотографические;
- оптико-электронные.

В визуально-оптических средствах наблюдения светочувствительным элементом является сетчатка глаза человека. В традиционных фотоаппаратах и киноаппаратах светочувствительным элементом является фотопленка. В оптико-электронных приборах светочувствительным элементом является мишень светоэлектрического преобразователя.

Оптическая система или объектив проецирует световой поток от объекта наблюдения на поверхность светоэлектрического преобразователя (сетчатку глаза, фотопленку, фотодиод, фототранзистор, мишень светоэлектрического преобразователя). На мишени оптическое изображение преобразуется в электронное изображение, количество «свободных» электронов каждой точки которого пропорционально яркости соответствующей точки оптического изображения. Способы визуализации изображения для разных типов оптического приемника могут существенно отличаться. Изображение в виде зрительного образа формируется в мозгу человека, на фотопленке – в результате химической обработки светочувствительного слоя, на экране технического средства – путем параллельного или последовательного съема электронов с мишени, усиления электрических сигналов и формирования под их действием видимого изображения на экране оптического приемника [1].

Характеристики средств наблюдения определяются, прежде всего, параметрами оптической системы и светочувствительным элементом. Зависят они и от способов обработки электрических сигналов и формирования изображения при индикации. Основными характеристиками средств наблюдения являются:

- диапазон длин волн световых лучей, воспринимаемых средством наблюдения;
- чувствительность;
- разрешающая способность;
- поле (угол) зрения и изображения;
- динамический диапазон интенсивности света на входе оптического приемника, не вызывающий искажения изображения на его выходе.

Диапазон длин волн, воспринимаемых средством наблюдения, в видимом диапазоне 0,4…0,76 мкм, в инфракрасном диапазоне 0,76…14 мкм.

Чувствительность средства наблюдения оценивается минимальным уровнем энергии светового луча, при котором обеспечивается требуемое качество изображения объекта наблюдения. Качество изображения зависит как от яркости и контрастности проецируемого изображения, так и от помех. Помехи создают лучи света, попадающие на вход приемника от других источников света, и шумы светоэлектрического преобразователя. На экране светоэлектрического преобразователя при посторонней внешней засветке наблюдается ухудшение контраста изображение, аналогичное варианту прямого попадания на экран телевизионного приемника яркого солнечного света.

Разрешающая способность характеризуется минимальными линейными или угловыми размерами между двумя соседними точками изображения, которые наблюдаются

как отдельные. Так как изображение формируется из точек, размеры которых определяются разрешающей способностью средства наблюдения, то вероятность обнаружения и распознавания объекта возрастает с повышением разрешающей способности средства наблюдения (увеличением количества точек изображения объекта).

Поле зрения – это часть пространства, изображение которого проецируется на экран оптического приемника. Угол, под которым средство наблюдения «видит» предметное пространство, называется углом поля зрения. Часть поля зрения, удовлетворяющая требованиям к качеству изображения, называется полем изображения.

Динамический диапазон оптического приемника определяет в децибелах интервал силы света на входе оптического приемника, при котором обеспечивается заданное качество изображения на его выходе. Если диапазон силы света от объектов наблюдения больше динамического диапазона оптического приемника, то происходит искажение добываемой информации и может вызвать выход его из строя.

Характеристики объективов. Основу оптических систем и средств наблюдения составляют объективы, которые в силу постоянства кривизны поверхностей линз и оптической плотности стекла проецируют изображения с различного рода погрешностями. Наиболее заметны из них:

- сферическая аберрация, проявляющаяся в отсутствии резкости изображения на всем поле зрения (оно резко в центре или по краям);
- астигматизм – отсутствие одновременной резкости на краях поля изображения для вертикальных и горизонтальных линий;
- дисторсия – искривление прямых линий;
- хроматическая аберрация – появление цветных окантовок на границах световых переходов, вызванных различными коэффициентами преломления линз объектива спектральных составляющих световых лучей [2].

В целях уменьшения погрешностей объективы выполняются из большого (до 10 и более) количества линз с различной кривизной поверхностей. Все или отдельные группы линз склеиваются между собой.

Качество объективов описывается совокупностью характеристик, основными из которых являются:

- фокусное расстояние;
- угол поля зрения и изображения;
- светосила;
- разрешающая способность.

Фокусное расстояние *f* объектива представляет собой расстояние от оптической плоскости объектива до плоскости, где фокусируются входящие в объектив параллельные лучи света. По величине фокусного расстояния объективы делятся на короткофокусные, с фокусным расстоянием f, меньшим длины диагонали кадра поля изображения d (можно сказать, что d есть диаметр объектива), нормальные или среднефокусные ($f = d$), длиннофокусные и телеобъективы с $f > d$, а также с переменным фокусным расстоянием.

По **углу поля зрения** (изображения) различают узкоугольные объективы, у которых величина угла не превышает 30°, среднеугольные (угол в пределах 30…60°), ши-

рокоугольные с углом более 60° и, наконец, – с переменным углом поля изображения у объективов с переменным фокусным расстоянием.

Чем больше фокусное расстояние f объектива, тем больше деталей объекта можно рассмотреть на его изображении, но тем меньше угол поля зрения. Поэтому для обнаружения объекта используют короткофокусные объективы, а для распознавания – длиннофокусные.

Светосила характеризует уровень световой энергии, пропускаемой объективом к светочувствительному элементу. На светосилу объектива влияют следующие факторы:

- относительное отверстие объектива;
- прозрачность (коэффициенты пропускания, поглощения, отражения) линз;
- масштаб изображения.

Светосила без учета реальных потерь света в линзах оценивается величиной геометрического относительного отверстия, равного $k = d/f$, где d – диаметр входного отверстия объектива (апертура), f – фокусное расстояние. В зарубежной литературе светосила оценивается фокальным числом $F = f/d$. По величине относительного отверстия объективы делятся на сверхсветосильные, у которых ($d/f > 1/2$), светосильные ($d/f = 1/2…1/4$) и малосветосильные ($d/f < 1/4$). Чем больше светосила объектива, тем выше чувствительность средства наблюдения. Однако при этом растут искажения изображения и для их уменьшения усложняют конструкцию светосильных объективов, что естественно приводит к их удорожанию.

Свет, падающий на линзу и проходящий через нее, отражается и поглощается. Количество поглощенного света зависит от толщины стекла (в среднем 1…2% на 1 см толщины). Линзы отражают 4…6% падающего на них света. Чем больше отражающих поверхностей имеет объектив, тем больше потери света. В объективах из 5…7 линз потери света на отражение могут составлять 40…50%. Уменьшают потери света просветлением линз. Просветлением называются способы уменьшения отражения света от поверхности стекла путем нанесения на него тонкой пленки с коэффициентом преломления, меньшим преломления стекла линзы. Толщина просветляющей пленки должна составлять 1/4 длины волны падающего на линзу света. В этом случае отраженные лучи света в силу противоположности их фаз фазам падающих лучей компенсируются и, следовательно, отражение света отсутствует. Первоначально объективы просветляли для желто-зеленой части спектра, к которой наиболее чувствителен глаз человека. Просветленный объектив в отраженном свете приобретал сине-фиолетовый опенок и назывался «голубой» оптикой. Современные технологии просветления оптики позволяют наносить на поверхность линзы 12 – 14 слоев просветляющих пленок и перекрывать тем самым весь спектр видимого диапазона света. Такую оптику маркируют индексами МС – многослойное покрытие. Объективы МС в отраженном свете не меняют цвет.

Разрешающая способность объектива это его возможность передавать мелкие детали изображения. Она выражается максимальным числом N штрихов и промежутков между ними на 1 мм поля изображения в его центре и по краям. Наиболее высокую разрешающую способность имеют объективы для микрофотографирования в микроэлектронике и астрономических телескопов. В них разрешающая способность достигает 1000 лин./мм. Разрешение объективов применяемых в фотографии составляет 50 лин./мм

В связи с большими техническими проблемами создания универсальных объективов с высокими значениями показателей, оптическая промышленность выпускает широкий набор специализированных объективов: для фото и киносъемки, портретные, проекционные, для микрофотографирования и т.д.

Объективы широкого применения разделяются в соответствии с размерами фотоаппаратов: для малоформатных и миниатюрных, среднеформатных и крупноформатных камер.

Для скрытого наблюдения используются:

- телеобъективы с большим фокусным расстоянием (300…4800 мм) для фотографирования на большом удалении от объекта наблюдения, например из окна противоположного дома и далее;
- так называемые точечные объективы для фотографирования из портфеля, часов, зажигалки, через щели и отверстия. Они имеют очень малые габариты и фокусное расстояние, но большой угол поля зрения.

В таблице 1 представлены характеристики нескольких камер, применяемых в БПЛА и применимых при анализе изображений объектов ЖКХ [3]

1. Характеристика камер БПЛА

Параметр	Nikon D800	Ricoh GR	Canon IXUS	Sony RX1	Sony NEX5	Canon_EOS 5D mark2	Phase One IXU 150
Площадь (кв. км)	30						
Ширина кадра (пикс.)	4912	2736	3000	4000	3264	3744	6208
Длина кадра (пикс.)	7360	3168	4000	6000	4912	5616	8280
МПикс.	36	9	12	24	16	21	51
Физ. размер пикселя (мкм)	5,0	2,0	1,5	6,0	4,9	6,5	5,3
GSD, см	5						
Площадь кадра (кв. км)	0,09	0,02	0,03	0,06	0,04	0,05	0,13
Продольное перекрытие (%)	80						
Поперечное перекрытие (%)	60						
Фокусное расстояние (мм)	50	6	4	35	16	50	55
Интервал фотографирования (с)	0,6	0,6	0,6	1	1	0,8	0,8
Количество фотографий	4149	17306	12500	6250	9356	7134	2918
Время съемки (ч)	0,7	2,9	2,1	1,7	2,6	1,6	0,6
Высота съемки (м)	500	150	133	292	163	385	519

Список использованных источников

1. **Особенности** классификации БПЛА самолетного типа / Н. С. Сенюшкин, Р. Р. Ямалиев, Д. В. Усов, М. А. Мураева // Молодой ученый. – 2010. – Т. 1, № 11. – С. 65 – 68.

2. **Сунгуров, А. С.** Обзор беспилотных летательных аппаратов // Современные научные исследования и инновации [Электронный ресурс] / А. С. Сунгуров, С. С. Гарманов. – 2017. – № 5. – URL : http://web.snauka.ru/issues/2017/05/83081

3. **Скубиев, С. И.** Научно-производственный институт земельно-информационных технологий Государственного университета по землеустройству «Земинформ» (Россия), Использование беспилотных летательных аппаратов для целей картографии : Тезисы X Юбилейной международной научно-технической конференции «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии» / С. И. Скубиев. – Гаета, Италия, 2010.

References

1. **Features** of the classification of UAV-type aircraft / N. S. Senichkin, R. R. Yamaleev, D. V. Usov, M. A. Moreva // Young scientist. – 2010. – V. 1, № 11. – P. 65 – 68.

2. **Sungurov, S. S.** Review of unmanned aerial vehicles // Modern scientific research and innovation [Electronic resource] / A. S. Sungurov, S. S. Garmanov. – 2017. – № 5. – URL : http://web.snauka.ru/issues/2017/05/83081

3. **Skubiev, S. I.** Research and production Institute of land and information technologies of the state University for land management «Zeminform» (Russia), the use of unmanned aerial vehicles for cartography. Abstracts of X Anniversary international scientific and technical conference «From imagery to map: digital photogrammetric technologies» / S. I. Skubiev. – Gaeta, Italy, 2010.

УДК 004.932

Алексеев В. В.,[1] Лакомов Д. В.[2]
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
[1](Тел. 8-953-720-87-77, e-mail: vvalex1961@yandex.ru),
[2](Тел. 8-915-860-38-72, e-mail: LaDEnV@yandex.ru)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО АЛГОРИТМА КАННИ

Alekseev V. V.,[1] Lakomov D. V.[2]
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
[1](Тел. 8-953-720-87-77, e-mail: vvalex1961@yandex.ru),
[2](Тел. 8-915-860-38-72, e-mail: LaDEnV@yandex.ru)

TECHNICAL SPECIFICATIONS OF HARDWARE SUPPORT FOR PROGRAM IMPLEMENTATION OF IMAGE ANALYSIS MODEL ON THE BASIS OF MODERNIZED CANNI ALGORITHM

Аннотация. Исследована возможность применения модернизированного алгоритма Канни, дополненного оператором Робинсона для распознавания объектов изображения и обнаружении дефектов на объектах. Оператор Робинсона с помощью свертывания исходного изображения по 4 направлениям позволяет точнее искать контур, по сравнению с другими операторами. В качестве алгоритма сглаживания изображения применяется функция Гаусса. На предварительном этапе изображение преобразуется с помощью цветовой модели YUV. Приведены результаты исследований и сформировано рекомендуемые технические характеристики аппаратного обеспечения

Ключевые слова: распознавание, изображение, образ, контур алгоритм, Канни, оператор, Робинсон, неопределенность.

Abstract. The paper investigates the possibility of applying the modernized Canny algorithm supplemented by the Robinson operator for recognition of image objects and detection of defects on objects. Robinson's operator, using the convolution of the original image in 4 directions, allows you to more accurately search for the contour, compared to other operators. The Gauss function is used as an image smoothing algorithm. In the preliminary stage, the image is converted using the YUV color model. The results of research and formed the recommended technical characteristics of the hardware

Keywords: recognition, image, image, contour algorithm, Canny, operator, Robinson, uncertainty.

В современных системах управления, принятия решений и обработки информации распознавание (идентификация) изображений в автоматическом режиме затруднено тем, что воздействие негативных внешних и внутренних факторов вносит в этот процесс неопределенность, приводящую к размытости изображений. В связи с этим применяются алгоритмы и модели, позволяющие уменьшить влияние неопределенности при анализе изображений. Одним из таких алгоритмов является алгоритм Канни.

Анализ изображения – это процесс выделения нужной информации из изображения с помощью автоматических систем. При анализе изображения огромную роль играют

контуры объектов изображения. Контуры несут в себе всю основную информацию об элементах изображения, которая слабо зависит от цвета и яркости. Контур – это пространственно-протяженный разрыв, перепад или скачкообразное изменение значений яркости.

Одним из самых распространенных детекторов контуров является оператор Канни, разработанный Джоном Канни в 1986 году. Канни разрабатывал свой алгоритм, основываясь на трех критериях:

1. Точное обнаружение. Канни основывал этот критерий как повышение значения отношения сигнал/шум. Выделение максимально возможного числа истинных границ и минимального количество ложных границ.

2. Четкая локализация. Точное определение линии границы. Минимизация фрагментации границы. Пиксели, выделенные как граничные, должны располагаться максимально близко к истинному положению границы.

3. Детектор должен реагировать на каждую границу только один раз [1].

Этапы алгоритма Канни. Выполнение алгоритма Канни начинается с предварительного этапа, на котором изображение преобразуется в градации серого. Для этого достаточно представить изображение в YUV-модели. В модели YUV цвет представляется в виде трех величин: яркости – Y; U и V – две цветоразностные величины. Величина Y содержит яркостную информацию, а по величинам U и V восстанавливается исходный цвет. Переход из стандартной модели RGB («red», «green», «blue») в модель YUV осуществляется по формулам:

$$Y = 0{,}299R + 0{,}587G + 0{,}114B;$$

$$U = -0{,}14713R - 0{,}28886G + 0{,}426B + 128;$$

$$V = 0{,}615R - 0{,}51499G - 0{,}10001B + 128.$$

где R, G, B – интенсивности красного, зеленого и синего цветов.

Первый этап алгоритма Канни – сглаживание, так как для получения устойчивого результата необходима фильтрация шумов. Для сглаживания применяются алгоритмы размытия изображения. В качества фильтра скглаживания в алгоритме применяется функция Гаусса:

$$g(x,y) = \frac{1}{2\pi\pi^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \qquad (1)$$

где x – расстояние от центрального элемента матрицы по горизонтальной оси; y – расстояние от центрального элемента матрицы по вертикальной оси; σ – среднеквадратичное отклонение распределения Гаусса [1].

Второй этап алгоритма – поиск градиентов. Алгоритм Канни применяет четыре фильтра для определения вертикальной, горизонтальной и двух диагональных границ. Каждому пикселю ставится в соответствие значение градиента его яркости. Для этого с помощью оператора определения границ определяется вектор градиента яркости каждой точки и норма этого вектора. Угол вектора округляется и принимает одно из следующих значений: 0, 45, 90 или 135 градусов. Такое округление будет необходимо для

следующего этапа. Для вычисления значений гридиентов в алгоритме применяется оператор Робинсона. Маски данного оператора симметричны относительно центральной оси, заполненной нулями. Достаточно получить результат от обработки первых четырех масок, остальные же можно получить, инвертируя первые:

$$r_0=\begin{bmatrix}-1 & 0 & 1\\ -2 & 0 & 2\\ -1 & 0 & 1\end{bmatrix};\quad r_1=\begin{bmatrix}0 & 1 & 2\\ -1 & 0 & 1\\ -2 & -1 & 0\end{bmatrix};\quad r_2=\begin{bmatrix}1 & 2 & 1\\ 0 & 0 & 0\\ -1 & -2 & -1\end{bmatrix};\quad r_3=\begin{bmatrix}2 & 1 & 0\\ 1 & 0 & -1\\ 0 & -1 & -2\end{bmatrix};$$

$$r_4=\begin{bmatrix}1 & 0 & -1\\ 2 & 0 & -2\\ 1 & 0 & -1\end{bmatrix};\quad r_5=\begin{bmatrix}0 & -1 & -2\\ 1 & 0 & -1\\ 2 & 1 & 0\end{bmatrix};\quad r_6=\begin{bmatrix}-1 & -2 & -1\\ 0 & 0 & 0\\ 1 & 2 & 1\end{bmatrix};\quad r_7=\begin{bmatrix}-2 & -1 & 0\\ -1 & 0 & 1\\ 0 & 1 & 2\end{bmatrix}.$$

Максимальное значение, полученное после применения всех четырех масок к пикселю и его окружению, считается величиной градиента, а угол градиента можно аппроксимировать как угол линий нулей в маске, которые дают максимальный отклик.

Третий этап алгоритма – подавление немаксимумов. Пикселями границы являются пиксели, в которых достигается локальный максимум градиента в направлении вектора этого градиента.

Четвертый этап алгоритма – двойная пороговая фильтрация. Все точки, обозначенные как локальные максимумы, проходят через два порога $T_{\min}$ и $T_{\max}$, задаваемых пользователем. Если значение градиента пикселя выше верхнего порога $T_{\max}$, то граница в этом пикселе достоверна. Если значение градиента пикселя ниже нижнего порога $T_{\min}$, то пиксель подавляется. Пиксели, градиенты которых попали в промежуток между двумя порогами, принимают фиксированное среднее значение и обрабатываются на заключительном этапе.

Заключительный пятый этап алгоритма – трассировка области неоднозначности. На этом этапе обрабатываются пиксели, градиенты которых находятся в диапазоне между порогами. Происходит выделение групп пикселей. Далее происходит проверка: если группа пикселей соединяется с одной из имеющихся границ, то вся группа добавляется к границе, если группа пикселей не соприкасается с какой-нибудь границей, то она подавляется. Добавление пикселя к группе осуществляется по следующему принципу: если пиксель соприкасается с группой пикселей по одному из восьми направлений, он добавляется к группе. Все пиксели, не попавшие в группы, подавляются [3].

Рекомендуемые характеристики аппаратного обеспечения для использования программной реализации модернизированного алгоритма Канни:

Оперативная память	Процессор
Оперативная память 8 ГБ	КЕШ-память 1 МБ
Тип оперативной памяти DDR3L	Тип процессора E1-6015 1,4 ГГц
Частота памяти 1333 МГц	Производитель процессора AMD
RAM 2 ГБ	Количество ядер

Жесткий диск	Передача данных
HDD 80 ГБ	Поддержка Wi_fi IEEE 802.11 b/g/n

Список использованных источников

1. **Потапов, А. А.** Новейшие методы обработки изображений / А. А. Потапов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 494 с.

2. **Фурман, Я. А.** Введение в контурный анализ. Приложения к обработке изображений и сигналов / Я. А. Фурман. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.

3. **Карасев, П. И.** Процедура обработки графических изображений в системах видеонаблюдения / П. И. Карасев, Ю. А. Губсков – Воронеж : Вестник Воронежского института ФСИН России, 2015. – № 2. – С. 35 – 37.

4. **Методология** дистанционной оценки пространственных распределений оптико-теплофизических параметров объектов, замаскированных под поверхностью грунта / В. В. Алексеев, Ю. Ю. Громов, Ю. А. Губсков, И. Н. Ищук. – М. : ООО «Научтехлитиздат», 2014. – 284 с.

References

1. **Potapov, A. A.** Novejshie metody obrabotki izobrazhenij. – M. : FIZMATLIT, 2008. – 494 s.

2. **Furman, Ya. A.** Vvedenie v konturnyj analiz. Prilozheniya k obrabotke izobrazhenij i signalov / Ya. A. Furman. – M. : FIZMATLIT, 2003. – 592 s.

3. **Karasev, P. I.** Procedura obrabotki graficheskih izobrazhenij v sistemah videonablyudeniya / P. I. Karasev, Yu. A. Gubskov. – Voronezh : Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii, 2015. – № 2. – S. 35 – 37.

4. **Metodologiya** distancionnoj ocenki prostranstvennyh raspredelenij optiko-teplofizicheskih parametrov ob"ektov, zamaskirovannyh pod poverhnost'yu grunta / V. V. Alekseev, Yu. Yu. Gromov, Yu. A. Gubskov, I. N. Ishchuk. – M. : OOO «Nauchtekhlitizdat», 2014. – 284 s.

УДК 004.932

Калистратова И. В., Пыкин И. С., Калистратов М. С.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630704, e-mail: ivkalistratova@yandex.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В АППАРАТАХ С ЗЕРНИСТЫМ СЛОЕМ

Kalistratova I. V., Pykin I. S., Kalistratov M. S.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Тел. (4752)630704, e-mail: ivkalistratova@yandex.ru)

MODELING GAS DISTRIBUTION IN DEVICES WITH GRANULAR LAYER

Аннотация. Представлена математическая модель газораспределения в аппаратах со струйными течениями в зернистом слое. Модель позволяет находить оптимальные параметры газораспределительного устройства.

Ключевые слова: газораспределение, зернистый слой, математическое моделирование.

Abstract. A mathematical model of gas distribution in devices with jet flows in a granular layer is presented. The model allows finding the optimal parameters of the gas distribution device.

Keywords: gas distribution, granular layer, mathematical modeling.

Аппараты с активными струйными течениями в зернистом слое достаточно широко используются при организации технологических процессов в системе газ–твердое.

Для нахождения конструктивных и технологических параметров этих аппаратов, обеспечивающих благоприятные условия газораспределения, необходима математическая модель, которая представлена ниже.

Основой математической модели являются уравнения гидродинамики, позволяющие рассчитать при известных исходных данных и фиксированных правлениях гидродинамические параметры слоя. Кроме уравнений гидродинамики, в эту математическую модель должны войти уравнения, связывающие параметры газораспределителя друг с другом, например зависимость гидравлического сопротивления газораспределителя от его конструктивных параметров (размера отверстий, скорости истечения газа из них, шага между отверстиями).

При вводе в слой системы плоских эквидистантных струй картина газораспределения будет симметрична, и поэтому достаточно рассчитать поле скоростей газа только в области Г (рис. 1), ограниченной линиями ABCDEG. Пренебрегаем скоростью движения твердых частиц в межфакельной области, так как она существенно меньше скорости газа, и рассматриваем твердую фазу как неподвижное пористое тело с постоянной порозностью.

На основании сделанных допущений и предположений составим математическую модель газораспределения в окрестности системы плоских эквидистантных струй в зернистом слое. В нее войдут следующие уравнения.

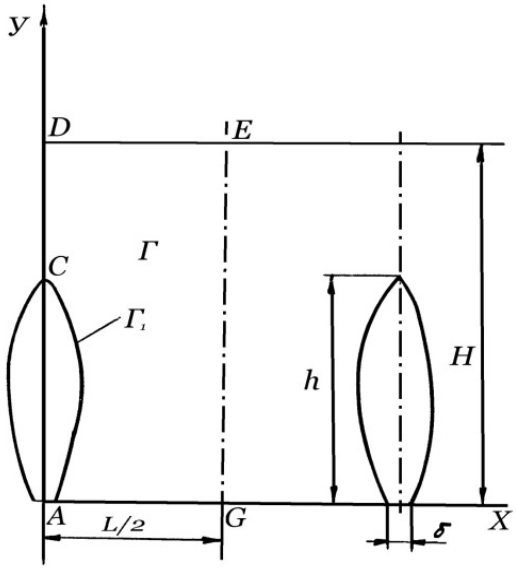


Рис. 1

1) уравнение, описывающее изменение статического давления газа в области Г (рис. 1):

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 P}{\partial y^2}=0, \qquad (x,y)\in \Gamma\ ;$$

2) уравнения, описывающие изменение статического давления на границах области Г:

$$\frac{\partial P}{\partial x}=0, \qquad x=0,\quad h\le y\le H;$$

$$\frac{\partial P}{\partial x}=0, \qquad x=L/2,\ 0\le y\le H;$$

$$\frac{\partial P}{\partial y}=-\alpha W^0,\ \delta/2\le x\le L/2,\ y=0;$$

$$P=P_0=const>0,\ (x,y)\in \Gamma_1;$$

$$P=0,\ 0\le x\le L/2,\ y=H,$$

где L,δ – шаг между отверстиями газораспределителя и ширина щели; W^0 – скорость предварительного ожижения ($W^0=0$ при вводе струй в неподвижный зернистый слой);

3) уравнение баланса инжектируемого и эжектируемого струей газа:

$$q_л=2\int_{\Gamma_1} W_x dy+W_y dy\ ,$$

где Γ_1 – эффективная граница факела;

4) условие применимости формул:

$$\alpha/\partial>20,\ 20\le \mathrm{Re}в\le 2300;$$

$$10^4\le Ar\le 313\cdot 10^4,\ 20\le \mathrm{Re}_p\le 512;$$

$$d_{ч}^{\max} / d_{ч}^{\max} \leq 7.0.$$

где α – длина щели;

5) уравнение, описывающее эффективную границу факела:

$$x = \frac{\partial}{2} + y\frac{kx_p - \partial / 2}{ky_{cp}},\ y < ky_p;$$

$$x = c_1 y\frac{\sqrt{h} - \sqrt{y}}{\sqrt{h} + \sqrt{y}},\ y \geq ky_p,$$

где x_p – ширина факела струи; y_p – высота факела струи; k – экспериментальный коэффициент.

Представленная модель используется при разработке виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» [1 – 4].

Работа выполнена под руководством профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» В. Г. Мокрозуба.

Список использованных источников

1. **Система** автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб, М. Н. Краснянский // Информационные технологии. – 2000. – № 12. – С. 19 – 21.

2. **Мокрозуб, В. Г.** Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов / В. Г. Мокрозуб // Информационные технологии. – 2009. – № 11. – С. 18 – 22.

3. **Мокрозуб, В. Г.** Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями / В. Г. Мокрозуб // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – № 10. – С. 30 – 34.

4. **Мокрозуб, В. Г.** Программное обеспечение автоматизированных систем размещения объектов в пространстве, инвариантное к предметной области / В. Г. Мокрозуб, К. В. Немтинов, К. А. Шаронин // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. – 2012. – № 3. – С. 11 – 20.

References

1. **Sistema** avtomatizirovannogo rascheta i konstruirovaniya ximicheskogo oborudovaniya / E. N. Maly`gin, S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub, M. N. Krasnyanskij // Informacionny`e texnologii. – 2000. – № 12. – S. 19 – 21.

2. **Mokrozub, V. G.** Taksonomiya v baze danny`x standartny`x e`lementov texnicheskix ob``ektov / V. G. Mokrozub // Informacionny`e texnologii. – 2009. – № 11. – S. 18 – 22.

3. **Mokrozub, V. G.** Predstavlenie struktury` izdelij v informacionny`x sistemax upravleniya mashinostroitel`ny`mi predpriyatiyami / V. G. Mokrozub // Vestnik komp`yuterny`x i informacionny`x texnologij. – 2009. – № 10. – S. 30 – 34.

4. **Mokrozub, V. G.** Programmnoe obespechenie avtomatizirovanny`x sistem razmeshheniya ob``ektov v prostranstve, invariantnoe k predmetnoj oblasti / V. G. Mokrozub, K. V. Nemtinov, K. A. Sharonin // Nauchno-texnicheskaya informaciya. Ser. 2. Informacionny`e processy` i sistemy`. – 2012. – № 3. – S. 11 – 20.

УДК 004.932

Калистратова И. В., Попов А. В., Мокрозуб В. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630704 e-mail: mokrozubav @yandex.ru)

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУППЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Kalistratova I. V., Popov A. V., Mokrozub V. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Тел. (4752)630704 e-mail: mokrozubv @yandex.ru)

FUNCTIONAL MODEL OF THE OPTIMAL DESIGN OF THE GROUP OF TECHNOLOGICAL DEVICES

Аннотация. Представлена постановка оптимизационной задачи и функциональная модель проектирования группы аппаратов, критерием оптимизации которой является суммарная себестоимость всех аппаратов группы.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, технологическое оборудование, оптимизация.

Abstract. The paper presents the formulation of the optimization problem and the functional design model of a group of devices, the optimization criterion of which is the total cost of all devices of the group.

Keywords: computer-aided design, technological equipment, optimization.

Предприятия химического машиностроения в современных условиях выпускают технологическое оборудование определенного класса. Это оборудование, как правило, состоит из типовых элементов. Разработка технической документации технологического оборудования регламентирована нормативными документами. Из сказанного следует, что имеется возможность создавать системы автоматизированного проектирования технологического оборудования, в которых проектировщик принимает минимальное участие при разработке конкретного проекта. Ниже представлена постановка оптимизационной задачи проектирования группы аппаратов.

Критерием оптимальности является суммарная себестоимость всех проектируемых аппаратов, что позволяет повысить общую рентабельность производства.

Пусть $J = \{j \mid j = 1..N\}$ – множество проектируемых типоразмеров аппаратов, где N – число различных типоразмеров аппаратов. Каждый типоразмер имеет несколько вариантов конструкции, удовлетворяющих техническому заданию, т.е. $A_j = \{A_j^k\}$ – множество вариантов конструкции аппарата, где k – номер варианта конструкции аппарата. В свою очередь $A_j^k = \{a_{j,i}^k\}$, где $a_{j,i}^k$ – i-й элемент конструкции, тогда $P =< J, C >$ – портфель заказов, $C = \{C_j\}$, где C_j – количество одинаковых типоразмеров аппарата.

Для заданного множества технических заданий $I = \{I_j \mid j = 1..N\}$ необходимо найти такой вариант конструкции каждого аппарата $A_j^{k*} \in A_j$, при котором себестоимость изготовления всего портфеля заказов $E(P)$ будет минимальна

$$E(P) = \sum_{j=1}^{N} E(A_j^{k*}, C_j) \to \min .$$

Функциональная модель проектирования группы аппаратов представлена на рис. 1. Исходными данными для проектирования является множество технических заданий $I = \{I_j \mid j = 1..N\}$. Результаты проектирования – множество проектов $O = \{O_j \mid j = 1..N\}$. Для выполнения функций проектирования отдельных аппаратов (разработка конструкции и технологии изготовления) используются: базы данных (свойства материалов, размеры типовых элементов и др.), база знаний (правила, позволяющие определить структуру аппарата, типы отдельных элементов, взаимное расположение элементов и др.), база параметрических чертежей (3D-модели и 2D-чертежи типовых элементов аппаратов) – информационные потоки D_j. Результаты проектирования (информационные потоки O_j) сохраняются в базе проектов.

Корректировка конструкции (информационные потоки Iz_j) осуществляется по результатам расчета суммарной себестоимости всех аппаратов и составления плана их выпуска.

Представленная модель используется при разработке системы автоматизированного проектирования технологического оборудования [1 – 4].

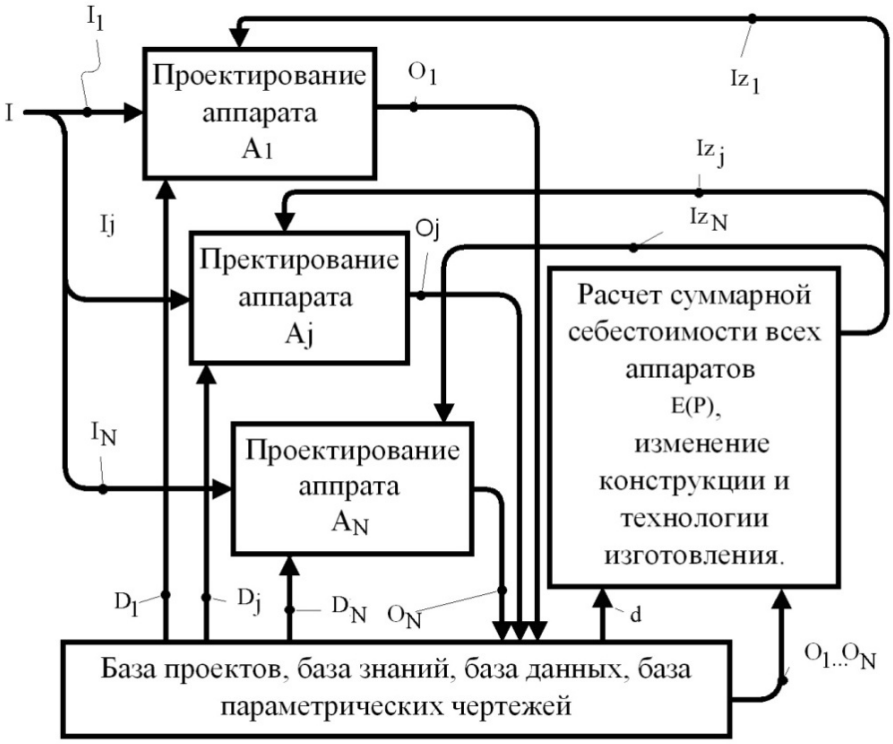


Рис. 1. Функциональная модель проектирования группы аппаратов

Представленная модель используется при разработке системы автоматизированного проектирования технологического оборудования [1 – 4].

Работа выполнена под руководством профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» В. Г. Мокрозуба.

Список использованных источников

1. **Система** автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб, М. Н. Краснянский // Информационные технологии. – 2000. – № 12. – С. 19 – 21.

2. **Мокрозуб, В. Г.** Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов / В. Г. Мокрозуб // Информационные технологии. – 2009. – № 11. – С. 18 – 22.

3. **Мокрозуб, В. Г.** Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями / В. Г. Мокрозуб // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – № 10. – С. 30 – 34.

4. **Мокрозуб, В. Г.** Программное обеспечение автоматизированных систем размещения объектов в пространстве, инвариантное к предметной области / В. Г. Мокрозуб, К. В. Немтинов, К. А. Шаронин // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. – 2012. – № 3. – С. 11 – 20.

References

1. **Sistema** avtomatizirovannogo rascheta i konstruirovaniya ximicheskogo oborudovaniya / E. N. Maly`gin, S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub, M. N. Krasnyanskij // Informacionny`e texnologii. – 2000. – № 12. – S. 19 – 21.

2. **Mokrozub, V. G.** Taksonomiya v baze danny`x standartny`x e`lementov texnicheskix ob``ektov / V. G. Mokrozub // Informacionny`e texnologii. – 2009. – № 11. – S. 18 – 22.

3. **Mokrozub, V. G.** Predstavlenie struktury` izdelij v informacionny`x sistemax upravleniya mashinostroitel`ny`mi predpriyatiyami / V. G. Mokrozub // Vestnik komp`yuterny`x i informacionny`x texnologij. – 2009. – № 10. – S. 30 – 34.

4. **Mokrozub, V. G.** Programmnoe obespechenie avtomatizirovanny`x sistem razmeshheniya ob``ektov v prostranstve, invariantnoe k predmetnoj oblasti / V. G. Mokrozub, K. V. Nemtinov, K. A. Sharonin // Nauchno-texnicheskaya informaciya. Ser. 2. Informacionny`e processy` i sistemy`. – 2012. – № 3. – S. 11 – 20.

УДК 004.9

Карева О. Х., Мокрозуб В. А., Попов А. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630704, e-mail: kareva12@yandex.ru)

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Kareva O. Kh., Mokrozub V. A., Popov A. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Тел. (4752)630704, e-mail: kareva12@yandex.ru)

THE SELECTION OF THE OPTIMUM STRUCTURAL MATERIAL OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Аннотация. Поставлена задача поиска оптимального конструкционного материала химического оборудования для заданной агрессивной среды и условий эксплуатации.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, технологическое оборудование, материал изготовления.

Abstract. The task of finding the optimal structural material of chemical equipment for the given aggressive environment and operating conditions is set.

Keywords: computer-aided design, technological equipment, raw material.

В химической промышленности используется более десяти тысяч наименований агрессивных сред и огромное количество конструкционных материалов. Выбираемый конструкционный материал должен быть наиболее выгоден по экономическим характеристикам и обладать наилучшими эксплуатационными показателями (коррозионная стойкость, прочностные характеристики и др.).

Задача выбора конструкционного материала заключается в следующем – для заданного типа химического оборудования и химической среды необходимо определить оптимальный конструкционный материал. Оптимальным конструкционным материалом является материал с самой низкой ценой и с самыми минимальными коррозионными потерями материала.

Таким образом, формулировка задачи выглядит следующим образом.

Для заданных: агрессивной среды, рабочего давления и температуры найти такой материал изготовления элементов химического оборудования $m^* \in M$, $M = \{m_j\}$, $j = \overline{1, N}$, при котором:

$$KC(m^*) \to \min_{m_j} KC(m_j)\,; \tag{1}$$

$$KP(m^*) \to \min_{m_j} KP(m_j)\,, \tag{2}$$

где $KC(m_j)$ – себестоимость конструкционного материала на единицу площади; $KP(m_j)$ – коррозионные потери конструкционного материала в течение его эксплуатации на единицу площади.

Поставленная задача является многокритериальной. Критерии (1) и (2) взаимопротиворечащие и не позволяют определить оптимальный материал $m_{cm}{}^{*} \in M$ по основным оптимизационным параметрам, который удовлетворял бы одновременно условиям (1) и (2). Для решения задачи произведем свертку критериев (1) и (2) в виде

$$KCP(m_j) = k1 * KCN(m_j) + k2 * KPN(m_j),$$

где $m_j \in M$, $k1$, $k2$ – весовые коэффициенты; $KCN(m_j) = \dfrac{KC(m_j) - KC_{\min}}{KC_{\max} - KC_{\min}}$ – нормированная стоимость стали; $KPN = \dfrac{KP(m_j) - KP_{\min}}{KP_{\max} - KP_{\min}}$ – нормированные коррозионные потери; $v(m_j) < [v]$; $v(m_j)$ – скорость коррозии материала; $[v]$ – допускаемое значение скорости коррозии химического оборудования:

$$KC(m_j) = C(m_j) * s(m_j) * \rho(m_j),$$

$C(m_j)$ – стоимость 1 кг стали; $\rho(m_j)$ – плотность стали; $s(m_j)$ – толщина стенки химического оборудования, является функцией температуры, давления и характеристики конструкционного материала:

$$s(m_j) = s([\sigma(m_j)], P_p, C_k),$$

$[\sigma(m_j)]$ – допускаемое напряжение стали при рабочей температуре; P_p – рабочее давление; C_k – прибавка на коррозию:

$$C_k = v * n,$$

где v – скорость коррозии; n – количество лет эксплуатации:

$$KC_{\max} = \max_{m_j} KC(m_j);$$

$$KC_{\min} = \min_{m_j} KC(m_j).$$

В качестве примера рассмотрим обечайку химического аппарата, нагруженную внутренним избыточным давлением.

Толщина стенки обечайки определяется по формуле

$$s(m_j) = s_p(m_j) + C_k(m_j),$$

где s_p – расчетная толщина стенки:

$$s_p(m_j) = \frac{P_p * D}{2 * [\sigma(m_j)] * \phi - P_p},$$

D – диаметр аппарата; φ – коэффициент прочности сварных швов; P_p – расчетное давление:

$$KPN = \frac{KP(m_j) - KP_{\min}}{KP_{\max} - KP_{\min}},$$

$$KP(m_j) = C(m_j) * v(m_j) * \rho(m_j) * n ,$$

где $v(m_j)$ – скорость коррозии стали является функцией конструкционного материала, агрессивной среды и ее температуры.

Представленная постановка задачи используется авторами при создании виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» [1 – 4].

Работа выполнена под руководством профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» В. Г. Мокрозуба

Список использованных источников

1. **Мокрозуб, В.** Создание виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» в Тамбовском государственном техническом университете / В. Мокрозуб // САПР и графика. – 2015. – № 1(219). – С. 38–39.

2. **Мокрозуб, В. Г.** О подходе к интеллектуализации информационной поддержки принятия решений при конструировании химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 7. – С. 31 – 34.

3. **Система** автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб, М. Н. Краснянский // Информационные технологии. – 2000. – № 12. – С. 19 – 21.

4. **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, В. А. Немтинов, М. С. Громов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 1. – С. 33 – 39.

References

1. **Mokrozub, V.** Sozdanie virtual`nogo kabineta «Konstruirovanie texnologicheskogo oborudovaniya» v Tambovskom gosudarstvennom texnicheskom universitete / V. Mokrozub // SAPR i grafika. – 2015. – № 1(219). – S. 38–39.

2. **Mokrozub, V. G.** O podxode k intellektualizacii informacionnoj podderzhki prinyatiya reshenij pri konstruirovanii ximicheskogo oborudovaniya / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Ximicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. – 2015. – № 7. – S. 31 – 34.

3. **Sistema** avtomatizirovannogo rascheta i konstruirovaniya ximicheskogo oborudovaniya / E. N. Maly`gin, S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub, M. N. Krasnyanskij // Informacionny`e texnologii. – 2000. – № 12. – S. 19 – 21.

4. **Avtomatizirovannaya** informacionnaya sistema podderzhki proektny`x reshenij po komponovke promy`shlenny`x ob``ektov. Chast` 2. Struktura i funkcionirovanie sistemy` (chast` 1 sm. v ITPP № 4, 2009 g.) / S. Ya. Egorov, V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, M. S. Gromov // Informacionny`e texnologii v proektirovanii i proizvodstve. – 2010. – № 1. – S. 33 – 39.

УДК 004.9

Попов А. В., Калистратова И. В., Карева О. Х.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630704, e-mail: popovtambov @yandex.ru)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ПОДШИПНИКОВ

Popov A. V., Kalistratova I. V., Kareva O. H.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (4752)630704, e-mail: e-mail: popovtambov@yandex.ru)

AUTOMATIC SELECTION OF BEARINGS

Аннотация. Представлена структура интеллектуальной системы выбора подшипников качения в зависимости от условий эксплуатации. Описана база данных для хранения знаний, представленных в форме правил.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, подшипники качения, выбор.

Abstract. The structure of an intelligent system for selecting rolling bearings depending on the operating conditions is presented. The database for storage of the knowledge presented in the form of rules is described.

Keywords: computer-aided design, rolling bearings, selection.

Подшипники качения наиболее часто используемый элемент в технических системах, поэтому во всех системах автоматизированного проектирования технических объектов им уделяется повышенное внимание. Базы данных подшипников существуют в таких системах, как Компас, Inventor, SolidWorks и др.

Основное внимание в существующих пакетах уделяется информации о типоразмерах подшипников и построению их чертежей и 3D-моделей и созданию интерфейса для ручного доступа к определенному типоразмеру.

В настоящей работе описывается структура автоматизированной информационной системы выбора подшипников качения в зависимости от условий эксплуатации. Основные элементы системы (рис. 1):

– дерево подшипников с их характеристиками;
– таблицы размеров подшипников;
– 3D- и 2D-модели подшипников;
– модули визуализации дерева подшипников, таблиц размеров подшипников, 3D- и 2D-моделей;
– модуль расчета;
– управляющая программа, обеспечивающая интерфейс пользователя и вызывающая необходимые модули;
– база знаний, позволяющая выбирать подшипники качения в зависимости от условий их эксплуатации.

Ниже рассматриваются правила выбора подшипников, полученные в результате анализа литературных источников и консультаций со специалистами.

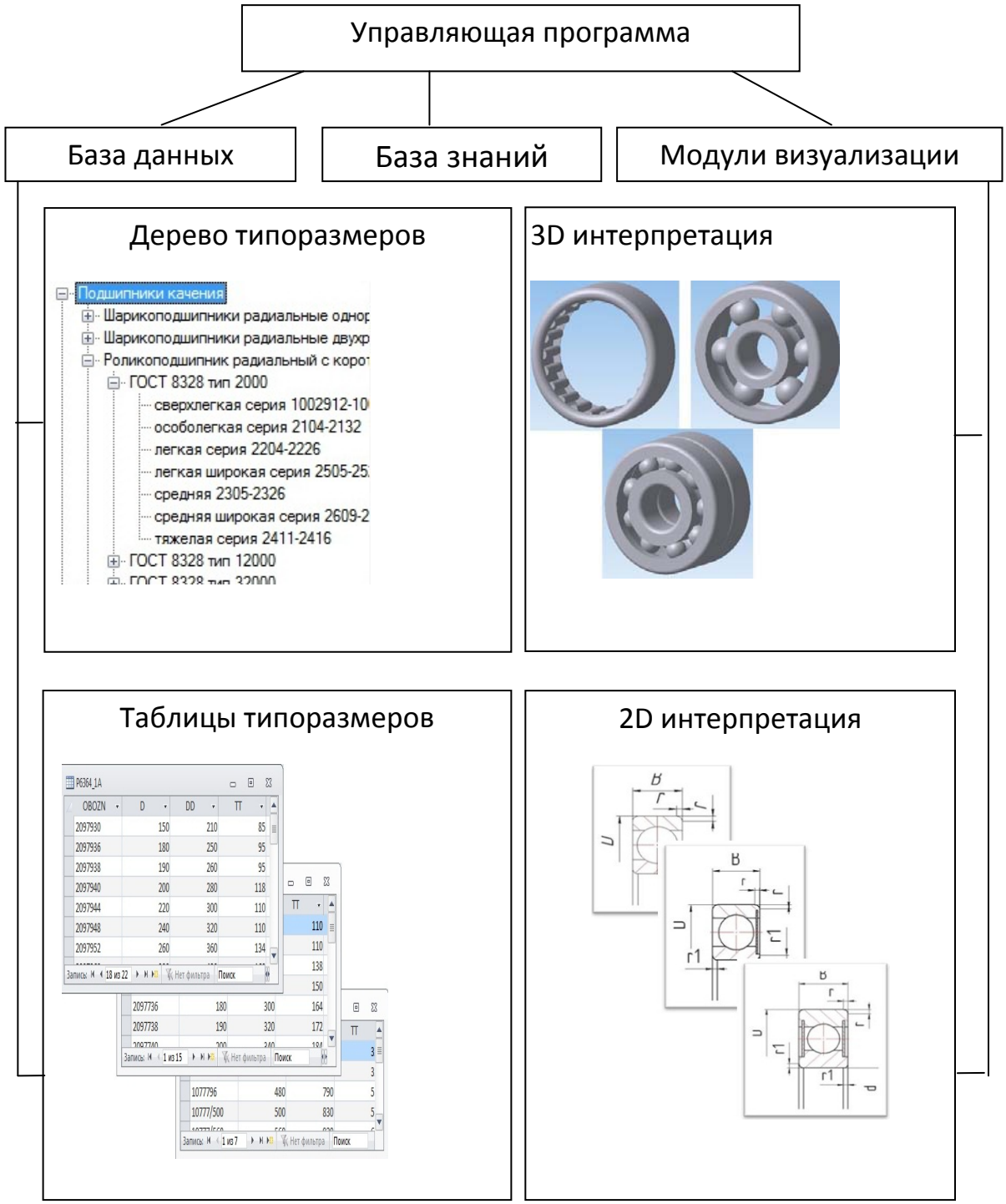


Рис. 1. Основные элементы автоматизированной системы выбора подшипников качения

При выборе подшипника качения и необходимо учитывать: наличие или отсутствие реверса; наличие или отсутствие толчков; время непрерывной работы; величину и направление нагрузки; характер приложения нагрузки; частоту вращения одного или обоих колец; необходимую долговечность; среду, в которой работает подшипник; рабочую температуру; специфические требования к узлу, определяемые конструкцией машины, механизма или прибора, и т.д.

Примеры правил выбора подшипников качения в зависимости от условий эксплуатации.

1. Если чисто осевая нагрузка, то используются подшипники шариковые упорные (упорно-радиальные) или роликовые упорные с цилиндрическими роликами или роликовые упорно-радиальные со сферическими роликами.

2. Если комбинированная нагрузка, то используются подшипники роликовые радиальные со сферическими роликами или роликовые радиально-упорные с коническими роликами.

3. Если высокая скорость вращения, то используются подшипники шариковые радиальные или шариковые радиальные сферические или роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами или шариковые радиально-упорные однорядные.

В работах [1 – 8] доказана возможность использования реляционных баз данных для хранений знаний, выраженных в форме правил. Структура реляционной базы данных для хранения знаний, позволяющих выбирать подшипники качения в зависимости от условий эксплуатации, представлена на рис. 2.

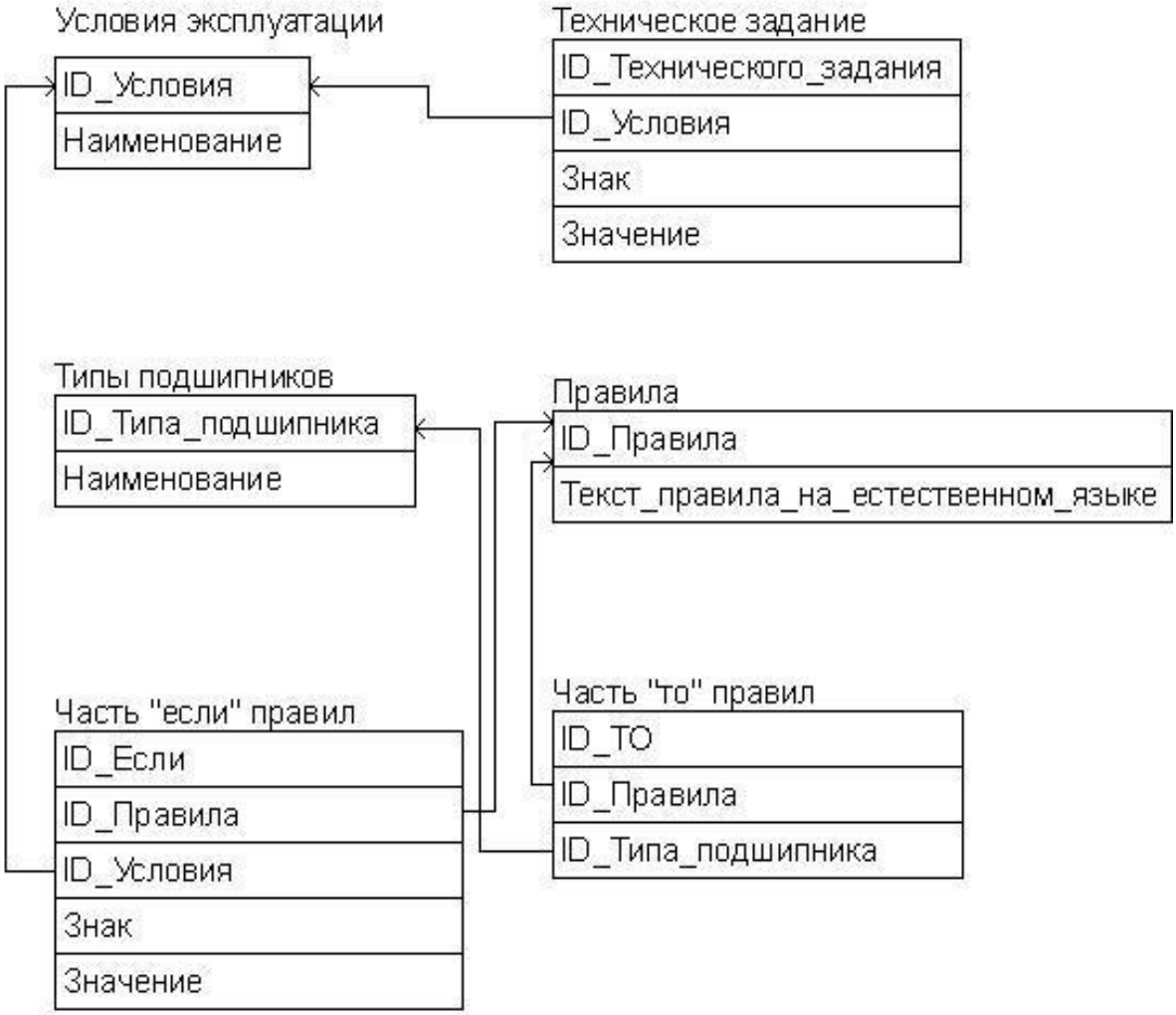


Рис. 2. Структура базы данных для хранения правил

Рассмотренная система является элементом разрабатываемой на кафедре «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ТГТУ системы автоматизированного проектирования и управления химическими предприятиями [1 – 8].

Работа выполнена под руководством проф. каф. КИСМ ТГТУ В. Г. Мокрозуба

Список использованных источников

1. **Мокрозуб, В. Г.** Создание виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» в Тамбовском государственном техническом университете / В. Г. Мокрозуб // САПР и графика. – 2015. – № 1(219). – С. 38 – 39.

2. **Мокрозуб, В. Г.** Интеллектуальная автоматизированная система проектирования химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, М. П. Мариковская, В. Е. Красильников // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – Т. 30, № 4.2. – С. 264 – 267.

3. **Система** автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб, М. Н. Краснянский // Информационные технологии. – 2000. – № 12. – С. 19 – 21.

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

5. **Мокрозуб, В. Г.** Представление структуры изделий в реляционной базе данных / В. Г. Мокрозуб // Информационные технологии. – 2008.– № 11(147). – С. 11 – 13.

6. **Мокрозуб, В. Г.** Программное обеспечение автоматизированных систем размещения объектов в пространстве, инвариантное к предметной области / В. Г. Мокрозуб, К. В. Немтинов, К. А. Шаронин // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. – 2012. – № 3. – С. 11 – 20.

7. **Мокрозуб В. Г.** Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями / В. Г. Мокрозуб // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – № 10(64). – С. 30 – 34.

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

References

1. **Mokrozub, V. G.** Sozdanie virtual`nogo kabineta «Konstruirovanie texnologicheskogo oborudovaniya» v tambovskom gosudarstvennom texnicheskom universitete / V. G. Mokrozub // SAPR i grafika. – 2015. – № 1 (219). – S. 38 – 39.

2. **Mokrozub, V. G.** Intellektual`naya avtomatizirovannaya sistema proektirova-niya ximicheskogo oborudovaniya / V. G. Mokrozub, M. P. Marikovskaya, V. E. Krasil`nikov // Sistemy` upravleniya i informacionny`e texnologii. – 2007. – V. 30. – № 4.2. – S. 264 – 267.

3. **Sistema** avtomatizirovannogo rascheta i konstruirovaniya ximicheskogo oborudovaniya / E. N. Maly`gin, S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub, M. N. Krasnyanskij // Informacionny`e texnologii. – 2000. – № 12. – S. 19 – 21.

4. **Baza** danny`x standartny`x i tipovy`x e`lementov texnicheskix ob``ektov / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, S. V. Morozov, A. N. Konovalova // Radiotexnika. – 2010. – № 12. – S. 29 – 32.

5. **Mokrozub, V. G.** Predstavlenie struktury` izdelij v relyacionnoj baze danny`x / V. G. Mokrozub // Informacionny`e texnologii. – 2008. – № 11(147). – S. 11 – 13.

6. **Mokrozub, V. G.** Programmnoe obespechenie avtomatizirovanny`x sistem razmeshheniya ob``ektov v prostranstve, invariantnoe k predmetnoj oblasti / V. G. Mokrozub, K. V. Nemtinov, K. A. Sharonin // Nauchno-texnicheskaya informaciya. Ser. 2. Informacionny`e processy` i sistemy`. – 2012. – № 3. – S. 11 – 20.

7. **Mokrozub V. G.** Predstavlenie struktury` izdelij v informacionny`x sistemax upravleniya mashinostroitel`ny`mi predpriyatiyami // Vestnik komp`yuterny`x i informacionny`x texnologij. – 2009. – № 10(64). – C. 30 – 34.

8. **Mokrozub, V. G.** Taksonomiya v baze danny`x standartny`x e`lementov texnicheskix ob``ektov / V. G. Mokrozub // Informacionny`e texnologii. – 2009. – № 11. – S. 18 – 22.

УДК 004.9

Пыкин И. С., Карева О. Х., Попов А. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630704, e-mail: pykin113@yandex.ru)

СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ ЕМКОСТНЫХ АППАРАТОВ

Pykin I. S., Kareva O. Kh., Popov A. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (4752)630704, e-mail: e-mail: pykin113@yandex.ru)

A SYSTEM OF DESIGNING ACTUATORS FOR CAPACITIVE APPARATUSES

Аннотация. Описана система выбора и расчета элементов приводов емкостных аппаратов с перемешивающими устройствами.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, приводы, емкостные аппараты.

Abstract. A system for selecting and calculating elements of actuators for capacitive apparatuses with mixing devices is described.

Keywords: computer-aided design, actuators, capacitive devices.

В настоящей работе описывается структура разрабатываемой на кафедре КИСМ системы автоматизированного проектирования приводов перемешивающих устройств емкостных аппаратов. Основной задачей первой версии данной системы является автоматизированная генерация вариантов исполнения приводов и выдача готовой конструкторской документации.

Процесс проектирования привода может быть разбит на следующие этапы:

– выбор мотор-редуктора или его проектирование;
– расчет и проектирование вала;
– выбор стойки, подшипников, корпусов и крышек подшипников;
– выбор муфты;
– выбор уплотнительного устройства.

Структура системы, позволяющей выполнить перечисленные выше этапы, представлена на рис. 1. Система состоит из управляющей программы, которая в ручном или автоматическом режиме вызывает модуль, выполняющий определенный этап проектирования. Обмен данными между модулями осуществляется через единое информационное пространство, включающее в себя базы данных стандартных элементов (муфты, уплотнения, подшипники и т.д.), результаты работы отдельных модулей (база проекта) и информационно-логическую модель привода.

Исходными данными для выбора мотор-редуктора являются мощность на перемешивание и частота вращения выходного вала.

Расчет вала проводится по РД РТМ 26-01-72–82.

Рис. 1. Схема системы проектирования привода

Стойка с подшипниками выбираются в зависимости от конструкции аппарата и типа установки вала (консольного или однопролетного). По ОСТ 26-01-109–85 стойки в сборе с подшипниками изготавливаются нескольких типов и исполнений для различных объемов, давления в корпусе аппарата и предполагаемого типа уплотнительного устройства.

Уплотнительное устройство выбирается исходя из частоты вращения и диаметра герметизируемого вала, а также рабочих условий (температуры, давления) и свойств среды в аппарате (токсичности, взрывоопасности и др.).

1. Основой модуля выбора мотор-редуктора является методика, изложенная в ГОСТ 16532–70 Метод расчета геометрических параметров зубчатых передач, согласно которой выбор осуществляется по частоте вращения выходного вала, режиму эксплуатации, номинальному и максимальному крутящему моменту, конструктивным и эксплуатационным особенностям привода. База данных в настоящее время содержит наименования всех мотор-редукторов, выпускаемых ОАО «Тамбовполимермаш», включая их габаритные и присоединительные размеры, а также графическое представление.

Модуль расчета вертикальных валов перемешивающих устройств разработан на основе РД РТМ 26-01-72–82. Исходными данными являются: геометрические размеры рассчитываемого вала, условия его работы (найденные из гидродинамического расчета), тип и число перемешивающих устройств, характеристики материала вала и перемешиваемой среды. Основным результатом расчета является значение диаметра поперечного сечения вала, удовлетворяющее условиям виброустойчивости, жесткости и прочности. Методика РД РТМ 26-01-72–82 адаптирована к ее применению на компьютере, в частности имеется возможность просматривать эпюры динамических отклонений вала, крутящих и изгибающих моментов, эквивалентных напряжений.

Описанная система является элементом виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» [1 – 4], адрес кабинета www.gaps.tstu.ru\kir.

Работа выполнена под руководством профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» В. Г. Мокрозуба.

Список использованных источников

1. **Мокрозуб, В.** Создание виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» в Тамбовском государственном техническом университете / В. Мокрозуб // САПР и графика. – 2015. – № 1(219). – С. 38–39.

2. **Мокрозуб, В. Г.** О подходе к интеллектуализации информационной поддержки принятия решений при конструировании химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 7. – С. 31 – 34.

3. **Система** автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб, М. Н. Краснянский // Информационные технологии. – 2000. – № 12. – С. 19 – 21.

4. **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, В. А. Немтинов, М. С. Громов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 1. – С. 33 – 39.

References

1. **Mokrozub, V.** Sozdanie virtual`nogo kabineta «Konstruirovanie texnologicheskogo oborudovaniya» v tambovskom gosudarstvennom texnicheskom universitete / V. Mokrozub // SAPR i grafika. – 2015. – № 1(219). – S. 38–39.

2. **Mokrozub, V. G.** O podxode k intellektualizacii informacionnoj podderzhki prinyatiya reshenij pri konstruirovanii ximicheskogo oborudovaniya / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Ximicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. – 2015. – № 7. – S. 31 – 34.

3. **Sistema** avtomatizirovannogo rascheta i konstruirovaniya ximicheskogo oborudovaniya / E. N. Maly`gin, S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub, M. N. Krasnyanskij // Informacionny`e texnologii. – 2000. – № 12. – S. 19 – 21.

4. **Avtomatizirovannaya** informacionnaya sistema podderzhki proektny`x reshenij po komponovke promy`shlenny`x ob``ektov. Chast` 2. Struktura i funkcionirovanie sistemy` (chast` 1 sm. v ITPP № 4, 2009 g.) / S. Ya. Egorov, V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, M. S. Gromov // Informacionny`e texnologii v proektirovanii i proizvodstve. – 2010. – № 1. – S. 33 – 39.

УДК 004.021

Немтинов В. А., Ширкин Н. А., Немтинова Ю. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБМЕНА ДАННЫМИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫМ ОБРАЗОВАНИЕМ

Nemtinov V. A., Shirkin N. A., Nemtinova Yu. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

MODELING DATA EXCHANGE IN THE INFORMATION SYSTEM OF MUNICIPAL ENTITY MANAGEMENT

Аннотация. Описаны функциональные возможности программного продукта NetCracker Professional 3.1 при построении имитационной модели функционирования информационной системы управления муниципальным образованием на примере сельского поселения. Представлены результаты моделирования информационной сети поселения.

Ключевые слова: муниципальное образование, моделирование, сельское поселение, информационная система управления.

Abstract. The article describes the functionality of the software product NetCracker Professional 3.1 in the construction of a simulation model of the information system of municipal entity using the example of rural settlements. The results of modeling the information network of the settlement are presented.

Keywords: municipal entity, modeling, rural settlement, data management system.

Система NetCracker представляет собой CASE-средства автоматизированного проектирования, моделирования и анализа компьютерных сетей, которая позволяет провести эксперименты, результаты которых могут быть использованы для обоснования выбора типа сети, сред передачи, сетевых компонент оборудования и программно-математического обеспечения [1, 2]. Программные средства NetCracker позволяют выполнить сбор соответствующих данных о существующей сети, создать проект этой сети и выполнить необходимые эксперименты для определения предельных характеристик, возможности расширения, изменения топологии и модификации сетевого оборудования с целью дальнейшего ее совершенствования и развития. NetCracker позволяет разрабатывать многоуровневые проекты с заданной проектировщиком степенью детализации. Для реализаций функций имитационного моделирования в составе NetCracker предусмотрены средства задания характеристик трафиков различных протоколов; средства визуального контроля заданных параметров; средства накопления статистической информации и формирования отчетной документации о проведенных экспериментах [3 – 9].

Апробация системы была выполнена на примере тестовых данных одного из сельских поселений Тамбовской области (рис. 1). Перечень используемого обрудования приведен на рис. 2.

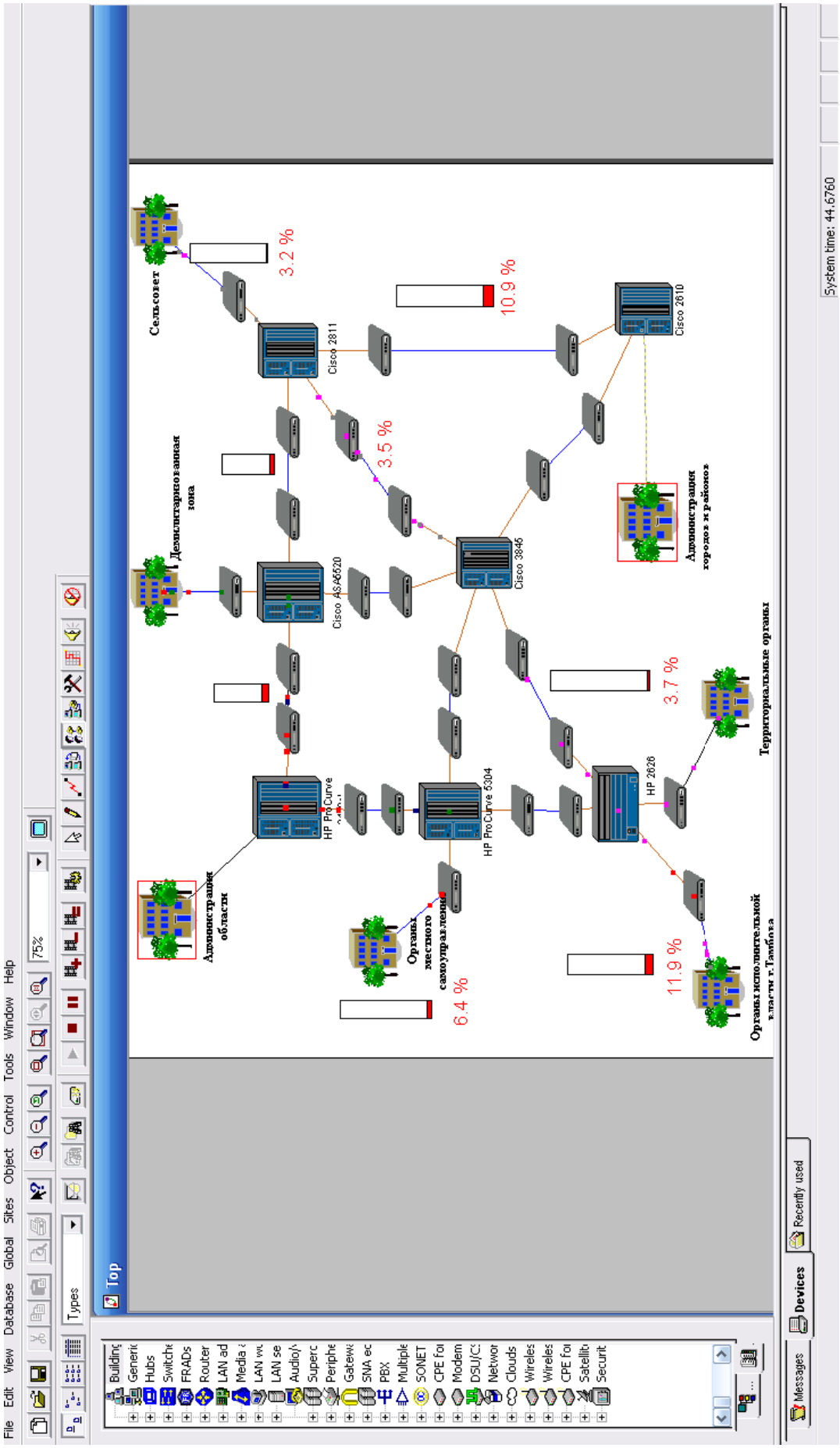


Рис. 1. Результат моделирования сети поселения

Device Summary

14.06.2012

Device	Device name	Vendor	Model
5601 Patriot		American Tech. Lab	
	5601 Patriot		5601 Patriot
Cisco 2610XM		3Com Corp.	
	Cisco 2610XM		LinkBuilder TP/8 Hub
Cisco 3845		Cisco Systems	
	Cisco 3845		Cisco 7000
	HSSI Interface Processor		HSSI Interface Processor
	Ethernet Interface Processor, 2-port		Ethernet Interface Processor, 2-
SuperStack II		3Com Corp.	
	SuperStack LinkSwitch 1000 Switch, 24-ports (2)		SuperStack LinkSwitch 1000 S
	SuperStack LinkSwitch 1000 Switch, 24-ports		SuperStack LinkSwitch 1000 S
Transceiver A2671A Ether Twist		HP	
	Transceiver A2671A Ether Twist		Transceiver A2671A Ether Tw
Видеотерминал		Gateway 2000	
	Видеотерминал		P5-166 XL
	EtherLink III PCI Combo		EtherLink III PCI Combo
Диспетчерская служба		Gateway 2000	
	Диспетчерская служба		P5-166 XL
	EtherLink III PCI Combo		EtherLink III PCI Combo

Рис. 2. Перечень оборудования, используемого при моделировании

Результаты моделирования будут получены в основу оптимизации режимов функционирования сети.

Заключение. Для формализации предметной области сформирована модель для информационной системы органов власти регионального уровня и местного самоуправления.

Разработаны методы построения алгоритмов управления информационными потоками (оконное управление от конца до конца, поузловое оконное управление для виртуальных цепей), модели управления потоками на уровне виртуального канала, алгоритмы управления потоками с учетом протоколов виртуального канала и звена связи.

Разработана сетевая информационная система органов власти регионального уровня и местного самоуправления, ИТ-архитектура на основе TMF-модели управления.

Разработана имитационная модель обмена данными в информационной системе администрации Тамбовской области в среде NetCracker Professional.

Список использованных источников

1. **Ансофф, И. Н.** Новые корпоративные стратегии: пер. с англ. / И. Н. Ансофф, Э. Д. Макдонелла. – СПб. : Питер, 2001. – 412 с.

2. **Разработка** прототипа виртуальной модели учебно-материальных ресурсов университета химико-технологического профиля / В. А. Немтинов, В. В. Юханов, Е. Н. Малыгин и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 3(47). – С. 321 – 330.

3. **Применение** N-ориентированных гиперграфов и реляционных баз данных для структурного и параметрического синтеза технических систем / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, А. С. Мордвин, А. А. Илясов // Прикладная информатика. – 2010. – № 4(28). – С. 115 – 122.

4. **Бурков, В. Н.** Механизмы управления в сетевых структурах / В. Н. Бурков, Н. А. Кузнецов, Д. А. Новиков // Автоматика и Телемеханика. – М. : Наука, 2002. – 305 с.

5. **Немтинов, В. А.** Информационная модель объекта сложной технической системы / В. А. Немтинов, В. Г. Мокрозуб, Е. С. Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 21 – 23.

6. **Немтинов, В. А.** Оперативное управление выпуском продукции с использованием системы моделирования динамических процессов / В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова, Д. С. Русских // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2007. – № 2. – С. 372 – 378.

7. **Использование** интернета при информационной поддержке принятия решений по управлению промышленным предприятием / В. А. Немтинов, А. М. Манаенков, В. В. Морозов, Е. С. Егоров // Прикладная информатика. – 2010. – № 4(28). – С. 8 – 12.

8. **Немтинов, В. А.** Использование системы моделирования динамических процессов для оперативного управления промышленным производством / В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова // Химическая промышленность сегодня. – 2007. – № 7. – С. 43 – 48.

9. **Немтинов, В. А.** Оперативное управление выпуском продукции с использованием системы моделирования динамических процессов / В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова, Д. С. Русских // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2007. – Т. 13, № 2. – С. 372 – 378

References

1. **Ansoff, I. N.** Novye korporativnye strategii: per. s angl. / I. N. Ansoff, Eh. D. Makdonella. – SPb. : Piter, 2001. – 412 s.

2. **Razrabotka** prototipa virtual'noj modeli uchebno-material'nyh resursov universiteta himiko-tekhnologicheskogo profilya / V. A. Nemtinov, V. V. Yuhanov, E. N. Malygin, S. V. Karpushkin, S. Ya. Egorov, V. G. Mokrozub, A. B. Borisenko, Yu. V. Nemtinova // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. – 2013. – № 3(47). – S. 321 – 330.

3. **Primenenie** N-orientirovannyh gipergrafov i relyacionnyh baz dannyh dlya strukturnogo i parametricheskogo sinteza tekhnicheskih sistem / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, A. S. Mordvin, A. A. Ilyasov // Prikladnaya informatika. – 2010. – № 4(28). – S. 115 – 122.

4. **Burkov, V. N.** Mekhanizmy upravleniya v setevyh strukturah / V. N. Burkov, N. A. Kuznecov, D. A. Novikov // Avtomatika i Telemekhanika. – M. : Nauka, 2002. – 305 s.

5. **Nemtinov, V. A.** Informacionnaya model' ob"ekta slozhnoj tekhnicheskoj sistemy / V. A. Nemtinov, V. G. Mokrozub, E. S. Egorov // Radiotekhnika. – 2010. – № 12. – S. 21 – 23.

6. **Nemtinov, V. A.** Operativnoe upravlenie vypuskom produkcii s ispol'zovaniem sistemy modelirovaniya dinamicheskih processov / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova, D. S. Russkih // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2007. – № 2. – S. 372 – 378.

7. **Ispol'zovanie** interneta pri informacionnoj podderzhke prinyatiya reshenij po upravleniyu promyshlennym predpriyatiem / V. A. Nemtinov, A. M. Manaenkov, V. V. Morozov, E. S. Egorov // Prikladnaya informatika. – 2010. – № 4(28). – S. 8 – 12.

8. **Nemtinov, V. A.** Ispol'zovanie sistemy modelirovaniya dinamicheskih processov dlya operativnogo upravleniya promyshlennym proizvodstvom / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova // Himicheskaya promyshlennost' segodnya. –2007. – № 7. – S. 43 – 48.

9. **Nemtinov, V. A.** Operativnoe upravlenie vypuskom produkcii s ispol'zovaniem sistemy modelirovaniya dinamicheskih processov / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova, D. S. Russkih // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2007. – V. 13, № 2. – S. 372 – 378.

УДК 004.021

Немтинов В. А., Мананкова Е. В., Немтинова Ю. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru),

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

Nemtinov V. A., Manankova E. V., Nemtinova Y. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

SIMULATION OF PROCESSES FUNCTIONING ELEVATOR COMPLEX

Аннотация. Описаны функциональные возможности программного продукта ARIS express при построении имитационной модели функционирования элеваторного комплекса в нотации BPMN 2.0. Определены этапы построения схем бизнес-процессов: постановка задачи модели; выделение отдельных процессов, имеющих значение с точки зрения поставленной задачи; выделение зон, на которых выполняется процесс (или субъектов, выполняющих процесс); определение условий, которые влияют на процесс; визуализация процессов с учетом правил нотации. Каждый этап рассмотрен на примере модели, описывающей логику системы контроля и управления транспортом.

Ключевые слова: бизнес-процесс, имитационная модель, нотация моделирования, ARIS express, BPMN 2.0, элеваторный комплекс.

Abstract. The functional capabilities of the ARIS express software product are described in the construction of a simulation model of the Elevator complex functioning in BPMN 2.0 notation. The stages of building business process diagrams are defined: setting the task of the model; selecting individual processes that are important from the point of view of the task; selecting the zones on which the process is performed (or subjects that perform the process); determining the conditions that affect the process; visualization of processes taking into account the rules of notation. Each stage is considered on the example of a model describing the logic of the transport control system.

Keywords: business process, simulation model, simulation notation, ARIS express, BPMN 2.0., elevator complex.

Введение. Рынок программных продуктов, способствующих визуализации процессов, активно развивается. Средства моделирования бизнес-процессов разрабатываются как большими корпорациями (например, Microsoft), так и небольшими группами разработчиков. ARIS Express является программным продуктом моделирования бизнес-процессов, находящимся в открытом доступе.

При разработке имитационной модели элеваторного комплекса в данной работе будут следующие факторы: среднее время разгрузки одной единицы транспорта; скорость конвейеров и норий; количество итераций сушки зерна; объем промежуточных бункеров.

В имитационном моделировании структура модели отражает структуру реального объекта моделирования на некотором уровне абстракции, а связи между компонентами модели являются отражением реальных связей [1 – 5]. Элементы системы, их связи, параметры и переменные, а также их соотношения и законы их изменения должны быть выражены средствами среды моделирования, т.е. в этой среде должны быть определены переменные и параметры модели, построены процедуры вычисления изменения переменных и характеристик модели во времени. При необходимости для большего понимания процессов, протекающих в модели, должно быть разработано анимационное представление этих процессов. Затем построенная модель должна быть проверена с точки зрения корректности ее реализации [4 – 6]. На рисунке 1 представлена логическая схема имитационной модели функционирования элеваторного комплекса.

Следующий этап – это калибровка или идентификация модели, т.е. сбор данных и проведение измерений тех характеристик в реальной системе, которые должны быть введены в модель в виде значений параметров и распределений случайных величин.

Далее выполнена проверка правильности модели (ее валидация), которая состоит в том, что выход модели проверяется на нескольких тестовых режимах, в которых характеристики поведения реальной системы известны либо очевидны. Последним этапом работы с моделью является компьютерный эксперимент, т.е. собственно то, ради чего и создавалась модель (см. рис. 2).

В простейшем случае эксперимент – это выполнение модели при различных значениях ее существующих параметров (факторов) и наблюдение ее поведения с регистрацией характеристик поведения.

Компьютерное моделирование позволяет не только получить прогноз, но и определить, какие управляющие воздействия на систему приведут к благоприятному развитию событий. Более сложные эксперименты позволяют выполнить анализ чувствительности модели, оценку рисков различных вариантов управляющих решений, а также оптимизацию для определения параметров и условий рационального функционирования модели. Один из важных вопросов – представление и анализ результатов моделирования. Для этого в инструментальной среде могут быть использованы специальные средства для обработки статистической информации, для представления в структурированном или графическом виде получения данных, интеграция с внешними базами данных и т.п. [7 – 10].

В AnyLogic две фазы имитационного моделирования: разработка модели и ее анализ явно разделены. Разработка модели выполняется в среде редактора AnyLogic, анализ модели происходит в среде исполнения. В каждой фазе существуют свои средства управления. Переход из одной фазы в другую производится очень легко.

Диаграмма экспериментов с использованием модели приведена на рис. 3.

По результатам построенной модели было произведено 10 экспериментов (рис. 3), в ходе которых были получены прогнозируемые режимы работы элеваторного комплекса. Максимально возможное количество зерна, подработанного элеватором за одни сутки (исходя из экспериментов), равно 4638 т.

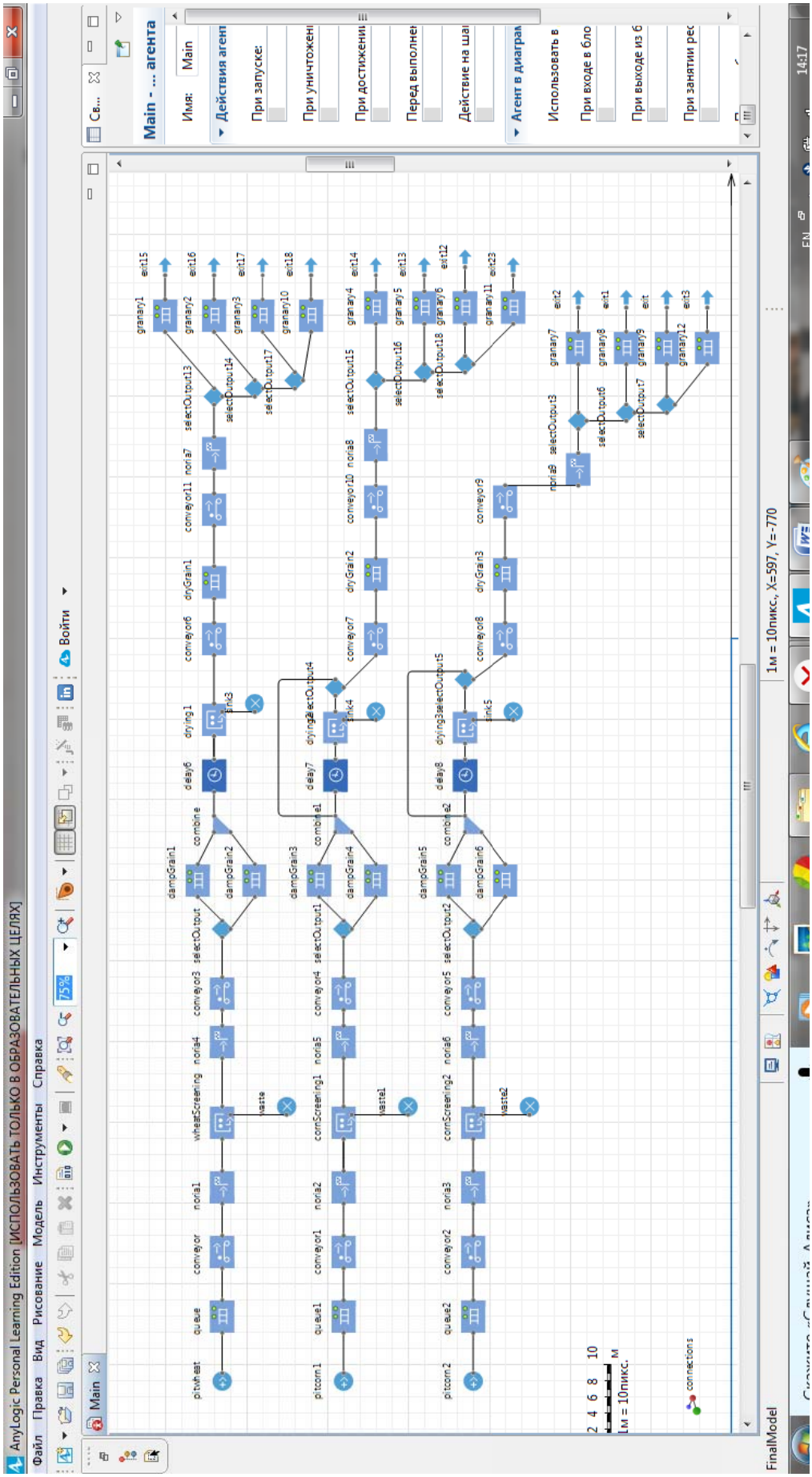


Рис. 1. Логическая схема имитационной модели функционирования элеваторного комплекса

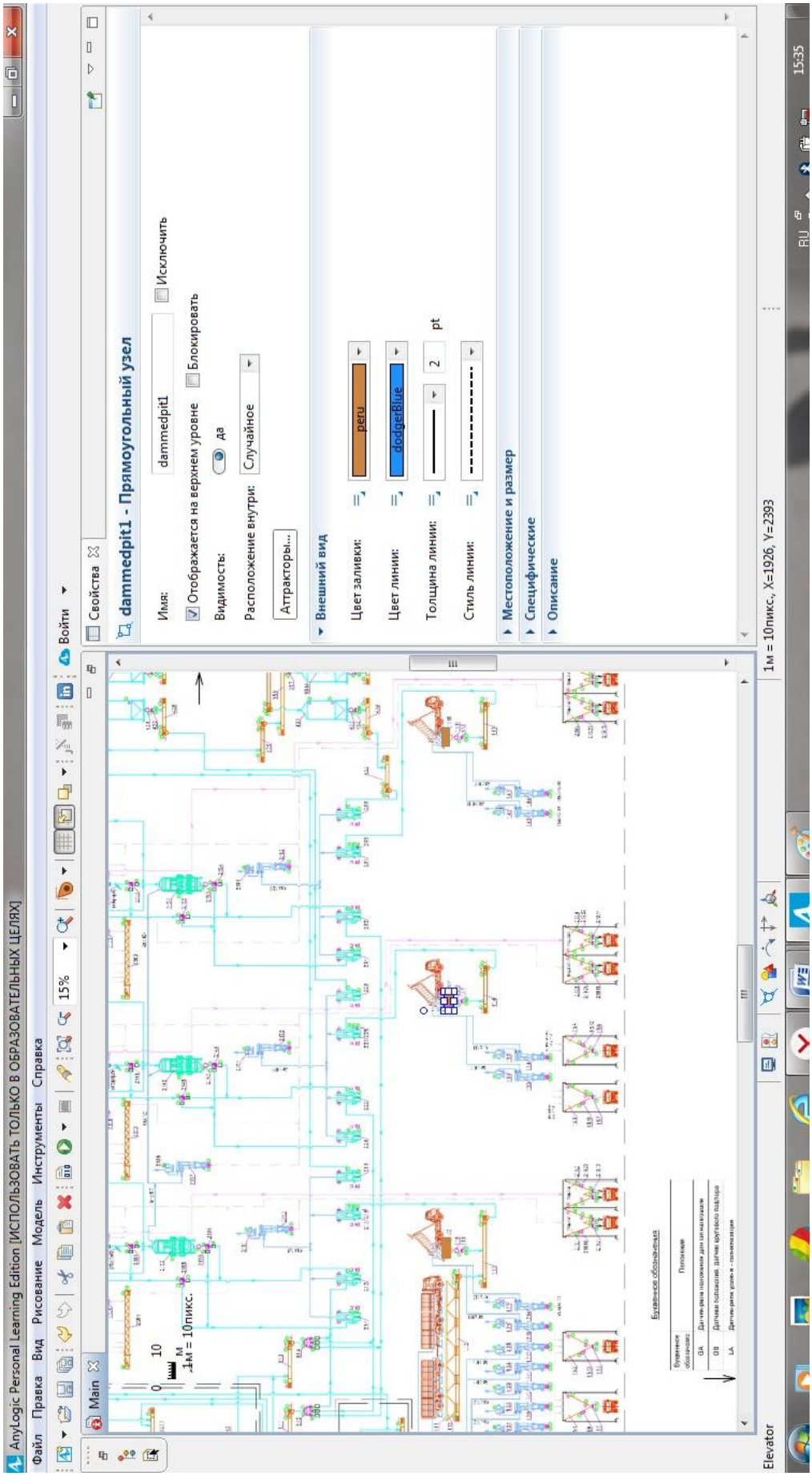


Рис. 2. Графическая иллюстрация модели

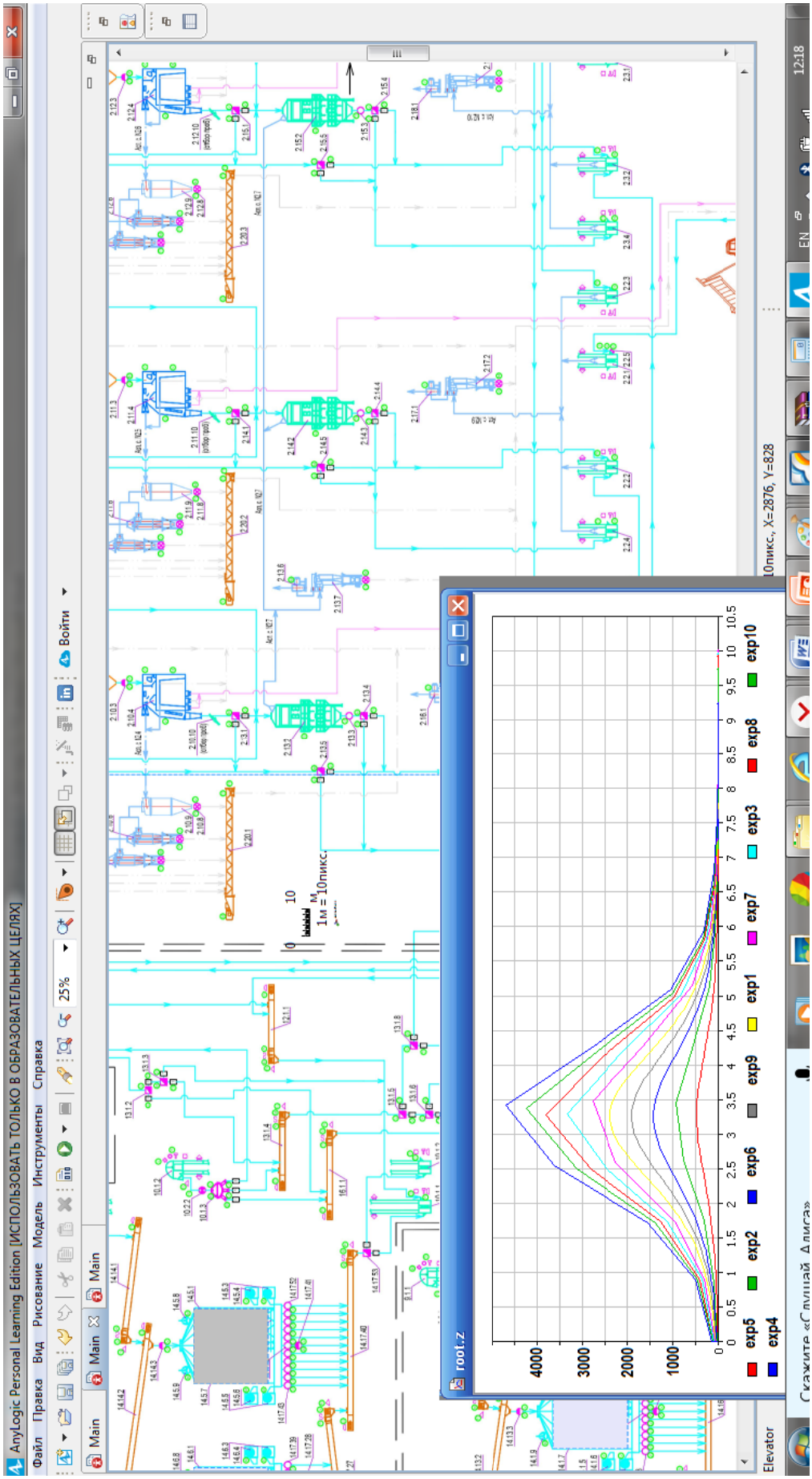


Рис. 3. Диаграмма экспериментов

Заключение. В данной работе построена имитационная модель функционирования элеваторного комплекса, позволяющая произвести прогнозирование будущего объема работ по закупке и приемке сырья, максимально возможных трудозатрат на получение готовой продукции.

Были сформулированы и решены следующие задачи:

– изучены процессы заготовки зерна на элеваторном комплексе;

– изучен проект и технологическая карта элеваторного комплекса;

– составлено описание процессов подработки зерна на элеваторе в виде схем и таблиц;

– определены этапы построения имитационной модели объекта;

– построена имитационная модель, позволяющая определить максимальный объем зерна в сутки, который может быть принят и обработан элеватором.

Список использованных источников

1. **Белайчук, А. А.** Свод знаний по управлению бизнес-процессами: BPM CBOK 3.0 / А. А. Белайчук, В. Г. Елиферов. – М. : Альпина Паблишер, 2016. – 480 с.

2. **Ротер, М.** Учитесь видеть бизнес-процессы: Построение карт потоков создания ценности / Майкл Ротер, Джон Шук ; пер. с англ. Г. Муравьевой, 4-е изд. – М. : Альпина паблишер, 2015. – 136 с.

3. **Имитационное** моделирование динамических процессов при управлении городским пассажирским транспортом / В. А. Немтинов, Н. В. Пеньшин, Ю. А. Донских, К. В. Немтинов, Е. С. Егоров // Информационные технологии. – 2012. – № 4. – С. 75.

4. **Мокрозуб, В. Г.** Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, С. Я. Егоров // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 3. – С. 68 – 73.

5. Мокрозуб, В. Г. Представление модели параметрического синтеза технического объекта в реляционной базе данных / В. Г. Мокрозуб, А. И. Сердюк, С. Ю. Шамаев, С. В. Каменев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2011. – Т. 17, № 2. – С. 462 – 466.

6. **Mokrozub, V. G.** An approach to smart information support of decision-making in the design of chemical equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – Т. 51, № 7. – С. 487 – 492.

7. **Егоров, С. Я.** Информационно-логическая модель компоновки промышленных объектов / С. Я. Егоров, В. А. Немтинов, М. С. Громов // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 2006. – № 4. – С. 19 – 23.

8. **Использование** интернета при информационной поддержке принятия решений по управлению промышленным предприятием / В. А. Немтинов, А. М. Манаенков, В. В. Морозов, Е. С. Егоров // Прикладная информатика. – 2010. – № 4(28). – С. 8 – 12.

9. **Немтинов, В. А.** Использование системы моделирования динамических процессов для оперативного управления промышленным производством / В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова // Химическая промышленность сегодня. – 2007. – № 7. – С. 43 – 48.

10. **Немтинов, В. А.** Оперативное управление выпуском продукции с использованием системы моделирования динамических процессов / В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова, Д. С. Русских // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2007. – Т. 13. № 2. – С. 372 – 378.

References

1. **Belajchuk, A. A.** Svod znanij po upravleniyu biznes-processami: BPM CBOK 3.0 / A. A. Belajchuk, V. G. Eliferov; – M. : Al'pina Pablisher. 2016. – 480 s.

2. **Roter, M.** Uchites' videt' biznes-processy: Postroenie kart potokov sozdaniya cennosti / M. Roter, Dzhon SHuk ; per. s angl. G. Murav'evoj, 4-e izdanie; – M. : Al'pina publisher. 2015. – 136 s.

3. **Imitacionnoe** modelirovanie dinamicheskih processov pri upravlenii gorodskim passazhirskim transportom / V. A. Nemtinov, N. V. Pen'shin, Yu. A. Donskih, K. V. Nemtinov, E. S. Egorov // Informacionnye tekhnologii. – 2012. – № 4. – S. 75.

4. **Mokrozub, V. G.** Informacionno-logicheskie modeli tekhnicheskih ob"ektov i ih predstavlenie v informacionnyh sistemah / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, S. Ya. Egorov // Informacionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve. – 2010. – № 3. – S. 68 – 73.

5. **Mokrozub, V. G.** Predstavlenie modeli parametricheskogo sinteza tekhnicheskogo ob"ekta v relyacionnoj baze dannyh / V. G. Mokrozub, A. I. Serdyuk, S. Yu. SHamaev, S. V. Kamenev // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – V. 17, № 2. – S. 462 – 466.

6. **Mokrozub, V. G.** An approach to smart information support of decision-making in the design of chemical equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – V. 51, № 7. – S. 487 – 492.

7. **Egorov, S. Ya.** Informacionno-logicheskaya model' komponovki promyshlennyh ob"ektov / S. Ya. Egorov, V. A. Nemtinov, M. S. Gromov // Nauchno-tekhnicheskaya informaciya. Seriya 2: Informacionnye processy i sistemy. – 2006. – № 4. – S. 19 – 23.

8. **Ispol'zovanie** interneta pri informacionnoj podderzhke prinyatiya reshenij po upravleniyu promyshlennym predpriyatiem / V. A. Nemtinov, A. M. Manaenkov, V. V. Morozov, E. S. Egorov // Prikladnaya informatika. – 2010. – № 4(28). – S. 8 – 12.

9. **Nemtinov, V. A.** Ispol'zovanie sistemy modelirovaniya dinamicheskih processov dlya operativnogo upravleniya promyshlennym proizvodstvom / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova. // Himicheskaya promyshlennost' segodnya. – 2007. – № 7. – S. 43 – 48.

10. **Nemtinov, V. A.** Operativnoe upravlenie vypuskom produkcii s ispol'zovaniem sistemy modelirovaniya dinamicheskih processov / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova, D. S. Russkih // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2007. – V. 13, № 2. – S. 372 – 378.

УДК 378

Сафонов В. И.
Мордовский государственный педагогический институт, Россия, г. Саранск
(Тел. 89093275605, e-mail: wawans@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЧЕБНЫХ МОДЕЛЕЙ «1С: МАТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНСТРУКТОР» В ИССЛЕДОВАНИИ ВЕРОЯТНОСТИ

Safonov V. I.
Mordovia State Pedagogical Institute, Russia, Saransk
(Tel. 89093275605, e-mail: wawans@yandex.ru)

THE USE OF TRAINING MODELS “1C: MATHEMATICAL DESIGNER” IN THE PROBABILITY RESEARCH

Аннотация. Показаны возможности интерактивной компьютерной среды «1С: Математический конструктор» в исследовании вероятности и ее свойств. Приведены примеры исследования задач на вероятность в данной среде.

Ключевые слова: интерактивная компьютерная среда, образование, вероятность, эксперимент.

Abstract. The possibilities of the interactive computer environment “1C: The mathematical designer” in a research of probability and its properties are shown. The examples of research problems on probability in this environment are given.

Keywords: interactive computer environment, education, probability, experiment.

Возможности интерактивной среды «1С: Математический конструктор» (http://obr.1c.ru/mathkit/) позволяют не только реализовывать метод компьютерного моделирования при обучении содержательным линиям математики, но также методы математики при обучении школьному курсу информатики. Школьники имеют возможность применить компьютерный математический инструментарий для решения задач математики, получить опыт реализации возможностей информационных технологий в образовательной деятельности [2]. Так, наличие элементов теории вероятностей и статистики позволяет реализовать методы математической статистики при изучении имитационного моделирования (генерирование случайных выборок, построение гистограмм и полигонов частот распределений и др.) [1].

Например, можно исследовать модель случайного выбора: «В ящике лежит 2N шаров: N красных и N зеленых. Из нее наугад извлекают N шаров», представленной на официальном сайте фирмы «1С». Алгоритм исследования модели случайного выбора требует выполнения определенного набора действий на экране компьютера в определенных окнах – так называемых Листах.

Лист 1 предполагает случайный выбор двух шаров из ящика с двумя красными и двумя зелеными шарами.

На Листе 2 вычисляется частота события «Вынуты шары одного цвета» и его вероятность.

На Листе 3 строится распределение вероятностей для случайной величины «Число красных шаров среди двух вынутых».

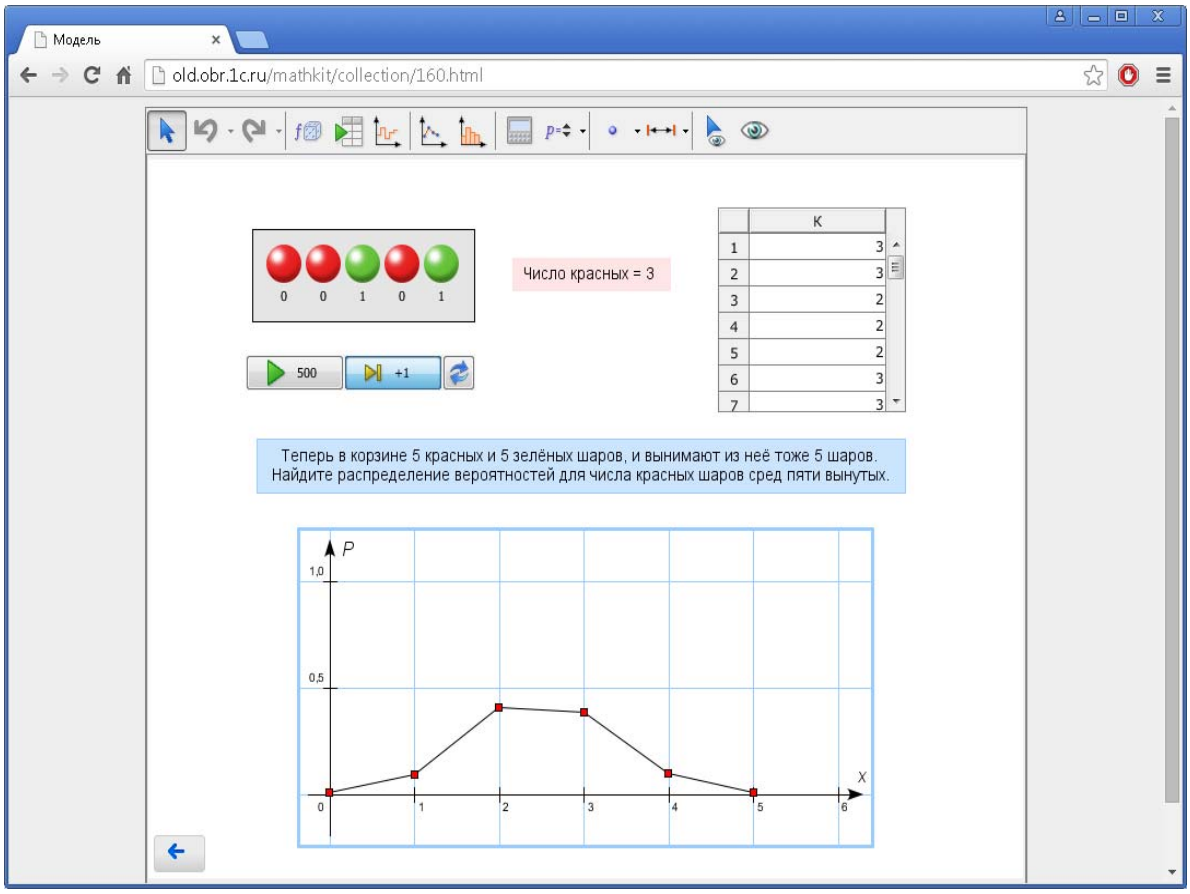


Рис. 1. Распределение вероятностей числа красных шаров среди пяти вынутых

На Листе 4 для ящика с пятью красными и пятью зелеными шарами строится распределение вероятностей для случайной величины «Число красных шаров среди пяти вынутых» (рис. 1).

Таким образом, использование инструментов интерактивной среды «1С: Математический конструктор» обеспечивает реализацию методов математической статистики в исследовании модели случайного выбора.

Рассмотрим возможности интерактивной среды «1С: Математический конструктор» для реализации метода вычислительного эксперимента при решении задач информатики на примере интерактивной модели, созданной с использованием скриптов.

Рассмотрим задачу экспериментального определения вероятности выигрыша каждого игрока: задачу о разорении, согласно которой игроки А и В подбрасывают монету и если выпадает «Орел», то игрок А платит игроку В один рубль, если «Решка» – наоборот. При этом в начале игры у игрока А имеется a рублей, у игрока В – b рублей и игра идет до полного разорения одного из игроков.

Получаемые в ходе эксперимента данные обрабатываются и выводятся в окне интерактивной среды в графическом (графики выигрышей), табличном (таблицы выигрышей) и числовом (вероятности выигрышей P_a и P_b игроков А и В соответственно) форматах. Как следует из результатов вычислительного эксперимента, представленных на рис. 2, если начальная сумма первого игрока составляет 16 рублей, а второго 8 рублей, то вероятность выигрыша первого игрока равна 0,64, второго – 0,36, что с определенной долей погрешности соответствует аналитическому вычислению вероятности.

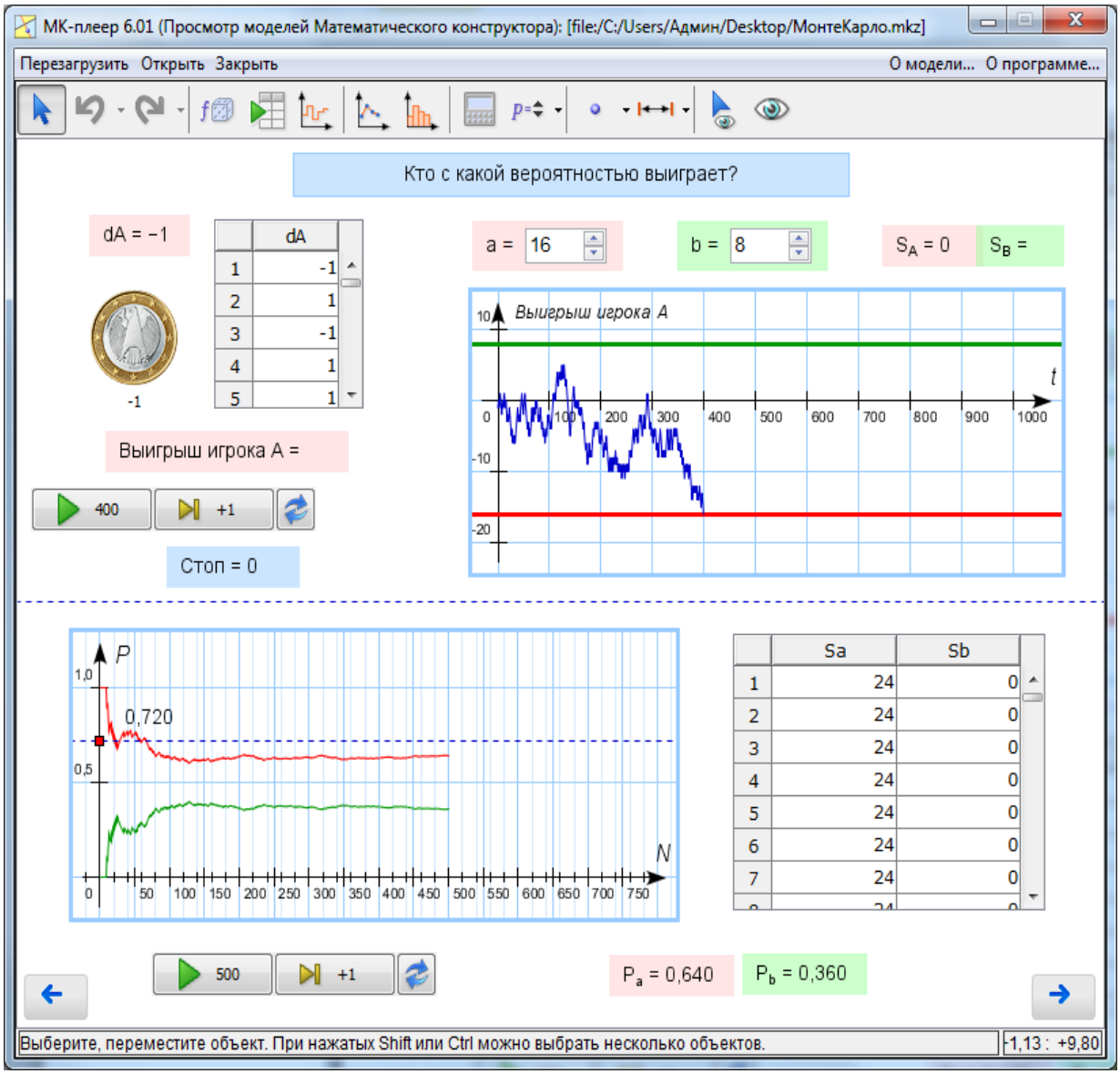


Рис. 2. Решение задачи о разорении для 500 вычислительных экспериментов в интерактивной среде «1С: Математический конструктор»

С помощью данной модели можно проводить любое количество вычислительных экспериментов, демонстрируя коррелированность получаемых результатов. Учитель и обучающиеся имеют возможность формулировать гипотезы, проверяя их истинность в процессе исследовательской деятельности [3].

Список использованных источников

1. **Дубровский, В. Н.** 1С: Математический конструктор – новая программа динамической геометрии / В. Н. Дубровский, Н. А. Лебедева, О. А. Белайчук // Компьютерные инструменты в образовании. – СПб. : Изд-во ЦПО «Информатизация образования», 2007. – № 3. – С. 47 – 56.

2. **Сафонов, В. И.** Проблемы внедрения компьютерной технологии обучения в учебный процесс (на примере изучения математических дисциплин) / В. И. Сафонов // Интеграция образования. – 2007. – № 2. – С. 53 – 57.

3. **Сафонов, В. И.** Применение технологий «1С» учителями математики и информатики при организации проектной и исследовательской деятельности / В. И. Сафонов, Е. А. Юртаева // Новые информационные технологии в образовании: применение технологий «1С» для развития компетенций цифровой экономики : сборник трудов 18-й Международной научно-практической конференции. – М. : 1С-Паблишинг, 2018. – С. 378–379.

References

1. **Dubrovskij, V. N.** 1S: Matematicheskij konstruktor – novaya programma dinamicheskoj geometrii / V. N. Dubrovskij, N. A. Lebedeva, O. A. Belajchuk // Komp'yuternye instrumenty v obrazovanii. – SPb. : Izd-vo CPO «Informatizaciya obrazovaniya», 2007. – № 3. – S. 47 – 56.

2. **Safonov, V. I.** Problemy vnedreniya komp'yuternoj tekhnologii obucheniya v uchebnyj process (na primere izucheniya matematicheskih disciplin) / V. I. Safonov // Integraciya obrazovaniya. – 2007. – № 2. – S. 53 – 57.

3. **Safonov, V. I.** Primenenie tekhnologij «1S» uchitelyami matematiki i informatiki pri organizacii proektnoj i issledovatel'skoj deyatel'nosti / V. I. Safonov, E. A. Yurtaeva // Novye informacionnye tekhnologii v obrazovanii: primenenie tekhnologij «1S» dlya razvitiya kompetencij cifrovoj ehkonomiki : sbornik trudov 18-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – M. : 1S-Pablishing, 2018. – S. 378–379.

УДК 66.022.389

Доненко И. Л.,[1] Линник В. В.,[2] Доненко Л. Н.[3]
[1]Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Россия, г. Симферополь
(Тел. +79787339631, e-mail: idonenko2012@gmail.com),
[2]Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Россия, г. Симферополь
(Тел. +79787590993, e-mail: linnikvlad@mail.ru),
[3]МБОУ «Новофедоровская школа-лицей», Россия, Сакский район, пгт. Новофедоровка
(Тел. +79787339635, e-mail: ldonenko@mail.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ КАРТИН ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРИБОРА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Donenko I. L.,[1] Linnik V. V.,[2] Donenko L. N.[3]
[1]Crimea Federal University, Russia, Simferopol
(Tel. +79787339631, e-mail: idonenko2012@gmail.com),
[2]Crimea Federal University, Russia, Simferopol
(Tel. +79787590993, e-mail: linnikvlad@mail.ru),
[3]MBOU «Novofedorovskaya school-lyceum», Russia, Saksky district, town. Novofedorivka
(Tel. +79787339635, e-mail: ldonenko@mail.ru)

MODELING FRACTAL PATTERNS TO IMPROVE THE NIGHT VISION DEVICE

Аннотация. В настоящее время дифракционные оптические элементы используются для выполнения разнообразных оптических преобразований, при этом суггестируя только с фазой проходящей электромагнитной волны. В современном мире использование ПНВ стало повсеместным. Но качества получаемого изображения на электронно-оптическом преобразователе и ПЗС-матрице желают лучшего, во время работы прибора ночного видения на экране возникают различные оптические аберрации и помехи при генерации рельефа. Метод модификации современных ПНВ кардинально отличается от предложенных ранее. Особенностью данного способа является использование современного математического аппарата и применение теории фракталов и хаоса – данных разделов науки в целях улучшения оптоэлектронных приборов.

Ключевые слова: фрактал, прибор ночного видения (ПНВ), оптоэлектронника, дифракция, зонная пластинка, фотонный кристалл, моделирование.

Abstract. Currently, diffractive optical elements are used to perform a variety of optical transformations, while suggesting only with the phase of the transmitted electromagnetic wave. In the modern world, the use of NVD has become ubiquitous. But, the quality of the resulting image on the electron-optical converter and the CCD-matrix desires better, while operating the night vision device, various optical aberrations and interference arise during the generation of the relief. The method of modifying modern NVD differs radically from the proposed wound. A special feature of this method is the use of modern mathematical apparatus and the application of the theory of fractals and chaos – these data sections of science in order to improve optoelectronic devices.

Keywords: fractal, night vision device (NVD), optoelectronics, diffraction, zone plate, photonic crystal, modeling.

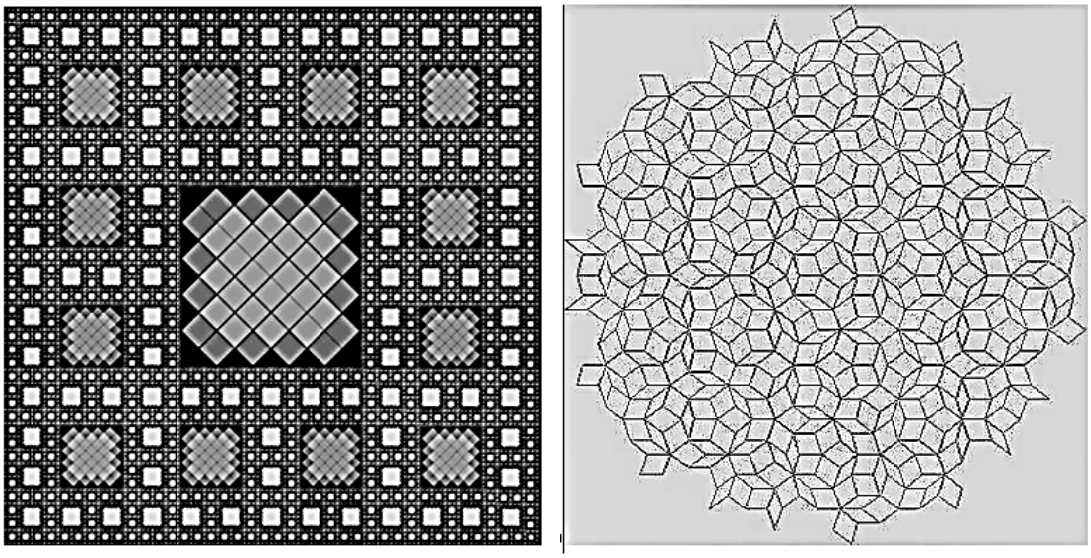
Введение. В настоящее время применение приборов ночного видения во время боевых действий, охоты – повсеместно, что позволяет получить более высокие результаты скрытности и обнаружения скрытных объектов в ночное время суток. Но качества получаемого изображения на электронно-оптическом преобразователе и ПЗС-матрице желают лучшего, во время работы прибора ночного видения на экране возникают различные оптические аберрации и помехи при генерации рельефа.

Преимущество использования фрактальных дифракционных решеток и фотонных кристаллов [1], полученных на их основе в уменьшении количества аберраций и более «чистом» полученном изображении.

Основная часть. Для улучшения современных ПНВ предлагается использовать фрактальную дифракционную решетку или фотонный кристалл, полученный на основе фрактальной структуры.

Фрактальный подход к построению геометрических транспарантов, фазовых пластин и матриц позволяет синтезировать графические голограммы, которые позволяют проявлять более глубокие детали рельефа и уменьшить аберрации конечного изображения.

На рисунке 1 приведены транспаранты с нанесенными на них фрактальными дифракционными картинами.



а) *б*)

Рис. 1. Ковер Серпинского (*а*) и рациональная фрактальная графика-аналог сетки Браве 2-го класса (*б*) с шагом в длину Талбота

Ранее были рассчитаны и изготовлены фрактальные транспаранты на основе ковра Серпинского и рациональная фрактальная графика-аналог сетки Браве 2-го класса с шагом в длину Талбота.

На основе полученных ранее математических расчетов было выявлено, что использование данных типов фрактальных дифракционных решеток, должно улучшить прибор ночного видения, для чего и был проведен следующий эксперимент, на рис. 2 приведена схема экспериментальной установки.

Описание экспериментальной установки:

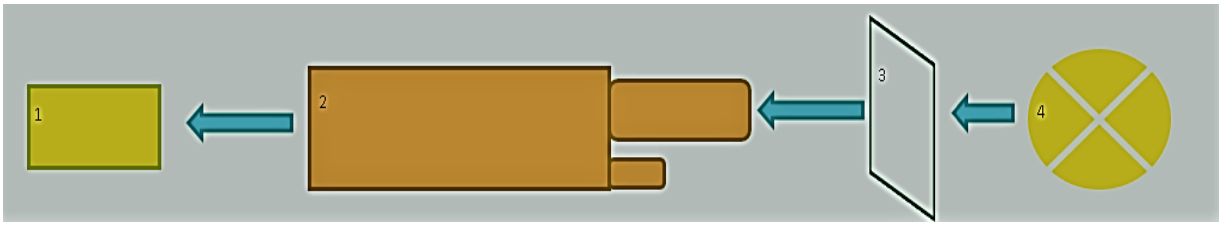


Рис. 2. Экспериментальная установка

Изображение объекта (*4*) попадает на транспарант с фрактальной дифракционной решеткой (*3*), после чего в прибор ночного видения (ПНВ) (*2*), затем полученные изображения фиксируются на CCD-камеру (*1*).

В ходе эксперимента было использовано две различных прибора ночного видения.

В ходе эксперимента было проверено и подтверждено следующее:

1. Пустой транспарант не несет в себе информационной нагрузки и соответственно не влияет на полученное изображение – рис. 3.

2. Транспарант с ковром Серпинского, построенным на длину Талбота, – увеличил качество получаемого изображения на 30%, при этом убрав лишние шумы и аберрации на конечном изображении – рис. 4.

3. Сетки Браве 2-го класса с шагом в длину Талбота, нанесенная на транспарант, увеличила качество на 17% относительно исходно полученного изображения – рис. 3.

Как видно из приведенных выше изображений, полученных с двух различных приборов ночного видения, качество получаемых изображений выросло в среднем на 20% и несет в себе практическое применение в современных ПНВ.

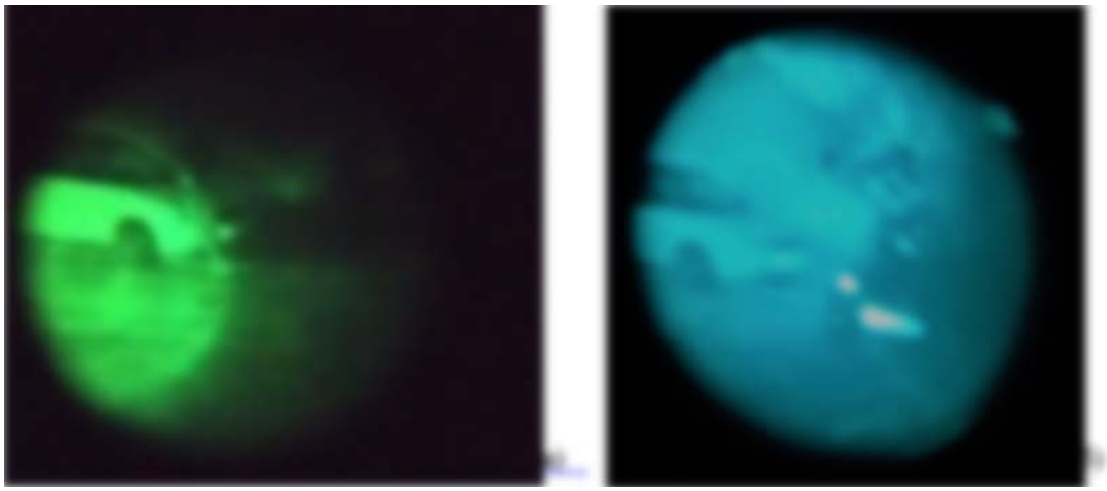


Рис. 3. Изображения автомобиля с человеком (*а*), двух автомобилей (*б*), полученные с ПНВ без использования фрактальной дифракционной решетки

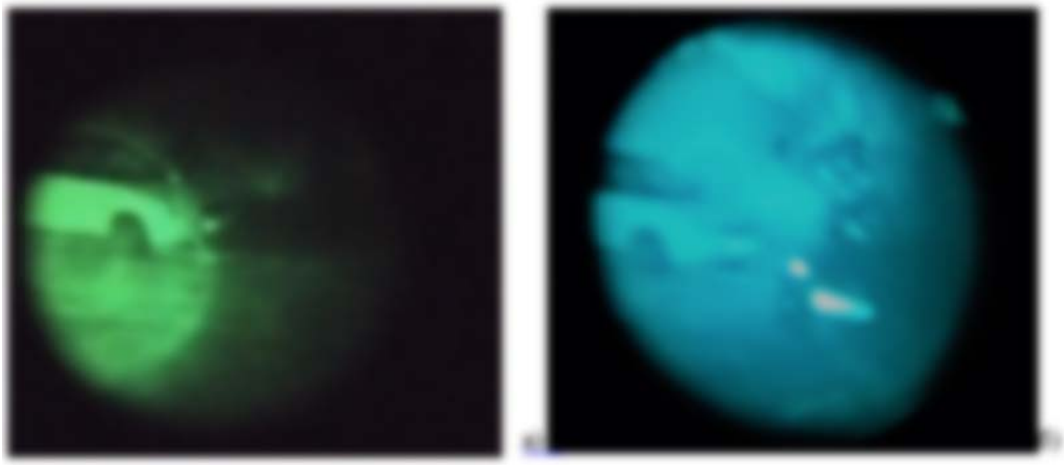
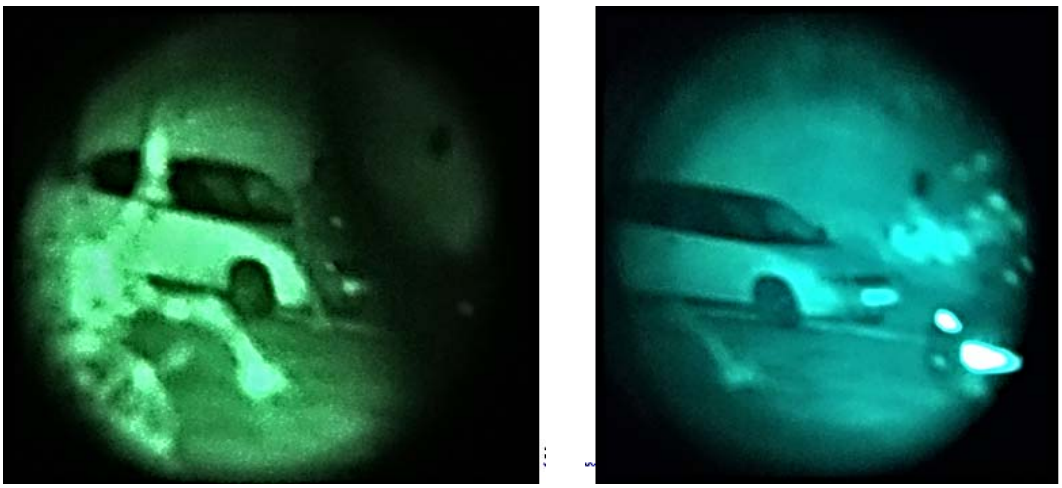
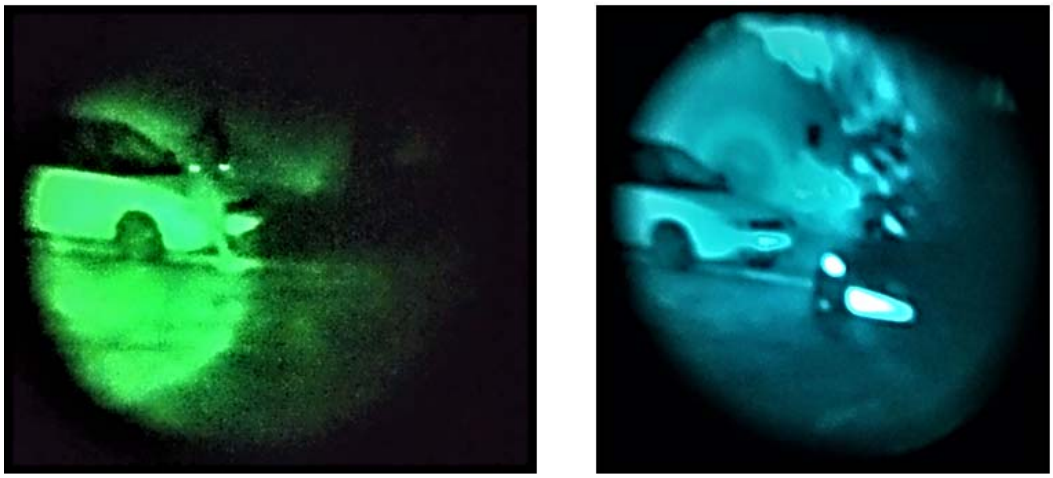


Рис. 4. Изображения автомобиля, полученное с использованием пустого транспаранта



а) *б*)

Рис. 5. Изображения автомобиля с человеком (*а*), двух автомобилей (*б*), полученные с ПНВ при использовании фрактальной дифракционной решетки с ковром Серпинского



а) *б*)

Рис. 6. Изображения автомобиля с человеком (*а*), двух автомобилей (*б*), полученные с ПНВ при использовании фрактальной дифракционной решетки с сеткой Браве 2-го класса с шагом в длину Талбота

Выводы. Различные фрактальные дифракционные решетки и зонные пластинки, смоделированные на основе длины Талбота, исходя из полученных результатов улучшают качество современных ПНВ:

1. Транспарант с ковром Серпинского, построенным на длину Талбота, – увеличил качество получаемого изображения на 30%, при этом убрав лишние шумы и аберрации на конечном изображении.
2. Сетка Браве 2-го класса с шагом в длину Талбота, нанесенная на транспарант, увеличила качество на 17% относительно исходно полученного изображения.

Полученные результаты уже можно применять в производственном изготовлении и улучшать приборы ночного видения. Планируется патентовка данных исследований и в частности модификации.

Также, как видно из результатов, имеется возможность построить 3D-модель фотонных кристаллов, работа с которыми у ПНВ будет с помощью электронного оборудования, основанного на открытой системе «Arduino».

Список использованных источников

1. **Мазнева, А. В.** Электронно-оптические приборы : учеб. пособие по курсу «Технические средства защиты информации» / А. В. Мазнева. – М. : Изд-во ТГСУиР, 2010. – 77 с.
2. **Доненко, И. Л.** Виртуальное моделирование и исследование фрактальных оптических отображений / И. Л. Доненко, В. И. Шостка // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн – 2017. – № 4. – С. 553 – 556.

Reference

1. **Mazneva, A. V.** EHlektronno-opticheskie pribory : ucheb. posobie po kursu «Tekhnicheskie sredstva zashchity informacii» / A. V. Mazneva. – M. : Izd-vo TGSUiR, 2010. – 77 s.
2. **Donenko, I. L.** Virtual'noe modelirovanie i issledovanie fraktal'nyh opticheskih otobrazhenij / I. L. Donenko, V. I. SHostka // Virtual'noe modelirovanie, prototipirovanie i promyshlennyj dizajn – 2017. – № 4. – S. 553 – 556.

УДК 378

Сафонов В. И.
Мордовский государственный педагогический институт, Россия, г. Саранск
(Тел. 89093275605, e-mail: wawans@yandex.ru)

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНТЕРАКТИВНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЕ «1С: МАТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНСТРУКТОР»

Safonov V. I.
Mordovia State Pedagogical Institute, Russia, Saransk
(Tel: 89093275605, e-mail: wawans@yandex.ru)

REALIZATION OF COMPUTER MODELLING IN THE INTERACTIVE COMPUTER ENVIRONMENT «1C: MATHEMATICAL DESIGNER»

Аннотация. Показаны возможности интерактивной компьютерной среды «1С: Математический конструктор» в осуществлении компьютерного моделирования. Приведены примеры построения компьютерных моделей геометрических объектов, а также для построения и исследования различных математических объектов в данной среде.

Ключевые слова: интерактивная компьютерная среда, образование, учитель, модель, моделирование.

Abstract. Possibilities of the interactive computer environment «1C: Mathematical designer» in the implementation of computer modeling are demonstrated. The examples of creation of computer models of geometrical objects and also for construction and a research intovarious mathematical objects in this environment are given.

Keywords: interactive computer environment, education, teacher, model, modeling.

Одной из разработок фирмы «1С», которая занимается созданием электронных образовательных комплексов, содержащих лекции, интерактивные модели, тесты и интерактивные компьютерные среды [http://obr.1c.ru/education/catalog/], является интерактивная компьютерная среда «1С: Математический конструктор».

Рассмотрим возможность реализации методов информатики при обучении математике, в частности метода компьютерного моделирования в процессе построения различных геометрических объектов с использованием интерактивной компьютерной среды «1С: Математический конструктор» (рис. 1).

При этом пользователь может задавать новые параметры для построения моделей; измерять величины с использованием инструментов «Расстояние между точками», «Величина угла», «Площадь области» и «Все углы треугольника»; выполнять преобразования построенных моделей с помощью инструментов «Параллельный перенос», «Поворот», «Осевая симметрия», «Гомотетия» и т.д.

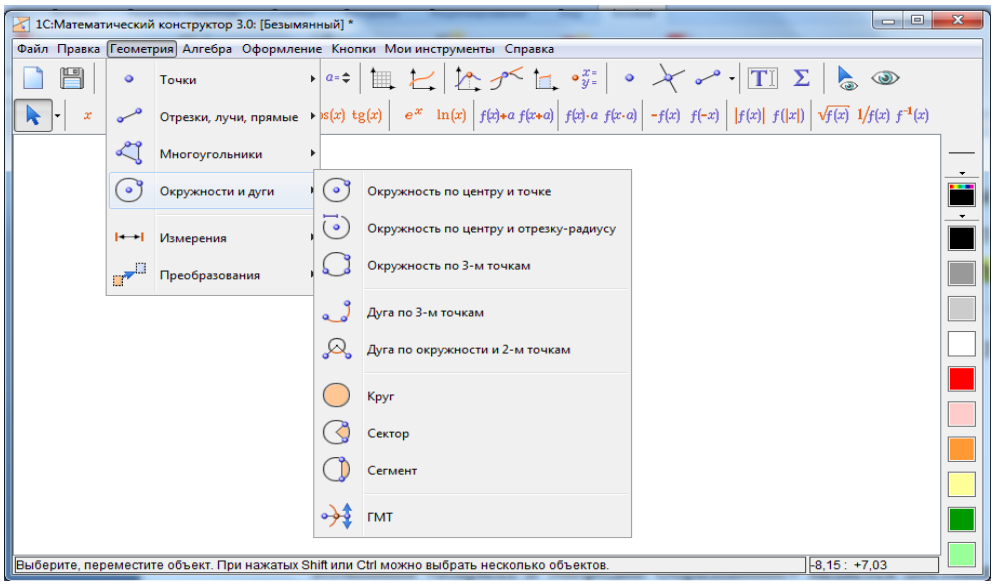


Рис. 1. Инструменты, реализующие метод компьютерного моделирования в построении геометрических объектов

Вышеизложенные возможности позволяют реализовать метод компьютерного моделирования не только в процессе построения геометрических объектов, но также для их исследования.

Возможности интерактивной среды «1С: Математический конструктор» позволяют применять метод компьютерного моделирования для построения и исследования различных математических объектов. Так, например, инструмент «Графики простейших функций» содержит готовые модели графиков, а инструмент «Функция» позволяет записать математическую модель функции и отобразить ее график с помощью инструмента «График» в виде компьютерной модели (рис. 2).

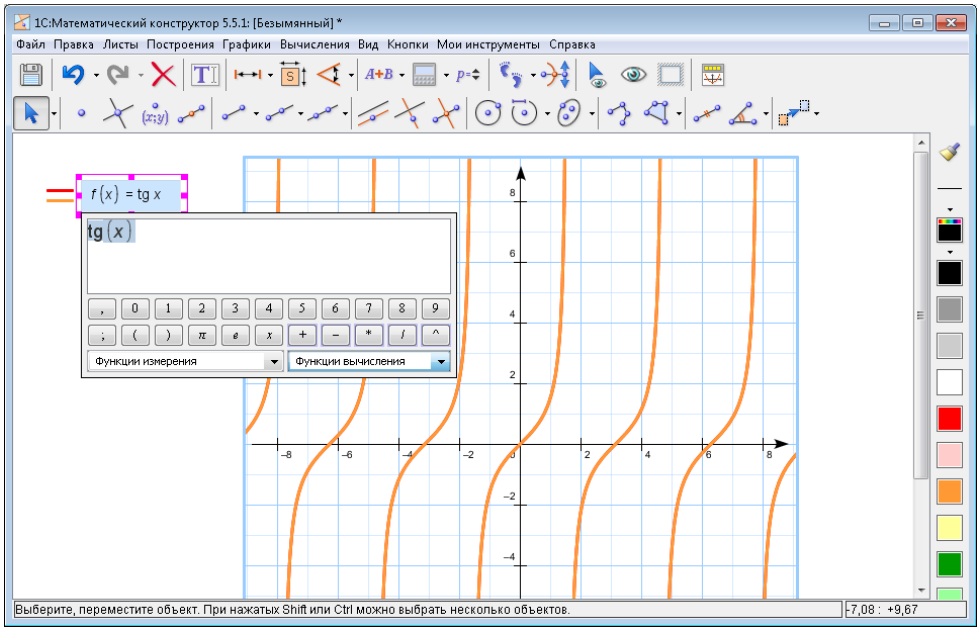


Рис. 2. Построение графика функции $f(x) = \mathrm{tg}(x)$ в интерактивной среде «1С: Математический конструктор»

Преобразование компьютерной модели можно осуществлять с помощью изменения параметров математической модели, а также инструментов, реализующих сдвиг, растяжение и построение графика обратной функции. Исследование графиков в интерактивной среде «1С: Математический конструктор» можно проводить с использованием инструментов «Точка экстремума», «Касательная к графику» и «Область под графиком» (рис. 3).

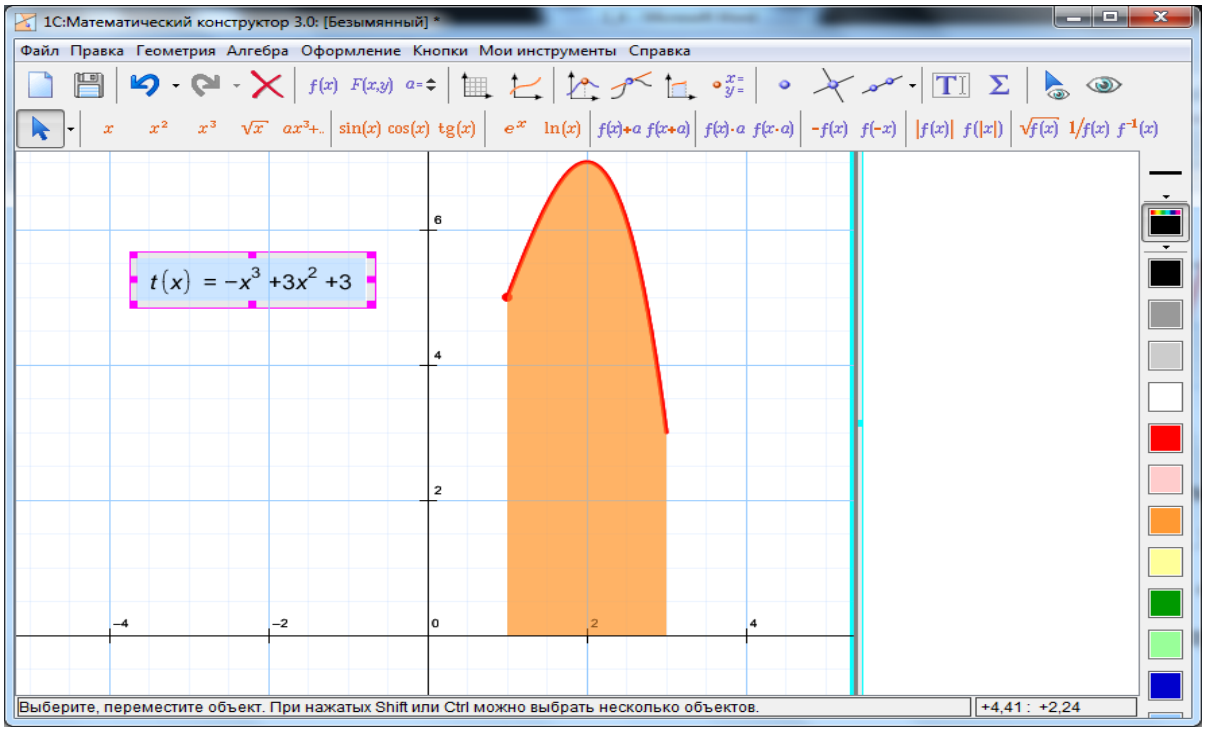


Рис. 3. Построение области под графиком в интерактивной среде «1С: Математический конструктор»

Таким образом, интерактивная среда «1С: Математический конструктор» позволяет реализовать компьютерное моделирование математических объектов, что отвечает требованиям современного образования [1].

Информатизация математического образования является актуальным направлением информатизации образования [2]. Появление подобных сред позволяет решить ряд проблем, характерных для начального этапа применения информационных технологий в математическом образовании [3]. Имеется целый ряд решений, предназначенных для информатизации математического образования [3, 4]. Интерактивная среда «1С: Математический конструктор» занимает среди них достойное место и заслуживает внимания специалистов, занимающихся вопросами применения информационных технологий в образовании.

Список использованных источников

1. **Аржанова, А. А.** Современные образовательные технологии в школе будущего / А. А. Аржанова, В. И. Сафонов // Современное образовательное пространство: новые методы и технологии : материалы Международной научно-практической конференции. – Чебоксары : ЧГПУ, 2017. – С. 13 – 16.

2. **Мартиросян, Л. П.** Развитие общего математического образования на базе информационных и коммуникационных технологий / Л. П. Мартиросян // Вестник университета Российской Академии образования. – 2009. – № 3. – С. 61 – 66.

3. **Сафонов, В. И.** Проблемы внедрения компьютерной технологии обучения в учебный процесс (на примере изучения математических дисциплин) / В. И. Сафонов // Интеграция образования. – 2007. – № 2. – С. 53 – 57.

4. **Сафонов, В. И.** УМК «Алгебра и начала анализа 10–11» / В. И. Сафонов // Математика в школе. – 2009. – № 1. – С. 49 – 63.

5. **Сафонов, В. И.** УМК «Планиметрия 7 – 9» / В. И. Сафонов // Математика в школе. – 2008. – № 5. – С. 61 – 70.

References

1. **Arzhanova, A. A.** Sovremennye obrazovatel'nye tekhnologii v shkole budushchego / A. A. Arzhanova, V. I. Safonov // Sovremennoe obrazovatel'noe prostranstvo: novyemetody i tekhnologii : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – CHeboksary : CHGPU, 2017. – S. 13 – 16.

2. **Martirosyan, L. P.** Razvitie obshchego matematicheskogo obrazovaniya na baze informacionnyh i kommunikacionnyh tekhnologij / L. P Martirosyan // Vestnik universiteta Rossijskoj Akademii obrazovaniya. – 2009. – № 3. – S. 61 – 66.

3. **Safonov, V. I.** Problemy vnedreniya komp'yuternoj tekhnologii obucheniya v uchebnyj process (na primere izucheniya matematicheskih disciplin) / V. I. Safonov // Integraciya obrazovaniya. – 2007. – № 2. – S. 53 – 57.

4. **Safonov, V. I.** UMK «Algebra inachala analiza 10–11» / V. I. Safonov // Matematika v shkole. – 2009. – № 1. – S. 49 – 63.

5. **Safonov, V. I.** UMK «Planimetriya 7 – 9» / V. I. Safonov // Matematika v shkole. – 2008. – № 5. – S. 61 – 70.

УДК 004.724.4

Кутузов Д. В.,[1] Осовский А. В.,[2] Стукач О. В.,[3] Старов Д. В.[4]
[1]Астраханский государственный технический университет, Россия, г. Астрахань
(e-mail: d_kutuzov@mail.ru),
[2]ООО «Фьюче Инжиниринг Лаб», Россия, г. Астрахань
(e-mail: a_osovskiy@mail.ru),
[3]Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Россия
(e-mail: tomsk@ieee.org),
[4]Астраханский государственный университет, Россия, г. Астрахань
(e-mail: bortv715ke@mail.ru)

МОДЕЛЬ МАТРИЧНОЙ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, БАЗИРУЮЩАЯСЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАСКРАШЕННЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Kutuzov D. V.,[1] Osovskiy A. V.,[2] Stukach O. V.,[3] Starov D. V.[4]
[1]Astrakhan State Technical University, Russia, Astrakhan
(e-mail: d_kutuzov@mail.ru),
[2]Future Engineering Lab LTD, Astrakhan, Russia
(e-mail: a_osovskiy@mail.ru),
[3]National Research Tomsk Polytechnic University, National
Research University Higher School of Economics, Russia
(e-mail: tomsk@ieee.org),
[4]Astrakhan State University, Russia, Astrakhan
(e-mail: bortv715ke@mail.ru)

CPN-BASED MODEL OF PARALLEL MATRIX SWITCHBOARD

Аннотация. Рассмотрена модель параллельной матричной коммутационной системы, базирующаяся на раскрашенных сетях Петри (Colored Petri Nets – CPN). Разработанная CPN-модель описывает алгоритм параллельной коммутации. CPN-модель является иерархической сетью, содержащей ингибиторные дуги. За счет использования временных (timed) CPN получена зависимость средней длины очереди от интенсивности потока.

Ключевые слова: параллельная коммутация, пространственная коммутация, матричные коммутаторы, многозвенные коммутационные системы, коммутационный элемент, сети Петри, раскрашенные (цветные) сети Петри, таймированные сети Петри.

Abstract. The article describes a model of a parallel matrix switching system based on colored Petri Nets (CPN). The CPN-based model developed by us describes the parallel switching algorithm. The CPN-based model is a hierarchical network containing inhibitory arcs. Due to the use of timed CPN, we obtained the dependence of the average queue length on the intensity of the flow.

Keywords: parallel switching; space switching; cross switch, multistage systems, switching elements, Petri nets, colored Petri nets, timed Petri nets.

Введение. Параллельные вычисления, взаимодействие вычислительных ядер, аппаратные нейросетевые структуры нуждаются в распределении информационных потоков. Эффективность работы таких структур во многом зависит от эффективной коммуникационной среды, обеспечивающей обмен данными между различными частями устройства. Обычно для распределения информационных потоков служат коммутационные системы. Поэтому повышение производительности коммутационных систем является важным направлением исследований. Ряд исследований направлены на создание технологической базы, пригодной для реализации коммутационных систем. В работах [1, 2] изучаются гальваномагнитные явления в пленках мультиграфена. Важным мультиграфенов является возможность совмещения с существующими CMOS-технологиями, что открывает новые возможности реализации элементов коммутационных систем.

Многие алгоритмы повышения производительности коммутационных систем направлены на совершенствование загрузки и повышение эффективности буферных устройств коммутаторов [3, 4]. Другие исследования направлены на создание и моделирование параллельных коммутационных структур (Parallel Switching Architecture (PSA)) [5] и создание параллельных коммутаторов пакетов (PPS), кото-рые обеспечивает огромную совокупную пропускную способность [6]. Следует заметить, что матричная схема коммутации является неотъемлемой составляющей PSA и PPS.

Авторами разработан алгоритм, повышающий эффективности работы коммутационных элементов [7] за счет параллелизма и элементы такой системы [8]. Такие системы коммутации могут быть реализованы на различных элементах коммутации. Поэтому мы разработали абстрактные модели таких систем, обобщающие различные способы реализации коммутаторов [9].

При моделировании устройств, телекоммуникационных сетей, протоколов обмена информацией широко используются сети Петри [10 – 14] для анализа работы и оценки характеристик самых различных телекоммуникационных объектов и структур.

CPN-модель. Ранее для коммутационного элемента параллельной системы коммутации предложена модель на основе простой (классической) сети Петри [9]. Для отдельного коммутационного элемента такая модель соответствует одноканальному обслуживающему устройству. Это одноканальное обслуживающее устройство не различает информационные пакеты в зависимости от их назначения и поэтому цвет фишек сети Петри не важен. В случае, когда коммутационные элементы объединены в матрицу коммутации, выход коммутационной системы, которому адресован пакет, имеет значение. Необходимость различать пакеты в зависимости от выхода, на которые их надо передавать, делает невозможным применение классических сетей Петри. Столкнувшись с этой проблемой, мы стали использовать раскрашенные сети Петри (CPN). На рисунке 1 представлена CPN-модель параллельной коммутационной системы с двумя входами и двумя выходами (без начальной разметки). Моделирование системы проводилось в программе CPNTools.

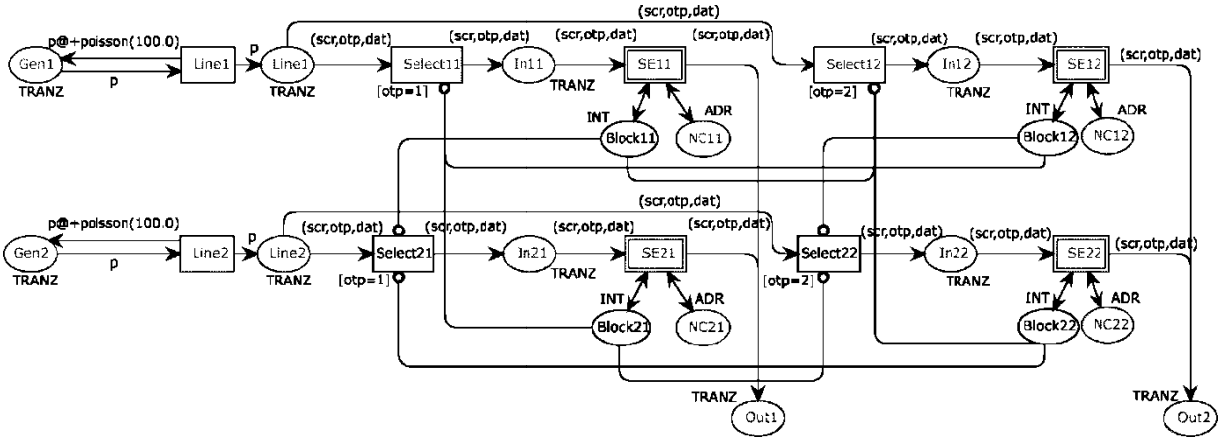


Рис. 1. CPN-модель матричной коммутационной системы

Сеть состоит из генераторов Gen1 и Gen2, которые генерируют пуассоновский поток информационных пакетов (фишек сети Петри). Каждый пакет состоит из адреса источника пакета, адреса приемника пакета и данных. В соответствии с этим определяются множества цветов:

colset ADR=int with 1..4;

colset DATA=int with 20..900;

colset TRANZ=product ADR*ADR*DATA timed;

Множества цветов ADR описывают множества адресов источников и приемников пакетов, множество DATA – множество данных. Декартово произведение ADR×ADR×DATA – множество TRANZ возможных пакетов. Пакет p, выбранный при генерации из множества TRANZ передается через переход Line и позицию Line на переход Select. Пакет описывается тройкой (scr, otp, dat), где scr – адрес источника пакета, otp – адрес приемника пакета, dat – данные пакета. Переход Select фильтрует пакеты, предназначенные только для соответствующего выхода. Далее через позицию In пакет попадает на коммутационный элемент SE. Каждый коммутационный элемент представляет собой иерархическую структуру, замещенную для удобства переходом. На рисунке 2 представлена структура коммутационного элемента SE.

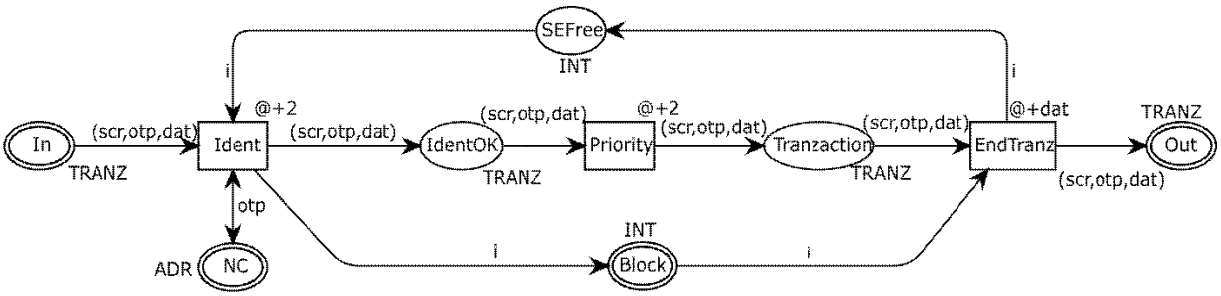


Рис. 2. Структура коммутационного элемента

С позиции In пакет передается на переход Ident, на котором производится сравнение адреса назначения пакета с адресом коммутационного элемента (otp). Кроме того, для срабатывания этого перехода необходимо, чтобы коммутационный элемент был свободен и в позиции SEFree находилась фишка (рис. 3, *а*).

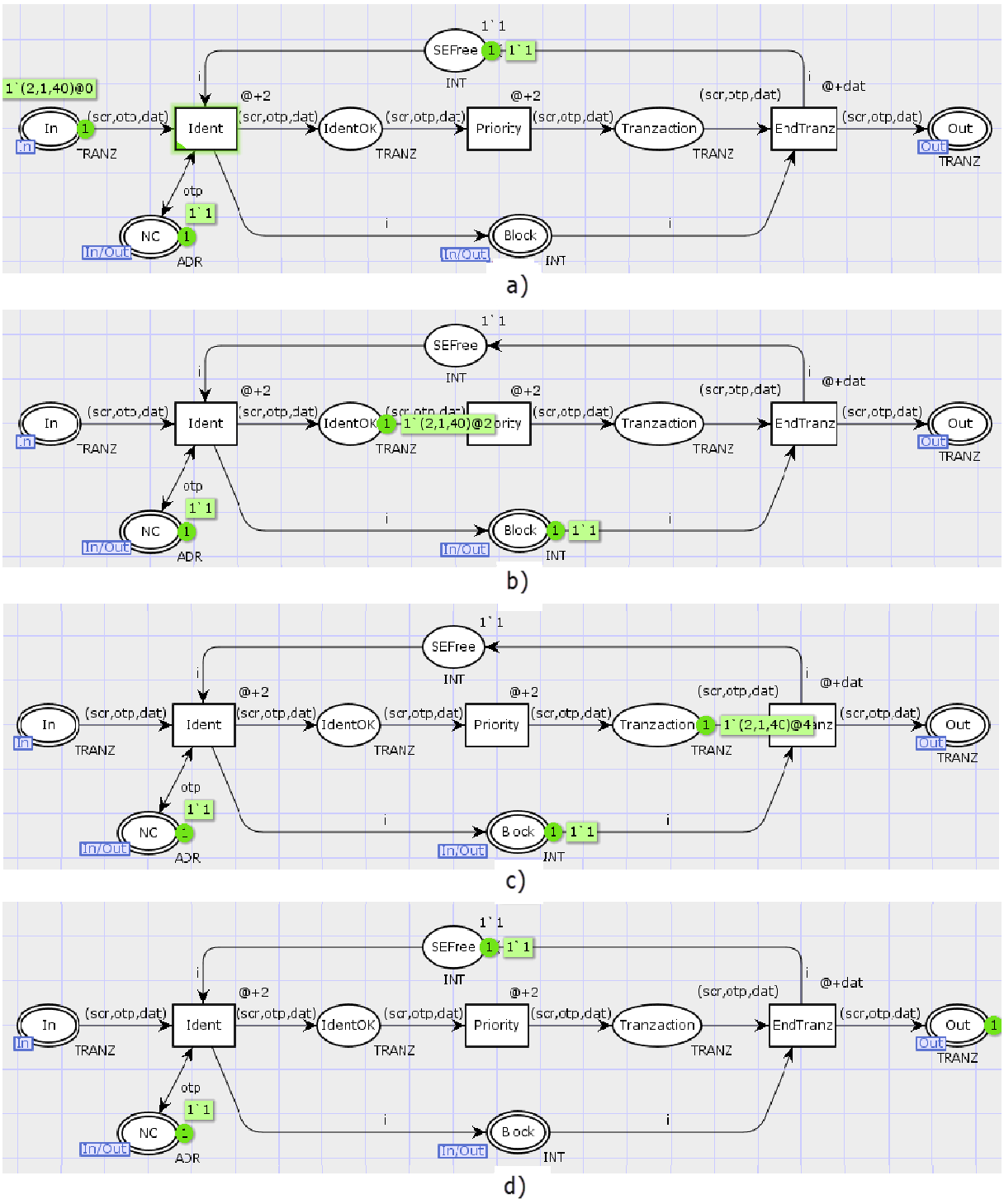


Рис. 3. Прохождение информационного пакета через элемент коммутации

На этом этапе учитывается время, затрачиваемое на данную операцию – здесь оно равно 2 единицам модельно времени. После успешной идентификации пакет попадает в позицию IdentOK, из позиции SEFree убирается фишка, что означает занятие коммутационного элемента. В позицию Block также помещается фишка, благодаря которой блокируется строка и столбец матрицы, в которых находится коммутационный элемент (рис. 3, *b*). Из позиции IdentOK пакет попадает на переход Priority. Этот переход отвечает за операцию выделения приоритета в случае одновременного поступления одина-

ковых пакетов на вход коммутационной системы. В данной модели переход Priority только добавляет время на выполнение операции к пакету. После этого пакет попадает в позицию Tranzaction, а затем на переход EndTranz (рис. 3, *c*). Переход EndTranz добавляет время обработки пакета к его текущей временной метке. После срабатывания перехода EndTranz пакет попадает на выход системы (позиция Out), из позиции Block убирается фишка и разблокируются строка и столбец матрицы коммутации, а также в позицию SEFree помещается фишка, означающая готовность коммутационного элемента к приему следующего пакета (рис. 3, *d*).

Результаты моделирования. Мы получили значения очередей для пуассоновского потока с интенсивностью 10…80 и фиксированным временем обслуживания транзактов в $t = 20$, $t = 30$, $t = 40$ MTU.

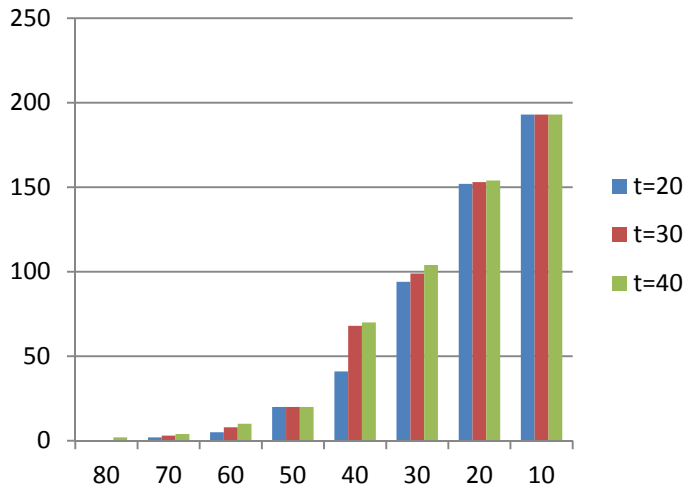


Рис. 4. Зависимость длины очереди от интенсивности входного потока транзактов

Список использованных источников

1. **Bulatova, A. N.** Investigation of the Main Parameters of Multigraphene Prepared by the CVD Method / A. N. Bulatova, M. F. Bulatov, D. V. Starov // Russian Physics Journal. – V. 54, № 12, May, 2012. – P. 1401 – 1405.

2. **Measuring** complex for studying galvanomagnetic phenomena in multigrafene layers / D. Starov, D. Kutuzov, O. Stukach, A. Osovskiy // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – 2017.

3. **George, F.** Georgakopoulos. Buffered Crossbar Switches, Revisited: Design Steps, Proofs and Simulations Towards Optimal Rate and Minimum Buffer Memory / F. George // IEEE/ACM Transactions on networking. – V. 16, № 6, Dec. 2008.

4. **Hongchao Hu.** A New Practical Scheduling Algorithm for Buffered Crossbar Switches / Hongchao Hu, Peng Yi, Yunfei Guo // IEEE No 1-4244-0463-0/06/$20.00

5. **Hyoung-Il Lee,** Seung-Woo Seo. On the Traffic-Distribution Characteristics of Parallel Switching Architectures / Hyoung-Il Lee, Seung-Woo Seo // Global Telecommunications Conference, 2000. GLOBECOM '00. IEEE. – V. 1. – P. 510 – 514.

6. **Zhuo Sun,** Masoumeh Karimi, Deng Pan, Zhenyu Yang and Niki Pissinou. Buffered Crossbar based Parallel Packet Switch / 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM. – 2010. – P. 1 – 5.

7. **Kutuzov, D.** Algorithms of Parallel Switching for Multistage Schemes / D. Kutuzov, O. Stukach. // 2013 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Proceedings. – Krasnoyarsk : Siberian Federal University. Russia, Krasnoyarsk, September 12−13, 2013. IEEE Catalog Number: CFP13794-CDR. ISBN: 978-1-4799-1060-1.

8. **Kutuzov, D.** Switching Element for Parallel Spatial Systems / D. Kutuzov, A. Utesheva // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2011), Proceedings. – Krasnoyarsk : Russia Siberia Section of the IEEE Siberian Federal University, september 15–16, 2011. – P. 60 – 62.

9. **Kutuzov, D.** Modeling of interconnection process in the parallel spatial switching systems / D. Kutuzov, A. Osovskiy, O. Stukach // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – P. 1 – 3.

10. **Mihai Lica Pura.** Using algebraic Petri nets for testing the models of adhoc secure routing protocols in mobility scenarios / Mihai Lica Pura, Didier Buchs // 2014 IEEE International Conference on Software Testing, Verification, and Validation Workshops. – P. 1–2.

11. **Hela Ben Salah.** Petri Nets-based Design of Real-Time Reconfigurable Networks on Chips / Hela Ben Salah, Adel Benzina, Mohamed Khalgui // 2015 IEEE/ACIS 14th International Conference on Computer and Information Science (ICIS). – P. 597 – 604.

12. **Modeling** and Simulation of CommunityMobility Model for Next Generation Wireless Networks using Coloured Petri Nets / Naeem Akhtar Khan, Farooq Ahmad, Syed Asad Hussain, Sher Afzal Khan // 2015 IEEE 14th International Conference on Machine Learning and Applications. – P. 1240 – 1245.

13. **Ahmed Louazani.** Petri Net Model For Connectivity Maintenance In V ANET Clustering-based Routing Algorithm / Ahmed Louazani, Larbi Sekhri // International Conference on Advanced Aspects of Software Engineering ICAASE, October, 29–30, 2016, Constantine, Algeria.

14. **M. Rehena Sulthana** Petrinet Model based Validation of the LBRP for 6LoWPAN / M. Rehena Sulthana, P.T.V. Bhuvaneswari // 2016 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET). – P. 2454 – 2457.

УДК 004.9

Гущина О. М.,[1] Очеповский А. В.,[2] Рогова Н. Н.,[3] Пупыкина А. А.[4]
[1]Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти
(Тел. (8482)539181, e-mail: g_o_m@tltsu.ru),
[2]Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти
(Тел. (8482)546473, e-mail: ochepovsky@mail.ru),
[3]Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти
(Тел. (8482)539181, e-mail: r_n_n@tltsu.ru),
[4]Миланский технический университет, Италия, г. Милан
(e-mail: anna.pupykina@polimi.it)

УЧЕБНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ С ЭЛЕМЕНТАМИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Gushchina O. M.,[1] Ochepovsky A. V.,[2] Rogova N. N.,[3] Pupykina A. A.[4]
[1]Togliatti State University, Russia, Togliatti
(Tel. (8482)539181, e-mail: g_o_m@tltsu.ru),
[2]Togliatti State University, Russia, Togliatti
(Tel. (8482)546473, e-mail: ochepovsky@mail.ru),
[3]Togliatti State University, Russia, Togliatti
(Tel. (8482)539181, e-mail: r_n_n@tltsu.ru),
[4]Politecnico di Milano, Italy, Milano
(e-mail: anna.pupykina@polimi.it)

AR-POWERED EDUCATIONAL APPLICATION BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Аннотация. Показана роль сверточной нейронной сети для реализации учебных приложений с элементами дополненной реальности для организации образовательного процесса на основе применения запоминающихся зрительных образов изучаемого объекта. Демонстрация работы приложения производится на основе создания нейронной сети, которая показала высокую степень локализации и распознавания изображений в системах дополненной реальности, с помощью которых можно сделать учебный процесс более наглядным и интересным. Созданное приложение можно использовать в учебном процессе по дисциплинам интеллектуального анализа и анализа больших данных для иллюстрации работы алгоритмов локализации, кластеризации и сегментации в реальном масштабе времени.

Ключевые слова: технология дополненной реальности, сверточная нейронная сеть, локализация объектов, распознавание образов, метод скользящего окна, алгоритм подавления немаксимумов, матрица ошибок.

Abstract. This research aims to justify the importance of using convolutional neural networks (CNNs) in AR-powered educational applications to provide the learning process with impressive visualization of studied objects. Demonstration of the developed application proves neural network to be its basic part that allows for high-quality accuracy of object localization and image recognition in AR systems. As these systems provide a more informative and impres-

sive way of learning, the application can be used for data mining and big data analysis disciplines to demonstrate real-time operation of localization, clustering and segmentation algorithms.

Keywords: AR technology, convolutional neural network, objects localization, image recognition, sliding window technique, non-maximal suppression algorithm, confusion matrix.

Введение. Последние достижения в компьютерной обработке данных, новые 3D-технологии и эффективные технологии обработки изображений позволили выделить еще одно направление систем реального времени с интенсивными вычислениями – системы дополненной реальности, направленные на обработку огромного количества входных данных и визуализацию их для наглядного представления учебного материала [1]. Системы дополненной реальности используются для привлечения сторонних сервисов по предоставлению дополнительной информации, позволяющей сделать учебный материал более наглядным и информативно значимым.

Целью исследования является показ механизма разработки учебных приложений с элементами дополненной реальности, в основе которого лежат маркерные и безмаркерные технологии с использованием сверточных нейронных сетей.

Обоснование и постановка задачи исследования. Цель исследования заключается в обосновании роли сверточных нейронных сетей, в разработке учебных приложений с элементами дополненной реальности (AR) (рис. 1).

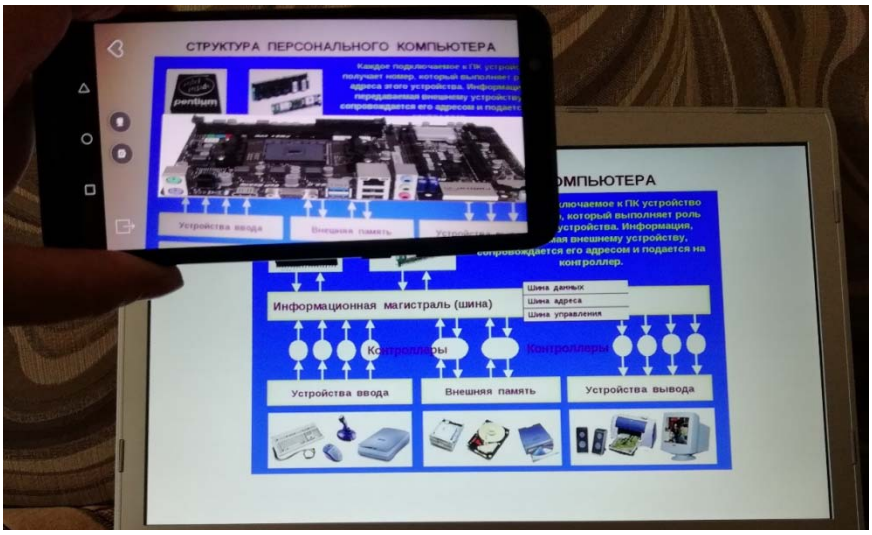


Рис. 1. Демонстрация работы приложения дополненной реальности

В основе дополненной реальности лежит совокупность технологий, позволяющих обеспечивать определенный уровень взаимодействия с реальным миром за счет совмещения объектов, воспринимаемых привычным способом, и виртуальных объектов виртуальной реальности [2]. При реализации технологии дополненной реальности требуется не только реалистичная визуализация виртуальных объектов, но и их реалистичная интеграция в реальную среду. Для этого нужно [3]: распознать реальный объект с последующей привязкой к нему виртуального контента; осуществить рендеринг, т.е. процесс отображения виртуального содержимого поверх изображения реальных объектов на основе информации, полученной в результате их распознавания; организовать взаи-

модействие. Нужно создать интерактивную модель, с помощью которой вносится дополнительная интерактивность к объектам реальной действительности. А для этого, в области дополненной реальности для поиска в видеопотоке объектов и/или специальных маркеров используются алгоритмы компьютерного зрения, которые позволяют выделять ключевые особенности на изображении (углы, границы области), производить поиск объектов в реальном времени, выполнять 3D-реконструкцию по нескольким фотографиям и др. Основная сложность реализации алгоритма состоит в поиске маркера или кода, определении его местоположения в кадре и проецировании соответствующим образом виртуальной модели. Но что делать, если нет QR, штрих-кодов или других видов маркеров, как в этом случае применить алгоритм построения системы дополненной реальности?

Решить данную проблему предполагается с использованием нейронной сети [4], способной сначала осуществлять локализацию объектов на изображении, распознавать их, а затем обрабатывать визуальные данные. Локализация заключается в выделении объекта на изображении и определении его координат, т.е. поиске области двумерной функции изображения предъявленной сцены, в которой эта функция соответствует аналогичной функции модели. Для определения характерных черт на изображении производится вычисление абстракции изображения и выделение на нем ключевых особенностей, например изолированные точки, кривые, различные связанные области.

Кроме того, чтобы создавать учебные приложения с элементами дополненной реальности на должном уровне: нужно не только разработать нейронную сеть, она должна обучиться, проанализировать огромные библиотеки объектов в соответствии с конкретной задачей и вывести нужную информацию, соотнесенную поставленной задаче образовательного процесса.

Метод решения задачи исследования. Приоритетным направлением в AR является задача определения реальных сценариев и объектов, для которых добавляются виртуальные объекты реалистичным и надежным способом. С точки зрения семантического понимания наиболее подходящим будет технология, основанная на использовании сверточной нейронной сети (CNN) для выявления и сегментации объектов и сценариев одного кадра изображения или нескольких кадров видео. Этот процесс включает в себя оптическое распознавание образов, классификацию изображений, детектирование объектов, семантическую сегментацию.

Для того чтобы решить проблему локализации объектов и распознавания их образов для добавления элементов дополненной реальности в учебные приложения была реализована на языке *Python* сверточная нейронная сеть с использованием технологий: *Tensorflow*, *Keras*, *Tensorflow Object Detection API*, *OpenCV*, в которой каждый нейрон в качестве своего выходного значения осуществляет операцию свертки или взаимной корреляции со своим рецептивным слоем. В сверточной сети слой субдискретизации осуществляет уплотнение карт признаков предыдущего слоя и не изменяет количество карт; каждый нейрон выполняет «сжатие» своего рецептивного поля посредством функции *Max Pooling*. С его помощью достигается устойчивость к небольшим сдвигам входного изображения, а также уменьшается размерность последующих слоев.

С использованием нейронной сети был подготовлен набор обучающихся данных; осуществлены классификация и поиск объектов на изображении, качество детектирования которого было улучшено с использованием метода скользящего окна (*sliding*

window) и алгоритма подавления немаксимумов (*non-maximum suppression*). В целях поиска наилучших соответствий по методу скользящего окна была осуществлена оценка для каждого пикселя изображения с размерами $m \times n$ по формулам (1 – 4) [5]:

$$M_{m,n} = \sum_{\forall (u,v) \in \varepsilon} (C^1_{u,v} + C^2_{u,v} + C^3_{u,v}), \tag{1}$$

где $(u,v) \in \varepsilon$ – условия, проверяемые в каждом положении пикселя шаблона, который сам центрирован в точке (m, n), если условие удовлетворяется $C^k = 1$, иначе $-C^k = 0$.

$$C^1_{u,v} : (\varepsilon_{u,v} = bg) \cap (F_{u,v} = bg); \tag{2}$$

$$C^2_{u,v} : (\varepsilon_{u,v} = fg) \cap (F_{u,v} = fg) \cap (|d_{u,v} - d_{Hi}| < d_{\max}); \tag{3}$$

$$C^3_{u,v} : (\varepsilon_{u,v} = bg) \cap (F_{u,v} = fg) \cap (|d_{u,v} - d_{Hi}| < d_{\max}), \tag{4}$$

где C^2 и C^3 – условия, обеспечивающие устойчивость оценки к частным перекрытиям; bg – задний и fg – передний план. Пиксель (m, n) с максимальной оценкой $M^H = \max\{M_{m,n}\}$ принимается за наиболее вероятный центр расположения объекта в сцене.

На этапе оценки положения объекта каждая особенность оценивается по всему изображению, что дает множество предположений, которые затем проверяются классификаторами. После чего множественные соответствия удаляются с помощью алгоритма подавления немаксимумов. При этом сама проблема классификация изображений заключается в «семантическом разрыве»: с использованием *матрицы ошибок* на основе кросс-табуляции осуществляется показ соотношений значений совпадающих классов, полученных из различных источников [6]. На рисунке 2 отображена матрица ошибок, отображающая количество правильно классифицированных пикселей.

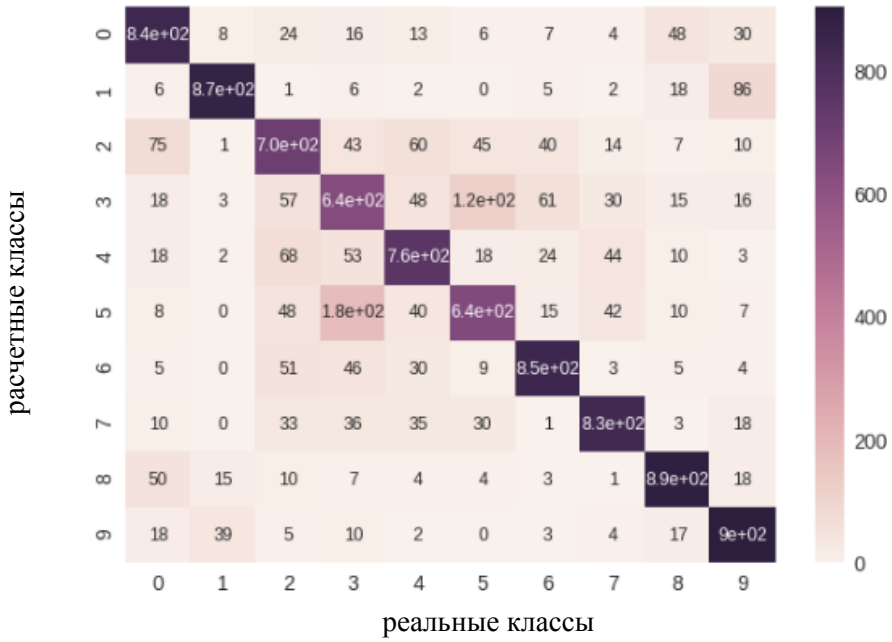


Рис. 2. Матрица ошибок, демонстрирующая соотношения значений совпадающих классов

Матрица ошибок показала высокую степень распознавания объектов применительно к рассмотренным классам, что доказало правильность выбора архитектуры реализованной нейронной сети, применяемой для реализации учебных приложений.

Благодаря наличию скрытых ассоциативных слоев, сверточная нейронная сеть способна строить гипотезы, основанные на нахождении сложных зависимостей [7], что позволяет в процессе обучения в близких к «рецепторам» скрытых слоях самой сетью формировать разного рода нейроны (рис. 3).

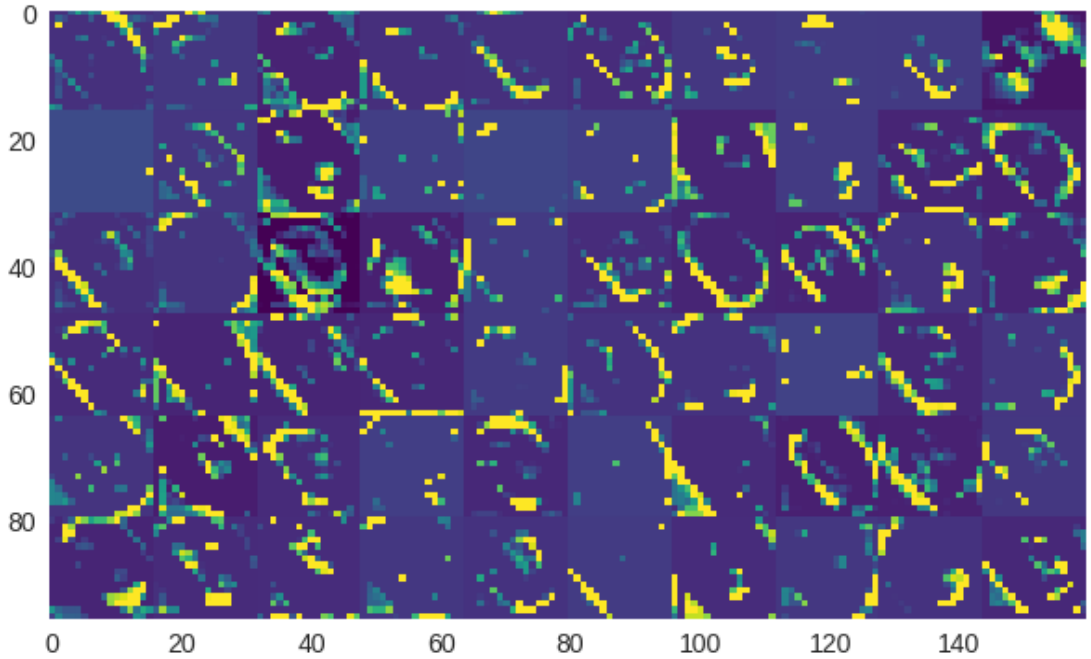


Рис. 3 Образование иерархических ассоциаций в процессе обучения сверточной нейронной сети

Перед запуском учебного приложения дополненной реальности производится обучение нейронной сети с использованием подготовленного набора изображений. После обучения, используя смартфон (веб-камеру), система получает последовательность входных изображений. С помощью алгоритмов обнаружения изображений в *OpenCV* система находит объект на сцене, анализирует его контур и/или определяет наличие имеющихся маркеров. Затем применяется нейронная сеть для распознавания по нескольким точкам для поиска параметров аффинных преобразований, которые подсказывают алгоритмы сжатия, развертывания, искажения изображения так, чтобы найденные ключевые точки совпали. Завершается все наложением виртуальных объектов, характеризующих технологию дополненной реальности. График оценивания качества обучения модели на тестовых данных, показал, что обучение прошло успешно, так как точность приближена к 1.

Таким образом, обучение нейронной сети показало высокую точность в локализации объектов и распознавании образов на изображении, что позволяет однозначно идентифицировать учебный объект и наложить на него элемент дополненной реальности, обеспечивающий высокую степень информирования и визуализации учебного материала.

Список использованных источников

1. **A systematic** review of augmented reality applications in maintenance / R. Palmarini, J. A. Erkoyuncu, R. Roy, H. Torabmostaedi // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2018. – V. 49. – P. 215 – 228.

2. **Петров, П. А.** Применение технологии дополненной реальности в производстве алюминия / П. А. Петров, В. А. Пайор, М. Д. Панишева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 4 – С. 80 – 82.

3. **Солдатов, С. К.** Интерфейс будущего – системы дополненной реальности / С. К. Солдатов, Н. В. Кузьмина // Современные технологии автоматизации. – 2016. – № 1. – С. 96 – 103.

4. **Rawat, W.** Deep convolutional neural networks for image classification: A comprehensive review / W. Rawat, Z. Wang // Neural computation. – 2017. – V. 29, № 9. – P. 2352 – 2449.

5. **Kingma, D. P.** Adam: A Method for Stochastic Optimization / D. P. Kingma, J. L. Ba. // arXiv preprint arXiv:1412.6980. – 2014. – 15 p.

6. **Bekas, C.** An estimator for the diagonal of a matrix / C. Bekas, E. Kokiopoulou, Y. Saad // Applied numerical mathematics. – 2007. – V. 57, № 11-12. – P. 1214 – 1229.

7. **Dongare, A. D.** Introduction to artificial neural network / A. D. Dongare, R. R. Kharde, A. D. Kachare // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). – 2012. – V. 2, № 1. – P. 189 – 194.

References

1. **A systematic** review of augmented reality applications in maintenance / R. Palmarini, J. A. Erkoyuncu, R. Roy, H. Torabmostaedi // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2018. – V. 49. – P. 215 – 228.

2. **Petrov, P. A.** Primeneniye tekhnologii dopolnennoy real'nosti v proizvodstve alyuminiya / P. A. Petrov, V. A. Payor, M. D. Panisheva // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. – 2017. – № 4 – S. 80 – 82.

3. **Soldatov, S.K.** Interfeys budushchego – sistemy dopolnennoy real'nosti / S. K. Soldatov, N. V. Kuz'mina // Sovremennyye tekhnologii avtomatizatsii. – 2016. – № 1. – S. 96 – 103.

4. **Rawat, W.** Deep convolutional neural networks for image classification: A comprehensive review / W. Rawat, Z. Wang // Neural computation. – 2017. – V. 29, № 9. – P. 2352 – 2449.

5. **Kingma, D. P.** Adam: A Method for Stochastic Optimization / D. P. Kingma, J. L. Ba // arXiv preprint arXiv:1412.6980.– 2014. – 15 p.

6. **Bekas, C.** An estimator for the diagonal of a matrix / C. Bekas, E. Kokiopoulou, Y. Saad // Applied numerical mathematics. – 2007. – V. 57, № 11-12. – P. 1214 – 1229.

7. **Dongare, A. D.** Introduction to artificial neural network / A. D. Dongare, R. R. Kharde, A. D. Kachare // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). – 2012. – V. 2, № 1. – P. 189 – 194.

УДК 625.1:004.94

Тимченко В. С.
Санкт-Петербургский союз ученых, Россия, г. Санкт-Петербург
(Тел. (903)0932541, e-mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru)

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Timchenko V. S.
St. Petersburg union of scientists, Russia, St. Petersburg
(Tel. (903)0932541, e-mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru)

THE RECONSTRUCTED RAILWAY LINE CAPACITY COMPLEX ASSESSMENT METHOD ON THE BASIS OF IMITATING MODELLING

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с оценкой пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования. Определены зависимости моделируемой пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии от длительности занятия путей на станции назначения в условиях предоставления «окон» и при их отсутствии. Показан рост влияния на пропускную способность железнодорожной линии длительности занятия приемо-отправочных путей технических станций с увеличением их значений. Обосновано, что это влияние колеблется в большом диапазоне в зависимости от различных факторов, учесть всю совокупность которых можно только на основании имитационного моделирования.

Ключевые слова: пропускная способность, реконструируемая железнодорожная линия, «окна», реконструкция, имитационное моделирование.

Abstract. The questions connected with an assessment of reconstructed railway line capacity on the basis of imitating modeling are considered. Dependences of the reconstructed railway line modelled capacity on ways occupation duration at the station of destination in the conditions of the train service termination are defined. Growth of influence on the railway line capacity of technical stations ways occupation duration with increase in their values is shown. It is proved that this influence fluctuates in the big range depending on various factors which it is possible to consider all set only on the basis of imitating modeling.

Keywords: capacity, reconstructed railway line, breaks in train service, reconstruction, simulation modeling.

Введение. Состояние транспортной отрасли РФ позволяет говорить о дефиците пропускной и провозной способности железнодорожных линий [1]. Протяженность узких мест на сети РЖД к 2020 г. может достигнуть 22% от ее общей эксплуатационной длины, что позволит вывезти из мест погрузки только 250 млн т, в то время, как объем грузовой базы прогнозируется на уровне 450 млн т. Что делает задачу оценки возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок актуальной.

На основании выполненного анализа теоретических положений и научных исследований в области определения наличной пропускной способности участков железных дорог [2], влияния «окон» на наличную пропускную способность железнодорожных

участков и особенностей имитационного моделирования работы железнодорожных станций и участков [3 – 7] выявлено противоречие в области оценки пропускной способности реконструируемых железнодорожных линий, заключающееся с одной стороны – в необходимости обеспечения достаточности организационных и реконструктивных мероприятий для освоения прогнозируемых размеров движения, а с другой стороны, в недостаточно объективной оценке пропускной способности железнодорожных линий, которая определяется аналитическим расчетом по минимальной пропускной способности, рассчитываемой отдельно для каждого железнодорожного участка и технической станции, что не позволяет учитывать взаимное влияние неравномерности их загрузки на пропускную способность линии в целом.

В условиях реконструкции возникает необходимость разработки методики комплексной оценки пропускной способности железнодорожной линии на основе имитационного моделирования [8, 9] в целях обоснования достаточности организационных и реконструктивных мероприятий по освоению прогнозируемых размеров движения.

В мировой науке и практике [3] пропускная способность железнодорожных участков рассматривается в терминах (рис. 1): надежности (качество обслуживания клиентов), коммерческих остановок, скорости и неравномерности движения поездов.

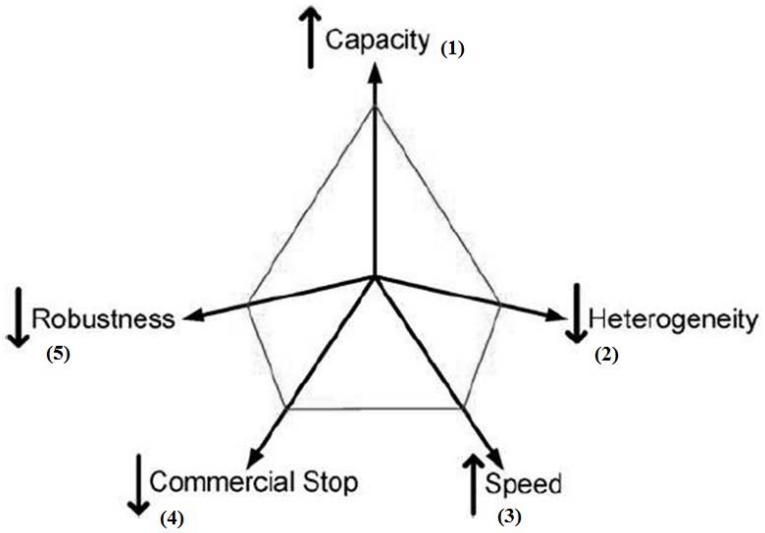


Рис. 1. Основные параметры, влияющие на пропускную способность:
1 – пропускная способность; *2* – нестабильность графика движения поездов (можно провести аналогию с процентом твердых ниток в графике движения поездов); ходовая скорость движения поездов по линии; коммерческие стоянки поездов (технологические, без учета непроизводительных простоев); надежность выполнения графика движения поездов)

В общем виде наличная пропускная способность $N_{Л}^{'}$ реконструируемой линии $Л^{'} = \left\{ У_i, C_i^{тех} \right\}$, состоящая из участков, перегонов, перегонов, находящихся в условиях предоставления «окон», и промежуточных станций $У_i = \left\{ П_i, П_i^{'}, C_i \right\}$, может быть описа-

на в терминах: число предназначенных для пропуска по линии поездов n_n; число «категорий» поездов $n_к$ по участкам $У_i$ в зависимости от веса и длины состава; максимальная скорость движения поездов по линии *v*, ограниченная задержками на технических станциях $C_i^{тех}$, в том числе – от предоставления «окон» на перегонах $П_i^{'}$; показатель несинхронности следования поездов относительно графика движения.

Определение пропускной способности $N_Л^{'}$ реконструируемых железнодорожных линий, включающих несколько железнодорожных участков и технических станций, с помощью методики, основанной на имитационном моделировании, позволяет, в отличие от аналитических и графо-аналитических методов, учитывать взаимное влияние неравномерности загрузки участков и технических станций на пропускную способность реконструируемой железнодорожной линии.

В качестве инструмента имитационного моделирования предлагается программный комплекс имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии [10].

Исследования показывают, что основной особенностью имитационной модели, лежащей в основе методики комплексной оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии является определение границ моделирования, которые устанавливаются в соответствии с результатами анализа потерь поездо-часов при движении поездов по линии согласно схеме: станция назначения – станция, являющаяся «узким местом» пропуска, плюс ближайшая техническая станция, предшествующая ей.

Предлагаемый критерий определения «узкого места» железнодорожной линии имеет вид [11]

$$(t_{ст}^{мах}, t_{ст}^{сум}, \Delta v_n) \to \max ,$$

где $t_{ст}^{сум}$ – суммарные длительности стоянок на станциях, ч; $t_{ст}^{мах}$ – максимальные длительности стоянок на станциях, ч; Δv_n – снижения скоростей на подходах к станциям, км/ч.

Предложен расчет пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии по критерию, который обеспечивает необходимую точность и достоверность результатов оценки, так как позволяет учитывать взаимное влияние неравномерности загрузки участков и технических станций, с учетом особенностей «узкого места» рассматриваемой линии.

С помощью разработанной методики проведен расчет пропускной способности одной из двухпутных электрифицированных железнодорожных линий Октябрьской железной дороги, обслуживающей морской порт.

Пропускная способность определялась в условиях предоставления «окон» для проведения ремонтных работи при их отсутствии, с длительностью занятия приемо-отправочных путей на станции назначения 120, 240, 360 и 480 мин, а также длительностью занятия приемо-отправочных путей на технической станции, являющейся «узким местом» – 40, 50 и 60 мин.

Теория и практика организации железнодорожного движения, убеждают в том, что оценивать размеры движения на основе имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии необходимо в летних и зимних условиях (предоставление «окон», различные размеры движения пассажирских поездов и т.д.), отдельно для четного и нечетного направлений движения, поэтому дальнейшие расчеты приводятся не для железнодорожной линии в целом, а для нечетного направления, которое является более грузонапряженным.

Процентное снижение пропускной способности для рассматриваемых вариантов расчета при увеличении длительности занятия путей на технической станции с 40 до 50 и 60 мин представлено в табл. 1.

1. Процентное снижение пропускной способности для рассматриваемых вариантов расчета при увеличении длительности занятия путей на технической станции с 40 до 50 и 60 мин

№ п/п	Вариант	$N_{НМ}$ (40 мин)	$N_{НМ}$ (50 мин)	$N_{НМ}$ (60 мин)
Без перерывов в движении				
1	120 мин	100	85,43	61,96
2	240 мин	100	85,61	59,11
3	360 мин	100	80,20	57,57
4	480 мин	100	75,90	51,12
С перерывами в движении				
5	120 мин	100	89,58	67,95
6	240 мин	100	90,41	67,65
7	360 мин	100	91,26	67,06
8	480 мин	100	84,63	63,81

Анализ результатов, приведенных в табл. 1, показывает, что при увеличении длительностей занятия путей на технической станции с 40 до 50 мин пропускная способность железнодорожной линии при отсутствии перерывов в движении находится в диапазоне 75…86% от исходного значения для рассматриваемой линии и заданных условий расчета, а в условиях предоставления перерывов в движении в диапазоне 84…92%. При увеличении длительностей занятия путей на технической станции с 40 до 60 мин –

в диапазоне 51…62% от исходного значения при отсутствии перерывов в движении и 63…68% – в условиях предоставления перерывов в движении.

Это говорит о росте влияния на пропускную способность железнодорожной линии длительности занятия приемо-отправочных путей технических станций с увеличением их значений, а также о том, что это влияние колеблется в большом диапазоне в зависимости от различных факторов, учесть всю совокупность которых можно только на основании специализированных методики митационного моделирования и, в частности, методики комплексной оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования, позволяющего учитывать взаимное влияние неравномерности загрузки железнодорожных участков и технических станций.

Применение комплексной оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования позволит обеспечить повышение точности ее оценки за счет использования статистических данных имитационного моделирования движения поездов.

Заключение. В статье рассмотрены вопросы, связанные с оценкой пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования. Определены зависимости моделируемой пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии от длительности занятия путей на станции назначения в условиях предоставления «окон» и при их отсутствии для одной из двухпутных электрифицированных железнодорожных линий Октябрьской железной дороги, обслуживающей морской порт. А также показан рост влияния на пропускную способность железнодорожной линии длительности занятия приемо-отправочных путей технических станций с увеличением их значений. Обосновано, что это влияние колеблется в большом диапазоне в зависимости от различных факторов, учесть всю совокупность которых можно только на основании специализированных методики митационного моделирования.

Список использованных источников

1. **Белый, О. В.** Задачи и проблемы транспортной стратегии российской федерации / О. В. Белый // Транспорт России: проблемы и перспективы 2015. – 2015. – С. 8 – 17.

2. **Имитационное** моделирование на железнодорожном транспорте: монография / В. С. Тимченко и др. – Саарбрюккен, Германия : LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. – ISBN 978-3-330-04025-0. – 172 с.

3. **An Assessment** of Railway Capacity / M. Abril, F. Barber, L. Ingoloti, M. A. Salido, P. Tormos, A. Lova [Электронный ресурс]. – URL : http://users.dsic.upv.es/~msalido/papers/transport.pdf

4. **Тимченко, В. С.** Методика комплексной оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования / А. Г. Котенко, В. С. Тимченко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2017. – № 10. – С. 3 – 8.

5. **Махонько В. П.** Анализ существующих подходов к организации эксплуатационной работы железных дорог в условиях перерывов в движении поездов при выполнении воинских перевозок в современных условиях / В. П. Махонько, Д. А. Павленко, О. И. Бушмин // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения. – 2015. – № 4. – С. 28 – 33.

6. **Кузнецов А. Л.** Расчет морского фронта методами имитационного моделирования / А. Н. Китиков, А. Л. Кузнецов, И. А. Русинов // Эксплуатация морского транспорта. – 2013. 2. – С. 3 – 6.

7. **Романова, П. Б.** Формирование поездов различной массы и длины / П. Б. Романова, С. А. Цыганов // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 6. – С. 71 – 76.

8. **Методика** оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования / А. Г. Котенко, И. М. Кокурин, В. Л. Белозеров, В. С. Тимченко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2017. – № 2. – С. 15 – 22.

9. **Левин, Д. Ю.** Расчет пропускной способности участка / Д. Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 7. – С. 18 – 23.

10. **Тимченко, В. С.** Метод оценки вероятности обеспечения потребной пропускной способности железнодорожной линии, используемой для перевозок грузов морского порта, с учетом предоставления «окон» / И. М. Кокурин, В. С. Тимченко // Транспорт Урала. – 2016. – № 2. – С. 81 – 86.

11. **Тимченко, В. С.** Определение параметров «окон» при оценке перевозочных перспектив / И. М. Кокурин, Д. В. Катцын, В. С. Тимченко // Мир транспорта. – 2015. – № 2. – С. 142 – 153.

С е к ц и я V

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

УДК 744 (075.8)

Орехов В. В.
Южный федеральный университет
Россия, г. Ростов на Дону
(E-mail: Orekhovich@yandex.ru)

ДИЗАЙН МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СУДНА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Orekhov V. V.
South Federal University, Russia, Rostov-on-Don
(E-mail: Orekhovich@yandex.ru)

DESIGN OF FOILBORNE MPV

Аннотация. Представлен процесс разработки дизайна многофункционального судна на подводных крыльях. Описаны этапы разработки модели, представлены особенности модели. Приведены краткие теоретические характеристики прототипа. Представлена визуализация будущей модели.

Ключевые слова: судно на подводных крыльях, компьютерное моделирование, концептуальный дизайн, прототип.

Abstract. The paper presents the process of developing the design of a foilborne multi-purpose vehicle. The stages of the model development are described; the features of the model are presented. The brief theoretical characteristics of the prototype are given. Visualization of the future model is presented.

Keywords: foilborne multi-purpose vehicle, computer modeling, conceptual design, prototype.

Необходимость транспортировки грузов и пассажиров заставляет экономикам стран мира создавать и строить транспортные средства. Использование того или иного типа инфраструктуры, будь то воздушные перевозки, наземные железнодорожные, сеть автомагистралей или обширная водная сеть территории страны, позволяет решать сложные логистические задачи. Сегодня задача по созданию транспорта, который мог бы доставлять пассажиров и грузы в короткое время на большие расстояния, актуальна как никогда.

В работе представлен процесс дизайна концепта многофункционального судна на подводных крыльях. Идея данного проекта заключается в создании универсальной платформы, на базе которой с использованием различных унифицированных модулей можно в кратчайшие сроки менять тип и назначение транспортного судна.

Судно на подводных крыльях – тип скоростного судна, использующий эффект малопогруженного подводного крыла (эффект Алексеева). Подводное крыло Алексеева состоит из двух главных горизонтальных несущих плоскостей – одна спереди и одна сзади [1].

«Крылья» погружены в воду таким образом, что корпус корабля во время движения находится над водой, что позволяет судну идти намного быстрее, так как вода более чем в 1000 раз плотнее воздуха [2].

Рис. 1. Ассоциативный ряд

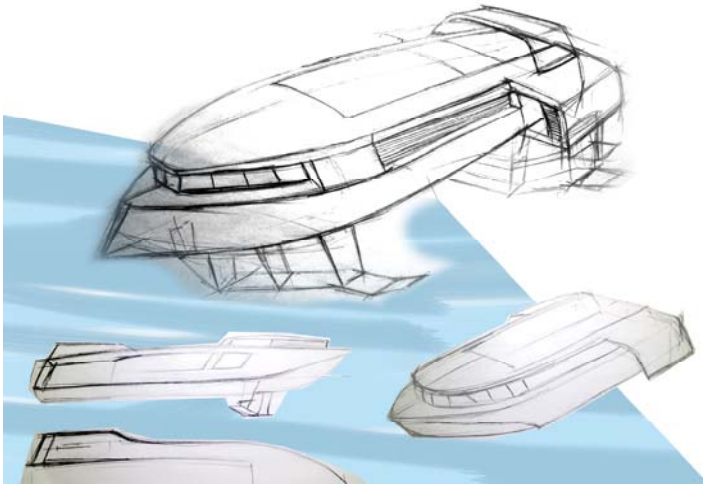


Рис. 2. Эскизы прототипа

На основе ассоциативного ряда (рис. 1) были подготовлены эскизы обводов корпуса и формы в целом. В процессе работы был найден ряд визуальных решений.

Результат работы по созданию объемно-пространственного решения представлен на эскизах (рис. 2). Результаты, по разработке прототипа судна на подводных крыльях, носят теоретический характер.

Проектная длина судна 44,3 м. Ширина 13,7 (габариты). Судно рассчитано на перевозку 150 – 200 пассажиров, в зависимости от конфигурации салона. Крейсерская скорость 100 км/ч. Судно имеет входы по бокам и на корме, входы оборудованы герметичными дверями и спасательными плотами. В сущности, корпус представляет собой моноблок с наплывами на корме. Наплывы формируют отсеки для силовых установок. Вдоль левого и правого бортов предполагаются резервуары для топлива. Силовая установка представлена тремя моторами – правым левым и центральным. В грузовом варианте корпус представляет собой кабину и грузовой трюм правильной формы. В случае использования судна в качестве грузового верхний пассажирский модуль удаляется.

Унификация модулей позволяет менять назначение судна. Грузопассажирская версия – судно по принципу морского парома, на котором нижняя палуба используется для автотранспорта или иного назначения, а верхняя палуба является пассажирской (рис. 3). Плавучий медицинский центр – для нужд МЧС и иных служб. Использование вооруженными силами Российской Федерации для оперативной переброски личного состава и техники.

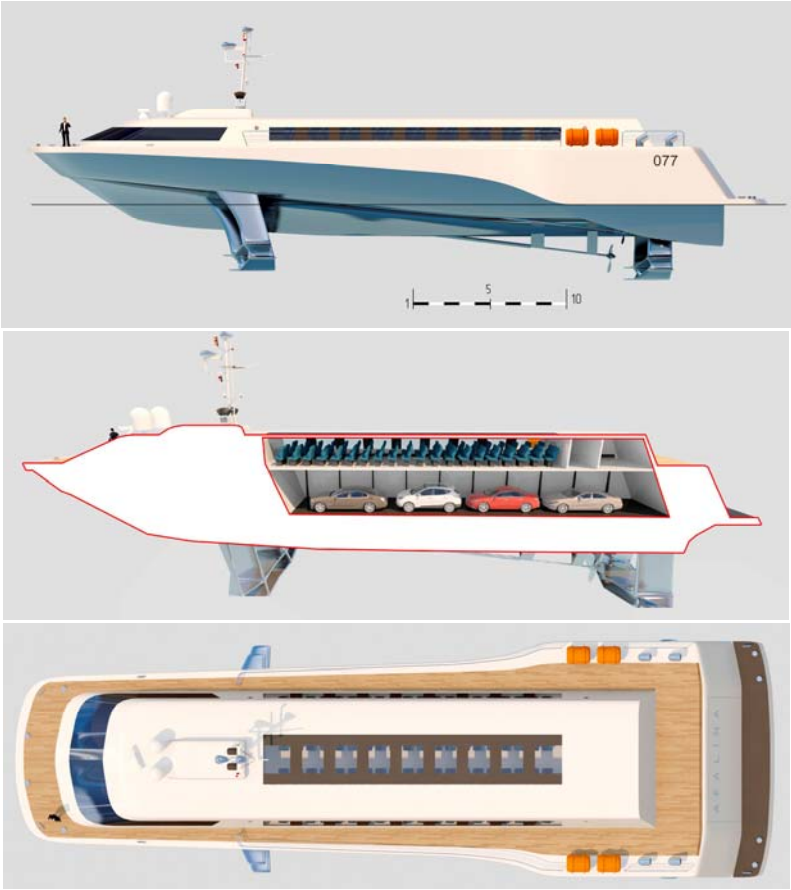


Рис. 3. Грузопассажирская компоновка

На место пассажирского устанавливается модуль мобильного госпиталя или иного назначения (рис. 4). Силовая структура представляет собой П-образную схему, замкнутую на корме подъемной аппарелью для погрузки транспорта на борт.

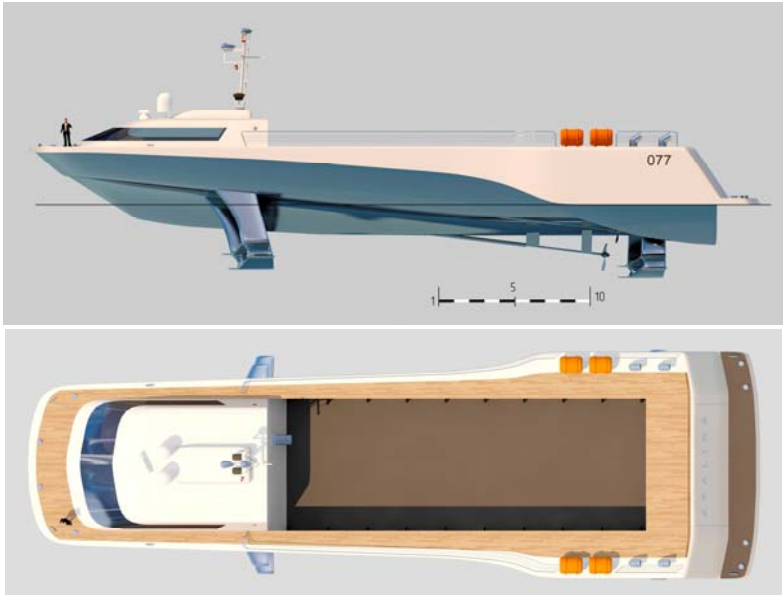


Рис. 4. Грузовая компоновка

Особенностью проекта следует отметить сочетание классической однокорпусной схемы фюзеляжа с элементами тримарана. Это позволяет увеличить устойчивость судна на малых скоростях, кроме этого трехточечные компоновки используют туннельный эффект, создаваемый передней частью корпуса с двумя поплавками. Применение модульной компоновки позволяет увеличить универсальность транспортного средства и, как следствие, экономическую выгоду при эксплуатации.

Ранее воплощение моделей вживую занимало много времени и сил, сегодня, в эпоху информатизации и цифровых технологий на помощь специалистам пришли цифровые помощники в виде программных комплексов и 3d-печати [3].

Наряду со многими пакетами трехмерного моделирования 3D Studio MAX позволяет разрабатывать проекты практически любой сложности [4]. Графическая система 3D Studio MAX позволяет работать с чертежами, выполненными в других графических пакетах, тем самым предоставляя пользователю большой простор для работы [5]. Для создания трехмерной модели существует ряд методов. Для начала работы требуются схематичные проекции [3] моделируемого объекта. Процесс моделирования начинается с создания трех перпендикулярных плоскостей с размещенными на них изображениями проекций.

Далее создается набор сечений фюзеляжа. Эти сечения размещаются вдоль оси симметрии. На основе этих сечений формируется пространственная сетка. Следующий этап – это создание поверхности на базе созданной сетки (рис. 5). Сетка в процессе доводки незначительно редактируется [5]. Аналогичным методом прорабатываются все составные части с последующей подгонкой по проекциям.

После сборки всех составных частей наступает очередь настройки материалов и освещения сцены для финальной визуализации прототипа. В данном случае используется сторонний модуль [6] визуализации в составе 3d Max от разработчика CHAOGROUP V-Ray. Визуализатор требует применения и настройки своих шейдеров (материалов) VRayMtl, отличных от стандартных. VRaMtl – это основной, наиболее используемый и универсальный материал, из всех предлагаемых ChaosGroup. При создании модели были применены несколько материалов с характерными параметрами. Для

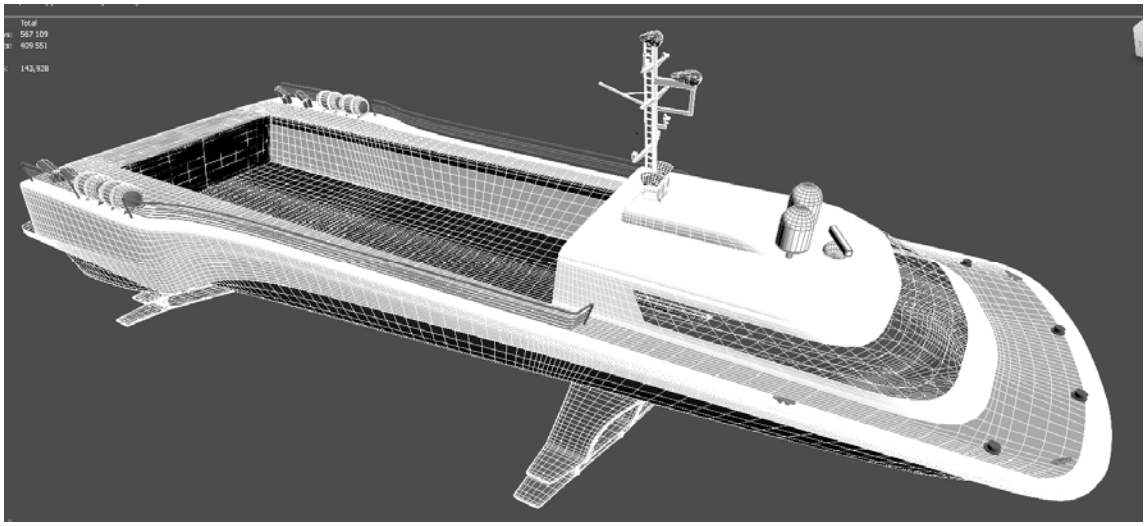


Рис. 5. Результат создания поверхностей на базе пространственной сетки

Рис. 6. Фотореалистичное изображение модели в результате рендеринга и постобработки изображения

финального просчета сцены и получения фотореалистичных изображений визуализатор V-Ray предоставляет пользователю много настроек. Процесс этот довольно вариативен, различные материалы, различная геометрия моделей и окружения в сцене влияют на качество финального рендера и время просчета изображений [7]. Результат финального рендеринга сборки и работы с материалами и освещением подвергается пост-обработке в редакторе растровой графики (рис. 6).

Список использованных источников

1. **Алексеев, Р. Е.** Большой энциклопедический словарь / Р. Е. Алексеев ; под ред. А. М. Прохорова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2001. – С. 34.

2. **Иванов, А. В.** Он опередил время: Ростислав Алексеев (деяния корабелов глазами авиационного инженера) / А. В. Иванов. – Н. Новгород : Кварц, 2006. – 168 с.

3. **Аббасов, И. Б.** Компьютерное моделирование самолета-амфибии Бе-200 / И. Б. Аббасов / Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 1. – С. 160 – 164.

4. **Орехов, В. В.** Компьютерное моделирование самолета-амфибии Бе-103 / В. В. Орехов, И. Б. Аббасов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 1. – С. 121 – 125.

5. **Красильникова, Г.** Автоматизация инженерно-графических работ / Г. Красильникова, В. Самсонов, С. Тарелкин. – СПб. : Питер, 2000. – 256 с.

6. **Резников, Ф.** 3ds Max 2009. Установка, настройка и результативная работа / Ф. Резников. – М. : Триумф, 2009. – 167 с.

7. **Яблонский, П. П.** Крылатые суда отечества. Экранопланы мира / П. П. Яблонский. – М., 1997. – 98 с.

8. URL : http://www.beriev.com ПАО «Таганрогский авиационный научно-технический комплекс им. Г. М. Бериева» (дата обращения: 01.09.2018).

9. URL : http://www.airwar.ru Описания, фотографии, технические данные и чертежи авиационной техники. Тексты книг по авиации. Рассказы из истории ВВС. Авиационная символика (дата обращения: 11.10.2018).

References

1. **Alekseev, R. E.** Bol'shoj ehnciklopedicheskij slovar' / pod red. A. M. Prohorova. – 2-e izd., pererab. i dop. – M., 2001. – S. 34.

2. **Ivanov, A. V.** On operedil vremya: Rostislav Alekseev (deyaniya korabelov glazami aviaci-onnogo inzhenera) / A. V. Ivanov. – N. Novgorod : Kvarc, 2006. – 168 s.

3. **Abbasov, I. B.** Komp'yuternoe modelirovanie samoleta-amfibii Be-200 // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. – 2009. – № 1. – S. 160 – 164.

4. **Orekhov, V. V.**, Abbasov I. B. Komp'yuternoe modelirovanie samoleta-amfibii Be-103 // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. – 2011. – № 1. – S. 121 – 125.

5. **Krasil'nikova, G.**, Samsonov V., Tarelkin S. Avtomatizaciya inzhenerno-graficheskih ra-bot. – SPb. : Piter, 2000. – 256 s.

6. **Reznikov, F.** 3ds Max 2009. Ustanovka, nastrojka i rezul'tativnaya rabota. – M. : Triumf, 2009. – 167 s.

7. **Yablonskij, P. P.** Krylatye suda otechestva. EHkranoplany mira. – M., 1997. – 98 s.

8. URL : http://www.beriev.com PAO «Taganrogskij aviacionnyj nauchno-tekhnicheskij kom-pleks im.G.M. Berieva» (data obrashcheniya: 01.09.2018).

9. URL : http://www.airwar.ru Opisaniya, fotografii, tekhnicheskie dannye i chertezhi aviacionnoj tekhniki. Teksty knig po aviacii. Rasskazy iz istorii VVS. Aviacionnaya simvolika (data obrashcheniya: 11.10.2018).

УДК 656.7

Ватолин В. Р.
Воронежский государственный технический университет, Россия, Воронеж
(Тел. 89805455464, e-mail: vladvatolin@yandex.ru).

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙН-ПРОЕКТА ЛЕТАЮЩЕГО АВТОМОБИЛЯ

Vatolin V. R.
Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh
(Tel. 89805455464, e-mail: vladvatolin@yandex.ru)

DEVELOPMENT OF A DESIGN PROJECT OF A FLYING CAR

Аннотация. Рассмотрена разработка дизайн-проекта летающего автомобиля, начиная с идеи, эскиза и последующей проработки каждого элемента в концепте заканчивая визуализацией.

Ключевые слова: летающий автомобиль, транспорт будущего, конвертоплан, вертикальный взлет, мечта автомобилиста.

Abstract. The article describes the development of the design of a flying car project starting with the idea, the sketch and the subsequent development of each element in the concept and ending with visualization.

Keywords: flying car, future of transport, convertible aircraft, vertical take-off, driver's dream.

В последние десятилетия произошел большой скачок во всех областях человеческой деятельности. В середине XX века наблюдалось развитие производственных сил, которое назвали научно-технической революцией. В XXI век человечество вошло как информационное общество, прогресс происходит настолько быстро, что то, что десятилетия назад считалось фантастикой и невозможным, сейчас реализуется и находит всеобщие признание и популярность.

Одной из наиболее важных для человечества областей техники является транспорт. В рамках данной работы были рассмотрены тенденции развития летающих автомобилей. Транспорт для человека всегда являлся неотъемлемой частью жизни. Для современного человека скорость и комфортность передвижения является главным фактором. Люди привыкли перемещаться на автомобилях, пробки в городах становятся все больше, что вызывает большой дискомфорт, а путешествие на дальние расстояния являются долгими и утомительными. Летающий автомобиль – должен решить эти проблемы и стать основоположником развития новой тенденции в развитие транспорта.

Летающий автомобиль – транспортное средство, сочетающее в себе свойства автомобиля и летающего автомобиля. Причем соотношение этих свойств у различных моделей может быть различным. То есть для одних разработок может быть в большей степени справедлива формула: «автомобиль, но летающий». Для других же разработок более верна формула: «летательный аппарат, но ездящий». Понятно, что первые преимущественно лучше ездят, чем летают. Вторые, наоборот, лучше летают, чем ездят. Однако как для тех, так и других важно не только способность летать и перемещаться по земле.

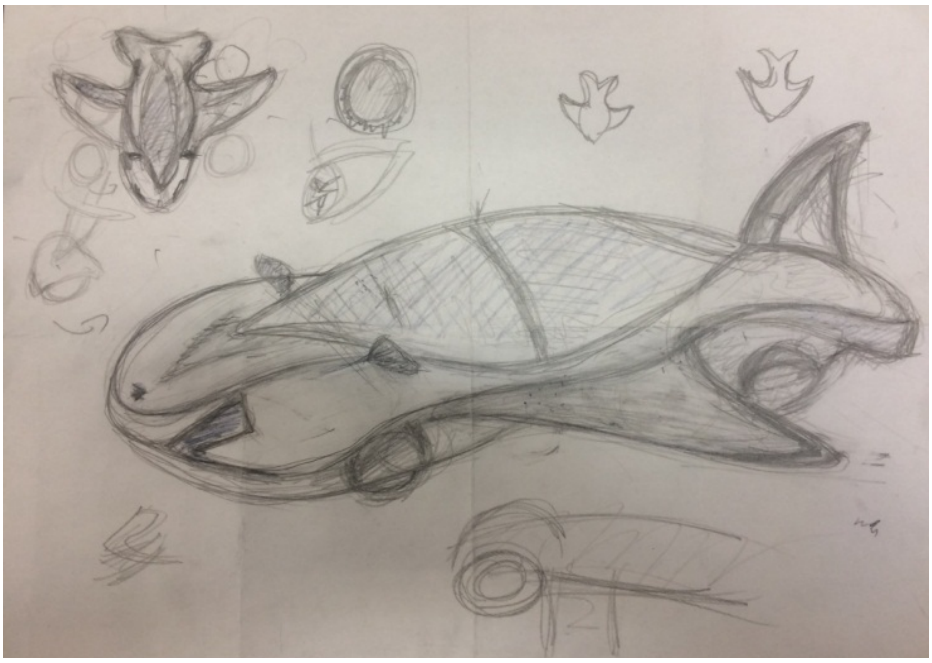


Рис. 1. Скетч концепта

После чего был разработан скетч будущего транспортного средства (рис. 1).

Габариты летающего автомобиля: длина – 5200 мм, ширина кузова – 1800 мм, размах крыльев – 5200 мм, высота – 1800 мм, клиренс – 160 мм.

Детальные размеры автомобиля (рис. 2 и рис. 3).

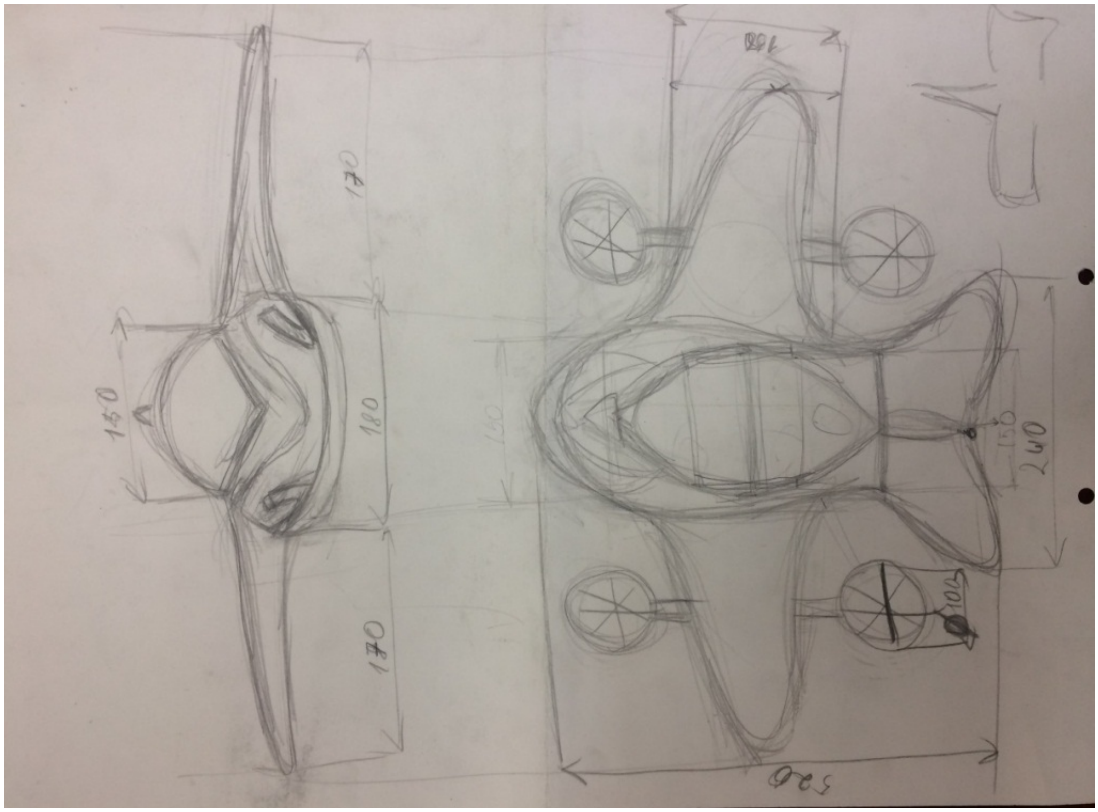


Рис. 2. Вид сверху и спереди

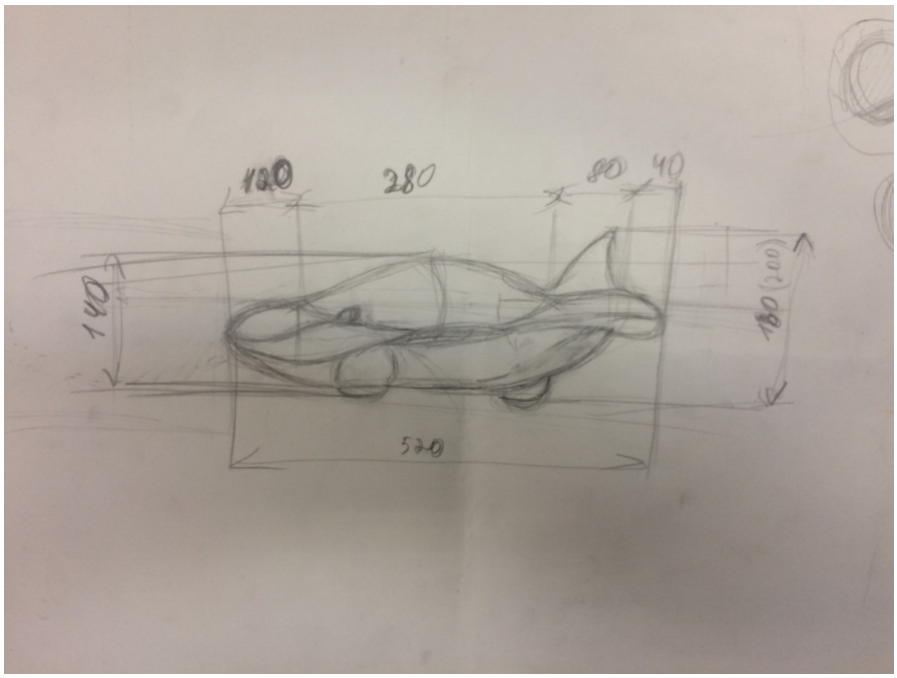


Рис. 3. Вид слева

1. Максимальная скорость езды – 80 км/ч.
2. Максимальная скорость полета – 200 км/ч.
3. Потолок высоты – 1,5 км.
4. Мощность двигателей – 4 кВт.
5. Объем аккумуляторных батарей – пиковой отдачи батарей хватает, чтобы развить мегаватт (более 1300 л. с.).
6. Максимальная дальность полета – 800 км.
7. Автомобиль способен передвигаться по земле со скоростью 80 км/ч. Осуществляет вертикальный взлет с помощью 4 двигателей, работающих от электрических батарей. Скорость полета составляет 200 км/ч, а максимальная высота полета 1,5 км.

В автомобиле Allet предусмотрена система автоматического пилотирования, которая позволяет использовать минимальное количество усилий для контроля полета. Также автомобиль оснащен системой автоматического катапультирования пассажиров воздушной аварии или другой поломки, при которой автомобиль не сможет спланировать за счет крыльев и осуществить посадку. Количество посадочных мест составляет 5 человек.

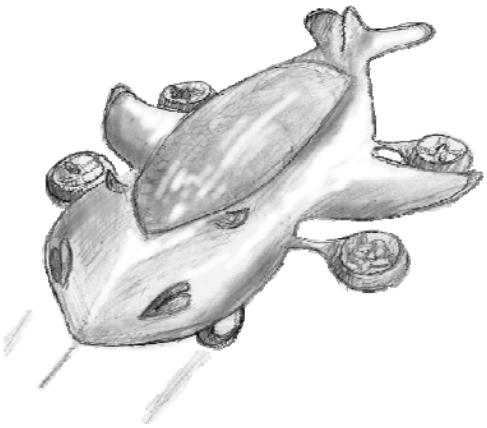


Рис. 4. Финальный эскиз летающего автомобиля

Управление автомобилем осуществляется с помощью наклона двигателей и регулировки закрылок. В итоге был разработан конечный эскиз будущего автомобиля (рис. 4).

Дальнейшая разработка осуществлялась с помощью программного обеспече-

ния для 3d-моделирования: Autodesk SketchBook Pro, Autodesk Alias AutoStudio, Autodesk Vred Pro. Конечным результатом стала детальная визуализация концепта летающего автомобиля (рис. 5, 6).

Рис. 5. Визуализация летающего автомобиля

Рис. 6. Конечная визуализация дизайн-проекта летающего автомобиля

Библиографический список

1. **Dailytechinfo** [Электронный ресурс]. – URL : http://www.dailytechinfo.org/military/7716-izrailskiy-bespilotnik-airmule-vtol-sovershil-pervyy-samostoyatelnyy-polet.html

2. **Mixstaff** [Электронный ресурс]. – URL : http://mixstuff.ru/archives/29466

3. **Олимп** [Электронный ресурс]. – URL : http://olymp.as-club.ru/publ/arkhiv_rabot/vosmaja_olimpiada_2010_11_uch_god/letajushhij_avtomobil_proshloe_i_budushhee/26-1-0-204

4. URL : http://www.avtoprofy.ru/news/2016/02.shtml

УДК 004.021

Немтинов В. А., Сергеев В. С., Немтинова Ю. В.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС СВАРКИ ТРЕНИЕМ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Nemtinov V. A., Sergeev V. S., Nemtinova Yu. V.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (4752)630706 e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

TECHNOLOGY OF FRICTION WELDING OF PRODUCTS FROM POLYPROPYLENE

Аннотация. Предложена технология сварки тонкостенных деталей из минералонаполненного полипропилена и проведены расчеты по определению технологических параметров процесса сварки. Выполнена проектно-конструкторская разработка и изготовление экспериментального образца технологического комплекса, реализующего данный процесс. Апробация комплекса осуществлена на примере производства противогазных коробок.

Ключевые слова: тонкостенные изделия из полипропилена, минералонаполненный полипропилен, пластмассы, сварка трением, технологический комплекс.

Abstract. The technology of welding of thin-walled units from mineral-filled polypropylene is proposed and calculations are carried out to determine the technological parameters of the welding process. A design development and manufacturing of an experimental sample of a technological complex that implements this process has been performed. Approbation of the complex is carried out on the example of the production of gas filter boxes.

Keywords: thin-walled units made of polypropylene, mineral-filled polypropylene, plastic, friction welding, technological complex.

В настоящее время все более увеличивающийся высокий производственный объем изделий из пластмасс, а также все более увеличивающееся их применение в товарах народного потребления приводит к созданию самых разных способов их переплавки в готовые продукты. По количеству применяемых пластмасс, а также всего объема технологических вариаций, количеству установок и приспособлений среди способов производства готовых продуктов из пластика, свариванию принадлежит, пожалуй, одно из главнейших положений [1]. Данный способ производства по созданию цельных изделий по максимуму допускает воплотить в жизнь главные достоинства пластиков. При сварке изделие остается цельным и герметичным, в отличие от других способов соединения.

Процесс сварки термопластов состоит в образовании соединений за счет контакта активированных нагревом соединяемых поверхностей [2, 3]. Последовательность операций может быть различной: свариваемые материалы вначале приводят в плотный контакт, а затем происходит активация соединяемых поверхностей; соединяемые поверхности вначале подвергают активации, а затем обеспечивают их контакт; контакти-

рование и активацию соединяемых поверхностей осуществляют одновременно. Введение энергии, необходимой для активации соединяемых поверхностей, и приложение давления, требуемого для достижения между ними контакта, возможно с помощью одних и тех же либо различных инструментов.

При сварке термопластов, так же как и при сварке металлов, в сварочной зоне протекают следующие процессы: преобразование энергии, обеспечивающей активацию свариваемых поверхностей; взаимодействие активированных свариваемых поверхностей при их контакте; формирование структуры материала в зоне контакта. Активация свариваемых поверхностей может происходить в результате контакта их с теплоносителями – нагретыми инструментами, газами либо присадочными материалами, а также за счет поглощения и преобразования энергии высокочастотных электрических колебаний лучистой энергии, механической энергии трения, либо энергии высокочастотных механических колебаний [4 – 7]. То есть нагрев происходит с повышением внутренней температуры тела (энергии макромолекул), при этом сам процесс сваривания состоит в сближении макромолекул соединяемых поверхностей на расстояния образования сил межмолекулярного взаимодействия.

При этом главные условия, при которых можно было бы провести сварку пластмасс, заключаются в следующем: температура нагреваемых поверхностей должна быть выше температуры вязкотякучего состояния, но ниже температуры деструкции пластмассы; плотный контакт нагретых поверхностей; а главное оптимальное время сварки – время выдержки при давлении и время охлаждения. При этом надо иметь в виду, что можно сварить и при температуре ниже вязкотякучего состояния, то есть при меньших затратах энергии на сварку, но качество шва при этом скорее всего снизится.

Ротационная сварка трением стала применяться к термопластичным полимерам в недавнее время. Такие параметры ротационной сварки трением как скорость сварки, скорость вращения и угол наклона влияют на прочность соединения. Для максимальной прочности соединения эти параметры должны быть правильно выбраны и оптимизированы. В работе [8] применены методы Тагучи к оптимизации этих параметров для 4 мм полипропиленовых композитных листов с весовым процентным содержанием углерода 20% и проведен анализ вариации и испытания на соответствие техническим условиям.

Еще один пример применения ротационной сварки трением рассмотрен в работе [9]. Скорость вращения варьировалась между 800 и 1200 оборотами в минуту, поперечная скорость от 40 до 200 мм в минуту, осевая сила от 1 до 5 кН.

В работе [10] предложен дизайн нагревающего инструмента для получения лучшего качества обработки поверхности, меньшего образования стружки и потери материала при ротационной сварке трением, а также удалось избежать проблем с недостаточностью нагревания поверхностей, что является причиной возникновения пор и дефектов соединения. В работе [11] были установлены различия при измерении температуры в начальной, средней и конечной точке.

Целью работы [12] являлось изучение эффекта применения многослойных углеродных нанотрубок на морфологию и механические свойства соединения разнородных материалов полиэтилена высокой плотности и акрилонитрилбутадиенстирола. В результате сократилось количество таких дефектов, как поры и трещины, увеличилось

сопротивление растяжению и относительное удлинение при разрыве, однако прочность соединения понизилась.

В работе [13] разработана модель для анализа влияния скорости и времени вращения на механическое поведение соединения с применением точечной сварки трением для поликарбонатных листов. В качестве анализируемых параметров были взяты скорость вращения, скорость врезной подачи инструмента, время разогрева, время выдержки и время ожидания. На основании полученных результатов были сформулированы направления улучшения механического поведения термопластических соединений. В работе [14] также проводилось изучение влияния различных параметров при ротационной сварке трением. Было установлено, что низкие значения скорости погружения оказывают благоприятное воздействие как на процесс сварки, так и на механическое поведение соединения.

Из всего многообразия видов сваривания (газовым теплоносителем с присадкой, газовым теплоносителем без присадки, контактно-тепловой сваркой, ультразвуком, излучением и т.п.) [15 – 17] в данной работе авторами проведено исследование и предложена оригинальная конструкция технологического комплекса сварки пластмасс трением.

Сварка трением была выбрана по следующим соображениям [5]: сам метод сварки очень простой, при этом его можно автоматизировать и вести сварку почти в «полевых» условиях; малое потребление мощности – в 5 – 10 раз меньше чем при контактной сварке. В самом процессе сварки механическая энергия в зоне контакта превращается в тепловую за счет сил трения, в результате пластмасса переходит в вязкотякучее состояние, часть расплава идет в грат, потом останов вращения, и соединение путем усилия осадки [5]. При этом следует отметить малую потерю тепла в околошовной зоне в связи с малой теплопроводностью армлена (полипропилена минералонаполненного) по сравнению с металлами.

Среди отличительных свойств армлена следует отметить: стойкость к воде (вплоть до 130 °С), к кислотам, щелочам, кроме сильных окислителей (HNO_3, H_2SO_4, соединения с хромом); теплопроводность 0,15 Вт/(м·К); теплостойкость по прибору Вика ~95…110 °С; морозостойкость от –5 до –25 °С; ударопрочность, стойкость к изгибающим нагрузкам; хорошую износостойкость, максимальную температуру эксплуатации изделий ~120…140 °С; температуру плавления ~160…176 °С; плотность ~0,90…0,92 г/см^3. Таким образом, материал имеет отличную химическую стойкость, хорошие механические свойства, отличную эластичность, повышенную жесткость и прочность, стойкость к воздействию атмосферных факторов, которые обеспечивают широкое его применение.

Технологические параметры сварки. Основными технологическими параметрами сварки трением являются: относительная скорость вращения свариваемых поверхностей или линейная скорость перемещения плоскостей относительно друг друга; давление оплавления для создания силы трения; время нагрева; давление осадки; время остывания сварного шва. Каждый из этих параметров зависит от вида материала и формы свариваемых поверхностей при допущении о том, что рассматриваются абсолютно плоские поверхности, так как при тонкой стенке неплоскостность не сильно влияет на эти параметры [18 – 20].

Для оценки технологических параметров была выведена формула для расчета общего количества работы, произведенной при трении полых круглых (либо цельных) деталей из любого термопласта:

$$A = (4/3)\pi^2 f P (R_2^3 - R_1^3)(n/60)t, \text{ Дж},$$

где f – коэффициент трения; n – относительная частота вращения, об/мин; P – давление прижима, Н/м²; R_2 – радиус наружной стенки, м; R_1 – радиус внутренней стенки, м; t – время нагрева (время трения), с.

Из всего количества этих величин, константами являются: коэффициент трения f, величина скорости вращения n (в об/мин). Скорость вращения следует выбирать исходя из рекомендаций, приведенных в работе [5]: при высоких скоростях вращения время цикла сварки сокращается, но сильное ее увеличение приводит также и к интенсивной деструкции, повышению вибрации проектируемого комплекса, и расцентровки свариваемых изделий; при низких скоростях, помимо увеличения времени сварки, происходит простое шлифование, или даже скалывание поверхностей. Давление прижима является функцией от линейной скорости, а значит наружного радиуса R_2 и угловой скорости вращения. Отсюда следует то, что при меньшей скорости сварки давление должно быть пропорционально увеличено, и наоборот. Время нагрева t как необходимый технологический режим можно найти, приравняв работу A (Дж) и количество теплоты Q (Дж), необходимое для нагрева.

В результате сравнительного анализа значений технологических параметров процесса сварки, рассчитанных по методике работы [21], а также собственных экспериментов, выполненных на станке с ЧПУ, были определены их значения для проектируемого комплекса: вращение шпинделя 1500 об/мин, подача до касания (точки 0) 1000 мм/мин, рабочая подача 8 мм/мин на расстояние 0,9 мм; остановка шпинделя, подача 20 мм/мин на 3,3 мм от 0, то есть на 2,4 мм от 0,9 мм; остановка подачи и выдержка в течение 5 с.

Технологический комплекс сварки трением тонкостенных изделий из армлена. Конструкторская разработка технологического комплекса по сварке трением была осуществлена с конструктивными параметрами, оптимальными для сварки тонкостенных изделий длиной до 200 мм и диаметром до 300 мм.

Структурная схема проектируемого технологического комплекса включает следующие основные узлы и механизмы:

– рама – двухмодульная, каркасно-стоечная;

– пневмоцилиндры – для реализации вертикального перемещения, снятия и установки заготовок;

– кулачок с приводом от мотор-редуктора – для обеспечения полного цикла сварки с заданными скоростями подачи, мм/мин;

– асинхронный электродвигатель типа АИР 80 – для обеспечения вращения заготовок (1500 мин$^{-1}$);

– стоечная конструкция с направляющими – для создания вертикального усилия за счет ее веса совместно с весом электродвигателя;

– нижняя оправка – для фиксации заготовки за счет веса самой заготовки и ее осевого фиксирования в оправке (заготовку нужно просто положить в оправку);

– верхняя оправка – для фиксации заготовки за счет резьбы с витками противоположных вращению двигателя (заготовка просто вкручивается по резьбе);

– настраиваемые кулачки с индуктивными выключателями – для осуществления электронного управления полным циклом сварки.

При разработке конструкции помимо электрического двигателя было активно применено пневмооборудование с недорогой пневмоавтоматикой и достаточно простой схемой ее использования. Для фиксации и установки заготовок были разработаны подвижный и неподвижный легкосменные зажимы (оправки) с открытым рабочим местом, что удобно для оператора, обслуживающего технологический комплекс. Рабочее место было организовано открытым потому, что найденные технологические параметры сварки позволили не сооружать дополнительных кожухов, либо сложных автоматизированных систем останова для всего комплекса.

В качестве создания усилий при нагреве и осадке была выбрана сама плита с электродвигателем, что обеспечило компактное исполнение всего комплекса.

Механизмом, обеспечивающим весь цикл сварки, со всеми технологическими параметрами является кулачок с роликом, привод кулачка осуществляется мотор-редуктором, на котором одновременно на заднем валу закреплены настраиваемые выключатели командоаппарата, которые в свою очередь через индуктивные датчики подают команды на исполнительные механизмы. При смене номенклатуры изделий можно перепроектировать кулачок, построить его профиль, изготовить и заменить его.

При компоновке технологического комплекса были использованы следующие типовые узлы: блок подготовки воздуха с клапаном безопасности SMC для пневматической системы; манометры для контроля усилий пневмоцилиндров; пневмоглушители; электропневматические 5-линейные распределители; пневмодроссели; пневмоцилиндры; червячный двухступенчатый мотор-редуктор типоразмера 9МЧ2-30/40-с передаточным числом – 600; асинхронный электродвигатель типа АИР80; индуктивные бесконтактные выключатели сенсорные серии ВБИ.

Предусмотрена возможность установки кнопки «Стоп» аварийного отключения привода вращения свариваемых изделий, а также кнопка «Пуск» для пуска шпинделя на скорости ~100 об/мин для установки детали в верхней оправке. Вращение производится только при нажатой кнопке «Пуск» и нахождении кулачка в исходном положении.

Авторами на основе результатов работ [22 – 24] разработана виртуальная модель технологического комплекса. Общий вид 3D-модели приведен на рис. 1. На рисунках 2 и 3 показаны изображения отдельных основных узлов.

Таким образом, конструкция комплекса выполнена максимально ресурсоемкой, так как по сравнению с другими видами сварки удалось сократить в 2 раза время сваривания, уменьшить расходы на изготовление готовых комплексов в 2 раза за счет совмещения многих операций цикла сварки на одном элементе конструкции технологического комплекса.

Все это удешевляет сборку готовых комплексов приблизительно на 150 тыс. рублей в расчете на один экземпляр по сравнению с аналогичным комплексом контактно-тепловой сварки. Но главное, предложенная конструкция удешевляет себестоимость операции сваривания в сравнении с контактно-тепловой сваркой в 5–6 раз за счет того, что при контактно-тепловой сварке нагревательный тэн должен быть постоянно нагрет, а в сварке трением энергия нагрева подается дозировано в зону сварки.

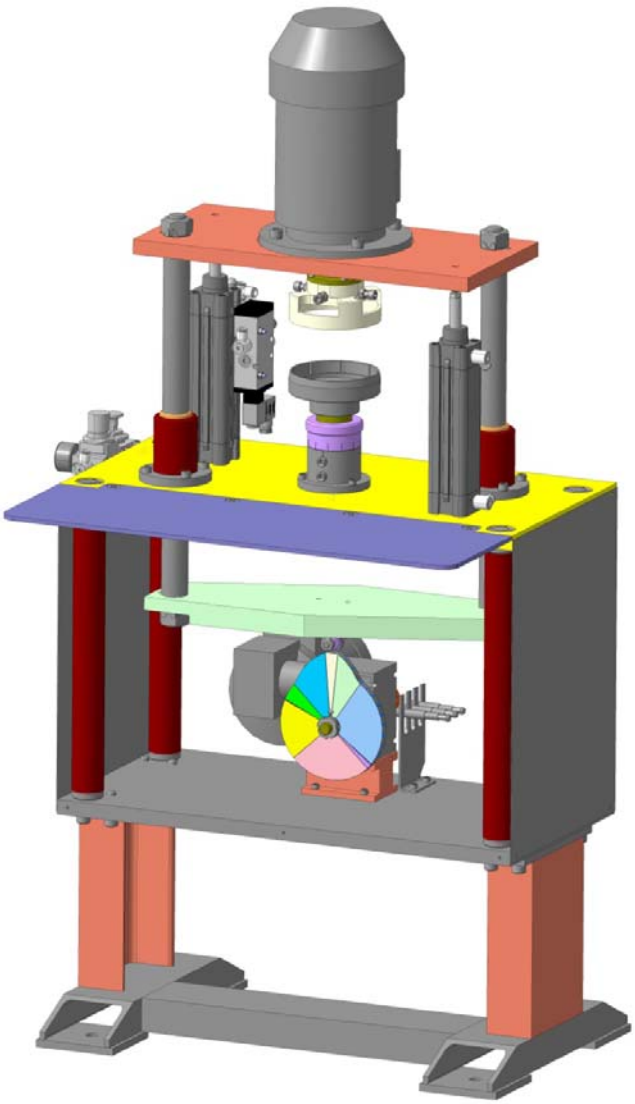


Рис. 1. Общий вид 3D-модели технологического комплекса сварки трением

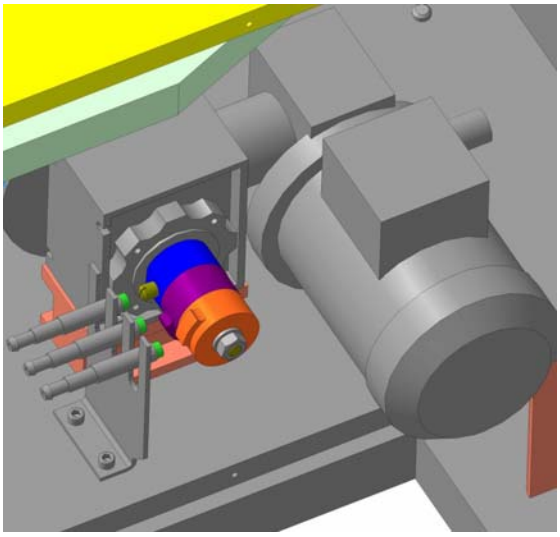


Рис. 2. Общий вид 3D-модели командоаппарата с кулачками и бесконтактными индуктивными датчиками технологического комплекса сварки трением

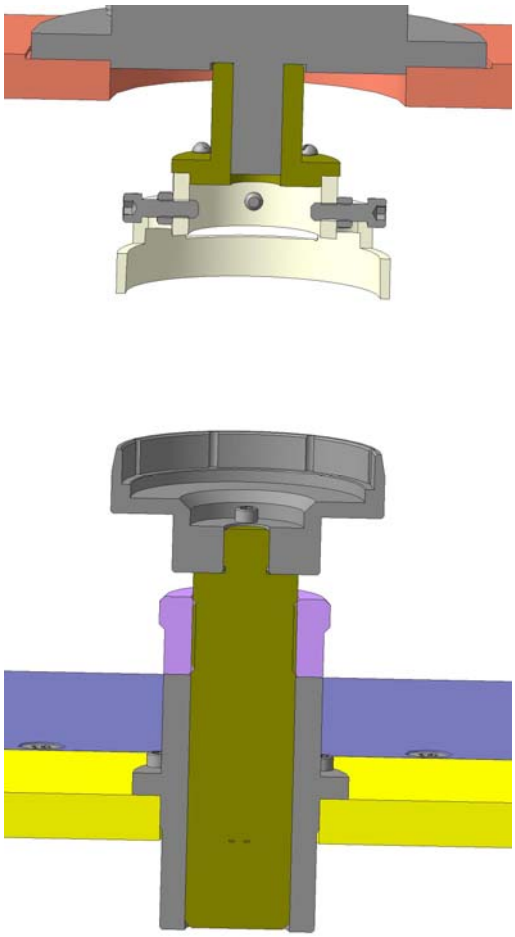


Рис. 3. Общий вид 3D-модели узла вращения с оправками для заготовок технологического комплекса сварки трением

Проектно-конструкторская работа была проведена с использованием системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D, а создание чертежей – в системе КОМПАС–График.

Результаты испытаний технологического комплекса. Опытная эксплуатация разработанного технологического комплекса сварки трением была проведена на ОАО «АРТИ-Завод» при производстве противогазных коробок ФПК ГП-7 и ГП-7 КБ (см. рис. 4).

Испытания соединений, выполненных сваркой трением, на растяжение, изгиб, ударную вязкость, кручение показали хорошие результаты.

В случае если сварка проводится при технологических режимах, отличных от оптимальных, могут появляться следующие дефекты:

– несплавление середины сечения, если процесс нагрева был недостаточно интенсивным или кратковременным;

– кольцевое несплавление по периферии.

Кроме того, сварка трением выгодно отличается от других способов сварки, так как на качество соединения не оказывают влияние случайные внешние факторы (колебания напряжения, состояние поверхности, влажность воздуха и т.д.) при малых значениях осадки нагрева. Качество сварки отличается большей стабильностью в пределах партии, выполненной без переналадки комплекса.

а) *б*)

Рис. 4. 3D-вид коробки:
А – ФПК ГП-7; *б* – ГП-7

Заключение. В данной работе авторами был выполнен анализ методов сварки деталей из пластмасс. Предложена технология сварки тонкостенных деталей из минералонаполненного полипропилена (армлена) и проведены расчеты по определению технологических параметров процесса сварки. Выполнены проектно-конструкторская разработка и изготовление экспериментального образца технологического комплекса, реализующего данный процесс. Апробация комплекса на примере производства противогазных коробок показала высокую его эффективность и перспективы использования для целого класса тонкостенных изделий из армлена.

Список использованных источников

1. **Сварка** трением : справочник / В. К. Лебедев, И. А. Черненко, Р. Михальски и др. ; под общ. ред. В. К. Лебедева, И. А. Черненко, В. И. Вилля. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 236 с.

2. **Сварка** полимерных материалов : справочник / К. И. Зайцев, Л. Н. Мацюк, А. В. Богдашевский и др. ; под общ. ред. К. И. Зайцева, Л. Н. Мацюк. – М. : Машиностроение, 1988. – 312 с.

3. **Николаев, Г. А.** Специальные методы сварки / Г. А. Николаев, Н. А. Ольшанский – М. : Машиностроение, 1975. 232 с.

4. **Кульневич, В. Б.** Сварка пластмасс : текст лекций / В. Б. Кульневич. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 55 с.

5. **Теоретические** основы сварки. – М., Высшая школа, 2004. – 592 с.

6. **Волков, С. С.** Основные способы и технологические особенности сварки разнородных пластмасс / С. С. Волков // Технология машиностроения. – 2007. – № 4. – С. 32 – 37.

7. **Волков, С. С.** Анализ процесса теплообразования при ультразвуковой сварке пластмасс / С. С. Волков // Сварочное производство. – 2014. – № 4. – С. 41 – 45. (Volkov, S. S. Effect of edge preparation on the weldability of plastics in ultrasonic welding / S. S. Volkov // Welding International. – 2014. – Т. 28, № 4. – С. 329 – 332.)

8. **Ahmadi, H.** Optimization of process parameters for friction stir lap welding of carbon fibre reinforced thermoplastic composites by Taguchi method / H. Ahmadi, Arab N. B. Mostafa, F. A. Ghasemi // J. Mech. Sci. Technol. – 2014. – Vol. 28, № 1.

9. **Jaiganesh, V.** Optimization of process parameters on friction stir welding of high density polypropylene plate / V. Jaiganesh, B. Maruthu, E. Gopinath // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 97.

10. **Banjare, P. N.** An assisted heating tool design for FSW of thermoplastics / P. N. Banjare, P. Sahlot, A. Arora // J. Mater. Process. Technol. – 2017. – Vol. 239.

11. **Kusharjanta, B.** Temperature comparison of initial, middle and final point of polypropylene friction stir welded / B. Kusharjanta, W. P. Raharjo, R. Triyono // AIP Conference Proceedings. – 2016. – Vol. 1717.

12. **Improvements** of mechanical properties in dissimilar joints of HDPE and ABS via carbon nanotubes during friction stir welding process / J. Gao et al. // Mater. Des. – 2015. – Vol. 86.

13. **Lambiase, F.** Mechanical behaviour of friction stir spot welds of polycarbonate sheets / F. Lambiase, A. Paoletti, A. Di Ilio // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2015. – Vol. 80, № 1 – 4.

14. **Paoletti, A.** Analysis of forces and temperatures in friction spot stir welding of thermoplastic polymers / A. Paoletti, F. Lambiase, A. Di Ilio // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2016. – Vol. 83, № 5 – 8.

15. **Nandan, R.** Numerical simulation of three dimensional heat transfer and plastic flow during friction stirwelding / R. Nandan, G. G. Roy, T. Debroy // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science. – 2006. – Vol. 37, Is. 4. – P. 1247 – 1259.

16. **Takasu, N.** Friction welding of plastics / N. Takasu // Yosetsu Gakkai Shi / Journal of the Japan Welding Society. – 2003. – Vol. 72, Is. 2. – P. 34 – 37.

17. **Liu, X.** Characterization of plastic deformation and material flow in ultrasonic vibration enhancedfriction stir welding / X. Liu, C. Wu, G. K. Padhy // Scripta Materialia. – 2015. – Vol. 102, Is. 1. – P. 95 – 98.

18. **Ярцев, В. П.** Физико-химические основы сопротивления разрушению полимерных материалов / В. П. Ярцев // Вестник ТГТУ. – 2001. – Т. 7, № 1. – С. 105 – 119.

19. **Акулинин, И. Н.** Автоматизированная система для определения зависимости теплофизических свойств твердых полимерных материалов от температуры и давления / И. Н. Акулинин, П. С. Беляев // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 3. – С. 4545 – 549.

20. **Определение** теплофизических свойств материалов неразрушающим способом / Н. П. Жуков, Ю. Л. Муромцев, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестник ТГТУ. – 2002. – Т. 8, № 1. – С. 54 – 61.

21. **Саморуков, М. Л.** Аналитический подход к математическому моделированию температурной составляющей ротационной сварки трением / М. Л. Саморуков // Труды ВИАМ. 2013. – № 9. – С. 3 – 9.

22. **Методы** и алгоритмы создания виртуальных моделей химико-технологических систем : монография / В. А. Немтинов С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб и др. ; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Тамбовский гос. технический ун-т». – Тамбов : Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2011. – 282 с.

23. **Прототип** виртуальной модели учебно-материальных ресурсов университета химико-технологического профиля : монография / В. А. Немтинов, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб, Ю. В. Немтинова и др. ; М-во обр. и науки РФ,

ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2012. – 436 с.

24. **Mokrozub, V. G.** An Approach to Smart Information Support of Decision-making in the Design of Chemical Equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – Vol. 51, Is. 7. – C. 487 – 492.

References

1. **Svarka** treniem: Spravochnik / V. K. Lebedev, I. A. CHernenko, R. Mihal'ski i dr.; Pod obshch. red. V. K. Lebedeva, I. A. CHernenko, V. I. Villya. – L. : Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1987. – 236 s.

2. **Zajcev, K. I.** Svarka polimernyh materialov : spravochnik / K. I. Zajcev, L. N. Macyuk, A. V. Bogdashevskij i dr. ; pod obshch. red. K. I. Zajceva, L. N. Macyuk. – M. : Mashinostroenie, 1988. – 312 s.

3. **Nikolaev, G. A.** Special'nye metody svarki / G. A. Nikolaev, N. A. Ol'shanskij. – M. : Mashinostroenie, 1975. – 232 s.

4. **Kul'nevich, V. B.** Svarka plastmass : tekst lekcij / V. B. Kul'nevich. – CHelyabinsk: izd-vo YUUrGU. 2003. – 55 s.

5. **Teoreticheskie** osnovy svarki. – M., Vysshaya shkola, 2004. – 592 s.

6. **Volkov, S. S.** Osnovnye sposoby i tekhnologicheskie osobennosti svapki paznopodnyh plastmass / S. S. Volkov // Tekhnologiya mashinostroeniya. – 2007. – № 4. – S. 32 – 37.

7. **Volkov, S. S.** Analiz processa teploobrazovaniya pri ul'trazvukovoj svarke plastmass / S. S. Volkov // Svarochnoe proizvodstvo. 2014. № 4. S. 41-45. (Volkov, S. S. Effect of edge preparation on the weldability of plastics in ultrasonic welding / S. S. Volkov // Welding International. – 2014. – V. 28, № 4. – S. 329 – 332.)

8. **Ahmadi, H.** Optimization of process parameters for friction stir lap welding of carbon fibre reinforced thermoplastic composites by Taguchi method / H. Ahmadi, Arab N.B. Mostafa, F.A. Ghasemi // J. Mech. Sci. Technol. – 2014. – Vol. 28, № 1.

9. **Jaiganesh, V.** Optimization of process parameters on friction stir welding of high density polypropylene plate / V. Jaiganesh, B. Maruthu, E. Gopinath // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 97.

10. **Banjare, P. N.** An assisted heating tool design for FSW of thermoplastics / P. N. Banjare, P. Sahlot, A. Arora // J. Mater. Process. Technol. – 2017. – Vol. 239.

11. **Kusharjanta, B.** Temperature comparison of initial, middle and final point of polypropylene friction stir welded / B. Kusharjanta, W.P. Raharjo, R. Triyono // AIP Conference Proceedings. – 2016. – Vol. 1717.

12. **Improvements** of mechanical properties in dissimilar joints of HDPE and ABS via carbon nanotubes during friction stir welding process / J. Gao et al. // Mater. Des. – 2015. – Vol. 86.

13. **Lambiase, F.** Mechanical behaviour of friction stir spot welds of polycarbonate sheets / F. Lambiase, A. Paoletti, A. Di Ilio // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2015. – Vol. 80, № 1 – 4.

14. **Paoletti, A.** Analysis of forces and temperatures in friction spot stir welding of thermoplastic polymers / A. Paoletti, F. Lambiase, A. Di Ilio // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2016. – Vol. 83, № 5 – 8.

15. **Nandan, R.** Numerical simulation of three dimensional heat transfer and plastic flow during friction stirwelding / R. Nandan, G. G. Roy, T. Debroy // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science. – 2006. – Vol. 37, Is. 4. – P. 1247 – 1259.

16. **Takasu, N.** Friction welding of plastics / N. Takasu // Yosetsu Gakkai Shi / Journal of the Japan Welding Society. – 2003. – Vol. 72, Is. 2. – P. 34 – 37.

17. **Liu, X.** Characterization of plastic deformation and material flow in ultrasonic vibration enhancedfriction stir welding / X. Liu, C. Wu, G.K. Padhy // Scripta Materialia. – 2015. – Vol. 102, Is. 1. – P. 95 – 98.

18. **YArcev, V. P.** Fiziko-himicheskie osnovy soprotivleniya razrusheniyu polimernyh materialov / V. P. YArcev // Vestnik TGTU. – 2001. – V. 7, № 1. – S. 105 – 119.

19. **Akulinin, I. N.** Avtomatizirovannaya sistema dlya opredeleniya zavisimosti teplofizicheskih svojstv tverdyh polimernyh materialov ot temperatury i davleniya / I. N. Akulinin, P. S. Belyaev // Vestnik TGTU. – 2010. – V. 16, № 3. – S. 4545 – 549.

20. **Zhukov, N. P.** Opredelenie teplofizicheskih svojstv materialov nerazrushayushchim sposobom / N. P. ZHukov, Yu. L. Muromcev, N. F. Majnikova, I. V. Rogov // Vestnik TGTU. – 2002. – V. 8, № 1. – S. 54 – 61.

21. **Samorukov, M. L.** Analiticheskij podhod k matematicheskomu modelirovaniyu temperaturnoj sostavlyayushchej rotacionnoj svarki treniem / M. L. Samorukov // Trudy VIAM. – 2013. – № 9. – S. 3 – 9.

22. **Metody** i algoritmy sozdaniya virtual'nyh modelej himiko-tekhnologicheskih sistem : monografiya / V. A. Nemtinov S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub i dr.; M-vo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii, Gos. obrazovatel'noe uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovaniya «Tambovskij gos. tekhnicheskij un-t». – Tambov : Izdatel'skij dom TGU im. G. R. Derzhavina, 2011. – 282 s.

23. **Prototip** virtual'noj modeli uchebno-material'nyh resursov universiteta himiko-tekhnologicheskogo profilya: monografiya / V. A. Nemtinov, S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub, Yu. V. Nemtinova i dr. ; M-vo obr. i nauki RF, FGBOU VPO «TGTU». – Tambov : Izdatel'skij dom TGU im. G.R. Derzhavina, 2012. – 436 s.

24. **Mokrozub, V. G.** An Approach to Smart Information Support of Decision-making in the Design of Chemical Equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – Vol. 51, Is 7. – S. 487 – 492.

УДК 004.021

Карева О. Х., Попов А. В., Мокрозуб В. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630704, e-mail: mokrozubav @yandex.ru)

БАЗА ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Kareva O. Kh., Popov A. V., Mokrozub V. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (4752)630704, e-mail: mokrozubv @yandex.ru)

BASE ELEMENTS FOR THE CONSTRUCTION OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL SCHEMES

Аннотация. Представлена база типовых графических элементов химико-технологических схем. База составлена с среде графического редактора Компас. Имеется версия, доступная в среде глобальной сети.
Ключевые слова: химико-технологические схемы, графические элементы.

Abstract. The base of typical graphic elements of chemical-technological schemes is presented. The base is composed with the environment of the Compass graphic editor. There is a version available in the WAN environment.
Key words: chemical-technological schemes, graphic elements.

На кафедре КИСМ ТГТУ разрабатывается учебно-промышленная автоматизированная информационная система, предназначенная для изучения и проектирования, как отдельных единиц оборудования, так и целого производства [1 – 4]. Internet-составляющая системы расположена по адресу http://www.gaps.tstu.ru/kir/ .

Целью настоящей работы является разработка модуля, предназначенного для автоматизированного построения химико-технологических схем, позволяющего:

- строить изображение отдельных единиц оборудования из элементов;
- создавать химико-технологическую схему из типовых обозначений;
- создавать текстовую документацию (таблицы точек контроля, таблицей трубопроводов, спецификации);
- вводить атрибутивную информацию об отдельных единицах оборудования.

Обозначение элементов ХТС соответствуют следующим стандартами:

1) аппараты выпарные – ГОСТ 2.788–74;
2) аппараты теплообменные – ГОСТ 2.789–74;
3) аппараты колонные – ГОСТ 2.790–74;
4) аппараты сушильные – ГОСТ 2.792–68;
5) отстойники и фильтры – ГОСТ 2.791–74;
6) центрифуги – ГОСТ 2.795–80;
7) насосы и вентиляторы – ГОСТ 2.782–68;
8) устройства питающие и дозирующие – ГОСТ 2.794–79;
9) конденсатоотводчики – ГОСТ 2.780–68;

10) обозначение трубопроводов для жидкостей и газов – ГОСТ 3464–63;

11) обозначение трубопроводов в зависимости от вида транспортируемой среды и их назначения – ГОСТ 11628–65;

12) элементы трубопроводов – ГОСТ 2.784–70;

13) арматура трубопроводная – ГОСТ 2.785–70.

Основными компонентами интернет-составляющей разрабатываемого модуля являются система меню, представляющая собой дерево (рис. 1), и графические обозначения элементов ХТС (рис. 2)

База обозначений элементов разработана в среде Компас и представляет собой библиотеку фрагментов (рис. 3).

Разработанное программное обеспечение используется студентами специальности в курсовом и дипломном проектировании.

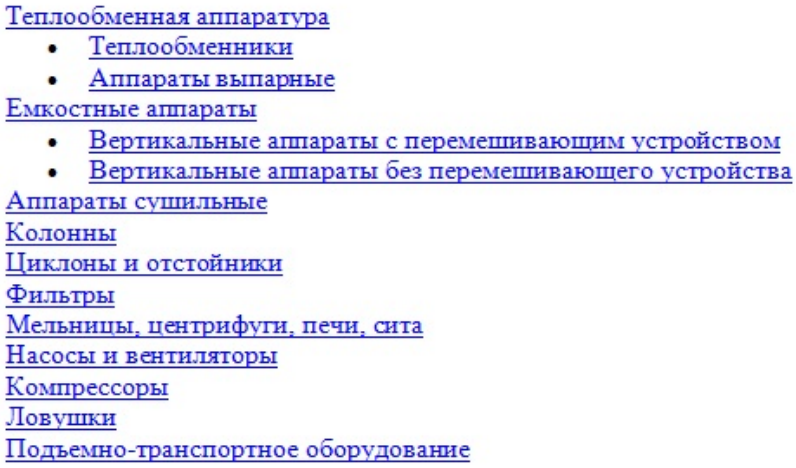


Рис. 1. Дерево модуля

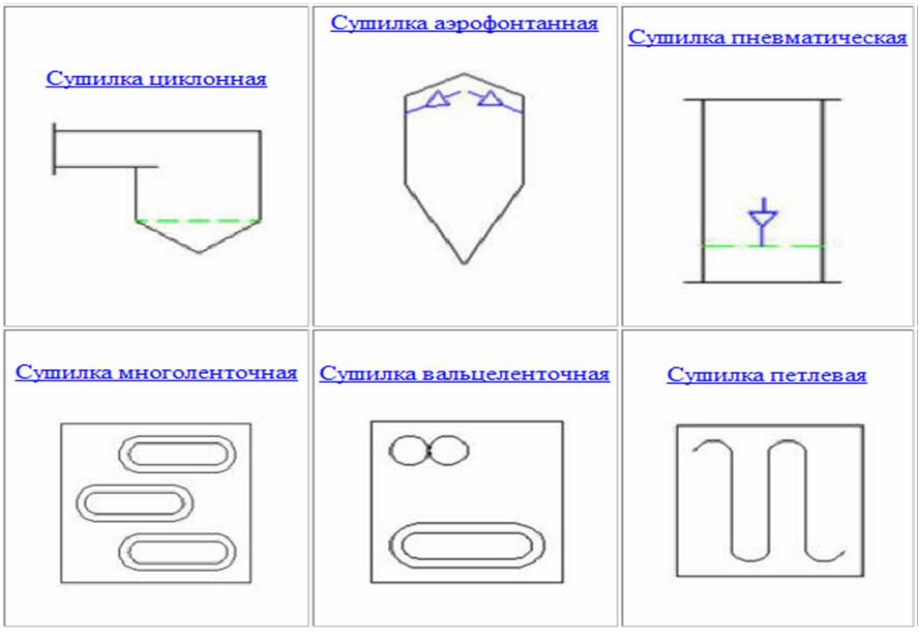


Рис. 2. Графическое обозначение элементов ХТС

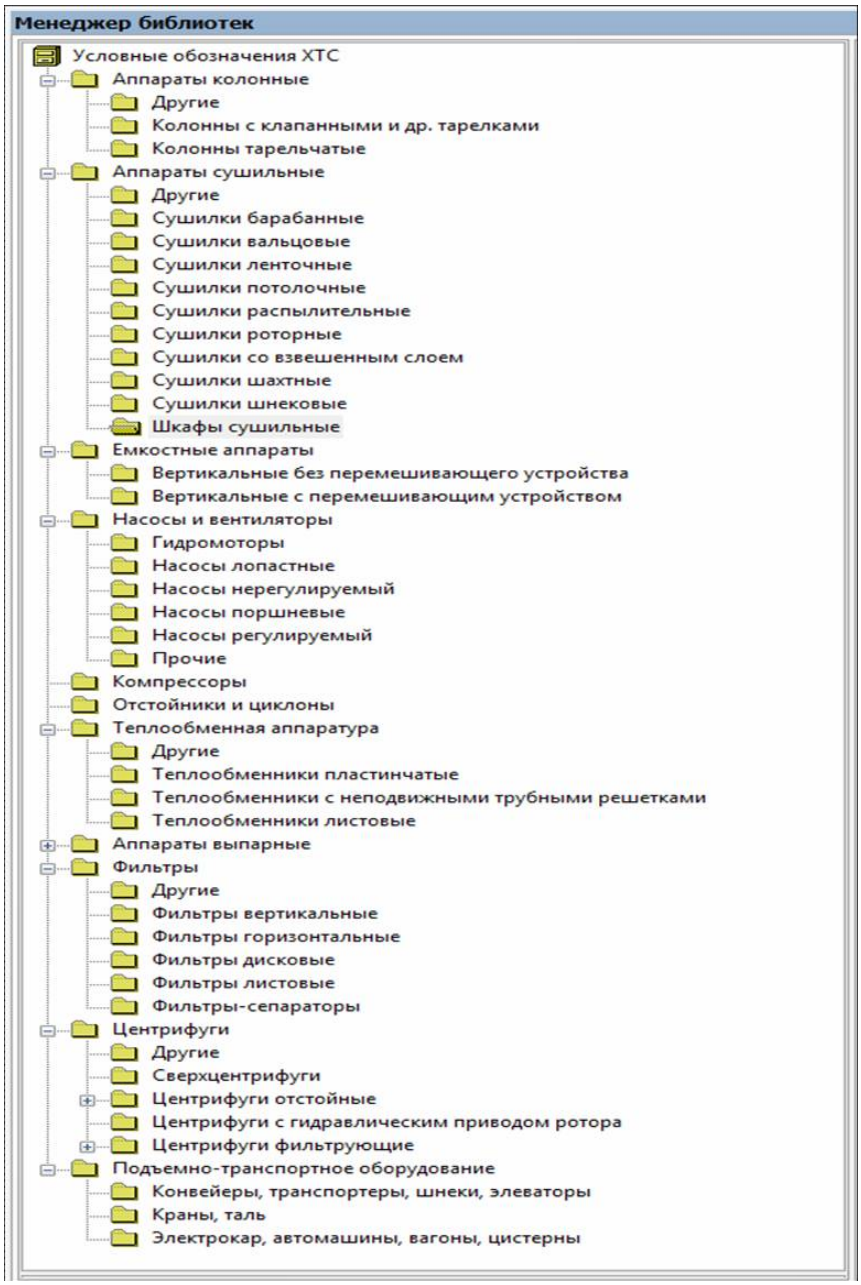


Рис. 3. Оглавление – библиотека фрагментов обозначений элементов

Авторы готовы рассмотреть вопрос о бесплатной передаче пакета по принципу «как есть» всем заинтересованным организациям.

Работа выполнена под руководством профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» В. Г. Мокрозуба.

Список использованных источников

1. **Система** автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, В. Г. Мокрозуб, М. Н. Краснянский // Информационные технологии. – 2000. – № 12. – С. 19 – 21.

2. **Мокрозуб, В. Г.** Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов / В. Г. Мокрозуб // Информационные технологии. – 2009. – № 11. – С. 18 – 22.

3. **Мокрозуб, В. Г.** Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями / В. Г. Мокрозуб // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – № 10. – С. 30 – 34.

4. **Мокрозуб, В. Г.** Программное обеспечение автоматизированных систем размещения объектов в пространстве, инвариантное к предметной области / В. Г. Мокрозуб, К. В. Немтинов, К. А. Шаронин // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. 2012. – № 3. – С. 11 – 20.

References

1. **Sistema** avtomatizirovannogo rascheta i konstruirovaniya ximicheskogo oborudovaniya / E. N. Maly`gin, S. V. Karpushkin, V. G. Mokrozub, M. N. Krasnyanskij // Informacionny`e texnologii. – 2000. – № 12. – S. 19 – 21.

2. **Mokrozub, V. G.** Taksonomiya v baze danny`x standartny`x e`lementov texnicheskix ob``ektov / V. G. Mokrozub // Informacionny`e texnologii. – 2009. – № 11. – S. 18 – 22.

3. **Mokrozub, V. G.** Predstavlenie struktury` izdelij v informacionny`x sistemax upravleniya mashinostroitel`ny`mi predpriyatiyami / V. G. Mokrozub // Vestnik komp`yuterny`x i informacionny`x texnologij. – 2009. – № 10. – C. 30 – 34.

4. **Mokrozub, V. G.** Programmnoe obespechenie avtomatizirovanny`x sistem razmeshheniya ob``ektov v prostranstve, invariantnoe k predmetnoj oblasti / V. G. Mokrozub, K. V. Nemtinov, K. A. Sharonin // Nauchno-texnicheskaya informaciya. Ser. 2. Informacionny`e processy` i sistemy`. 2012. – № 3. – S. 11 – 20.

УДК 632.95.028

Немтинов В. А., Кокорев С. А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
(Тел. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru),

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Nemtinov V. A., Kokorev S. A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
(Tel. (4752)630706, e-mail: kafedra@mail.gaps.tstu.ru)

MODERNIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS AND EQUIPMENT FOR SUGAR PRODUCTION

Аннотация: Рассмотрены вопросы модернизации технологического процесса и оборудования в сахарном производстве, обеспечивающей повышение эффективности его функционирования.

Ключевые слова: сахарная промышленность, фильтрация, суспензия, пресс-фильтры камерные, повышение эффективности функционирования.

Abstract. Issues of modernization of technological process and the equipment in sugar production providing increase of efficiency of its functioning are considered.

Keywords: sugar industry, filtering the suspension, a press chamber filter, efficiency.

Введение. В сахарном производстве применяется большое количество устаревшего оборудования, которое не способно обеспечивать должную производительность и качество изготавливаемой продукции. Применительно к предприятию существует проблема на станции фильтрации суспензии: существующие вакуум-фильтры не способны поддерживать должную производительность, потери сахара, чистоту фильтрата, имеют высокую стоимость обслуживания, обладают низким КПД и не соответствуют современным экологическим стандартам. Все вышеперечисленные факторы говорят о необходимости модернизации данного оборудования [1 – 8]. В данной работе рассмотрена замена дисковых вакуум-фильтров на камерный пресс в целях повышения эффективности работы станции фильтрации суспензии сока.

Описание объекта исследования. Фильтрацией называется процесс отделения осадка от жидкости путем пропускания жидкости через фильтровальную ткань, задерживающую осадок.

Цель станции: фильтрование суспензии сока 1 сатурации, при необходимости фильтрование сока 1 сатурации.

Работа на всех типах фильтров должна быть организована так, чтобы фильтрат получался прозрачный, без мути, при минимально допустимых потерях сахара в фильтрационном осадке.

Характеристика сырья и вспомогательных материалов:

– суспензия сока 1 сатурации, плотностью 1,14…1,20%, pH 10,4…11,4;
– T = 85…90 °C;
– аммиачный конденсат для промывки осадка t = 80…85 °C.

Для фильтрации суспензии сока 1 сатурации на производстве установлены вакуум-фильтры ДФМ-63.

Для обезвоживания суспензии сока 1 сатурации используется вакуумное фильтрование, состоящее из двух основных операций: образования (набор) осадка и сушки. Кроме того, производится разгрузка осадка (отдувка). Образование осадка может происходить под действием только силы вакуума или при взаимодействии ее с силой тяжести. В первом случае сила вакуума направлена перпендикулярно к силе тяжести (дисковые вакуум-фильтры) или в противоположную сторону (барабанные вакуум-фильтры с наружной фильтрующей поверхностью), а во втором случае обе силы направлены в одну сторону (ленточные, план-фильтры, барабанные фильтры с внутренней фильтрующей поверхностью)

Наибольшее применение при обезвоживании суспензии сока 1 сатурации получили дисковые вакуум-фильтры (см. рис. 1).

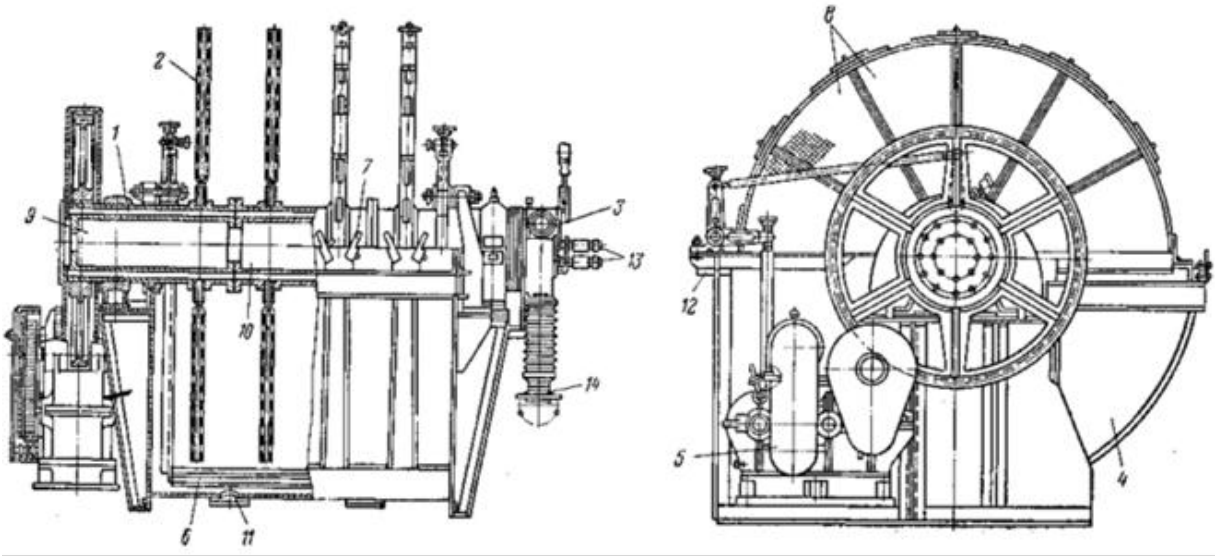


Рис. 1. Дисковый вакуум-фильтр:
1 – полый вращающийся вал; *2* – диск; *3* – распределительная головка; *4* – ванна;
5 – привод ячейкового вала; *6* – мешалка; *7* – нож для съема осадка; *8* – секторы диска;
9 – концевая часть вала; *10* – промежуточная часть вала; *11* – люк для выпуска пульпы;
12 – окно для перелива пульпы; *13* – патрубки для подачи сжатого воздуха;
14 – патрубок для отвода фильтрата

Основное преимущество их состоит в развитой поверхности фильтрования при небольшой занимаемой площади. Обычно дисковые вакуум-фильтры применяют при фильтровании пульп, скорость осаждения твердых частиц которых не превышает 18 мм/с. Вакуум-фильтр состоит из ванны, ячейкового вала, дисков, распределительной головки, качающейся рамной мешалки, привода дисков, привода мешалки. Сжатый воздух поступает в сектора по каналам ячейкового вала при совмещении соответствующего канала с камерой отдувки распределительной головки.

На основании данных из таблицы № 1 и факторов, изложенных выше, делаем вывод о необходимости замены старых вакуум-фильтров на современные камерно-мембранные. Далее опишем все преимущества фильтра горизонтального Putch 250-13.

1. Ключевые показатели фильтров суспензии

	Потери сахара к массе свеклы	Площадь фильтрующей поверхности	Стоимость	Мощность, кВт
ДФМ-63	0.2-0.3	63	1 200 000	18,5
Putch 250-13	0.02-0.1	206	6 000 000	15

Камерный фильтр-пресс Putch 250-13. Камерно-мембранный горизонтальный фильтр Putch 250-13 относится к механизированным фильтрам периодического действия (см. рис. 2). Фильтр-пресс представляет собой пакет фильтрованных плит, расположенных вертикально между неподвижной упорной и подвижной нажимной плитой. Плиты прямоугольной формы имеют углубления, образующую фильтровальную камеру, ограниченную двумя соседними плитами. Фильтровальная камера соседних плит ограничена по периметру гладкой поверхностью, через которую две соседние плиты прижимаются одна к другой. Между привалочными поверхностями соседних плит зажаты края фильтровальных салфеток, герметизирующие фильтровальную камеру. По углам привалочной поверхности сделаны сквозные отверстия, образующие при зажатом пакете плит коллектора, через которые отводится фильтрат и воздух после просушки осадка, а также подается промывочная вода и воздух просушки. Отверстия коллекторов на одной стороне плиты через специальные каналы сообщаются с поверхностью фильтровальной плиты, имеющей рифленую структуру, к которой прилегает фильтровальная ткань. В центре плиты сделано сквозное отверстие, через которое в фильтровальную камеру подается суспензия. На камерно-мембранный фильтр-пресс устанавливаются плиты двух типов – камерные и мембранные. Мембранные плиты отличаются от камерных тем, что на поверхности плиты находятся гибкие мембраны, отжимаемые сжатым воздухом или водой под давлением, что позволяет сформировать осадок и обеспечить промывку и просушку осадка. В передней стойке фильтра установлен гидравлический механизм зажима, воздействующий на подвижную нажимную плиту, которой зажимается пакет плит. Нажимная плита имеет штуцер, через который осуществляется продувка сжатым воздухом коллектора подачи суспензии. Пакет плит при зажиме упирается в нажимную неподвижную плиту, одновременно являющуюся задней стойкой фильтра. В нажимной плите имеются отверстия, совпадающие с отверстиями в фильтровальных плитах. К ним привариваются штуцера, оканчивающиеся фланцами. К штуцерам подсоединяется блок клапанов (запорной арматуры), через который в фильтр подается суспензия, промывочная жидкость, сжатый воздух для просушки осадка и выводится фильтрат. На верхней несущей балке крепится механизм перемещения плит и с помощью специальных кронштейнов подвешиваются сами плиты. Под пакетом плит устанавливается открывающийся поддон для сбора протечек и воды при мойке ткани. Жидкость собирается в специальном корыте, устанавливаемом со стороны нижнего края поддона. Во время мойки ткани жидкость из корыта отводится в канализацию и в сборник нефильтрованного сока при протечках.

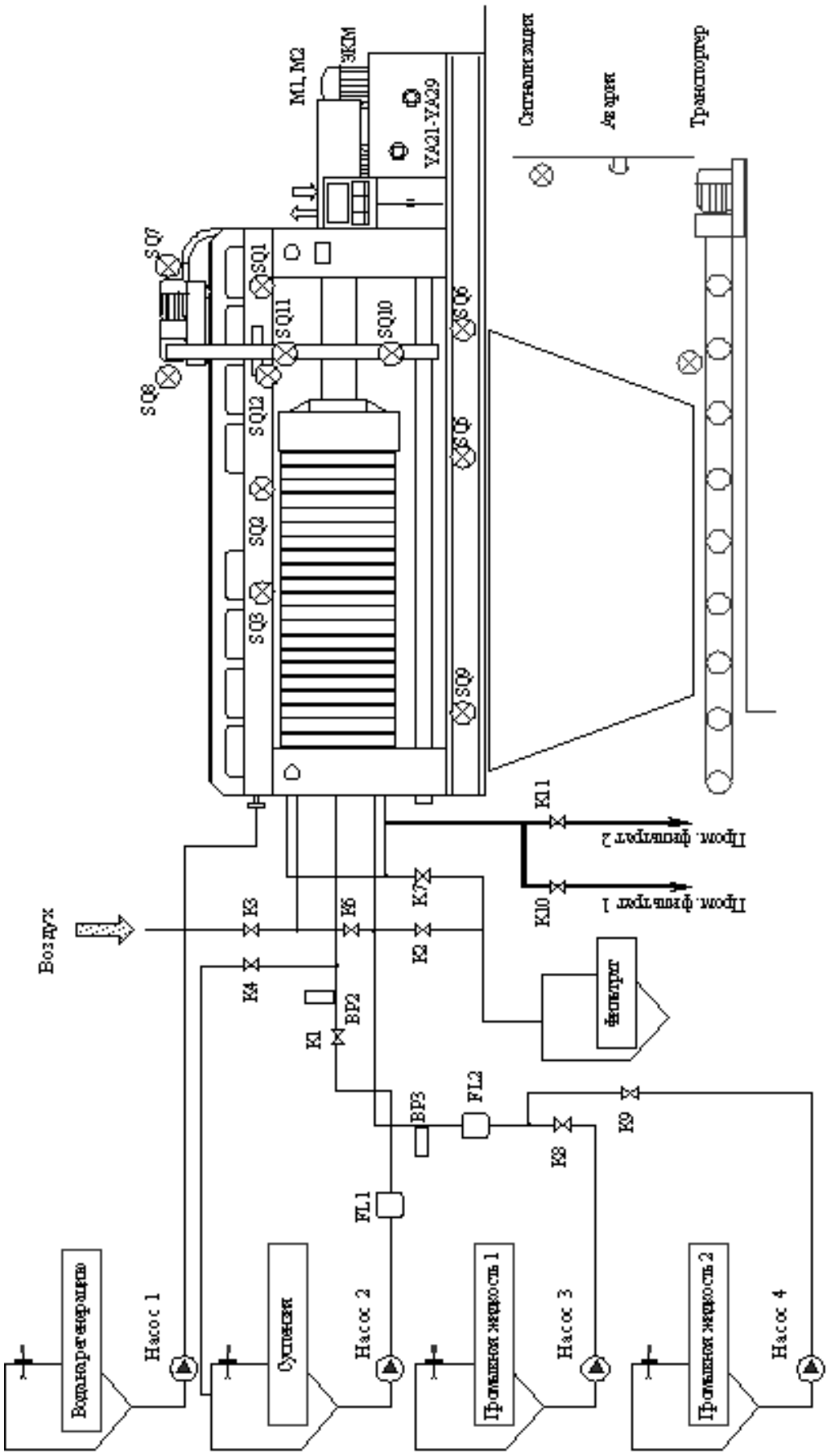


Рис. 2. Станция фильтрации суспензии

Система автоматического управления фильтр-прессом обеспечивает работу в автоматическом режиме без вмешательства обслуживающего персонала. Система позволяет при необходимости управлять фильтром в ручном режиме, а также изменять настройки и технологические режимы. В систему управления фильтром включаются также вспомогательные механизмы и приводы (насосы, конвейеры и т.д.).

Описание работы фильтра: рабочий цикл камерно-мембранного фильтр-пресса состоит из следующих операций: зажим пакета плит; фильтрование; отжим осадка; промывка осадка; просушка осадка; продувка коллекторов; разжим пакета плит; выгрузка осадка.

Все операции осуществляются в автоматическом режиме без вмешательства обслуживающего персонала.

Предусмотрена вспомогательная операция: промывка фильтровальной ткани водой высокого давления. Эта операция предназначена для быстрого восстановления работоспособности салфеток.

Выводы. Замена старых фильтров на новые снизит электропотребление, затраты чел/час, как на обслуживание так и на производственный период. Так же к преимуществам данных фильтр-прессов относятся:

- полная автоматизация процесса фильтрования на базе программируемого логического контроллера;
- простота в эксплуатации и обслуживания;
- полная автоматизация запорной арматуры (пневмопривод);
- механизированное автоматическое моющее устройство для регенерации фильтровальных салфеток размещено непосредственно на фильтре;
- эффективное разгрузочное устройство перемещения плит во время выгрузки осадка, разгрузка фильтра сокращена до 10 мин;
- возможность регулирования скорости перемещения плит частотным преобразователем;
- дополнительно фильтр-прессы могут комплектоваться фотоэлектронной системой безопасности;
- электроника и автоматика Siemens, Omron, Schnieder Electric, Emerson и др.;
- цены ниже, чем у европейских аналогов;
- фильтровальное оборудование изготавливается в строгом соответствии с российскими стандартами.

Список использованных источников

1. **Инструкция** по ведению технологического процесса свеклосахарного производства – М., 1985. – 235 с.

2. **Немтинов, В. А.** Оценка эффективности инвестиционной политики на машиностроительном производстве / В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова, Ю. В. Немтинова // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2003. – № 4. – С. 23 – 28.

3. **Немтинов, К. В.** Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов / К. В. Немтинов, А. К. Ерусланов, В. А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2014. – № 1(153). – С. 75 – 83.

4. **Немтинов, В. А.** Автоматизированное проектирование технологических процессов производства изделий машиностроения с учетом оценки фактора профессионального риска для обслуживающего персонала / В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова // Вестник машиностроения. – 2010. – № 12. – С. 73 – 77.

5. **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.

6. **Зимнухова, Ж. Е.** О подходе к построению автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений для проектирования процессов производства изделий из металлов / Ж. Е. Зимнухова, В. А. Немтинов // Информационные технологии. – 2008. – № 9. – С. 29 – 34.

7. **Решение** проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем / Е. Н. Малыгин, В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова, Ю. В. Немтинова // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2002. – Т. 7, № 2. – С. 242 – 245.

8. **Мокрозуб, В. Г.** О подходе к интеллектуализации информационной поддержки принятия решений при конструировании химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 7. – С. 31 – 34.

References

1. **Instrukciya** po vedeniyu tekhnologicheskogo processa sveklosaharnogo proizvodstva. – M., 1985. – 235 s.

2. **Nemtinov, V. A.** Ocenka ehffektivnosti investicionnoj politiki na mashinostroitel'nom proizvodstve / V. A. Nemtinov, Zh. E. Zimnuhova, Yu. V. Nemtinova // Problemy mashinostroeniya i avtomatizacii. – 2003. – № 4. – S. 23 – 28.

3. **Nemtinov, K. V.** Tekhnologiya avtomatizirovannogo sinteza slozhnyh technologicheskih kompleksov / K. V. Nemtinov, A. K. Eruslanov, V. A. Nemtinov // Informacionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve. – 2014. – № 1(153). – S. 75 – 83.

4. **Nemtinov, V. A.** Avtomatizirovannoe proektirovanie tekhnologicheskih processov proizvodstva izdelij mashinostroeniya s uchetom ocenki faktora professional'nogo riska dlya obsluzhivayushchego personala / V. A. Nemtinov, Zh. E. Zimnuhova // Vestnik mashinostroeniya. – 2010. – № 12. – S. 73 – 77.

5. **Nemtinov, V. A.** Primenenie teorii nechetkih mnozhestv i ehkspertnyh sistem pri avtomatizirovannom vybore ehlementa tekhnicheskoj sistemy / B. A. Nemtinov, C. Ya. Egorov, P. I. Pahomov // Informacionnye tekhnologii. – 2009. – № 10. – S. 34 – 38.

6. **Zimnuhova, Zh. E.** O podhode k postroeniyu avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy podderzhki prinyatiya reshenij dlya proektirovaniya processov proizvodstva izdelij iz

metallov / Zh. E. Zimnuhova, V. A. Nemtinov // Informacionnye tekhnologii. – 2008. – № 9. – S. 29 – 34.

7. **Reshenie** problemy optimal'nogo sinteza tekhnologicheskih pro-cessov slozhnyh sistem / E. N. Malygin, V. A. Nemtinov, Zh. E. Zimnuhova, Yu. V. Nemtinova // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2002. – V. 7, № 2. – S. 242 – 245.

8. **Mokrozub, V. G.** O podhode k intellektualizacii informacionnoj podderzhki pri-nyatiya reshenij pri konstruirovanii himicheskogo oborudovaniya / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. – 2015. – № 7. – S. 31 – 34.

УДК 621.039.003

Доненко И. Л.,[1] Линник В. В.,[2] Доненко Л. Н.,[3] Золотухин Д. А.[4]
[1]Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Россия, г. Симферополь
(Тел. +79787339631, e-mail: idonenko2012@gmail.com),
[2]Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Россия, г. Симферополь
(Тел. +79787590993, e-mail: linnikvlad@mail.ru),
[3]МБОУ «Новофедоровская школа-лицей», Россия, Сакский район, пгт. Новофедоровка
(Тел. +79787339635, e-mail: ldonenko@mail.ru),
[4]Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Россия, г. Симферополь
(Тел. +79788411961, e-mail: zolotukhin.dima2017@yandex.ru)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕСТ ДЛЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ АЭС

Donenko I. L.,[1] Linnik V. V.,[2] Donenko L. N.,[3] Zolotykhin D. A.[4]
[1]Crimea Federal University, Russia, Simferopol
(Tel. +79787339631, e-mail: idonenko2012@gmail.com),
[2]Crimea Federal University, Russia, Simferopol
(Tel. +79787590993, e-mail: linnikvlad@mail.ru),
[3] Novofedorovskaya School-Lyceum, Russia, Saksky district, Novofedorivka
(Tel. +79787339635, e-mail: ldonenko@mail.ru),
[4]Crimea Federal University, Russia, Simferopol
(Tel. +79788411961, e-mail: zolotukhin.dima2017@yandex.ru)

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR ENERGY IN THE REPUBLIC OF CRIMEA AND MODELING OF PERSPECTIVE LOCATIONS FOR THE LOCATION OF NUCLEAR POWER PLANTS

Аннотация. В Крыму ощущается значительный дефицит энергии, которую можно было бы использовать непосредственно в виде электроэнергии, но и для опреснения воды, так как в настоящее время наблюдается значительный дефицит воды. Говорить о развитии сельского хозяйства в Крыму при нынешней ситуации с водой по крайней мере проблематично.

Обострилась ситуация после полного перекрытия Северокрымского канала еще в 2014 году и отключения Крыма от энергосистемы Украины в 2015 году.

Таким образом, назрела необходимость в анализе возможности строительства АЭС в Крыму.

Ключевые слова: атомная энергетика, энергетика, политика, информационная безопасность, вода, сельское хозяйство, Крым, моделирование.

Abstract. In Crimea, there is a significant energy deficit caused by a significant water deficit. The development of agriculture in the Crimea under the current situation with water is quite problematic. The situation worsened after the complete closure of the North Crimea canal back in 2014 and the disconnection of the Crimea from Ukraine's energy system in 2015. Thus, there is a need for an analysis of the possibility of building nuclear power plants in the Crimea.

Keywords: nuclear energy, energy, politics, information security, water, agriculture, Crimea, modeling.

Введение. На данный момент в Республике Крым с каждым годом все более острым становится вопрос об отсутствии притоков пресной воды, а собственных объемов для обеспечения ресурсной независимости у полуострова не достаточно, также в связи с произошедшим блэкаутом в 2015–2016 годах со стороны террористических властей Украины стоит вопрос об энергетической независимости Республики. На данный момент заканчивается строительство двух ТЭЦ в Симферополе и Севастополе, была произведена модернизация Сакской ТЭЦ и проброшен энергомост с Кубани в Крым. Но этого все равно недостаточно для обеспечения постоянно растущего потребления на территории Крыма. В связи с чем в данной работе был рассмотрен вариант строительства АЭС и водных опреснителей.

Основная часть. Безопасность АЭС – это главный критерий при решении вопроса о ее размещении. И в этом декларативно солидарны как противники, так и сторонники развития атомной энергетики.

В Республике Крым не такая сейсмически активная зона, как в странах восточного полушария. В Крыму нет разломов тектонических плит, соответственно не бывает землетрясений выше 3 баллов.

Энергетическая безопасность Крыма зависит сейчас от той энергии, которая подается с материковой части России. Собственные же «автономные» источники энергии покрывают нужды полуострова не более чем на 45%, да и то при условии стабильной доставки топлива на электростанции [1].

Строительство двух АЭС в Крыму по примеру Израиля должно обеспечить полуостров электроэнергией и водой, так необходимой для сельского хозяйства. Без полива в степной части Крыма сельское хозяйство под угрозой в Крыму. Только Красногвардейский район получает допустимое количество осадков летом, в то время как в других степных районах с мая по сентябрь дождей нет.

Рациональные районы для расположения опреснителей соленой воды приведены на рис. 1.

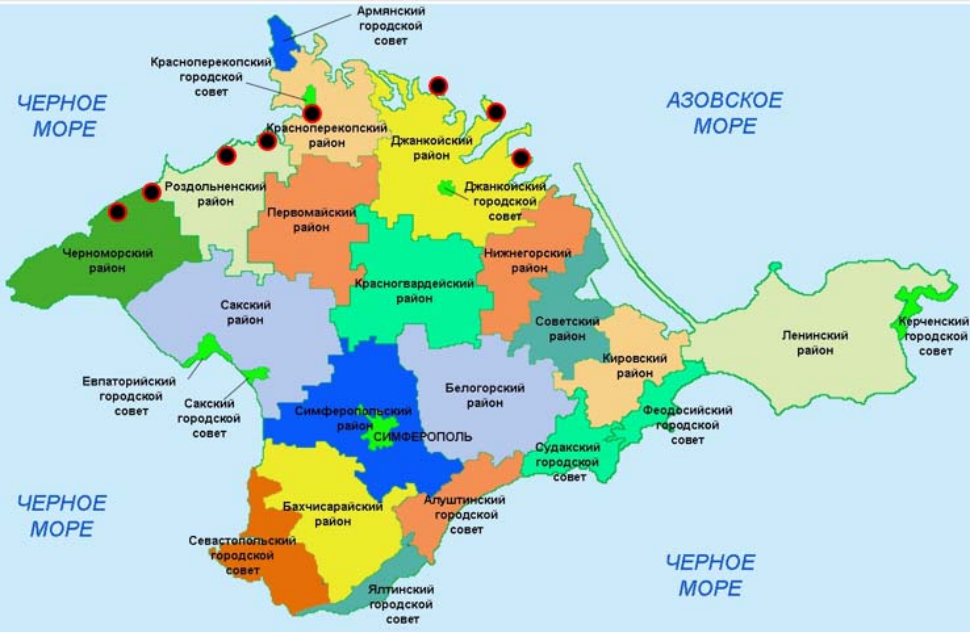


Рис. 1. Предложение по рациональному расположению опреснителей соленой воды

Отечественные и зарубежные АЭС выбрасывают в атмосферу радионуклиды в количествах на несколько порядков меньших, чем разрешенные по нормативам. В Крыму станции необходимо ставить в степном районе, на удалении от курортных мест [2].

Для этого мы провели изучение зон Республики Крым, пригодных для размещения. Среди них нашли наименее сейсмоопасные – которые находятся на Северной части Республики, также была в 3D смоделирована сама станция с усиленным фундаментом для более стабильной работы.

Места для приблизительного расположения АЭС отмечены на рис. 2.

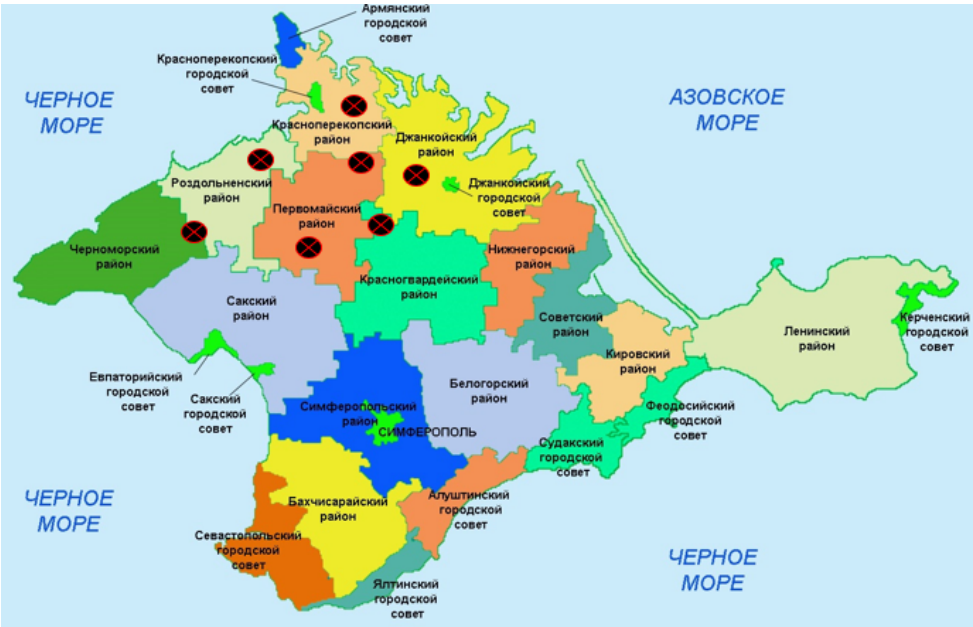


Рис. 2. Наиболее пригодные зоны для строительства АЭС на территории Республики Крым

С учетом географических особенностей Крыма авторами была разработана 3D-модель атомной электростанции с усиленным фундаментом и приведена на рис. 3 и 4.

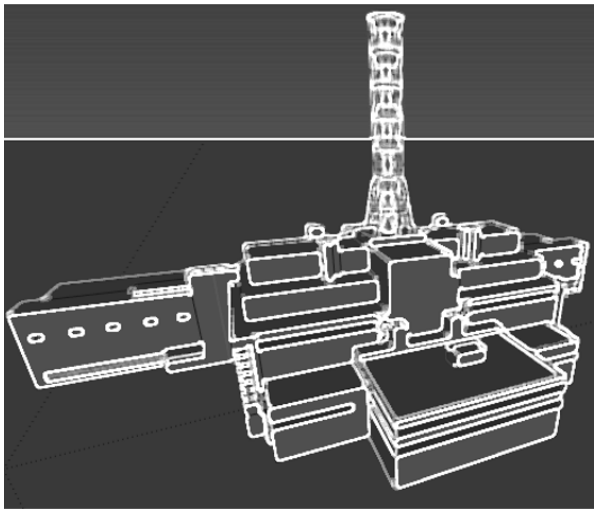


Рис. 3. 3D-модель АЭС смоделированная с усиленным фундаментом для строительства в Республике Крым

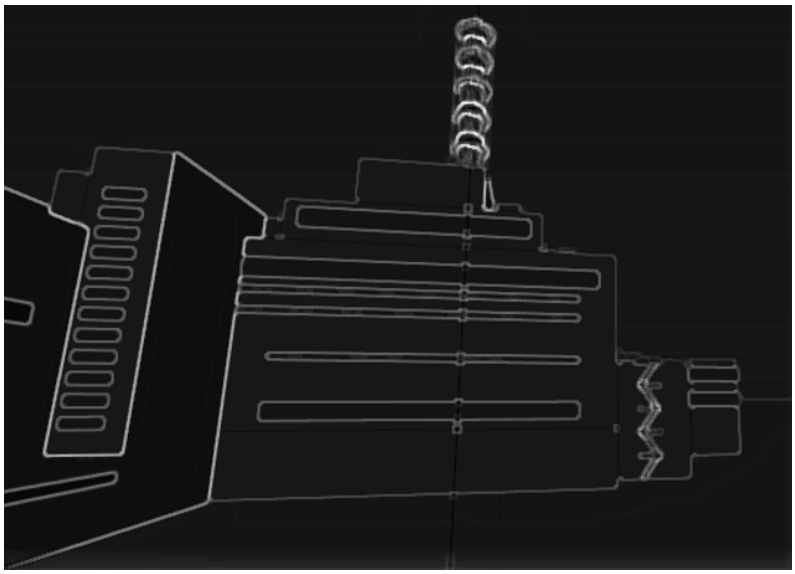


Рис. 4. Прототип АЭС с усиленным фундаментом, 3D-модель, вид спереди

Строительство АЭС и эксплуатация – новые рабочие места. Наличие источников энергии – восстановление промышленной инфраструктуры Крыма.

Себестоимость атомной энергии в разы ниже, чем полученная от углеводородов или же возобновляемых источников энергии.

Выводы. Для обеспечения экономической и энергетической безопасности Крыма необходимо строительство порядка двух АЭС – одна из которых вырабатывала бы пресную воду, вторая – электроэнергию. Для этих целей были исследованы сейсмозоны Республики Крым, экспериментальным путем найдены оптимальные зоны строительства, а также создан 3D-прототип АЭС с усиленным фундаментом.

Были найдены оптимальные местоположения для расположения водоопреснителей.

Отрицать присутствие экологических проблем нельзя, но экономическая, да и политическая выгода для России при этом более значительна.

Необходимо только обеспечить необходимый уровень безопасности данных объектов и производить контроль оборудования.

Список использованных источников

1. **Муслимов, Ф. Г.** Крым: снова с Россией [Текст] : учеб. пособие по курсу «Энергопромышленность РК». 2-е изд., перераб. и доп. / Ф. Г. Муслимов. – М. : Изд-во КФУ им. В. И. Вернадского, 2016. – 170 с.

2. **Балтиморский, А. А.** Крым располагает высоким потенциалом развития альтернативных источников энергии [Электронный ресурс] / А. А. Балтиморский. – URL : https://govrk.com/crimeanews-

References

1. **Muslimov, F. G.** Krym: snova s Rossiej [Tekst]// Ucheb. posobie po kursu «EHnergopromyshlennost' RK». 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Izd-vo KFU im. V. I. Vernadskogo, 2016. – 170 s.

2. **Baltimorskij, A. A.** Krym raspolagaet vysokim potencialom razvitiya al'ternativnyh istochnikov ehnergii [Ehlektronnyj resurs]. – URL : https://govrk.com/crimeanews-

Научное электронное издание

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Материалы V Международной научно-практической конференции

Выпуск 5, Том II

Редактор Л. В. Комбарова
Компьютерное макетирование И. В. Евсеевой

ISBN 978-5-8265-1997-4

Подписано к использованию 17.12.2018.
Тираж 100 шт. Заказ № 338

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Телефон (4752) 63-81-08, 63-81-33.
E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru