

В рамках проведения Фестиваля науки в Тамбовской области

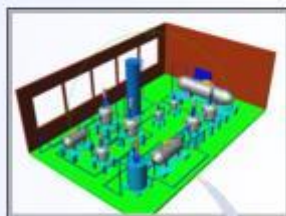
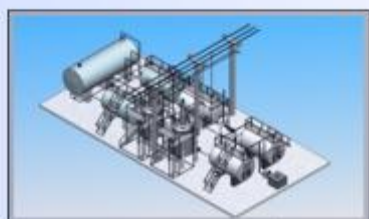


ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Выпуск 8

VIRTUAL SIMULATION, PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN

Issue 8



Тамбов

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»

2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

В рамках проведения Фестиваля науки в Тамбовской области



Всероссийский
Фестиваль
науки

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Материалы VIII Международной научно-практической конференции

г. Тамбов, 12 – 14 октября 2022 г.

Выпуск 8

VIRTUAL SIMULATION, PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN

Issue 8

Научное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2022

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. Г. Мокрозуб;
д-р техн. наук, профессор В. А. Немтинов;
д-р техн. наук, профессор С. В. Карпушкин;
канд. техн. наук, доцент А. Б. Борисенко;
канд. техн. наук С. В. Карпов

В52 **Виртуальное** моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-практической конференции / под общ. ред. М. Н. Краснянского ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ».

ISBN 978-5-8265-1836-6.

Вып. 8. – 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 14,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2529-6

Опубликованы материалы пленарных и секционных докладов VIII 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 первоначального 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 конференции, прошли двойное рецензирование программным комитетом и редакционной коллегией.

УДК 658.512.2
ББК Ж18я43

Материалы статей предоставлены в электронном виде и сохраняют авторскую редакцию.

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-1836-6 (общ.)
ISBN 978-5-8265-2529-6 (вып. 8)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2022

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.

Муромцев Дмитрий Юрьевич – проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», д-р техн. наук, проф.

Мищенко Сергей Владимирович – советник при ректорате ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», д-р техн. наук, проф.

Позднеев Борис Михайлович – председатель правления Ассоциации «Цифровые инновации в машиностроении», заведующий кафедрой «Информационные системы» ФГБОУ ВО МГТУ «Станкин», д-р техн. наук, проф.

Карстина Светлана Геннадиевна – профессор Карагандинского государственного университета им. Е.А.Бекетова, Казахстан, д-р. физ-мат. наук, профессор.

Дьячкова Виктория Викторовна - декан факультета ФИОИ, Донбасский государственный технический институт, Луганская народная республика, канд. эконом. наук.

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

Громов Юрий Юрьевич – директор Института автоматизации и информационных технологий ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», д-р техн. наук, проф.

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

Аверченков Владимир Иванович – профессор кафедры «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.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Мокрозуб Владимир Григорьевич – председатель, зав.кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» (КИСМ) ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», д-р техн. наук, проф.

Немтинов Владимир Алексеевич – зам. председателя, профессор кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», д-р техн. наук, проф.

Борисенко Андрей Борисович – доцент кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», канд. техн. наук, доц.

Карпов Сергей Владимирович – доцент кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», канд. техн. наук.

Родина Антонина Александровна – старший преподаватель кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».

Трюфилькин Сергей Валентинович – инженер кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».

СЕКРЕТАРИАТ КОНФЕРЕНЦИИ

Румянцева Елена Евгеньевна – старший лаборант кафедры КИСМ ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».

СОДЕРЖАНИЕ

Секция Виртуальное моделирование, визуализация и прототипирование технических систем	9
<i>Карпушкин С.В., Шершуков Д.А., Мжельский М.С.</i> Влияние структуры и способа изготовления конструкций из пористых материалов на напряжённо-деформированное состояние	10
<i>Карпушкин С.В., Мжельский М.С., Шершуков Д.А.</i> Применение топологической оптимизации для исследования эффективности конструкций пассивного охлаждения	17
<i>Егоров С.Я., Абас Висам.</i> Разработка численных методов и алгоритмов решения задачи квадратичного назначения	24
<i>Копытина Е. А., Матвеев М. Г., Копытин А.В.</i> Идентификация параметров пространственно-распределённых динамических температурных полей атмосферы с использованием комбинации методов	28
<i>Кожарина Т.В., Карпов С.В., Завражсин Д.О. Чуприкова А.А.</i> Анализ полигональных моделей прессовок полимерных материалов для оценки режимов твердофазного прессования	36
<i>Голубятников О.О., Акулинин Е.И.</i> Моделирование и проектирование ресурсосберегающих адсорбционных установок для извлечения водорода.....	40
<i>Фидаров В.Х.</i> Испытание токарного станка с экспериментальной конструкцией привода подач	46
<i>Доненко И.Л., Лукьяненко А.В., Доненко А.В.</i> Способы решения некоторых модельных уравнений фрактальной нелинейной оптики	52
<i>Пеливан М.А., Королькова И.К., Яковлев А.В.</i> Модель синтезатора помехи специального вида для защиты от утечки по акустовибрационному каналу	56
<i>Тихомирова А.А., Фурсова А.В., Яковлев А.В.</i> Модель определения информационных потерь объектов в кластерах системы управления.....	63
<i>Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И., Акулинин Е.И., Усачев В.Б., Беляев В.А.</i> Разработка и исследование оптимальных циклических адсорбционных систем разделения и очистки газовых смесей	68
<i>Корпусов Д.В.</i> Система поддержки принятия решений для контроля микроклимата в тепловых камерах	74
<i>Майоров Н.И.</i> Проектирование аэростатических направляющих с магнитной предварительной нагрузкой	78
<i>Скоморохова А. И., Глебов А. О.</i> Расчет степени вулканизации бесконечной пластины	81
<i>Маёрова Е.В., Крылова В.А., Скоморохова А.И.</i> Использование стандартных циклов и подпрограмм на станках с ЧПУ	84
<i>Селиванова З.М., Скоморохов К.В.</i> Применяемые математические модели теплофизических измерений в интеллектуальной информационно-измерительной системе в условиях неопределённости.....	86

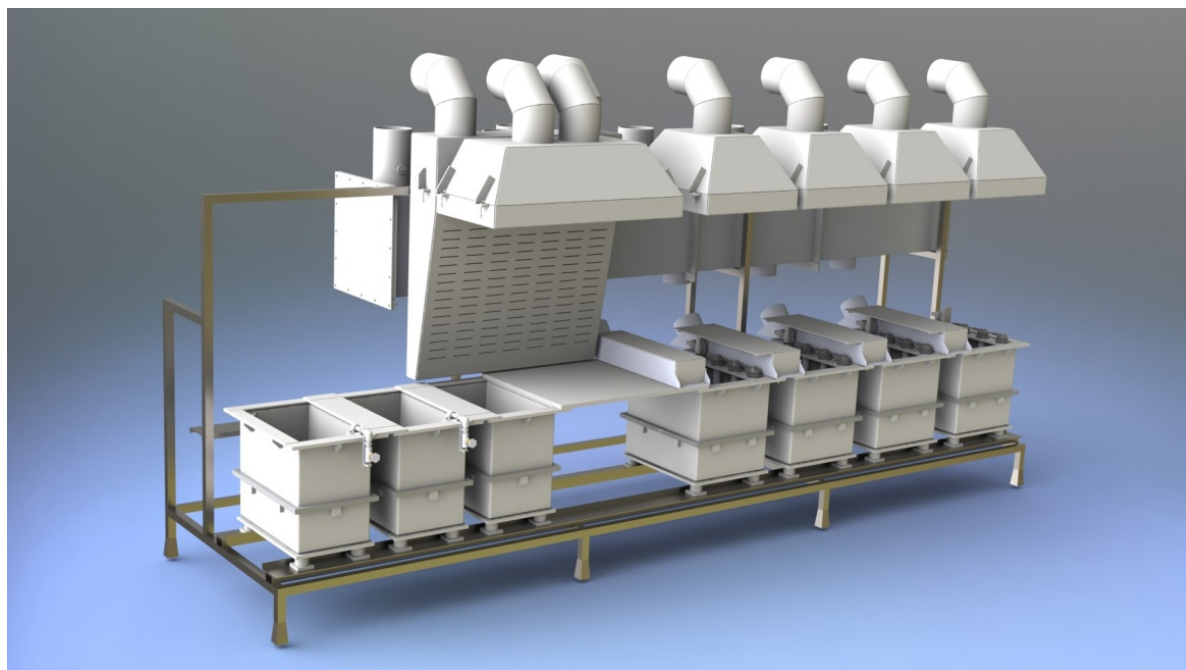
<i>Немтинов К.В., Ерусланова М.А.</i> Цифровые и физические прототипы сельскохозяйственных машин	90
<i>Соколов М.В.</i> Прогнозирование износа токарного резца акустическим методом	95
<i>Абас В.М.А.</i> Решение задачи квадратичного назначения при объемно-планировочном проектировании производства	100
<i>Середин К.А., Дьяков М.Ю.</i> Структура программы выбора основных элементов привода	104
<i>Буракова Е. А., Дьячкова Т. П., Рухов А.В.</i> Управление параметрами наноструктур на стадии получения катализатора	108
<i>Соколов М.В., Усман Ф.Д.</i> Акустический метод прогнозирования износа инструмента при токарной обработке	112
<i>Торбин А.В., Соколов М.В.</i> Рациональная модернизация станков с числовым программным управлением	118
<i>Дьяков М.Ю., Середин К.А.</i> Автоматизированный выбор мотор редуктора привода аппарата с перемешивающими устройствами	122
<i>Лаял Ахмад</i> Разработка электронной модели бурового судна	125
Секция Виртуальное моделирование, визуализация и прототипирование социально значимых объектов	130
<i>Рачкова С.А., Мокрозуб В.Г.</i> Алгоритм расчета пространственной доступности школ в сельских районах	131
<i>Вехтева Н.А., Волков А.А., Сवेशников А.Ю.</i> Алгоритм оценки качества фотополимерной 3D-печати по расположению моделей в области построения	134
<i>Морозов В. В.</i> Виртуальная реконструкция исторически значимых территорий на различных этапах их освоения.....	139
<i>Ельчищева Т.Ф., Попова В.А., Попов М.А.</i> Подходы к проектированию и дизайну пространства современной школы.....	145
<i>Дьячкова В.В.</i> Разработка информационной системы для экологического мониторинга	150
<i>Леденева Г.Л., Бацунова А.В.</i> К проблеме идентичности в архитектуре и дизайне... ..	157
Секция Проектирование и применение компьютерных имитационных моделей, виртуальных тренажеров и систем машинного зрения	165
<i>Попова Е.А., Яковлев А.В.</i> Модель программно-аппаратного комплекса двухфакторной аутентификации субъектов и контроля доступа на объекты критической инфраструктуры	166
<i>Федорова Г.Н., Калистратов М.С., Санников С.А.</i> Технология разработки онтологии элементов кожухотрубчатых теплообменников	172
<i>Назарова А.О., Теселкин Д.В., Суркова Е.О.</i> Разработка программных средств для диагностики тревожно-фобических расстройств на основе систем виртуальной реальности	175

<i>Борисенко А. А.</i> Применение SMath Studio для моделирования эпидемической ситуации	180
Секция Создание электронных учебных материалов с применением технологий виртуального моделирования и прототипирования	184
<i>Мокрозуб В.Г., Краснянский М.Н., Промтов М.А., Борщев В.Я.</i> Технологии создания цифровых учебных материалов	185
<i>Дмитриев О.С.</i> Виртуальные лабораторные работы по физике для дистанционной формы обучения	188
Секция Промышленный дизайн	191
<i>Мокрозуб В.Г., Санников С.А., Нагайцев И.В.</i> Подход к созданию интеллектуальных систем автоматизированного синтеза технических устройств	192
<i>Санников С.А., Мокрозуб В.Г.</i> Подход к разработке системы поддержки принятия решений при проектировании гальванических линий	195
<i>Смирнов А. Д.</i> Анализ требований безопасности при эксплуатации зарядных станций электротранспорта	200
<i>Борисенко А. Б., Немтинов В. А.</i> Электромобили: современное состояние и перспективы развития	203
Секция Современные средства обработки информации	207
<i>Печенин В. А., Печенина Е. Ю.</i> Разработка системы автоматизации поиска подходящих публикаций в базах данных цитирования	208
<i>Федорова Г. Н.</i> База данных характеристик металлических заготовок машиностроительного предприятия	214
<i>Нагайцев И.В.</i> Применение нейронных сетей для автоматизированной разработки технологии изготовления деталей	217
<i>Порошин С.В., Дьяков Г.А.</i> Структура базы данных для хранения свойств приспособлений машиностроительных производств	221
<i>Мокрозуб В.Г., Федорова Г.Н., Алжанов А.С.</i> Оценка влияния качества сырья на качество готовой продукции	224
Секция Инженерная педагогика, моделирование процессов обучения и управления в образовании	227
<i>Соловьев А. Н., Приходько В. М.</i> Инженерное образование и концепция «неопределенности» VUCA	228
<i>Карстина С.Г., Маханов К.М.</i> Стратегии обратной связи для качественной подготовки студентов инженерных специальностей	238
Секция Математическое моделирование молекулярных систем	244
<i>Дегтярев А.А., Павлинов Р.Ю., Здерова А.В., Ростова Д.П., Ахтукова М.В.</i> Изучение превращения ионов в олеуме методом молекулярной динамики	245
<i>Дегтярев А.А., Здерова А.В., Ростова Д.П., Кривякова Е.И., Швец М.Е.</i> Механизм влияния углеродных нанотрубок на механические характеристики смолы ГФ-021 .	250

Секция Биотехнические системы и технологии	253
<i>Гречуха Д.Д.</i> Способ ранней диагностики глаукомы глаз	254
<i>Окулов Д.Д.</i> Перспективы развития фетальных мониторов.....	257
<i>Ильин Г. П.</i> Перспективы развития технологии непрерывного мониторинга гликемии	260
<i>Гончарова Т.К., Строев В.М., Попов И.А.</i> Сканирующий пирометр	262
<i>Гришина А.В., Фролова Т.А.</i> Перспективы развития магнитотерапии	265
<i>Шнякина Я. И., Аветисян А. Р.</i> Перспективы использования виртуальных моделей наркозно-дыхательных аппаратов в учебной и инженерной практиках	268
<i>Лычагина В.О., Ширкина Е.С., Шаталова И.А.</i> Нанотехнологии в медицине. Антибактериальные нанороботы	270
<i>Лычагина В.О., Фролова Т.А., Шаталова И.А., Ширкина Е.С.</i> Инновации в сфере биомедицинской робототехники	272
<i>Ширкина Е.С., Лычагина В.О., Шаталова И.А.</i> Математическая модель инфекционного заболевания	274
<i>Аветисян А. Р., Шнякина Я. И.</i> Применение метода сегментации изображения для выделения отклонения при видеоэндоскопии	277
<i>Касулина О.А., Фролов С.В., Мелехина А.А.</i> Инновационные функции инкубаторов .	279
<i>Азимуратова А. А.</i> Разработка системы управления на примере процесса гемодиализа	282
<i>Родина Е.Н., Фролов С.В.</i> Разработка алгоритма СППР врача анестезиолога-реаниматолога на примере лечения кардиогенного отека легких	284
<i>Филимонова А.П.</i> Проблема оснащения косметологического кабинета	287
<i>Крапивина В.В., Фролова Т.А.</i> Аппаратная косметология с учетом инновационных решений	289
<i>Сакоссенге Э. К. В., Фролова Т.А., Гончарова Т. К.</i> Технологические устройства для контроля эпилепсии	292
<i>Фролов С.В., Фролова Т.А.</i> Тенденции индустрии медицинских устройств	294
<i>Одеджиби О. Э.</i> Ультразвуковые эхо-методы	297

Секция

**ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**



УДК 62-253.001

Карпушкин С.В.¹, Шершуков Д.А.², Мжельский М.С.³

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: karp@mail.tstu.ru

²e-mail: d.shershykov@icloud.ru

³e-mail: maxim.mz.98@yandex.ru

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ
ИЗ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ
СОСТОЯНИЕ**

Karpushkin S.V.¹, Shershukov D.A.², Mjelskiy M.S.³

¹e-mail: karp@mail.tstu.ru

²e-mail: d.shershykov@icloud.ru

³e-mail: maxim.mz.98@yandex.ru

**INFLUENCE OF THE STRUCTURE AND MANUFACTURING METHOD FOR
CONSTRUCTIONS FROM POROUS MATERIALS ON THE STRESS-STRAIN
STATE**

Аннотация. Как правило, результатом решения задачи топологической оптимизации (ТО) является сложная нерегулярная геометрия. По этой причине использование ТО часто ограничивается теоретическими исследованиями. Современные аддитивные технологии (АТ) позволяют напрямую перейти к практическому применению ТО без предварительной инженерной проработки решения. Перспективной особенностью АТ является возможность получения пористой внутренней макроструктуры изделий. Это можно использовать для оптимизации их массы при воздействии изгибающих нагрузок. В данной работе решается задача минимизации податливости балки Мессершмитта-Бёлькова-Блома. Оптимизированная конструкция была изготовлена из пластика по технологии послойного наплавления материала при разных значениях внутренней пористости. Реализованы стандартные трёхточечные испытания на изгиб при различных типах внутреннего заполнения и проценте пористости, а также ориентации пор в пространстве. Показано, что использование внутренней пористой структуры является перспективным подходом, позволяющим снизить материалоемкость при сохранении прочностных характеристик изделия.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, аддитивные технологии, пористая структура, балка Мессершмитта-Бёлькова-Блома.

Abstract. As a rule, the result of solving topological optimization (TO) problem is complex irregular geometry. For this reason, use TO is often limited to theoretical research. Modern additive technologies (AT) allow you to directly proceed to practical use without preliminary engineering development of the solution. A promising AT's feature is the possibility of obtaining a porous internal products' macrostructure. This can be used to optimize their mass when exposed to bending loads. In this work, the task of minimizing the supplement beam Messerschmitt-Bölkov-Blom is solved. The optimized design was made of plastic according

to the technology of layer-by-layer material at different values of internal porosity. Standard three-point bend tests were implemented at various types of internal filling and the percentage of porosity, as well as the orientation of pores in space. It is shown that the use of an internal porous structure is a promising approach to reduce material intensity while maintaining the strength characteristics of the product.

Keywords: topological optimization, additive technologies, porous structure, Messerschmitt-Bölkow-Blom beam.

В работе [1] нами приведены результаты сравнения напряжённо-деформированного состояния (НДС) балок Мессершмитта-Бёлькова-Блома (МВВ), идентичных по массе, но различных по внутренней структуре: одна со сплошной, вторая с регулярной пористой. Показано, что балка пористой структуры более чем вдвое превосходит балку сплошной структуры по максимальной воспринимаемой нагрузке. В предлагаемой работе экспериментально исследовано влияние степени заполнения внутреннего объема топологически оптимизированных конструкций МВВ-балок пористым материалом, на их НДС в условиях трёхточечного изгиба, причем рассмотрены различные варианты как степени заполнения, так и ориентации конструкций в пространстве при их изготовлении. Для изготовления опытных образцов применялась технология FDM (Fused Deposition Modeling) – моделирование методом послойного наплавления экструдированного материала, для реализации которой использован настольный 3D-принтер, использующий в качестве расходного материала нить из ABS-пластика.

Технология FDM предусматривает возможность изготовления изделий с различной внутренней организацией регулярной структуры, которая может быть задана на этапе подготовки задания для 3D-принтера. Ранее было показано, что тип внутренней структуры и процент заполнения сильно влияют как на процесс изготовления, так и на механические свойства получаемого изделия [2]. Поэтому актуальной является задача поиска обоснованного компромисса между массой изделия и его механическими свойствами, которого можно достичь путём топологической оптимизации (ТО) внутренней структуры. Целью данной работы является проведение комплексных исследований влияния внутренней пористой структуры на прочностные характеристики топологически оптимизированных конструкций в условиях действия изгибающих нагрузок.

Реализация прямых численных расчётов пористых структур, имеющих сложную геометрию, затруднительна. Например, решение простой двумерной задачи определения поля перемещений прямоугольной пластины размерами 80×40 мм, левый короткий край которой консольно закреплён, а на правый вертикально вниз действует нагрузка, при пористой геометрии требует использования от 49000 до 170000 конечных элементов (КЭ). Поэтому исследования НДС рамных конструкций осуществляется в данной работе только экспериментально. Заметим, что при наличии большого количества работ, посвященных исследованию НДС изделий, полученных с помощью АТ см., например, [3,4] до настоящего времени не представлены результаты экспериментальных исследований свойств изделий, полученных при помощи АТ, которые характеризовали бы совместное применение ТО и изменений внутренней пористости.

Рассмотрим стандартную задачу минимизации податливости МВВ-балки с соотношением сторон 1:6 при наличии ограничения на объём. Постановка задачи основана на использовании модели изотропного твёрдого тела с пенализацией (SIMP) [5], метода КЭ для решений уравнений математической модели НДС пластины и формулируется следующим образом:

$$\text{min}_c(\boldsymbol{\mu}) = \mathbf{U}^T \mathbf{K} \mathbf{U}$$

при выполнении условий:

$$\begin{aligned} \mathbf{K} \mathbf{U} &= \mathbf{F}, \\ g(\boldsymbol{\mu}) = V(\boldsymbol{\mu})/V^* - 1 &\leq 0, \\ 0 \leq \mu_e &\leq 1 \quad \forall e, \end{aligned}$$

где $\boldsymbol{\mu}$ – вектор распределения плотности в расчётной области; c – податливость системы; \mathbf{K} – глобальная матрица жёсткости; \mathbf{U} и \mathbf{F} – векторы глобального перемещения и приложенных сил соответственно; g – ограничение объёма расчётной области; $V(\boldsymbol{\mu})$ – относительный объём материала; $V^* = 0.3$ – максимально допустимый относительный объём.

Поставленная задача топологической оптимизации решается методом глобально сходящихся подвижных асимптот (ММА) [6]. Результат решения задачи ТО – поле относительной плотности материала балки в диапазоне значений от 0 до 1 (рис. 1), – с применением метода [7] экспортирован в графический формат .stl.

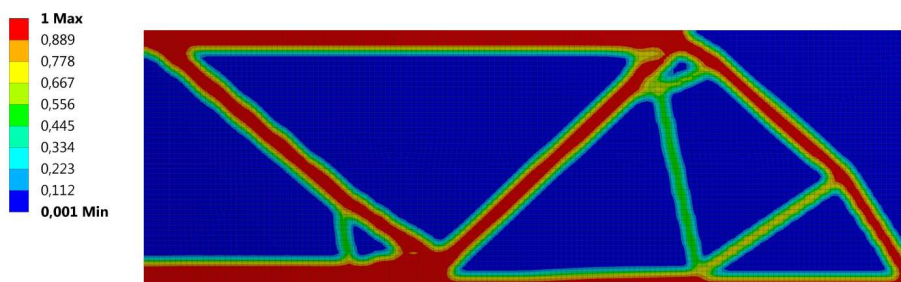


Рис. 1. Поле относительной плотности материала МВВ-балки

Поставлены следующие задачи экспериментальных исследований: сравнить НДС образцов одинакового внутреннего заполнения, но различающихся значением его доли ξ ; исследовать влияние ориентации пористой структуры при изготовлении образцов на их НДС. Образцы МВВ – балок толщиной 10 мм для проведения исследований изготавливали на 3D-принтере Raise3D PRO2 с использованием ABS-пластика REC одной серии, изготовленного по ТУ 20.60.13-002-11757806-2017. Построение внутренней пористой структуры образцов и формирование управляющего принтером G-кода осуществлялось в системе IdeaMaker.

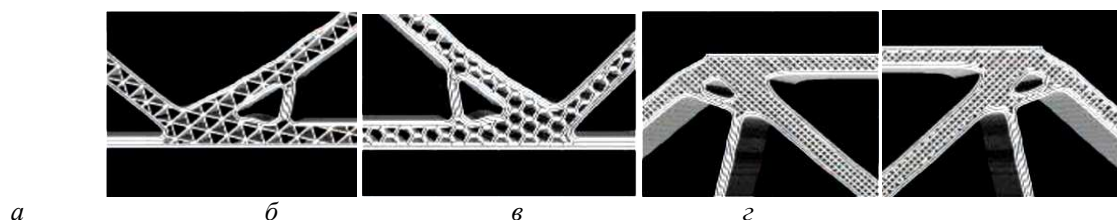


Рис. 2. Образцы с разным типом внутренней структуры
а – треугольный, б – сотовый, в – сетчатый, г – прямолинейный

На рис. 2 представлены образцы с 50% заполнением для треугольной, сотовой, прямолинейной и сетчатой внутренних структур. Сетчатый и прямолинейный типы отличаются типом перекрытия волокон: в первом случае они накладываются друг на друга, во втором – проходят насквозь. Верхние и нижние стенки образцов изготавливались сплошными толщиной 1 мм. Для оценки изменения внутренней структуры изделий во время испытания на изгиб боковые стенки были убраны. Исходя из размера рабочей области используемого принтера (305x305x300 мм), а также для оптимизации продолжительности изготовления модель была пропорционально масштабирована по осям x и y с коэффициентом 0.8 (длина 240 мм, высота 40 мм).

Была изготовлена серия образцов с $\xi = 50\%$, расположенных на области печати в горизонтальной, вертикальной и диагональной ориентациях на столе принтера (с геометрической точки зрения это влияет на ориентацию внутренней макроструктуры относительно монолитного внешнего каркаса). Для определения прочностных характеристик образцов использовалась испытательная машина Testometric M350-5AT. Скорость перемещения нагружающего ролика составила 10 мм/мин, использовалась база 228 мм. На рис. 3 представлены снятые в ходе эксперимента зависимости усилия на нагружающем ролике от его перемещения для исследуемых образцов с треугольным, сотовым, прямолинейным и сетчатым внутренним заполнением.

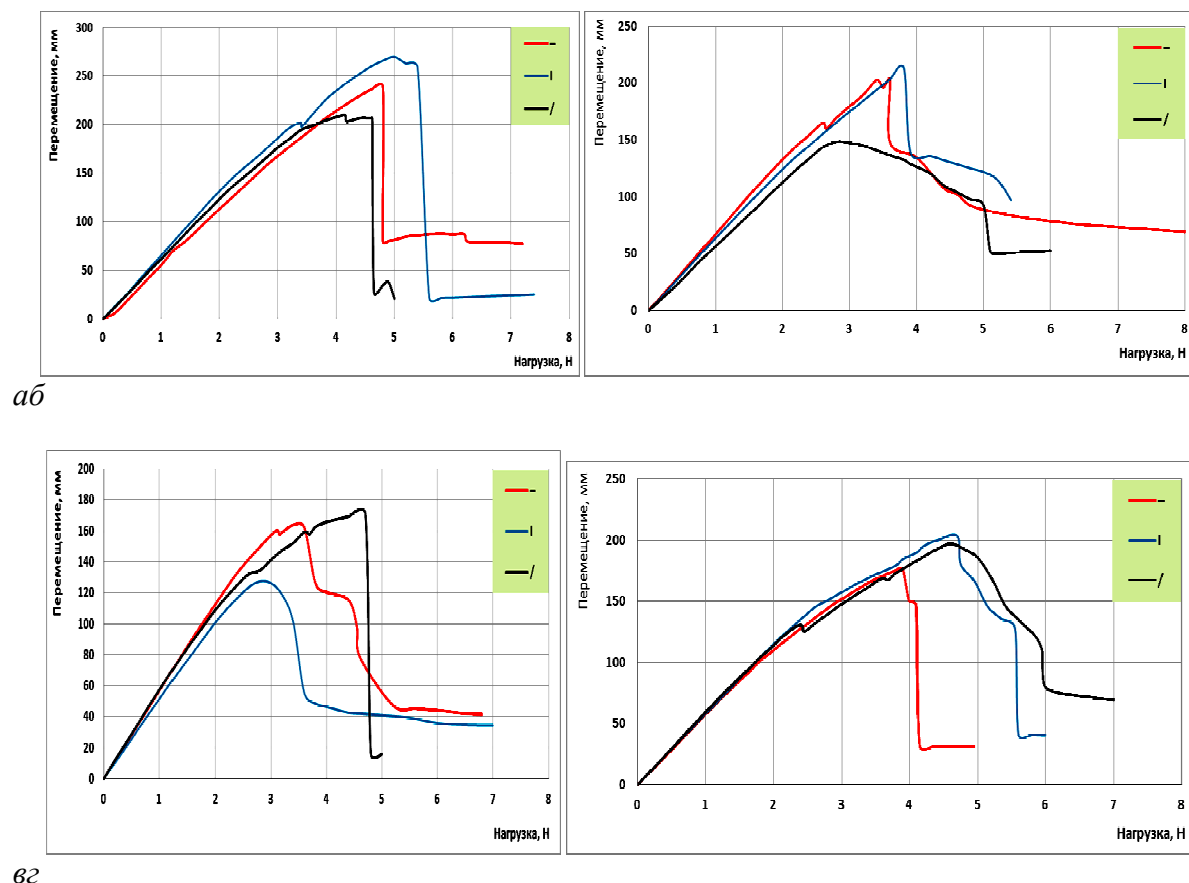


Рис.3. Кривые «нагрузка-перемещение» для треугольного (а), сотового (б), прямолинейного (в) и сетчатого (г) типа заполнения, $\xi = 50\%$

Анализ данных рис. 3 показывает:

- при треугольном заполнении образец с вертикальным расположением заготовки имеет большие значения F_{max} и S_{max} по сравнению с горизонтальным (на 11% и 4%) и диагональным (на 25% и 8%) соответственно. Следует отметить наличие на полученных кривых локальных скачкообразных изменений (например, при $S = 3.4$ мм для вертикального расположения). Такие изменения можно объяснить наблюдаемыми в ходе эксперимента локальными разрушениями внутренней пористой структуры и деламинацией внешних слоев изделий;

- при сотовом заполнении F_{max} и S_{max} больше для вертикального расположения образца по сравнению с горизонтальным (на 5% и 12%) и диагональным (на 44% и 35.5%) соответственно. Локальные скачкообразные изменения кривой наблюдаются преимущественно у образца с горизонтальным расположением. Разрушение образцов сопровождается разрушением верхних перегородок образцов;

- при прямолинейном заполнении F_{max} и S_{max} больше для диагонального расположения образца по сравнению с горизонтальным (на 5% и 25%) и вертикальным (на 25% и 38%) соответственно. Локальных скачкообразных изменений на этих кривых наблюдается меньше. Разрушение образцов сопровождается разрушением внутренней макроструктуры;

- при сетчатом заполнении значения F_{max} и S_{max} больше для образца вертикального расположения: на 13% и 3% и на 19% и 2% по сравнению с горизонтальным и диагональным соответственно. Характерного типа разрушения образцов у этих образцов нет.

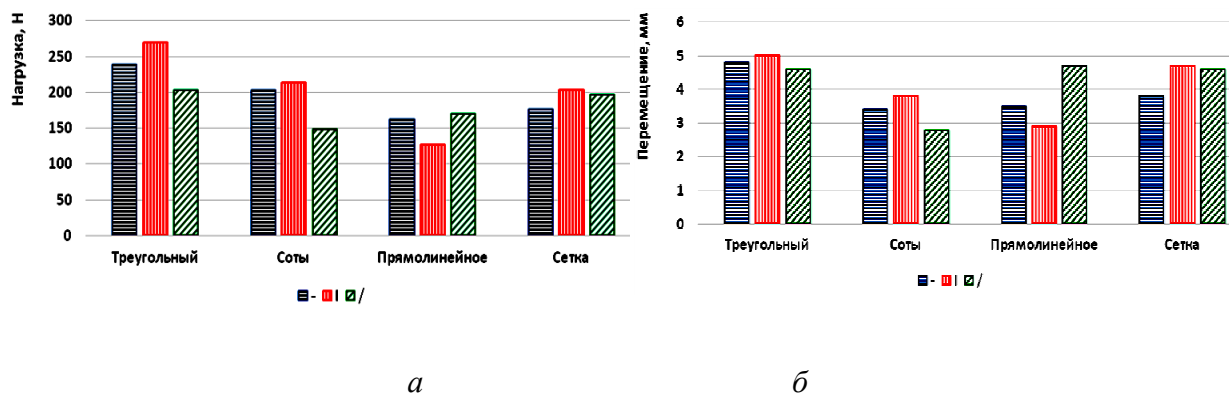


Рис.4. Пределы прочности (а) и максимальные перемещения (б) исследуемых образцов

На основе рис. 3 получены данные о пределах прочности и максимальных перемещениях исследуемых образцов (рис. 4). Как видно, при равном проценте заполнения наиболее прочной является заготовка с треугольным типом внутреннего заполнения при вертикальном расположении на области печати, причём выигрыш достигает 53% по сравнению с прямолинейным заполнением в вертикальной ориентации. При прочих равных условиях треугольная внутренняя структура выдерживает большую нагрузку, чем другие виды заполнения. По параметру максимальных перемещений выводы аналогичные: образец с треугольной внутренней структурой при вертикальном расположении воспринимает максимальные перемещения. Максимальная разница 44% наблюдается с образцом сотового заполнения при диагональном расположении. Для исследования влияния процента внутреннего заполнения балок МВВ на НДС была изготовлена серия образцов с треугольной и сетчатой структурой при $\xi = 10, 30, 50, 70, 90\%$. Результаты их испытаний представлены на рис. 5.

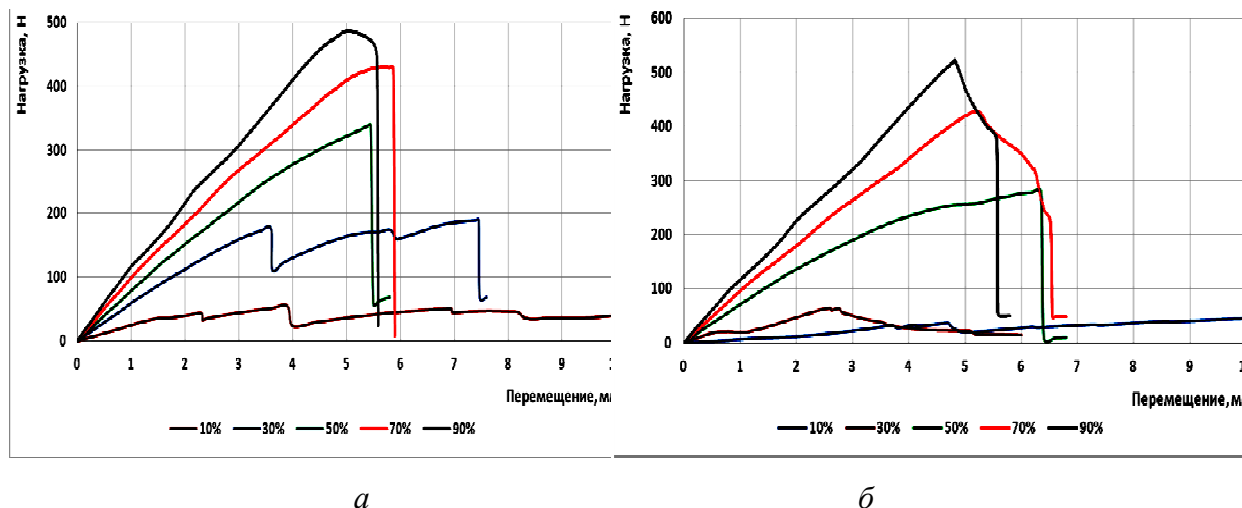


Рис.5 Кривые «нагрузка-перемещение» для треугольного (а) и сетчатого (б) типа заполнения

Из анализа рис. 5 можно сделать вывод:

- образцы с треугольной структурой при $\xi = 10\%$ и 30% не способны выдерживать повышенные нагрузки. Их внутренняя структура быстро разрушается, пластичность конструкции обеспечивают только внешние монолитные слои. При $\xi = 50\%$ на нижней левой стороне наблюдалось разрушение треугольной структуры, но внешние слои не повреждены. Для образцов $\xi = 70\%$ и 90% зафиксировано полное разрушение верхних и нижних слоев конструкций;

- образцы с сетчатой структурой при $\xi = 10\%$ и 30% ведут себя аналогично образцам с треугольной структурой. При анализе разрушения образцов $\xi = 50\%$, 70% и 90% выявлено разрушение пористой микроструктуры и двустороннее расслоение, разрушения микроструктуры на верхнем уровне заготовки, частичное расслоение на верхнем внутреннем слое образца и незначительное разрушение микроструктуры соответственно. Самым упругим оказался образец с $\xi = 50\%$.

Для анализа полученных экспериментальных данных необходима информация о массе образцов, полученная с помощью весов с точностью 0.01 г. Расчётная («теоретическая») масса по данным IdeaMaker) всех образцов – величина почти постоянная, отклонения не превышают 5%. Однако массы изготовленных образцов («практические») значительно различаются: наибольшая у образца с треугольной структурой и вертикальной ориентацией (19.56 г), наименьшая – с сеточной структурой и вертикальной ориентацией (17.58 г), т.е. колебания массы превысили 10%. Можно предположить, что это объясняет повышенную прочность самого тяжёлого образца. Образцы схожей массы с сотовым заполнением уступают по прочности образцам с треугольным заполнением, но сравнимы с образцами сетчатой структуры, обладающими наименьшей массой. Таким образом, организация внутренней пористой структуры является эффективным инструментом снижения материалоёмкости изделий. При этом особое внимание следует уделять выбору типа внутренней структуры, а также её ориентации по отношению к прикладываемым нагрузкам.

Список использованных источников

1. Карпушкин, С.В. Влияние внутренней пористой структуры на прочность нагруженных изделий оптимальной топологии / С.В. Карпушкин, Д.А. Шершуков // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы Международной научно-практической конференции – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Вып. 7. – 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 25-30.
2. Wu, J. Infill Optimization for Additive Manufacturing-Approaching Bone-Like Porous Structures / J. Wu, N. Aage, R. Westermann, O. Sigmund // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2018. – Vol. 24, No. 2. – P. 1127-1140.
3. Durgun, I. Experimental investigation of FDM process for improvement of mechanical properties and production cost / I. Durgun, R. Ertan // Rapid Prototyping Journal. – 2014. – Vol. 20, No. 3. – P. 228-235.
4. Yang, K.K. Experimental validation of 3D printed material behaviors and their influence on the structural topology design / K.K. Yang, J. H. Zhu, C. Wang et al. // Computational Mechanics. – 2018. – Vol. 61, No. 5. – P. 581-598.
5. Rozvany, G.I.N. A critical review of established methods of structural topology optimization / G.I.N. Rozvany // Structural and Multidisciplinary Optimization. – 2009. – Vol. 37, No. 3. – P. 217-237.
6. Svanberg, K. A class of globally convergent optimization methods based on conservative convex separable approximations / K. Svanberg // Society for Industrial and Applied Mathematics. – 2002. – V. 12, No. 2. – P. 555–573.
7. Алехин, П.А. Разработка алгоритма отображения результатов топологической оптимизации при решении двумерных задач стационарной теплопроводности / П.А. Алехин, А.О. Глебов, С.В. Карпов, С.В. Карпушкин, В.А. Хлебников // Вестник Тамбовского ГТУ. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 22-35.

УДК 62-253.001

Карпушкин С.В.¹, Мжельский М.С.², Шершуков Д.А.³

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: karp@mail.tstu

²e-mail: maxim.mz.98@yandex.ru

³d.shershukov@icloud.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПАССИВНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Karpushkin S.V.¹, Mgelskiy M.S.², Shershukov D.A.³

¹e-mail: karp@mail.tstu

²e-mail: maxim.mz.98@yandex.ru

³d.shershukov@icloud.ru

APPLICATION OF TOPOLOGICAL OPTIMIZATION TO STUDY THE EFFICIENCY OF PASSIVE COOLING STRUCTURES

Аннотация. Для организации отвода тепла в промышленном и бытовом оборудовании часто используются радиаторы с естественным или принудительным охлаждением. Рассматривается решение задачи топологической оптимизации стационарной теплопроводности плоской пластины с условием Дирихле на боковой границе и равномерным тепловыделением по всему объему. Найденная геометрия оптимальной топологии изготовлена с использованием технологии проволоочной электроэрозионной резки. Высказано предположение, что результаты решения этой задачи могут быть эффективно использованы в практических целях для создания принципиально новых конструкций радиаторов пассивного охлаждения. Приводятся результаты экспериментальных исследований эффективности теплоотвода топологически оптимизированного радиатора и традиционных ребристых. Сформулированы рекомендации по практическому применению полученных результатов.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, свободная конвекция, электроэрозионная резка, ребристые радиаторы, тепловизор, экспериментальные исследования.

Abstract. To organize the heat removal in industrial and household equipment, radiators with natural or forced cooling are often used. The problem solution of topological optimization for stationary thermal conductivity in a flat plate with the Dirichlet condition on the lateral boundary and uniform heat release throughout the volume is considered. The found geometry of the optimal topology was made using wire EDM technology. It is suggested that the results of solving this problem can be effectively used for practical purposes to create fundamentally new designs of passive cooling radiators. The experimental studies' results of the heat removal efficiency in a topologically optimized radiator and traditional ribbed ones are presented. Recommendations on the practical application of the results obtained are formulated.

Keywords: topological optimization, free convection, electro erosive cutting, ribbed radiators, thermal imager, experimental studies.

Надёжность и эффективность многих технических систем определяется тепловыми режимами их функционирования. Это особенно актуально для электронной аппаратуры, где полупроводниковые приборы имеют ограничения на допустимую температуру $p-n$ перехода. Для организации отводтепла часто используются радиаторы с естественным или принудительным (например, с помощью вентиляторов) охлаждением. Как правило, в первом случае коэффициент теплоотдачи составляет 2-5 Вт/м²·К, во втором 25-250 Вт/м²·К. Принудительное охлаждение обеспечивает значительно большую эффективность, тем не менее в инженерной практике, где это возможно, предпочтение отдаётся естественному охлаждению, т.к. оно характеризуется простотой конструкции, отсутствием затрат энергии на работу вентиляторов, шума и механических поломок. Чаще всего для естественного охлаждения используются ребристые и игольчатые радиаторы.

В ребристых радиаторах увеличение поверхности теплообмена достигается за счет продольных или поперечных ребер. Их отливают из алюминиевых или магниевых сплавов, а затем шлифуют контактные поверхности до 6-7 класса чистоты. В игольчатых радиаторах развитая поверхность теплообмена создается множеством различных по длине и высоте штырей-«иголок». Такие конструкции характеризуются простой геометрией и, как следствие, несложной параметризацией.

Для научных публикаций, посвященных оптимизации конструкций ребристых радиаторов (см., например, [1]), характерна стратегия параметризации и перебора различных вариантов конструкции с решением для каждой из них уравнений теплопроводности и свободной конвекции. Перспективным подходом к оптимизации массы и размеров радиаторов охлаждения является применение методов топологической оптимизации (ТО) [2] – итерационного поиска распределения материала внутри расчетной области, соответствующего экстремальному значению некоторой характеристики эффективности системы. Среди перспективных направлений использования результатов ТО можно выделить создание нового поколения радиаторов светодиодных светильников [3].

Существенным недостатком исследований, посвященных двумерной и трехмерной ТО теплообменной аппаратуры, в частности, радиаторов является отсутствие экспериментального обоснования полученных теоретических результатов, см. [4]. Задачи ТО чаще всего решаются на фундаментальном уровне, с допущениями об «искусственных» свойствах материала или при задании условий, трудно реализуемых физически. Кроме того, геометрия образцов, получаемых в результате ТО, нередко оказывается чрезвычайно сложной, что может привести к большим затратам времени на изготовление, либо к невыполнимым технологическим требованиям.

В работе [5] нами рассмотрена задача ТО стационарной теплопроводности плоской металлической пластины, в результате решения которой получено поле относительной плотности (рис. 1, а) с представлением цветовой карты данных в градациях серого: черный цвет обозначает область с высокой теплопроводностью, белый – область с низкой теплопроводностью, серый цвет – области промежуточной плотности. Эта геомет-

рия оптимальна с точки зрения отвода тепла, равномерно выделяющегося в объеме пластины. При этом (см. рис. 1, б), наивысшие значения температур достигаются в области материала с низкой теплопроводностью. Высказана гипотеза о возможности использования устройства в форме области с высокой теплопроводностью для практического применения в качестве радиатора. Периметр этой области составил 791 мм.

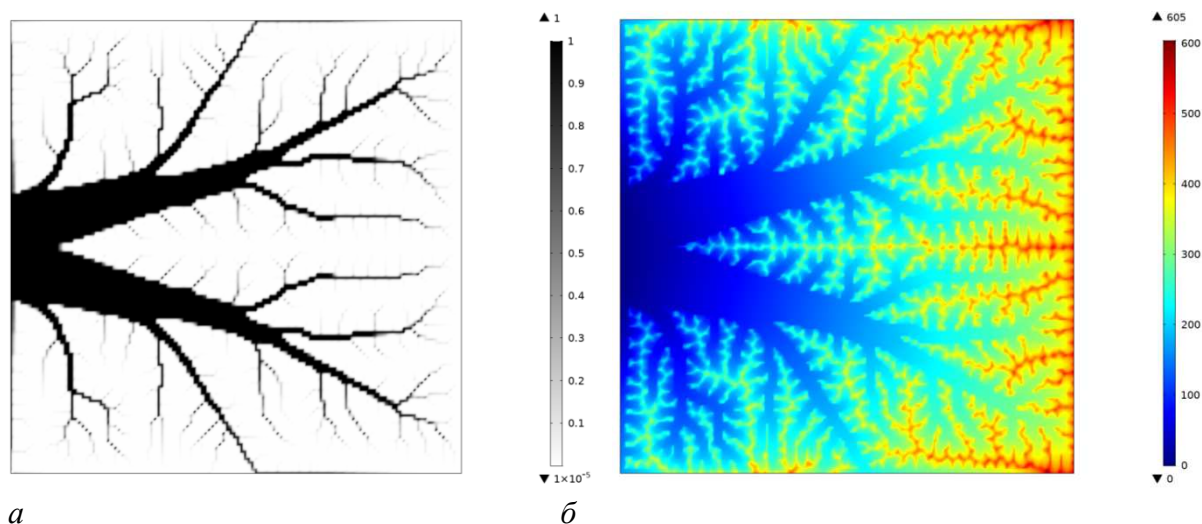


Рис.1. Результаты решения задачи ТО плоской пластины
 а – поле относительной плотности; б – температурное поле, °С

Топологически оптимизированное распределение материала (рис. 1, а) отличается сложной «дендрической» геометрией с развитой ветвящейся структурой, непригодной для изготовления с помощью традиционных технологий фрезерной и токарной обработки металлов. В результате анализа технологий резки металлических заготовок было принято решение о применении проволочной электроэрозионной резки [6] (Wire Electrical Discharge Machining, WEDM), эффективной при изготовлении образцов из твердых листовых металлических материалов, имеющих сложную геометрию. Для изготовления экспериментального образца использован электроэрозионный проволочно-вырезной станок с ЧПУ DK7732CA. Топологически оптимизированная конструкция радиатора изготовлена за 6 часов из пластины размером 100x75x10 мм (материал – сталь 3). Согласно спецификации, точность обработки составила $6\text{-}9 \cdot 10^{-6}$ м. Из-за технологических ограничений электроэрозионной резки геометрия изготовленного образца не содержит узких малоразмерных областей, поэтому его поверхность меньше теоретической. Периметр изготовленного образца составил 542,5 мм, т.е. технология WEDM позволила отобразить 68,58% теоретического контура. Поверхность изготовленного образца составила 681,6 мм², масса – 53,64 г (использованы лабораторные весы CASMWP 150, имеющие точность 0,005 г).

Технология WEDM, при прочих равных условиях, является более дорогой по сравнению с токарной и фрезерной обработкой металла. В связи с этим, представляет интерес сравнение эффективности теплоотвода изготовленного образца ТО-радиатора и широко распространенной традиционной конструкции ребристого радиатора из того же материала при условии равенства их поверхностей.

В системе Компас-3D разработаны геометрические модели нескольких конфигураций ребристых радиаторов, причем для создания одинаковых условий теплообмена длина L и высота основания d должны совпадать с аналогичными размерами ТО-радиатора (16,5 и 6 мм соответственно). Расстояние между ребрами c и ширина ребра b подбирались таким образом, чтобы равномерно расположить заданное количество ребер n . При помощи варьирования высоты заготовки H обеспечивалось равенство фронтальных поверхностей всех конструкций. Параметры геометрии разработанных конструкций ребристых радиаторов, названных по числу ребер, сведены в табл.1.

Таблица 1. Параметры геометрии ребристых радиаторов охлаждения

	Вариант конструкции	H , мм	b , мм	c , мм
		3	54,55	4
	5	52,61	2,5	1
	6	54,55	2	0,9
	7	58,02	1,6	0,88
	8	54,55	1,5	0,64

Таким образом, разработаны пять вариантов конструкций традиционных радиаторов, имеющих 3, 5, 6, 7 и 8 ребер, с одинаковыми площадями фронтальных и различными площадями боковых поверхностей. Данные о боковых поверхностях и массах образцов в сравнении с изготовленным ТО-радиатором приведены в табл. 2. Как видно, различия в массе образцов не превышают 5%.

Таблица 2. Площади боковой поверхности и массы радиаторов

ТО-радиатор		3	5	6	7	8
Теория	Эксперимент					
Площадь боковой поверхности, мм ²						
7910	5425	3198	4946	6111	7657	8052
Относительно ТО-радиатора, %						
-	100	58,9	91,2	112,6	141,1	148,4
Масса, г						
-	53,64	54,26	54,18	53,33	55,88	55,43
Относительно ТО-радиатора, %						
-	100	101,2	101	99,4	104,2	103,3

Из данных табл. 2 можно сделать вывод, что площадь боковой поверхности радиаторов 5 и 6 соизмерима с ТО-радиатором. Поэтому эффективность работы этих модификаций вызывает повышенный интерес при анализе результатов экспериментов. С другой стороны, у радиаторов 7 и 8 площадь боковой поверхности почти в 1,5 раза выше.

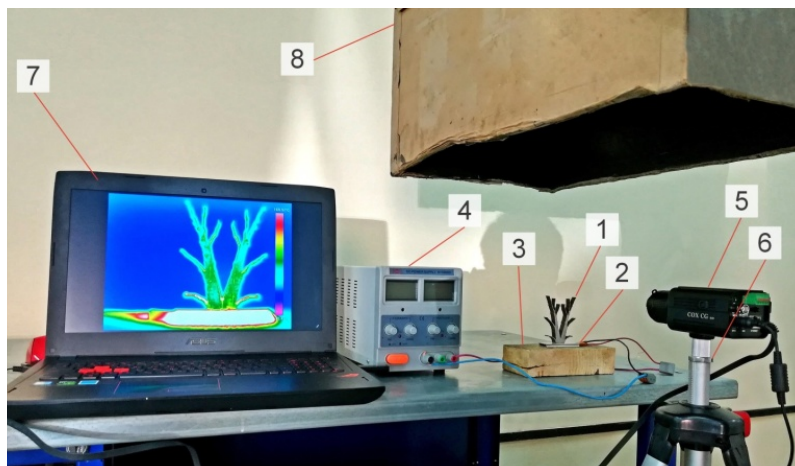


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

Внешний вид разработанной экспериментальной установки представлен на рис. 2. Исследуемый образец 1 располагался на резистивном нагревателе 2 в плоском алюминиевом корпусе 20x60 мм, имеющем номинальную мощность 100 Вт при напряжении 12 В. В свою очередь, нагреватель устанавливался на деревянную теплоизолирующую подставку 3. Для уменьшения термосопротивления опорная поверхность образца покрывалась термопастой Deerscool Z3, имеющей теплопроводность $1,13 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$. Температура окружающей среды 21°C . Нагреватель подключался к линейному источнику питания Mastech NY3005D 4 при значениях силы тока 1,9 А и напряжения 3,4 В. Для регистрации температурных полей использовали тепловизор COX CG640 5, установленный на штативе 6 и подключенный по интерфейсу RJ45 к компьютеру 7. Точность измерений тепловизора в температурном интервале $80\pm 40^\circ\text{C}$ составила $\pm 2\%$. Для снижения действия помех образец накрывался непрозрачным картонным экраном 8 размером 610x340x290 мм, на внутренние стенки которого нанесена черная матовая краска.

На основании практического опыта разработана методика тепловизионного эксперимента, включающая следующие этапы.

1. Фокусировка и позиционирование тепловизора: исследуемый образец и тепловизор размещаются так, чтобы основание образца совпало с нижним краем регистрируемого температурного поля. Изделие находится на расстоянии 25 см от тепловизора.

2. Достижение стационарного состояния – момента изменения температуры центральной линии крайнего ребра радиатора на протяжении одной минуты $\leq 2\%$ (точность тепловизора).

3. Регистрация температурного поля, представляющего собой матрицу 640x480 (разрешение тепловизора).

4. Фильтрация и анализ результатов: обнуление температуры фона и локальных перегревов, расчет интегрального показателя – средней температуры образцов T_{av} .

В соответствии с предложенной методикой проведены экспериментальные исследования температурных полей радиаторов пассивного охлаждения. Сравнение экспериментальных и расчетных данных представлено в табл. 3.

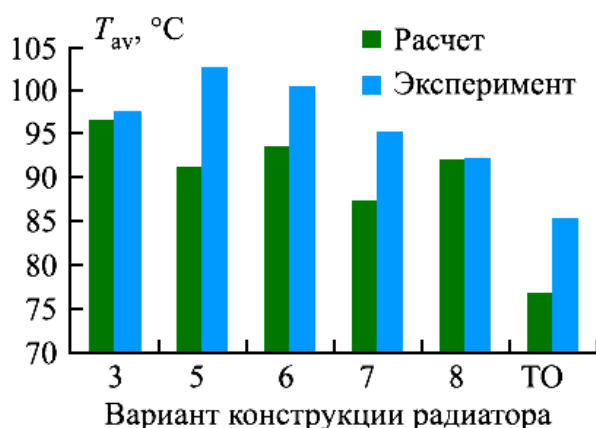


Рис. 3. Диаграмма расчетных и экспериментальных значений средней температуры для радиаторов разных конструкций

Значения средней температуры радиаторов представлены на рис. 3. Как видно, наибольшие отклонения расчетных и экспериментальных данных получены для радиаторов 5, ТО и 7 (соответственно 11,1 %, 9,7 % и 8,4%). В то же время, для радиаторов 3 и 8 наблюдается почти полные совпадения (отклонения 0,7 % и 0,2% соответственно).

Совместный анализ данных табл. 3 и рис. 3 позволяет сделать вывод, что ТО-радиатор имеет минимальную среднюю температуру 81,1°C, а значит и наибольшую эффективность диссипации тепла. Следующие по данному показателю – радиаторы 7 и 8 (91,1 и 92°C соответственно). Напомним, что боковая теплоотдающая поверхность этих конструкций почти в 1,5 раза выше чем у ТО-радиатора. В связи с этим можно сделать вывод, что распределение материала, полученное в результате решения задачи ТО, намного эффективнее отвечает требованиям рассеивания тепла. Соизмеримые с ТО-радиатором конструкции 5 и 6 имеют средние температуры 96,7 и 97,1°C соответственно. Этот результат более чем на 15% хуже по сравнению с ТО-радиатором.

Таблица 3. Средние температуры исследуемых образцов

Вариант конструкции	$T_{av}, ^\circ\text{C}$ расчет	$T_{av}, ^\circ\text{C}$ эксперимент
ТО	76,9	85,2
3	96,7	97,4
5	91	102,4
6	93,7	100,4
7	87,1	95,1
8	91,9	92,1

Данные экспериментальных исследований подтвердили высокую эффективность использования методов ТО для создания новых конструкций пассивного охлаждения. Очевидно, что стоимость изготовления ТО-радиаторов существенно выше, чем стоимость изготовления традиционных конструкций. Поэтому для практического внедрения полученных результатов необходимо провести исследования соотношения стоимости изготовления изделий сложной геометрии и экономии от снижения материалоемкости и улучшения тепловых режимов функционирования оборудования.

Список использованных источников

1. Park, S.-J. Optimization of a staggered pin-fin for a radial heat sink under free convection / S.-J. Park, D. Jang, S.-J. Yook, K.-S. Lee // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2015. – Vol. 87. – P. 184–188.
2. Bendsøe, M.P. *Topology optimization: theory, methods, and applications* / M.P. Bendsøe, O. Sigmund. – Springer: New York, Berlin Heidelberg. – 2003. – 370 p.
3. Lazarov, B.S. Experimental validation of additively manufactured optimized shapes for passive cooling / B.S. Lazarov, O. Sigmund, K.E. Meyer, J. Alexandersen // *Applied Energy*. – 2018. – Vol. 226. – P. 330–339.
4. Koga, A.A. Development of heat sink device by using topology optimization / A.A. Koga, E.C.C. Lopes, H.F. Villa Nova et al. // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2013. – Vol. 64. – P. 759–772.
5. Карпушкин, С.В. Анализ растровых изображений распределения материала в результате топологической оптимизации / С.В. Карпушкин, М.С. Мжельский // *Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы Международной научно-практической конференции*. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Вып. 7. – 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 31-36.
6. Firouzabadi, H.A. Improving accuracy of curved corners in wire EDM successive cutting / H.A. Firouzabadi, J. Parvizian, A. Abdullah // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2015. – Vol. 76, No. 1–4. – P. 447–459.

УДК 517 : 621.316

Егоров С.Я¹, Абас В.М.А.²

¹ Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: egorovsy@yandex.ru,

² Южно-Российский государственный политехнический университет,
Россия, г. Новочеркасск,
e-mail: abas.wisam.82@mail.ru

РАЗРАБОТКА ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КВАДРАТИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Egorov S.Ya¹, Abas W. M. A.²

¹ Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: egorovsy@yandex.ru

² South Russian State Polytechnic University, Russia, Novocherkassk
e-mail: abas.wisam.82@mail.ru

DEVELOPMENT NUMERICAL METHODS AND ALGORITHMS FOR SOLVING THE QUADRATIC ASSIGNMENT PROBLEM

Аннотация. Исследованы и реализованы на ЭВМ метод Монте-Карло, комбинаторные аналоги метода Гаусса-Зейделя, генетического алгоритма и соответствующие гибридные методы, а также известные методы получения начального размещения, а именно алгоритмы последовательного размещения и размещения по критерию связности для решения задачи квадратичного назначения при оптимальном размещении элементов оборудования в цехах предприятий.

Ключевые слова: компоновка оборудования, оптимизация, топологические параметры, методы оптимизации

Abstract. The Monte-Carlo method, combinatorial analogues of the Gauss-Seidel method, the genetic algorithm and the corresponding hybrid methods, as well as well-known methods for obtaining initial placement, namely algorithms for sequential placement and placement according to the connectivity criterion for solving the quadratic assignment problem with optimal placement of equipment elements in the workshops of enterprises, have been studied and implemented on a computer.

Keywords: equipment layout, optimization, topological parameters, metric parameters, methods.

Задача размещения оборудования в ангарном (одноэтажном) цехе формулируется так: найти такой вариант размещения технологического оборудования в ангарном цехе $A = A_i(x_i, y_i, z_i, \alpha_i), \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$ и габариты цеха $S_M = (X_u, Y_u, Z_u)$, при которых крите-

рий (10) достигает минимума и выполняются условия модели (2) – (10) [1]. Данная задача является вариантом общей задачи, получившей название задачи квадратичного назначения. Рассмотрим методы и алгоритмы решения данной задачи.

1. Комбинаторные аналоги метода Гаусса-Зейделя в задаче размещения

а. Классический вариант

Будем решать задачу целочисленной оптимизации с целевой функцией $F(x)$, где x - вектор оптимизируемых параметров размещения, а именно перестановка без повторений номеров позиций n элементов. Координаты ячеек для размещения элементов можно вычислить через номер позиции. Подобный подход является экономичным по той причине, что автоматически учитываются геометрические ограничения. В классическом варианте метода Гаусса-Зейделя (покоординатного спуска) поочередно делаются шаги по каждой координате с целью поиска меньшего значения целевой функции. Здесь возможны варианты: можно искать для каждой координаты локальный минимум с той или иной точностью, например, можно ограничиться одним шагом в сторону уменьшения значения функции, а можно искать точное значение координаты локального минимума. Первый подход представляется прагматичным по ряду причин, прежде всего в силу упрощения алгоритма, особенно учитывая целочисленный характер аргументов.

При первом же шаге этой процедуры оптимизации, как правило, происходит выход за пределы допустимой области. В модифицированном комбинаторном варианте метода после такого шага перестановка корректируется: отыскивается аргумент, значение которого совпало с новым значением варьируемой координаты. Значение данного аргумента заменяется на исходное значение (до шага оптимизации) варьируемой координаты. В результате происходит возвращение в пространство перестановок без повторений (повтор значений номеров позиций устраняется). Таким образом, в комбинаторном варианте метода покоординатного спуска на одном этапе вычислений меняются одновременно две координаты (а не одна, как в обычном варианте) - по одной из координат делается обычный пробный шаг, а по другой – корректировка, возврат в допустимую область. Далее вычисляется значение целевой функции в найденной точке и сравнивается с достигнутым ранее значением. Если произошло улучшение значения, то найденная точка становится новой стартовой. Иначе делается шаг по другой координате с одновременной корректировкой вектора номеров позиций элементов (возврат в допустимую область). Как правило, данный метод позволяет найти локальный минимум. Для нахождения глобального оптимума применяют метод т.н. мультистарта. Новая стартовая точка выбирается наиболее просто методом Монте-Карло равномерно во всей допустимой области.

б. Рандомизированный комбинаторный аналог метода «быстрой переменной»

Классическая процедура метода Гаусса-Зейделя для рассматриваемой задачи может быть нерациональна по следующей причине. На каждом этапе вычислений осуществляется локальная оптимизация по каждой из n переменных функций цели, в то время как эти вычисления относительно дорогостоящи. Существует рандомизированный ва-

риант метода Гаусса-Зейделя, в котором переменные, по которым осуществляется локальная оптимизация, выбираются случайно и равновероятно. Но в среднем трудоемкость вычислений здесь имеет аналогичный порядок. Поэтому рассматриваемые варианты метода Гаусса-Зейделя в данном отношении проигрывают при больших n генетическому алгоритму, для которого требуется число вычислений целевой функции на каждом этапе порядка числа особей в одном поколении m . Аналогично обстоит дело в случае роевого метода, для которого на каждом этапе вычисляется N функций цели, равное размерности роя. Улучшение процедуры метода Гаусса-Зейделя достигается в его варианте, называемом методом быстрой переменной, которая выбирается из условия максимума модуля производных по координатам от функции цели. Однако это требует также n оценок производных. Благоприятным обстоятельством является то, что в задаче о квадратическом назначении быструю переменную можно найти по значениям матрицы связей. Таковые переменные соответствуют элементам, имеющим наибольшее количество связей. То есть оценочный критерий быстрой переменной есть величина,

равная матричной норме для матрицы связей R , а именно $\max_{i=1, \dots, n} \sum_{j=1}^n r_{ij}$.

Однако данный критерий является, как было отмечено, оценочным, по этой и другим причинам улучшение вычислительных качеств метода достигается за счет рандомизации. При этом выбор координат для локальной оптимизации осуществляется случайно, но вероятность выбора переменной прямо пропорциональна строчной сумме матрицы связей R , а именно $\sum_{j=1}^n r_{ij}, i = 1, \dots, n$, равной числу связей элемента с остальными элементами цепи.

2. Метод решения задачи размещения на основе генетического алгоритма и парных перестановок

Генетический алгоритм оптимизации является примером применения бионического подхода [2,3]. Он заключается в следующем.

1. На первом шаге осуществляется задание начальной популяции с определенной численностью.

2. На втором шаге в соответствии с целевой функцией вычисляются коэффициенты выживаемости, их сумма равна единице. Иногда применяются относительные оценки погрешностей и т.п. критерии.

3. Осуществляется статистическая генерация заданного числа пар для размножения. Вероятность особи попасть в пару определяется коэффициентом выживаемости (значением функции ценности).

4. Производится скрещивание отобранных пар. Векторы независимых переменных делятся на две части, которыми члены пары обмениваются. В результате потомки со смешанными векторами, образуют новую популяцию.

5. Если характеристики потомства плохие, то рационально применение мутации, основанной на рандомизации.

6. Селекция потомства позволяет отобрать особи с наилучшими свойствами выживаемости.

7. Если требуется улучшить найденное решение, то осуществляется переход к п.2.

Согласно исследованиям генетический алгоритм сходится заведомо не хуже метода Монте-Карло. Известны и другие алгоритмы стохастической оптимизации [4,5].

Проведенное исследование показывает, что метод штрафных функций в задаче размещения и для случая генетического алгоритма является малоэффективным. Поэтому представляет интерес в качестве особой популяции рассматривать перестановки без повторений. Это обстоятельство учитывается на этапах селекции и мутации: на указанных этапах стандартные вычисления согласно генетическому алгоритму дополняются процедурой парных перестановок генов в хромосоме.

Список использованных источников

1. Егоров, С.Я. Автоматизированная информационная система поддержки принятия проектных решений по компоновке промышленных объектов. Часть 1. Аналитические и процедурные модели / С.Я. Егоров, В.Г. Мокрозуб, В.А. Немтинов, И.В. Милованов // Информационные технологии в проектировании и производстве. - 2009. - № 4. - с. 3-11.

2. Старостин, Н.В. Многоуровневый алгоритм решения задачи архитектурно-зависимой декомпозиции / Н.В. Старостин, Н.В. Быкова.– Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2017. – 24 с.

3. Рашковский, С.А. Решение задач комбинаторной оптимизации методом Монте-Карло / С.А. Рашковский // Доклады Академии наук. - 2016. - № 4. - с. 403-407.

4. Rashkovskiy, S.A. Monte Carlo solution of combinatorial optimization problems / S.A. Rashkovskiy // Doklady Mathematics. - 2016. – No. 3. – pp. 720-724.

5. Кулаков, А.А. Разработка и исследование алгоритмов оптимального размещения компонентов СБИС трёхмерной интеграции : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 / Кулаков Андрей Анатольевич – Таганрог, 2016. – 164 с.

УДК 517.97 : 532.526

Копытина Е. А.¹, Матвеев М. Г.², Копытин А. В.³

Воронежский государственный университет, Россия, г. Воронеж

¹e-mail: zhemkaterina@yandex.ru

²e-mail: mgmatveev@yandex.ru

³e-mail: alexkopytin@gmail.com

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТРАНСТВЕННО-
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ
АТМОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ МЕТОДОВ**

Kopytina E. A.¹, Matveev M. G.¹, Kopytin A. V.¹

Voronezh State University, Russia, Voronezh

¹e-mail: zhemkaterina@yandex.ru

²e-mail: mgmatveev@yandex.ru

³e-mail: alexkopytin@gmail.com

**IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF SPATIALLY DISTRIBUTED
DYNAMIC TEMPERATURE FIELDS OF THE ATMOSPHERE USING A
COMBINATION OF METHODS**

Аннотация. Предложен комбинированный метод для прогнозирования температурных полей атмосферы, на основе статистических данных реанализа параметров атмосферы. Первой составляющей метода является получение МНК-оценок параметров конечно-разностной схемы Кранка-Николсон. Однако, эти оценки оказываются смещенными в силу наличия ошибок в регрессорах. С целью уменьшения указанного смещения в качестве второй составляющей метода применяется расширенный фильтр Калмана. С помощью найденных оценок параметров, подставленных в конечно-разностную схему Кранка-Николсон, прогнозировались значения температуры во внутренних узлах по тестовой части выборки. Приводится натурный вычислительный эксперимент, подтверждающий эффективность предложенной методики, на основе данных временных рядов температур атмосферы, полученных из системы NCEP/DOE AMIP II Reanalysis.

Ключевые слова: оценка параметров, МНК, конечно-разностная схема Кранка-Николсон, фильтр Калмана, расширенный фильтр Калмана.

Abstract. A combined method for forecasting temperature fields of the atmosphere, based on statistical data from the reanalysis of atmospheric parameters, is proposed. The first component of the method is to obtain least squares estimates of the parameters of the Crank-

Nicolson finite difference scheme. However, these estimates turn out to be biased due to the presence of errors in the regressors. In order to reduce the specified bias, the extended Kalman filter is used as the second component of the method. Using the found parameter estimates, substituted into the Crank-Nicholson finite-difference scheme, the temperature values at the internal nodes were predicted from the test part of the sample. A full-scale computational experiment is presented, confirming the effectiveness of the proposed method, based on the data of time series of atmospheric temperatures obtained from the NCEP/DOE AMIP II Reanalysis system.

Keywords: parameter estimation, LSM, Crank-Nicholson difference scheme, Kalman filter, extended Kalman filter.

Введение

Модельные исследования метеорологических процессов необходимая компонента в системах прогнозирования и учета погодных явлений в различных практических областях: авиации, сельскохозяйственном производстве и др. Моделирование поведения температурных полей в атмосфере – важная составляющая этих исследований. При этом широко используются модели, представленные дифференциальными уравнениями параболического типа, например, модели конвективной диффузии. Диффузия и адвекция – основные факторы, определяющие динамику температурных полей в атмосфере на заданных изобарических поверхностях. При заданной структуре модели возникает необходимость в оценке ее параметров, т.е. возникает задача параметрической идентификации. Несмотря на значительное количество исследований, проведённых в области параметрической идентификации моделей температурных полей атмосферы [1–4], исследования в этой области являются актуальными и по сей день. При этом практически все известные работы основаны на статистических методах исследований [5–9], позволяющих получать статистические оценки истинных значений параметров моделей реальных динамических объектов или явлений. Однако, не всегда качество полученных оценок удовлетворяет требованиям приложений, в частности, в метеорологических задачах, работающих с той или иной математической моделью, особенно в условиях сильной зашумленности наблюдаемых переменных. В этой связи актуальной остается задача повышения качества оценок параметров модели при ее заданной структуре.

В настоящем исследовании для прогнозирования температурных полей атмосферы предлагается комбинация расширенного фильтра Калмана и МНК, служащего для оценки начальной точки рекурсивных вычислений. При этом предполагается, что качество оценивания параметров расширенным фильтром Калмана будет зависеть от выбора его важнейших компонент: типа конечно-разностной схемы аппроксимации исходного дифференциального уравнения и начального приближения оценки параметров.

Постановка задачи

Продолжая исследования, начатые в [10–13], рассмотрим простейшую модель, описывающую поведение поля температур на заданной изобарической поверхности, ей является двумерное уравнение диффузии-адвекции:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = D_1 \frac{\partial^2 x}{\partial l_1^2} + D_2 \frac{\partial^2 x}{\partial l_2^2} - v_1 \frac{\partial x}{\partial l_1} - v_2 \frac{\partial x}{\partial l_2}, \quad (1)$$

где D_1, D_2 – коэффициенты диффузии, v_1, v_2 – компоненты вектора скорости адвекции, l_1 – широта, l_2 – долгота.

Задача заключается в идентификации неизвестных параметров D_1, D_2, v_1, v_2 уравнения (1) по наблюдаемым данным с целью дальнейшего прогноза значений температуры при имеющихся начальном и краевых условиях.

Методы исследования

Получение МНК-оценок параметров уравнения (1) проводилось с использованием многомерной авторегрессии с использованием явной разностной схемы, как показано ниже:

$$x_i^{k+1} = \alpha_1 x_{i-1}^k + \alpha_2 x_i^k + \alpha_3 x_{i+1}^k, \quad (2)$$

где $\alpha_1 = \frac{D\Delta t}{(\Delta l)^2} + \frac{v\Delta t}{2\Delta l}, \alpha_2 = 1 - 2\frac{D\Delta t}{(\Delta l)^2}, \alpha_3 = \frac{D\Delta t}{(\Delta l)^2} - \frac{v\Delta t}{2\Delta l}.$

Приведенный в работах[10–13] явный вид смещения и стандартной ошибки, полученных МНК-оценок параметров, позволяет сделать вывод о возможном превышении допустимых значений погрешностей оценок.

Проведенное численное исследование показывает, что применение расширенного рекурсивного фильтра Калмана для оценки параметров уравнения (1) при произвольном выборе начальной точки рекурсии также может повлечь завышенные значения смещения и стандартной ошибки оценок.

Предлагается комбинация МНК и расширенного фильтра Калмана, как возможный подход к повышению качества оценок, то есть с помощью МНК находится грубое приближение оценки, которая рассматривается как начальная точка рекурсии фильтра Калмана.

В расширенном фильтре Калмана предполагается одновременная оценка как состояний эволюционирующей системы, так и её параметров, что придает модели эволюции нелинейный характер.

Для проведения исследований статистических характеристик оценок с различными типами разностных схем уравнения (1) были получены алгоритмы расширенного фильтра Калмана для явной разностной схемы, неявной разностной схемы и разностной схемы Кранка-Николсон. Использование указанных разностных схем потребовало линеаризации и составления соответствующих моделей эволюции в составе алгоритма расширенного фильтра Калмана. Например, предложенный в работе алгоритм расширенного фильтра Калмана с моделью эволюции со схемой Кранка-Николсон выглядит следующим образом:

$$\begin{cases}
 \begin{pmatrix} \hat{\mathbf{x}}_{0|0} \\ \hat{\boldsymbol{\theta}}_{0|0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (y_1^0, y_2^0, \dots, y_{m-2}^0)^T \\ \hat{\boldsymbol{\theta}}_0 \end{pmatrix}, \quad \hat{\mathbf{P}}_{0|0} = \begin{pmatrix} \hat{\sigma}^2 \mathbf{I}_{m-2} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I}_2 \end{pmatrix}. \\
 \text{Для } k = 1, 2, \dots, n, \\
 \begin{pmatrix} \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} \\ \hat{\boldsymbol{\theta}}_{k|k-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1} + \mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\boldsymbol{\Gamma}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\mathbf{u}_k \\ \hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1} \end{pmatrix}, \\
 \hat{\mathbf{P}}_{k|k-1} = \\
 = \begin{pmatrix} \mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1}) & \frac{\partial}{\partial \boldsymbol{\theta}}(\mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1} + \mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\boldsymbol{\Gamma}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\mathbf{u}_k) \\ \mathbf{0} & \mathbf{I}_2 \end{pmatrix} \hat{\mathbf{P}}_{k-1|k-1} \times \\
 \times \begin{pmatrix} \mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1}) & \frac{\partial}{\partial \boldsymbol{\theta}}(\mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1} + \mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\boldsymbol{\Gamma}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\mathbf{u}_k) \\ \mathbf{0} & \mathbf{I}_2 \end{pmatrix}^T + \\
 + \begin{pmatrix} \mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\boldsymbol{\Gamma}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\hat{\mathbf{Q}}(\mathbf{A}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1})\boldsymbol{\Gamma}(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k-1|k-1}))^T & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{pmatrix}, \\
 \mathbf{K}_k = \hat{\mathbf{P}}_{k|k-1} (\mathbf{I}_{m-2} \quad \mathbf{0})^T ((\mathbf{I}_{m-2} \quad \mathbf{0})\hat{\mathbf{P}}_{k|k-1} (\mathbf{I}_{m-2} \quad \mathbf{0})^T + \hat{\mathbf{R}})^{-1}, \\
 \hat{\mathbf{P}}_{k|k} = (\mathbf{I}_m - \mathbf{K}_k (\mathbf{I}_{m-2} \quad \mathbf{0}))\hat{\mathbf{P}}_{k|k-1}, \\
 \begin{pmatrix} \hat{\mathbf{x}}_{k|k} \\ \hat{\boldsymbol{\theta}}_{k|k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} \\ \hat{\boldsymbol{\theta}}_{k|k-1} \end{pmatrix} + \mathbf{K}_k (\mathbf{y}_k - \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}),
 \end{cases}$$

где $\hat{\mathbf{x}}_{n|m}$ – оценка истинного вектора x в момент n с учётом измерений с момента начала работы и по момент m включительно, $\hat{\mathbf{x}}_{k|k}$ – апостериорная оценка вектора состояния системы, \mathbf{y}_k – вектор измерений, $\hat{\boldsymbol{\theta}}_{0|0}$ – вектор $\hat{\boldsymbol{\theta}}_0 = \left(\frac{\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_3}{4}, \frac{\hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_3}{4} \right)^T$, где $\hat{\alpha}_1$ и $\hat{\alpha}_3$ – МНК-оценки параметров α_1 и α_3 , полученные из системы уравнений(2), \mathbf{u}_k – вектор управляющих воздействий, \mathbf{K}_k – матрица коэффициентов усиления, $\boldsymbol{\Gamma}$ – матрица шума процесса, $\hat{\mathbf{P}}_{k|k}$ – апостериорная ковариационная матрица ошибок, $\hat{\mathbf{R}}$ – оценка ковариационной матрицы шума измерений, \mathbf{A}^{-1} – матрица эволюции системы, $\hat{\sigma}^2$ – оценка стандартного отклонения погрешности наблюдений, \mathbf{I}_{m-2} – единичная матрица размера $(m-2) \times (m-2)$. В качестве итоговой оценки вектора параметров $\boldsymbol{\theta}$ можно использовать последнее значение оценки $\hat{\boldsymbol{\theta}} = \hat{\boldsymbol{\theta}}^{n|n}$, полученное при $k = n$. Тогда вектор оценок исходных параметров D_1, D_2, v_1, v_2 имеет вид $\left(\frac{2\hat{\theta}_1(\Delta l_1)^2}{\Delta t}, \frac{2\hat{\theta}_2(\Delta l_2)^2}{\Delta t}, \frac{4\hat{\theta}_3\Delta l_1}{\Delta t}, \frac{4\hat{\theta}_4\Delta l_2}{\Delta t} \right)^T$.

Результаты и их обсуждение

Для экспериментальной апробации предложенных методов использовались статистические данные реанализа параметров атмосферы за 2020 год, приведенные к средне-

суточным значениям. Рассматривались процессы изменения температуры на поверхности 300 ГПа в узлах регулярной сетки от 0 до 180° восточной долготы и от 40 до 70° северной широты с шагом 2,5°. Исходная выборка, состоящая из 366 слоев, была разбита на обучающую (первые 256 слоев) и оставшуюся тестовую части. Сначала по обучающей части выборки для каждого внутреннего узла сетки (i, j) были найдены оценки значений параметров D_1, D_2, ν_1, ν_2 уравнения диффузии-адвекции (1) четырьмя методами: МНК, комбинацией МНК с расширенным фильтром Калмана, построенным по явной разностной схеме (МНК-ЯФК), комбинацией МНК с расширенным фильтром Калмана, построенным по неявной разностной схеме (МНК-НФК) и комбинацией МНК с расширенным фильтром Калмана, построенным по схеме Кранка-Николсон (МНК-КНФК), используя значения температуры в пяти узлах. Затем с помощью найденных оценок параметров, подставленных в разностную схему Кранка-Николсон, прогнозировались значения температуры во внутренних узлах по тестовой части выборки. Далее для последнего слоя, соответствующего последнему дню в году, прогнозные значения температуры сравнивались с наблюдаемыми значениями.

В качестве показателя эффективности каждого метода использовался коэффициент детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{71} (y_{i,j}^{365} - \hat{y}_{i,j}^{365})^2}{\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{71} (y_{i,j}^{365} - \bar{y})^2},$$

где $y_{i,j}^{365}, \hat{y}_{i,j}^{365}$ – наблюдаемые и расчетные значения температуры на последнем слое соответственно, \bar{y} – среднее значение температуры на последнем слое.

Для сравнения фактических и прогнозных значений использовался также показатель процентной погрешности прогноза MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{11 \cdot 71} \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{71} \left| \frac{y_{i,j}^{365} - \hat{y}_{i,j}^{365}}{y_{i,j}^{365}} \right| \cdot 100\%.$$

Результаты работы МНК, МНК-ЯФК, МНК-НФК, МНК-КНФК в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ работы различных методов

Метод	R^2	MAPE
МНК	0.87	1.73%
МНК-ЯФК	0.93	1.29%
МНК-НФК	0.97	0.85%
МНК-КНФК	0.98	0.73%

Результаты сравнения методов, представленные в таблице 1, показывают очевидное превосходство комбинации МНК и расширенного фильтра Калмана, построенного по схеме Кранка-Николсон.

Исследования проводились с помощью разработанного программного комплекса, в основе которого лежит принцип модульности. Основными модулями являются: main, kalman_all, adv_diff_kalman_all [14, 15], weather.

Модуль main служит для запуска основной формы, которая требуется для экспериментальной апробации (рис. 1).

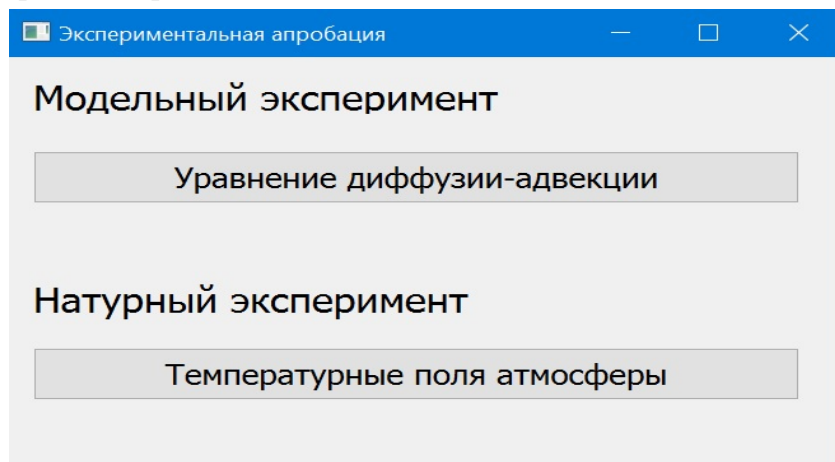


Рис. 1. Интерфейс модуля выбора вида эксперимента

При нажатии кнопки «Температурные поля атмосферы» на основной форме происходит переход на соответствующую форму (рис. 2).

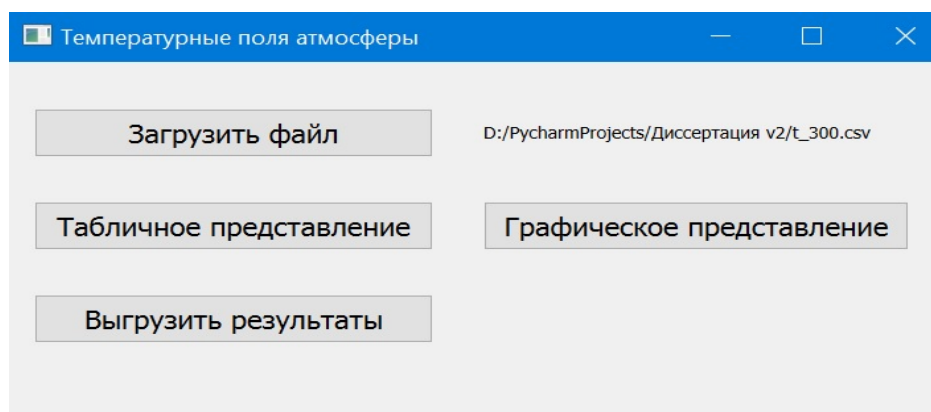


Рис. 2. Форма проведения натурального вычислительного эксперимента

Пользователь загружает из .csv файла статистические данные реанализа параметров атмосферы за 2020 год с помощью кнопки «Загрузить файл». Полученные данные обрабатываются модулем weather, в который импортируются функции модуля adv_diff_kalman_all, реализующие алгоритмы расширенных фильтров Калмана. Выгрузка результатов натурального эксперимента в .csv файл осуществляется кнопкой «Выгрузить результаты».

Результаты натурального вычислительного эксперимента могут быть представлены в виде таблицы (рис.3) и в виде двумерного и трехмерного графиков.

	R2	MAPE, %
МНК	0.8734	1.7280
МНК-ЯФК	0.9330	1.2945
МНК-НФК	0.9700	0.8509
МНК-КНФК	0.9777	0.7334

Рис. 3. Табличное представление результатов натурного вычислительного эксперимента

Заключение

Комбинирование МНК-оценок и расширенного фильтра Калмана с моделью эволюции на основе разностной схемы Кранка – Николсон, как показывают результаты проведенных исследований представленных в таблице 1, существенно повышает точность прогнозирования температурных полей в среднем на 38 % за счет рационального выбора начального приближения (в виде смещенных МНК-оценок) рекурсивной процедуры оценивания параметров алгоритма расширенного фильтра Калмана. Полученные в ходе исследования математические модели температурных полей атмосферы могут быть использованы при исследовании метеорологической обстановки, определяющей безопасность полетов авиации.

Список использованных источников

1. Ефимов, В. В. Моделирование мезомасштабных особенностей атмосферной циркуляции в Крымском регионе Черного моря / В. В. Ефимов, В. С. Барабанов, А. В. Крупин // Морской гидрофизический журнал. – 2012. – № 1. – С. 64–74.
2. Ефимов, В. В. Пространственная структура и повторяемость крупномасштабных аномалий температуры поверхности Черного моря / В. В. Ефимов, О. И. Комаровская // Океанология. – 2018. – Т. 58. – № 2. – С. 173–180. – DOI 10.7868/S0030157418020016.
3. Матвеев, М. Г. Разработка и исследование статистических моделей нестационарного многомерного временного ряда атмосферных температур в условиях неоднородности / М. Г. Матвеев, Е. А. Сирота // Информационные технологии. – 2014. – № 12. – С. 20–24.
4. Яровая, Д. А. Мезомасштабные циклонические вихри, возникающие над Черным морем вблизи Кавказского побережья / Д. А. Яровая, М. В. Шокуров // Морской гидрофизический журнал. – 2012. – № 3. – С. 14–30.
5. Ben-Moshe, D. Identification of linear regressions with errors in all variables / D. Ben-Moshe // Econometric Theory. – 2020. – P. 1-31.

6. Cao, J. Penalized nonlinear least squares estimation of time-varying parameters in ordinary differential equations / J. Cao, J. Z. Huang, H. Wu // *Journal of Computational and Graphical Statistics*. – 2012. – Vol. 21. – P. 42–56.
7. Chen, J. Efficient local estimation for time-varying coefficients in deterministic dynamic models with applications to HIV-1 dynamics / J. Chen, H. Wu // *Journal of the American Statistical Association*. – 2008. – Vol. 103. – P. 369–384.
8. Fogler, H. R. A pattern recognition model for forecasting / H. R. Fogler // *Management science*. – 1974. – Vol. 20. – P. 1178–1189.
9. Xiaolei, X. Parameter Estimation of Partial Differential Equation Models / Xun Xiaolei, Cao Jiguo, Mallick Bani, J. Carroll Raymond, Maity Arnab // *Journal of the American Statistical Association*. – 2013. – No 108:503. – P. 1009 – 1020, DOI: 10.1080/01621459.2013.794730
10. Копытин, А. В. Идентификация распределенной динамической системы с использованием расширенного фильтра Калмана / А. В. Копытин, Е. А. Копытина, М. Г. Матвеев // *Информационные технологии и вычислительные системы*. – 2021. – № 2. – С. 75-83. – DOI 10.14357/20718632210208.
11. Копытин, А. В. Применение интегрального метода идентификации параметров распределенной динамической системы / А. В. Копытин, Е. А. Копытина // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии*. – 2019. – № 1. – С. 21-26.
12. Копытин, А. В. Применение метода инструментальных переменных для параметрической идентификации распределенной динамической системы / А. В. Копытин, Е. А. Копытина // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии*. – 2018. – № 4. – С. 19-23.
13. Копытина, Е. А. Разработка приложения для идентификации параметров пространственно-распределенных динамических систем с использованием комбинированных методов / Е. А. Копытина, А. В. Копытин // *Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXII Международной научно-методической конференции, Воронеж, 10–12 февраля 2022 года*. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью «Вэлборн», 2022. – С. 997-1004.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021617892 Российская Федерация. Применение расширенного фильтра Калмана в распределенных динамических системах : № 2021617140 : заявл. 13.05.2021 : опубл. 20.05.2021 / Е. А. Копытина, А. В. Копытин ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет».
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022615041 Российская Федерация. «Применение комбинированных методов к идентификации параметров распределенных динамических систем» : № 2022614273 : заявл. 17.03.2022 : опубл. 29.03.2022 / Е. А. Копытина, А. В. Копытин ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет».

УДК 621.777

Кожарина Т.В., Карпов С.В., Завражин Д.О., Чуприкова А.А.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: tata.vladimiirovna@gmail.com

АНАЛИЗ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРЕССОВОК ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ ТВЕРДОФАЗНОГО ПРЕССОВАНИЯ

Kozharina T.V., Karpov S.V., Zavrazhin D.O., Chuprikova A.A.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: tata.vladimiirovna@gmail.com

ANALYSIS OF POLYGONAL MODELS OF POLYMER MATERIALS FOR EVALUATION OF SOLID-PHASE PRESSING MODES

Аннотация. В статье представлен алгоритм контроля качества полимерных материалов, основанный на измерении сложных геометрических моделей, полученных с помощью 3D-сканирования, обеспечивающий снижение погрешности при оценке качества изготовленных объектов. Представлены результаты анализа профилей прессовок из СВМПЭ при различных условиях твердофазного прессования.

Ключевые слова: 3D-сканирование, полигональная модель, контроль качества, СВМПЭ.

Abstract. The article presents an algorithm for quality control of polymer materials based on the measurement of complex geometric models obtained using 3D scanning, which reduces the error in assessing the quality of manufactured objects. The results of the analysis of the profiles of UHMW PE under various conditions of solid-phase pressing are presented.

Keywords: 3D scanning, polygonal model, quality control, UHMW PE.

Полимерные материалы нашли широкое применение в машиностроении. Новые методы их переработки, а также новые составы, в том числе композиционные, позволили значительно улучшить физико-механические и трибологические свойства этих материалов. Это сделало возможным применение полимерных материалов в новых отраслях, например, в сельскохозяйственном машиностроении, где они являются более экономичными по сравнению с традиционными металлическими. Например, в работах [1,2] рассматривается применение полимерных материалов для восстановления деталей машин сельскохозяйственной техники (ковши, гусеницы, глубокорыхлители и плоскорезы). Исследования показали, что применение полимерных материалов сокращает расход металлов до 50%, при этом увеличивается качество обработки почвы почти на 10%. В работе [3] рассмотрены дисковые плуги, отдельные элементы которых изготовлены из СВМПЭ. Исследования показали, что такая замена уменьшает сопротивление

перемещения в почве почти на 20%. В связи с вышесказанным можно сделать вывод, что замена некоторых металлических узлов почвообрабатывающих органов на полимерные, при соответствии определённым требованиям прочности и термостойкости, является эффективной.

Перспективным методом получения полимерных материалов является их твердофазное прессование. Преимуществами такого метода является возможность реализации в одну операцию, а также изготовление сложной геометрии. В данной работе для обоснования технологических параметров прессования предлагается использовать анализ геометрии прессовок, основанный на 3Д-сканировании.

Сам процесс сканирования целесообразно осуществлять в режиме стационарного расположения сканера и при перемещении (вращении) образцов. Такой режим повышает точность сканирования. Полученные таким образом совокупности точек поверхности могут содержать графические артефакты (например, блики от поворотного стола). Поэтому необходимо их последующее ручное удаление.

Следующим этапом является конвертация облака точек в полигональную модель на основе треугольников. Их количество зависит от размеров сканируемой детали и точности оборудования. На данном этапе возможно получение отверстий на полигональной сетке. Отметим, что полученная полигональная геометрия по сути является «растровой» трёхмерной геометрической моделью. Поэтому к ней неприменимы методы редактирования традиционной для систем автоматизированного проектирования B-Rep геометрии. В связи с этим требуется использование методов обратного инжиниринга, заключающегося в восстановлении геометрии объекта на основе аппроксимации полигональных поверхностей и сечений.

Продольную секущую плоскость целесообразно строить на основе произвольных трех точек боковой поверхности, расположенных друг от друга на достаточном расстоянии. Контроль правильности построения секущей плоскости необходимо проводить визуально.

Следующий этап – нахождение сечения объекта плоскостью. Данный контур используется в качестве исходных данных для построения аналитической кусочно-заданной кривой. Точки локальных минимумов кривых далее соединяются прямыми линиями. Это приводит к получению замкнутого контура, пригодного для расчета значения площади поверхности. Именно эта величина используется для оценки качества всего процесса твердофазной формовки.

Для проведения эксперимента использовались лабораторный червячный гидравлический пресс (усилие 40 тс) и заранее разработанная пресс-форма (рис. 1). В качестве материала использовался СВМПЭ 9000.

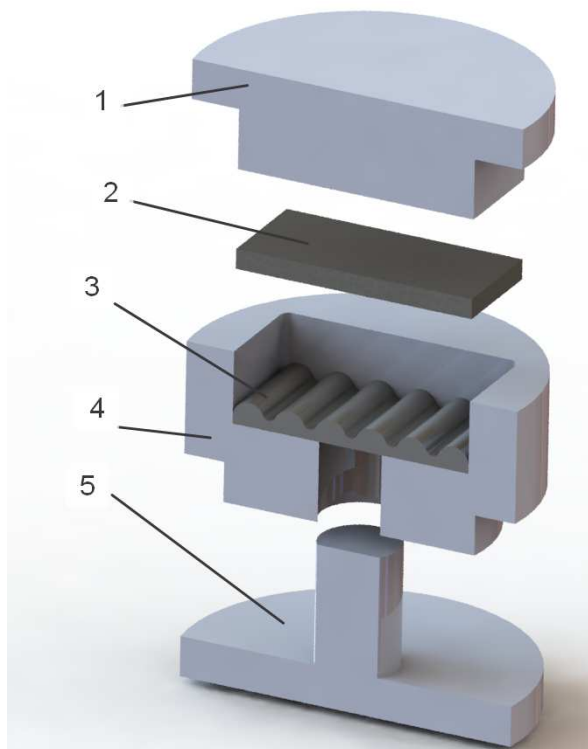


Рис.1. Геометрия пресс-формы

Форма помещается на пресс, после на нее постепенно добавляется нагрузка до достижения нужного значения. В это время пуансон (1) вдавливает гладкую пластину СВМПЭ (2) во вкладыш (3). Форма выдерживается некоторое время. После нагрузка убирается, и форма снимается с прессы. Далее с помощью выталкивателя (5) из матрицы (4) извлекают пуансон и получившийся образец.

В ходе предварительных испытаний абразивной стойкости бионических структур [4] было найдено, что структура кожи акулы [5] обладает повышенной стойкостью к истиранию. Данная геометрия была выбрана в качестве объекта исследования в этой работе.

Изготовление точной копии бионической структуры кожи акулы невозможно, так как из-за острых углов и выступов во время прессования вместо пластической деформации происходит врезание вкладыша в заготовку. С целью повышения технологичности изготовления было принято решение о корректировке геометрии: добавление плавных переходов между выступами и впадинами.

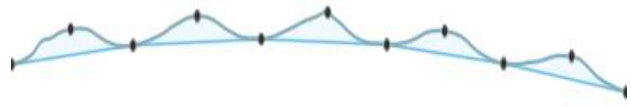

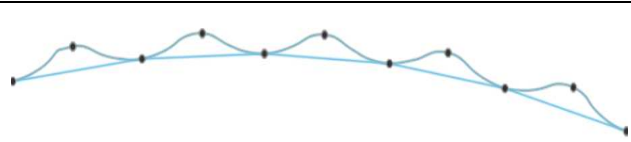
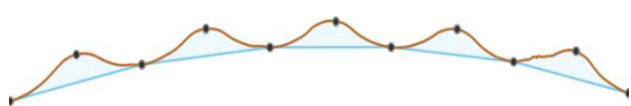
Твердофазная переработка образцов происходила при различных режимах, которые представлены в табл.1.

Таблица 1. Характеристика образцов

Образец	Температура, °С	Нагрузка, кг*с	Выдержка, мин
1	20	40000	3
2	20	40000	10
3	100	40000	3
4	130	40000	3

Для получения полигональных моделей использовали 3D-сканер Einscan Pro 2X Plus, который монтировался на неподвижный штатив. Постобработку облака точек осуществляли в программе EXScanPro. Дальнейшая работа с полигональной геометрией проводилась в системе Autodesk Fusion 360. Профили исследуемых образцов и значения рассчитанных поверхностей выступов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Анализ результатов

№	Профиль	Площадь выступов, мм ²					Сумма, мм ²
		1	2	3	4	5	
1		5,984	5,842	5,651	5,118	5,046	27,641
2		5,649	5,6	5,837	5,732	5,736	28,554
3		7,396	6,876	7,061	6,873	7,262	35,468
4		8,11	8,005	7,812	7,681	8,717	40,325

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что улучшение формуемости напрямую зависит от увеличения температуры. Следовательно, дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния температурного режима при твердофазной переработке полимерных материалов.

Список использованных источников

1. Лосев А.А., Севрюгина Н.С. Применение полимерных материалов при восстановлении деталей технологических мелиоративных машин // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. Курск, 2020. Р. 186–189.
2. Пархоменко Г.Г., Божко И.В., Аулов В.Ф. Обеспечение эксплуатационной надёжности почвообрабатывающих рабочих органов с элементами из сверхвысокомолекулярного полиэтилена // Технический сервис машин. 2018. Vol. 133. Р. 34–41.
3. Chirende B. et al. Effects of bionic non-smooth surface on reducing soil resistance to disc ploughing // Sci China Technol Sci. 2010. Vol. 53, № 11. Р. 2960–2965.
4. Карпов С.В., Кожарина Т.В. Анализ абразивного износа бионических структур // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент. Тамбов, 2021. Р. 192–194.
5. Fu Y.F., Yuan C.Q., Bai X.Q. Marine drag reduction of shark skin inspired riblet surfaces // Biosurf Biotribol. Elsevier BV, 2017. Vol. 3, № 1. Р. 11–24.

УДК 661.935 519.633.2

Голубятников О.О., Акулинин Е.И.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: golubyatnikov_ol@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ АДСОРБЦИОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Golubyatnikov O. O., Akulinin E. I.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: golubyatnikov_ol@mail.ru

MODELING AND DESIGN OF RESOURCE-SAVING PSA UNITS FOR HYDROGEN RECOVERY

Аннотация. В работе предложен подход к моделированию и проектированию ресурсосберегающих установок КБА извлечения водорода, обеспечивающего безопасную скорость потока в лобовом слое адсорбента с помощью оптимальных программ многоступенчатого плавного открытия клапанов установки. Осуществлены вычислительные эксперименты для определения оптимальной длины ступени открытия клапана и изменения скоростей газового потока в лобовом слое адсорбента на различных стадиях цикла работы установки.

Ключевые слова: короткоцикловая безнагревная адсорбция, математическое моделирование, численное исследование, синтез-газ, водород.

Abstract. The paper proposes an approach to modeling and designing resource-saving installations for the recovery of hydrogen, which ensures a safe flow rate in the frontal layer of the adsorbent using optimal programs for multi-stage smooth opening of the valves of the installation. Numerical studies were carried out to determine the optimal length of the valve opening stage and the change in the gas flow velocities in the frontal adsorbent layer at various stages of the installation cycle.

Keywords: pressure swing adsorption, mathematical modeling, numerical study, synthesis gas, hydrogen.

Введение

Водород – продукт большой химии. Потребление водорода в мире каждые пятнадцать лет увеличивается в два раза [1–3]. Одним из основных методов получения чистого водорода (с чистотой 99.99 об.% и выше) является короткоцикловая безнагревная адсорбция (КБА) [4, 5]. Установки КБА позволяют извлекать водород из водородсодержащих газовых смесей с самой низкой себестоимостью 2.5–5 доллара за 1 кг. И как указывает ряд исследователей [1, 3], имеется значительный резерв по снижению себе-

стоимости до 1.5–3 долларов за 1 кг водорода за счет определения оптимальных сочетаний режимных и конструктивных параметров и законов управления технологическим процессом. На сегодняшний день при проектировании установок КБА наиболее перспективно использование метода математического моделирования и оптимизации, зарекомендовавшие себя, как эффективные инструменты для получения надежных результатов [1-5]. Существует три основных подхода к проектированию установок КБА при помощи этих методов: black-box methods, simultaneous tailored methods and equation oriented methods [5].

Известно, что повышение скорости газового потока в процессах КБА неизбежно приводит к повышению аэродинамического сопротивления слоя адсорбента, усилению истираемости гранул адсорбента и сокращению срока его эксплуатации [5]. Одним из эффективных способов решения данной проблемы, который предлагается в настоящей работе, может являться ограничение скорости газового потока в лобовом слое адсорбента, при реализации которого практически исключается истирание адсорбента. Идея подхода в обеспечении на протяжении всего цикла процесса КБА максимально возможной безопасной скорости потока, что позволит сохранить ресурс адсорбента, а также получить повышенную производительность установки КБА. Для этого предлагается найти такие оптимальные многоступенчатые программы плавного открытия клапанов установки (наряду с другими режимными и конструктивными параметрами), при которых обеспечивалась бы максимальная прибыль от эксплуатации установки КБА и выполнялись все ограничения процесса КБА, в том числе на достижение максимально возможной безопасной скорости потока в лобовом слое адсорбента на протяжении всего цикла процесса КБА.

Цель исследования заключается в разработке нового подхода к проектированию ресурсосберегающих установок КБА извлечения водорода, обеспечивающего безопасную скорость потока в лобовом слое адсорбента с помощью оптимальных программ многоступенчатого плавного открытия клапанов установки.

Вычислительный подход

Технологический процесс извлечения водорода из синтез-газа (H_2 , CO_2 , CO) методом КБА осуществляется в 4-bed 4-step VPSA установке с цеолитовым адсорбентом 13X [1]. В предыдущих работах авторами разработана математическая модель процесса извлечения водорода методом КБА [2].

Задача оптимального проектирования ресурсосберегающих установок КБА извлечения водорода формулируется следующим образом: требуется определить режимные параметры u^* и конструктивные параметры d^* такие, что значение $F(u, d)$ прибыли φ от производства водорода в течение жизненного цикла LT установки КБА достигает максимального значения:

$$F(u^*, d^*) = \max_{u, d} \varphi(u, d) \quad (1)$$

при связи с математической моделью процесса КБА [2],

ограничения

на чистоту водорода $y_{H_2}(u, d) \geq 99.99$ об.%,

на производительность установки $G^{out}(u, d) \geq G_{def}^{out}$ нл/мин,

на соотношение длины адсорбера к его внутреннему диаметру $6 \leq L/D \leq 14$,

на скорость газовой смеси в лобовом слое адсорбента $v_g^{in}(u, d, \tau) \leq 0.2$ м/с,

оптимизируемые режимные переменные u

$$40 \leq \tau_c \leq 2000 \text{ с}, \quad 5 \leq P_{ads} \leq 30 \text{ атм}, \quad 0.5 \leq P_{des} \leq 0.99 \text{ атм}, \quad 0 \leq P/F \leq 0.5, \quad 0 \leq \psi_j^i(\tau_i) \leq 1$$

$$(i = 1, 2, \dots; j = 1, 2, 3),$$

оптимизируемые конструктивные переменные d

$$0.2 \leq L \leq 3.5 \text{ м}, \quad 0.02 \leq D \leq 0.58 \text{ м}, \quad 10 \leq K_v \leq 300 \text{ л/мин}.$$

Здесь τ_c – длительность цикла; P_{ads}, P_{des} – давления адсорбции и десорбции; P/F – коэффициент отношения потока, отбираемого на регенерацию адсорбента (purge) к входному потоку (flow); ψ_j^i – степени открытия впускного, выпускного клапана и клапана выравнивания давлений, соответственно; L, D – высота слоя адсорбента и внутренний диаметр адсорбера; K_v – пропускная способность клапанов установки, G_{def}^{out} – заданная производительность установки.

Постановка задачи поиска оптимальных программ открытия клапанов установки формулируется следующим образом. Для впускных, выпускных и клапанов выравнивания давлений необходимо найти такие программы открытия клапанов $\psi_j^*(\tau)$, чтобы обеспечивался максимально допустимый расход исходной газовой смеси

$$F(\psi_j^*) = \max_{\tau=0}^{\tau_c/4} \sum_{\psi_j, j=1,2,3} G_v(\tau_c, P_{ads}, P_{des}, L, D, K_v) \quad (2)$$

при связях в виде уравнений

$$G_v = \psi_j^i(\tau) K_v \Delta P, \quad (3)$$

$$v_g^{in} = G_v / S, \quad (4)$$

$$\Delta P = (P_j - P), \quad (5)$$

$$\frac{dP}{d\tau} = \frac{\psi_j^i(\tau) G_v P_{des}}{P_{ads}} \Delta P \quad (6)$$

$$P(\tau_0) = P_j(0) \quad (7)$$

приограничении на максимально допустимую скорость в лобовом слое адсорбента

$$v_g^{in}(\tau) \leq 0.2 \text{ м/с}, \quad \tau = 0, 1, 2, \dots, \tau_c / 4$$

оптимизируемые переменные

$$0 \leq \psi_j^i(\tau_i) \leq 1, \quad (i = 1, 2, \dots; j = 1, 2, 3).$$

Уравнение (3) описывает динамику расхода на клапане установки; (4) – динамику скорости в лобовом слое адсорбента; (5) – перепад давлений на клапане установки; (6) – динамику давления в адсорбере, (7) – начальное условие для (6).

Программы открытия клапанов являются непрерывными функциями, которые необходимо аппроксимировать для решения задачи оптимизации. Наиболее простым способом является их аппроксимация *step*-функциями с некоторым количеством ступеней. В таком случае сформулированные задачи оптимизации (1) и (2) будут относиться к классу задач нелинейного программирования. Их решение возможно известными алгоритмами последовательного квадратичного программирования в программной среде MatLab (solverfmincon).

Результаты и обсуждение

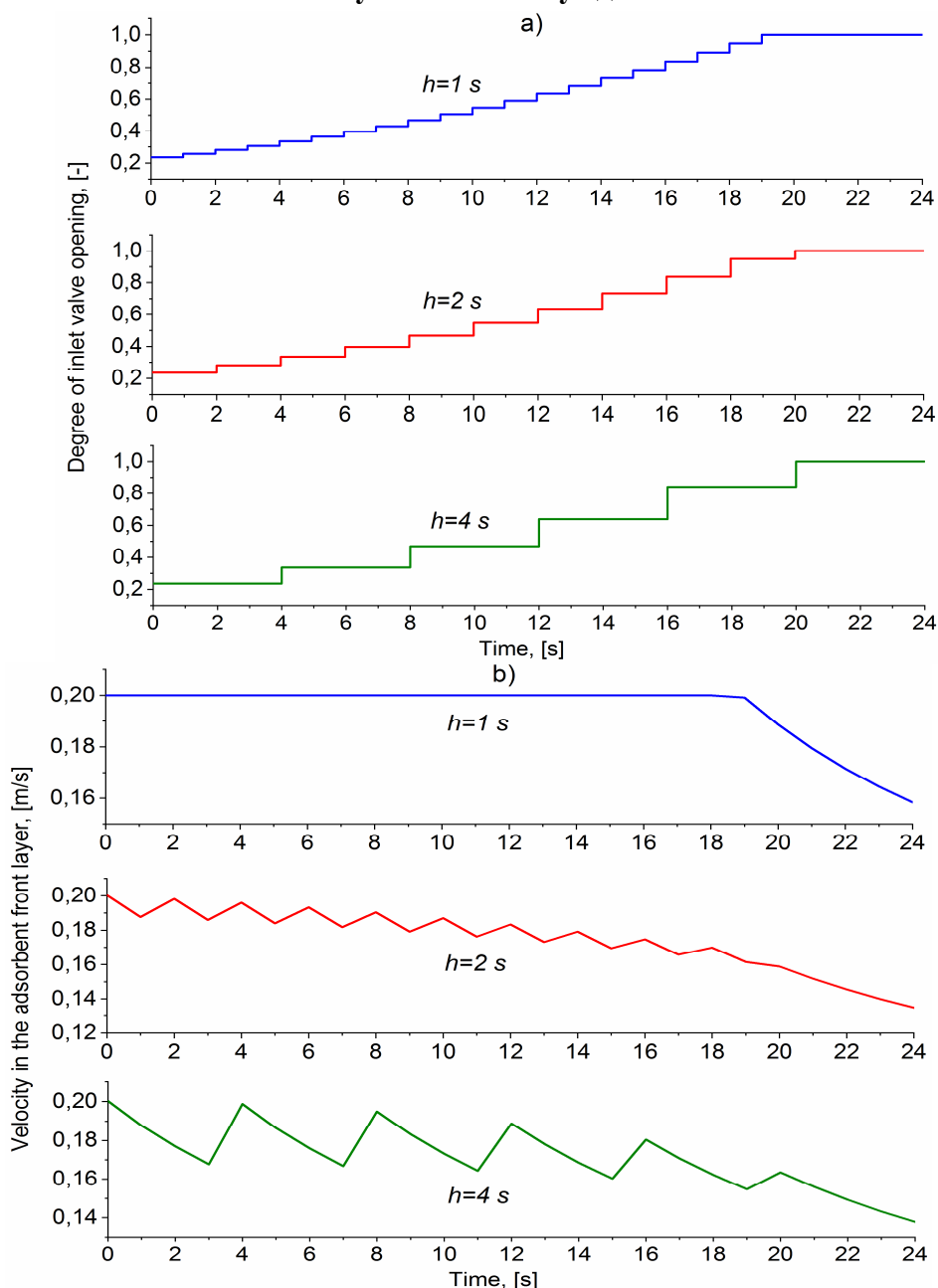


Рис. 1. Аппроксимация программы многоступенчатого плавного открытия впускного клапана (а) и скорость в лобовом слое адсорбента (б) при разных значениях длины ступени h

Для определения оптимальной длины ступени с временным шагом h проведем вычислительный эксперимент. В эксперименте варьировали длину ступеней h от 0.1 до 4

си вычисляли скорость газового потока проходящего через соответствующий клапан путем решения задачи (2) на номинальные значения режимных и конструктивных параметров. Основные результаты численных исследований представлены на рис. 1 и 2. Анализ полученных результатов показал, что программы открытия клапанов целесообразно аппроксимировать step-функциями с длиной ступеней $h=1$ с. Количество таких ступеней заранее неизвестно, поскольку зависит от значения длительности цикла τ_c , которая является оптимизируемой переменной задачи (1).

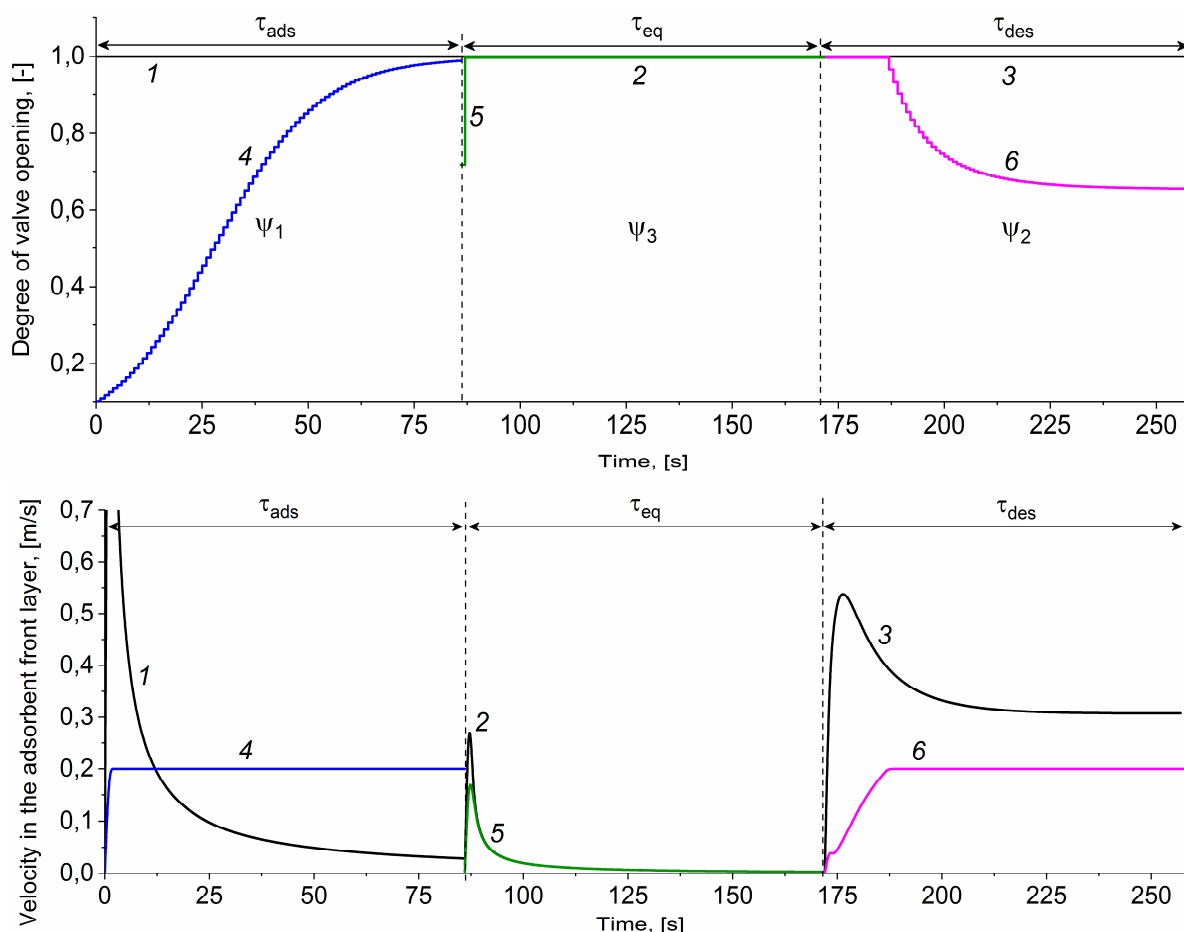


Рис. 2. Степени открытия клапанов (а) и скорости в лобовом слое адсорбента (б) на всех стадиях цикла работы установки при номинальной производительности 300 нл/мин; кривые 1–3 – без учета ограничения на скорость; кривые 4–6 с учетом ограничения на скорость

Для оценки изменения скорости газового потока на клапанах установки был проведен вычислительный эксперимент, в котором решалась задача оптимизации (1) при номинальной производительности 300 нл/мин с учетом ограничения на скорость и без ее учета.

Анализ представленных графиков (рис. 2) свидетельствует о том, что в случае без учета ограничения на скорость, скорость в лобовом слое адсорбента превышает безопасную скорость 0.2 м/с на всех стадиях цикла (рис. 2б, кривые 1–3). Полученные оптимальные программы многоступенчатого плавного открытия (рис. 2а, кривые 4–6) по-

звонят обеспечить и выдержать безопасную скорость (рис. 2б, кривые 4–6). Следует отметить, что при повышении производительности установки число ступеней в программах открытия увеличивается, поскольку повышается длительность цикла работы установки и увеличиваются перепады давлений на клапанах установке.

Заключение

Дальнейшая работа заключается в решении типоряда задач проектирования для определения тенденций в изменениях режимных и конструктивных параметров ресурсосберегающих установок КБА извлечения водорода и выработке рекомендаций по практическому использованию предложенного подхода.

Данный подход может быть использован для расчета различных процессов КБА: rPSA, ultra rPSA, VSA, VPSA.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-00092.

Список использованных источников

1. Shi W.-R., Tian C.-X., Ding Z.-Y., Han Z.-Y., Zhang D.-H. Review on Simulation, Optimization and Control of Pressure Swing Adsorption // Gao Xiao Hua Xue Gong Cheng Xue Bao/Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities. 2018. Vol. 32. Issue 1. P. 8-15. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-9015.2018.01.002>.
2. Golubyatnikov O., Akulinin E., Dvoretzky S., Dvoretzky D. To the problem of forming the equation system for pressure swing adsorption mathematical model // Chemical Product and Process Modeling. 2021. <https://doi.org/10.1515/cppm-2021-0008>.
3. Li H., Liao Z., Sun J., Jiang B., Wang J., Yang Y. Modelling and simulation of two-bed PSA process for separating H₂ from methane steam reforming // Chinese Journal of Chemical Engineering. 2019. Vol. 27. Issue 8. P. 1870–1878. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2018.11.022>.
4. Akulinin E., Golubyatnikov O., Dvoretzky D., Dvoretzky S. Optimization and analysis of pressure swing adsorption process for oxygen production from air under uncertainty // Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly. 2020. Vol. 26. Issue 1. P. 89-104. <https://doi.org/10.2298/CICEQ190414028A>.
5. Biegler L., Jiang L., Grant Fox V. Recent Advances in Simulation and Optimal Design of Pressure Swing Adsorption Systems // Separation and Purification Reviews. 2004. Vol. 33. Issue 1. P. 1-39. <https://doi.org/10.1081/SPM-120039562>.

УДК 621.9.06

ББК 34.722.53

Фидаров В.Х.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: fidval@mail.ru

ИСПЫТАНИЕ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ ПРИВОДА ПОДАЧ

Fidarov V.H.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: fidval@mail.ru

TESTING OF A LATHE WITH EXPERIMENTAL FEED DRIVE DESIGN

Аннотация. Разработана, изготовлена и установлена на токарном станке экспериментальная конструкция фартука с электромагнитными быстродействующими муфтами с целью расширения его технологических возможностей и повышения точности обработки, экспериментально исследованы точность и производительность станка с экспериментальной конструкцией фартука при копировальной обработке заготовок.

Ключевые слова: модернизация, токарный станок, фартук, электромагнитные муфты, точность.

Abstract. The experimental design of the apron with electromagnetic fast-acting clutches in order to expand its technological capabilities and improve processing accuracy has been developed, manufactured and installed on the turning machine, and the accuracy of the machine with the experimental design of the apron during the copying of the blanks has been experimentally investigated.

Keywords: modernization, turning machine, apron, electromagnetic clutches, accuracy.

В токарно-винторезных станках модели 16К20 для включения, отключения и изменения направления подачи используются зубчатые муфты, расположенные в механизме фартука станка. Эти переключения выполняются вручную оператором посредством мнемонической рукоятки. Причем одновременно может осуществляться прямолинейное движение подачи только в одном направлении по двум координатным осям – параллельно или перпендикулярно оси вращения шпинделя. Поэтому при механической подаче можно обрабатывать только цилиндрические и торцовые поверхности, протачивать канавки и отрезать заготовки.

Для расширения технологических возможностей станка была разработана, изготовлена и смонтирована на станке модели 16К20П экспериментальная конструкция фартука (рис. 1), в механизме которого вместо зубчатых муфт применены электромагнитные

быстродействующие фрикционные муфты сухого трения типа ЭТМ 0736. Кинематическая схема фартука и ее описание даны в статье этих же авторов «Исследование и оптимизация динамических характеристик привода подач с электромагнитными муфтами токарного станка», представленной на эту конференцию.

Наличие электромагнитных муфт (ЭМ) в механизме фартука позволяет управлять переключениями движения подачи дистанционно различными способами: кнопками, путевыми переключателями, от системы циклового или числового программного управления, копировального датчика, а также вручную от мнемонической рукоятки.

Цель работы: экспериментально исследовать основные параметры работоспособности станка с разработанной конструкцией фартука, сравнить их с параметрами базового станка и дать заключение о целесообразности использования экспериментальной конструкции фартука в токарно–винторезных станках, например, модели 16К20.

Методика исследований включает: исследование быстродействия станка при обработке управляющих команд на включение и отключение движения подачи, исследование зависимости точности и производительности токарно-копировальной обработки от различных факторов.

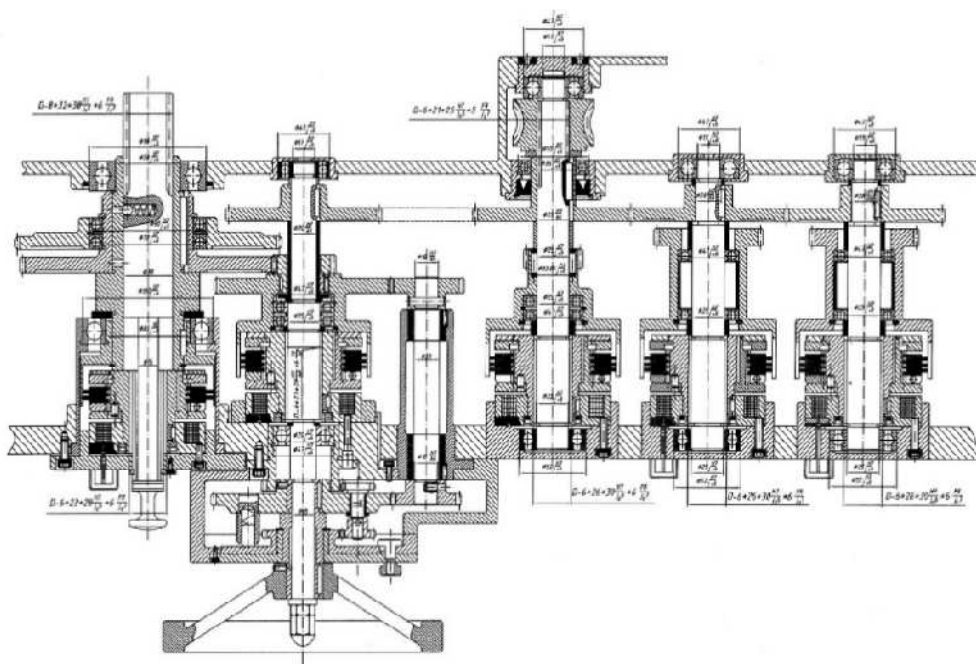


Рис. 1. Фартук токарного станка с электромагнитными муфтами

Экспериментальная установка представлена на рис. 2.

Исследование быстродействия привода при обработке управляющих сигналов на включение и отключение движения подачи, которое влияет на точность и производительность обработки проводилось следующим образом.

На специальном стенде были исследованы характеристики ЭМ по быстродействию. В результате испытаний ЭМ установлено: время запаздывания с момента подачи сиг-

нала на включение ЭМ до нарастания передаваемого муфтой момента до значения 0,9 от номинального M_n колеблется в пределах 9...16 мс, а до полного номинального момента M_n – 10...20 мс. Время с момента подачи сигнала на отключение ЭМ до уменьшения передаваемого муфтой момента до значения 0,1 M_n составило 8...16 мс, а до нуля – 14...24 мс.

Дальнейшие испытания проводились после установки фартука на станок.

Характерная осциллограмма испытания станка на быстродействие при отработке сигналов на включение и остановку движения подачи представлена на рис. 3. Запаздывания при включении движения подачи зависят от установленной скорости подачи и представлены в таблице.

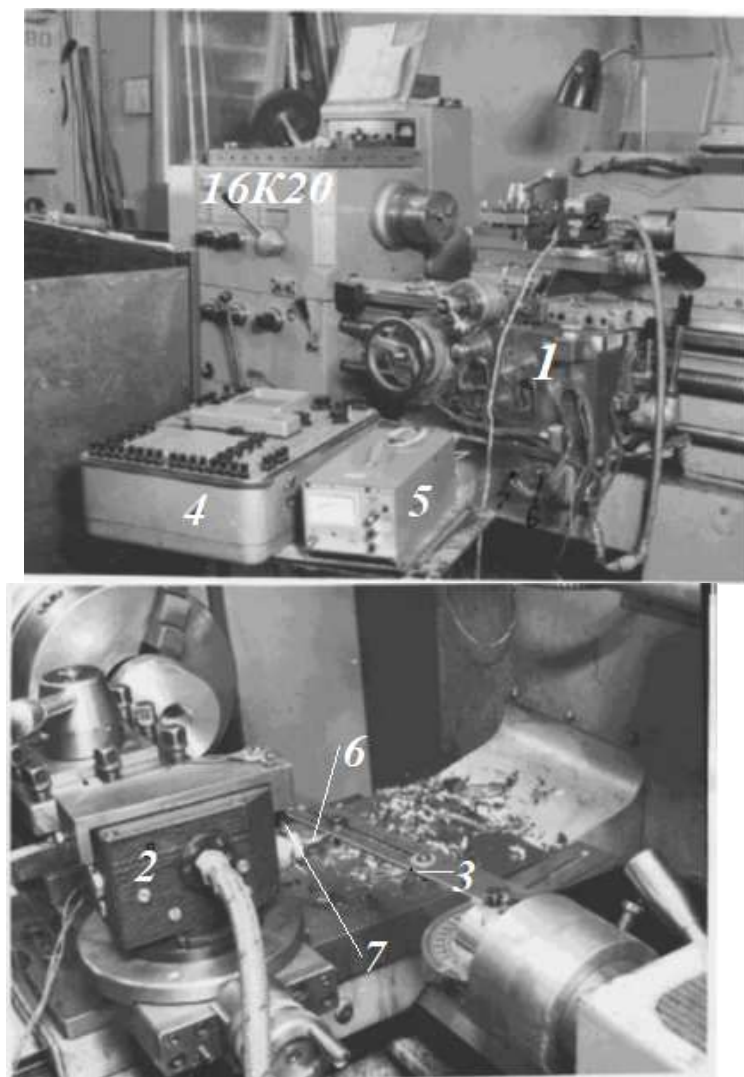


Рис 2. Экспериментальная установка.

1.Фартук с электромагнитными муфтами; 2. Копировальный датчик; 3. Копирная линейка (шаблон); 4. Осциллограф Н-102; 5.Тензоусилитель; 6. Щуп датчика; 7.Тензодатчик.

По сравнению со станками, где в фартуке установлены электромагнитные муфты с магнитопроводящими дисками, работающие в условиях смазки, например, станок мо-

дели 163 Рязанского станкозавода, быстродействие данного привода превосходит их в 3...5 раз.

Для выполнения копировальных работ станок был снабжен контактным копировальным датчиком 2 (рис. 2) и стандартной станцией управления блоком муфт СПКУ-2М. Принцип копировальной обработки изложен в статьях [1,2] и в предыдущей статье авторов. Копировальная обработка выполнялась по диагональной схеме, когда движение подачи по одной координате включена постоянно (задающая подача $S_{зад}$), а движение подачи по другой координате включалась периодически (следящая подача $S_{сл}$) при отклонении траектории вершины резца от требуемой, задаваемой профилем копира (шаблона), по которому скользил щуп 6 датчика 2 (рис.2).

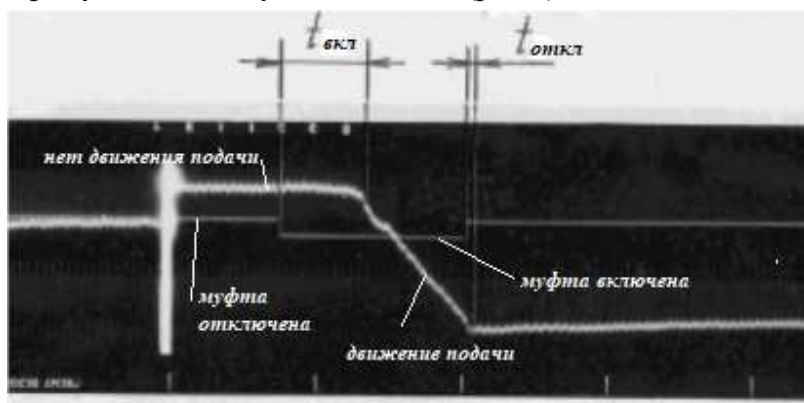


Рис. 3. Осциллограмма испытания привода на быстродействие при включении и отключении движения подачи

Таблица 1. Запаздывания начала движения при включении подачи $t_{вкл}$,мс при различных скоростях поперечной подачи $S_{попер.подаачи}$

$S_{попер.подаачи}$ мм/мин		25.0	37,5	50.0	75.0	100	125	150	175
$t_{вкл}$,мс	Подача вперед	100	70	50	40	34	32	28	28
	Подача назад	30-35	24	20	14	14	14	12-13	12-13

При возникновении отклонения между траекторией движения вершины резца и профилем копира щуп, перемещаясь в осевом направлении относительно корпуса датчика, замыкает или размыкает свои контакты, которые, в свою очередь, посредством электромагнитных муфт включают или отключают следящую подачу для устранения возникшего отклонения траектории резца от требуемой.

Величина этих отклонений Δ , которая измерялась тензодатчиком 7 (рис. 2) по перемещениям щупа относительно корпуса датчика 2, определяет в основном точность копировальной обработки и зависит от быстродействия привода при отработке команд датчика и скорости задающей подачи. Величина этих отклонений Δ , которая измерялась тензодатчиком 7 (рис. 2) по перемещениям щупа относительно корпуса датчика 2, оп-

ределяет в основном точность копировальной обработки и зависит от быстродействия привода при отработке команд датчика и скорости задающей подачи.

При исследованиях на пленку записывались: ток муфт задающей $I_{м зп}$ и $I_{м сл.п}$ следящей подачи, величина отклонений Δ (погрешность копировальной обработки) и частота тока сети $f = 50$ Гц (рис. 4).

Предельные частоты сигналов на включение и отключение движения подачи, которые обрабатывал привод составили 30...35 Гц для поперечных подач и 13...18 Гц для продольных подач, что в 4...5 раз больше, чем, например, у станка модели 163. Результаты испытания станка на точность и производительность копировальной обработки представлены на графиках (рис.6,7).

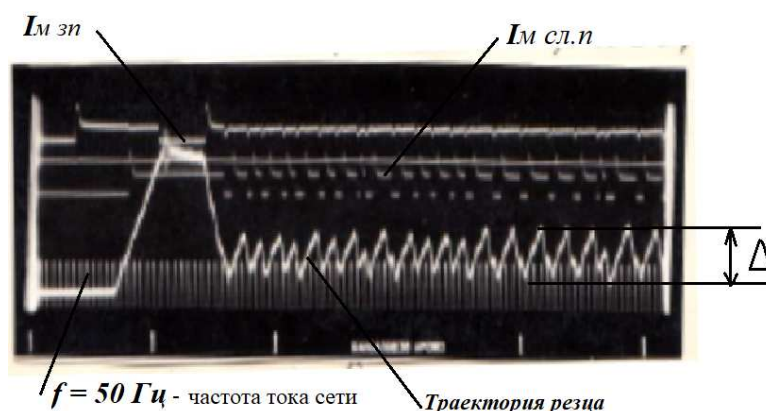


Рис. 4. Осциллограмма погрешностей копировальной обработки

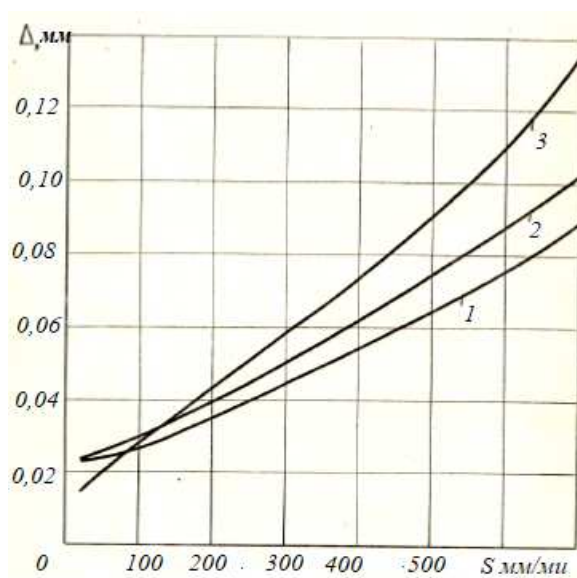


Рис. 6. Зависимость погрешностей копирования Δ от скорости подачи $S_{пр}$ и угла наклона профиля копира α при следящей подаче «влево»: 1. $\alpha = 30^\circ$; 2. $\alpha = 40^\circ$; 3. $\alpha = 50^\circ$.

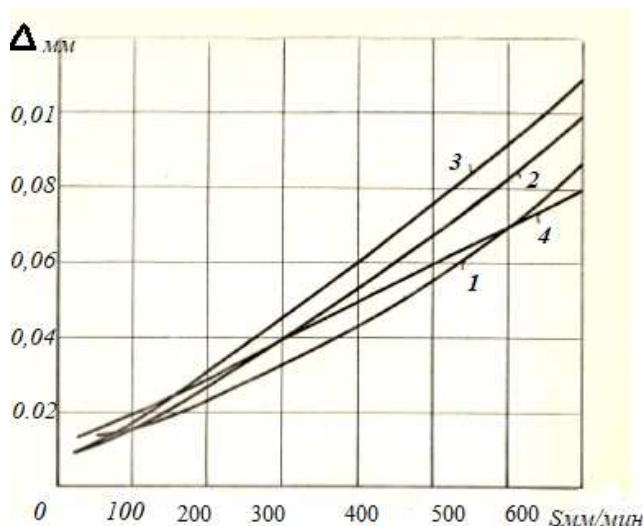


Рис. 7. Зависимость погрешностей копирования Δ от скорости подачи S и угла наклона профиля копира α при следящей подаче «назад»: 1. $\alpha = 10^\circ$; 2. $\alpha = 15^\circ$; 3. $\alpha = 20^\circ$; 4. $\alpha = 24^\circ$.

По результатам исследований станка с экспериментальной конструкцией фартука можно сделать следующие выводы.

1. Быстродействие привода подач в 3...5 раз больше, чем у подобных токарных станков с электромагнитными муфтами с магнитопроводящими дисками, установленными в фартуке и обеспечивает в 3...5 раз большую точность позиционирования при одинаковой скорости подачи.

2. Расширяются технологические возможности станка – на нем можно выполнять еще и копировальную обработку сложных поверхностей в 3...4 раза с большей точностью при одинаковой производительности или в 3...4 раза с большей производительностью при одинаковой точности по сравнению с подобными станками.

3. Разработанная конструкция фартука с быстродействующими электромагнитными муфтами может быть рекомендована к применению в токарных станках, например, модели 16К20.

Список использованных источников

1. Фидаров В.Х. Анализ погрешностей обработки на токарно - копировальном станке, оснащенный следящей системой с электромагнитными муфтами. Наука и образование для устойчивого развития экономики, природы и общества: сборник докладов Междунар. научно-практич. конф. – В 4 т. / под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Н.С. Попова; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2013. – Т. 4. С.292-300.

2. Фидаров В.Х. Моделирование точности размерной обработки на токарно-копировальном станке. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. Материалы международной научно-практической конференции. Тамбов, Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. С. 139-144.

УДК 681.782.473, 535.18, 535.182

Доненко И.Л., Лукьяненко А.В., Доненко А.В.
Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
e-mail: ivandonenko@yandex.ru

СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ФРАКТАЛЬНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ

Donenko I.L., Lukyanenko A.V., Donenko A.V.
Crimea Federal University V.I. Vernadskiy, Russia, Simferopol
e-mail: ivandonenko@yandex.ru

METHODS FOR SOLVING SOME MODEL EQUATIONS OF FRACTAL NONLINEAR OPTICS

Аннотация. Рассматриваются модели формирования фазовых пространственных структур, в частности, для модели кольцевого резонатора, содержащего слой нелинейной среды [1]. Функционально-дифференциальные уравнения, содержащие операторы преобразования пространственных координат, рассматривались на теоретическом и экспериментальном уровнях многими коллективами (Е. П. Белан, Е. М. Варфоломеев, В. Ю. Иванов, С. А. Кащенко, А. А. Корнута, А. Н. Куликов, Д. А. Куликов, В. А. Лукьяненко, О. Б. Лыкова, А. Б. Муравник, А. В. Разгулин, Л. Е. Россовский, А. Л. Скубачевский, Ю. А. Хазова и др.)

Ключевые слова: фрактал, нелинейность, оптоэлектроника, нелинейные параболические уравнения, динамический хаос

Abstract. Models for the formation of phase spatial structures are considered, in particular, for the model of a ring resonator containing a layer of a nonlinear medium [1]. Functional differential equations containing spatial coordinate transformation operators have been considered at the theoretical and experimental levels by many teams (E. P. Belan, E. M. Varfolomeev, V. Yu. Ivanov, S. A. Kashchenko, A. A. Kornuta, A. N. Kulikov, D. A. Kulikov, V. A. Lukyanenko, O. B. Lykova, A. B. Muravnik, A. V. Razgulin, L. E. Rossovsky, A. L. Skubachevsky, Yu. A. Khazova and others)

Keywords: fractal, nonlinearity, optoelectronics, nonlinear parabolic equations, dynamic chaos

Современные компьютерные сети приняли тенденцию на переход из ранее использованной витой пары, на технологии передачи данных по оптическому волокну, в нашей работе применена технология GPON работающая по принципу разделения по времени, каждому подключенному устройству в сети предоставляется время на прием

и передачу, устройства подключаются на прямую от провайдера до медиаконвертерау-
становленного непосредственно на рабочем месте, принцип передачи отображен на
рис. 1.

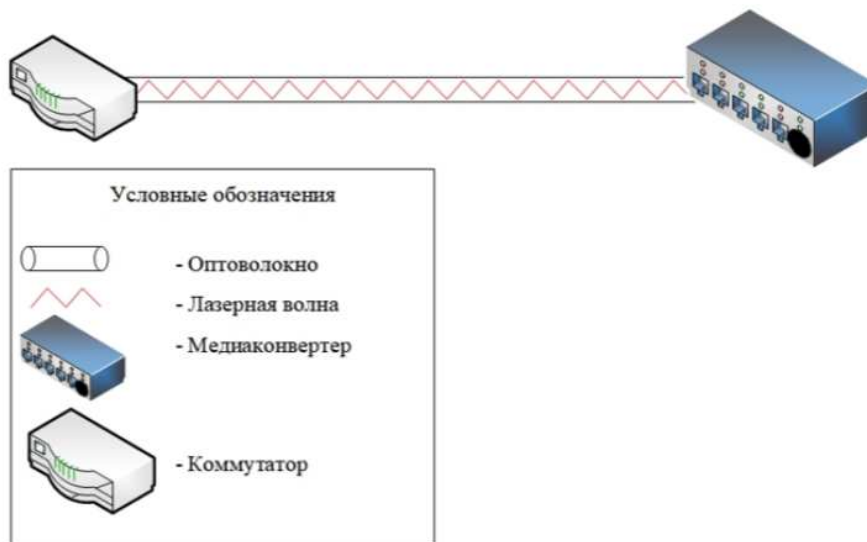


Рис. 1. Принцип работы технологии GPON

Для усовершенствования данной системы изготовлен петлевой резонатор из микро-
волокна диаметром 1 мкм из биконического волокна с использованием непрямого
метода нагрева CO₂-лазером. [1]

Высокая эффективность спаривания в таком петлевом резонаторе достигается за
счет адиабатически медленного изменения диаметра микроволокон в области связи.
Были продемонстрированы петлевые резонаторы из микроволокна с добротностью 120
000 и 630 000 [1,2].

Создание такой системы стало возможным в связи с прогрессом в производстве
микроволокон.

Этот метод позволяет при использовании одного SFP-модуля передавать по второ-
му волокну - не подключенному к нему данные с минимальными потерями интен-
сивности.[3] Согласно модовой теории на указанном участке моды $|\Psi_1\rangle$ и $|\Psi_2\rangle$ пред-
ставлены двумя комбинациями фундаментальных мод $|L\rangle$ и $|R\rangle$, распространяющихся, со-
ответственно, по левому и правому волокну:

$$|\Psi_1\rangle = (|L\rangle + |R\rangle) e^{i(\tilde{\beta} + \Delta\beta)z}, \quad (1.1)$$

$$|\Psi_2\rangle = (|L\rangle - |R\rangle) e^{i(\tilde{\beta} - \Delta\beta)z}. \quad (1.2)$$

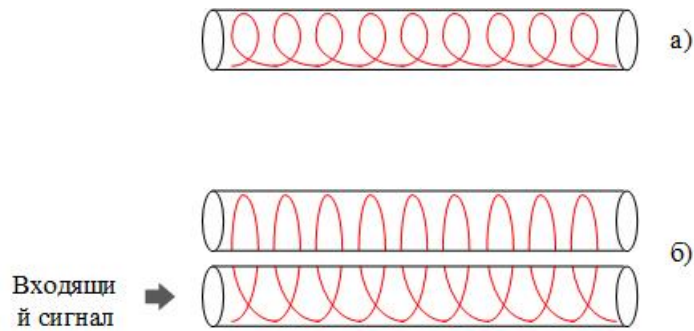


Рис. 2 Туннелирование сигнала в двух волокнах.

Схематичное отображение разделения интенсивности волны, где а) – это стандартный способ передачи лазерного сигнала, б) процесс фрактального туннелирования волны при совмещении нескольких (в данном случае – двух) оптоволоконных жил рядом друг с другом.

Для дополнительного шифрования данных и усиления безопасности сети, вихри внутри волокон закручиваются в оптические вихри по следующему принципу:

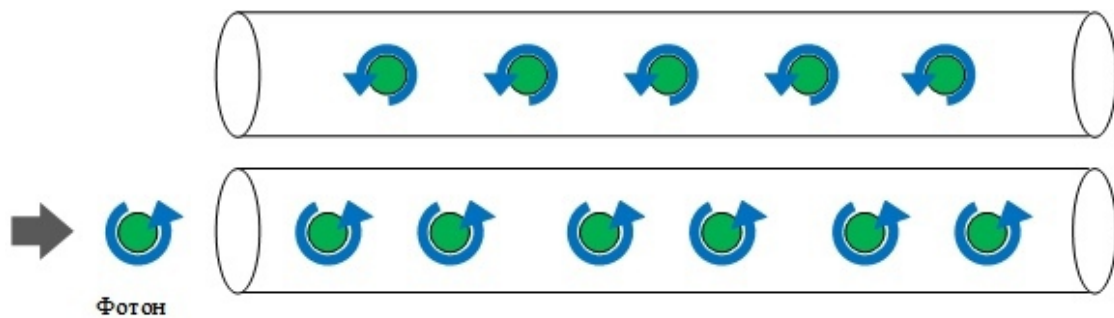


Рис. 3. Смена спин-орбитального момента оптического вихря.

Таким образом происходит шифрование на квантовом уровне, что делает внешнее проникновение в систему бесполезным. Но, в следствии чего встает следующий вопрос: сохранение интенсивности волн внутри резонатора.

Базовой является модель (с краевыми и начальными условиями):

$$\tau_0 u_t + u = D \Delta u + K |QA(x,t)|^2 \quad (1.3)$$

$$A(x, t + t_\tau) = (1 - R)^{1/2} A_{in}(x) + Ke^{i\varphi_0} \exp(iL\Delta) A(x, t) e^{A(x,t) e^{iu(x,t)}},$$

$$-2ik \frac{\partial A(x,z,t)}{\partial z} = \Delta A(x,z,t), A(x,t) = A(x,z=0,t), \quad (1.4)$$

где $\tau_0, D, K, R, \varphi_0, L, k_0$ — параметры оптической системы; $A_{in}(x)$ — амплитуда входной световой волны; Q — оператор преобразования пространственных переменных.

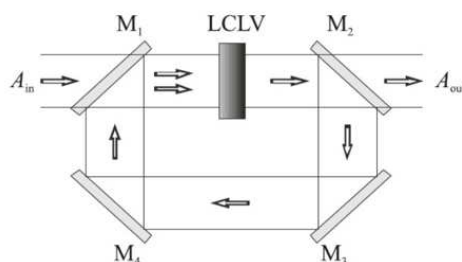


Рис. 4. Схема пассивного нелинейного кольцевого резонатора: M_1 - M_4 — зеркала, LCLV — нелинейная среда, A_{in} и A_{out} — комплексные амплитуды входного и выходного полей соответственно. Зеркала M_3 и M_4 обладают 100%-м отражением, а зеркала M_1 и M_2 имеют коэффициент отражения R по интенсивности.

При условии прохождения волнового фронта в данном резонаторе, мы можем получить следующую модель:

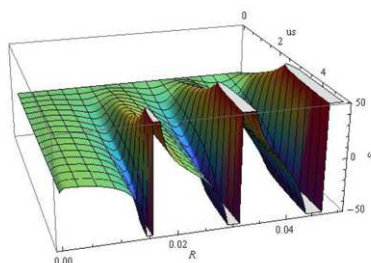


Рис. 5 Значения $\omega_c(n)$ при фиксированных $n = 0$, $\rho = 0.1$, $\varphi_0 = 0$, $\mu = 0.2$ и изменяющихся R и u_s .

Список использованных источников

1. Корнута А. А., Лукьяненко В. А. Функционально-дифференциальные уравнения параболического типа с оператором инволюции, *Динамические системы*, 37, 4, 390–409 (2019).
2. Kornuta A. A., Lukianenko V. A. Stable structures of nonlinear parabolic equations with transformation of spatial variables, *Lobachevskii J. Math.*, 42, 911–930 (2021).
3. Donenko I.L. Virtual modeling and research of fractal optical mappings // I.L. Donenko, V.I. Shostka // *Virtual modeling, prototyping and industrial design - 2017*. –С. 36
4. Доненко, И.Л. Фрактальное отображение полей многомодовых оптических волокон/ И.Л. Доненко. – Симферополь, КФУ им. В.И. Вернадского, 2017.
5. Доненко, И.Л. Виртуальное моделирование и исследование оптических фрактальных отображений/ И.Л. Доненко, В.И. Шостка – Тамбов, ТГТУ, 2017. 3
6. Лукьяненко, В.А. Нелинейные параболические уравнения и их приложения/ В.А. Лукьяненко, А.В. Доненко. – Симферополь, КФУ им. В.И. Вернадского, 2017.

УДК 004.94

Пеливан М.А.¹, Королькова И.К.², Яковлев А.В.³

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: witcher89158779996@yandex.ru

²e-mail: irishka-korolkova@mail.ru

³e-mail: yava73@bk.ru

**МОДЕЛЬ СИНТЕЗАТОРА ПОМЕХИ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧКИ ПО АКУСТОВИБРАЦИОННОМУ КАНАЛУ**

Pelivan M.A.¹, Korolkova I.K.², Yakovlev A.V.³

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

¹e-mail: witcher89158779996@yandex.ru

²e-mail: irishka-korolkova@mail.ru

³e-mail: yava73@bk.ru

**A SYNTHESIZER MODEL OF A SPECIAL INTERFERENCE TYPE
TO PROTECT THE ROOM FROM LEAKAGE VIA ACOUSTOVIBRATION
CHANNEL**

Аннотация. Предложена модель формирования инверсионной речеподобной помехи из акустического сигнала субъектов разговора. Модель содержит модуль обнаружения активности голоса, позволяющий убрать паузы между словами. Синтезируемый по случайному закону акустический сигнал, по своим основным характеристикам соответствует речевому сигналу, но не содержит смысловой информации. Результаты моделирования показывают достаточную схожесть спектров речевого сообщения и синтезированной речеподобной помехи, а также достижение требуемого уровня защиты речевой информации.

Ключевые слова: акустический канал, утечка, акустовибрационные помеховые сигналы, инверсионные речеподобные помехи.

Abstract. A model for the formation of inversion speech-like interference from the acoustic signal of conversation subjects is proposed. The model contains a voice activity detection module that allows you to remove pauses between words. An acoustic signal synthesized according to a random law corresponds to a speech signal in its main characteristics but does not contain semantic information. The simulation results show a sufficient similarity of the spectra of the speech message and the synthesized speech-like interference and the achievement of the required level of protection of speech information.

Keywords: acoustic channel, leakage, acoustic vibration interference signals, inversion speech-like interference.

Защита речевой информации является одной из важнейших задач в общем комплексе мероприятий по обеспечению информационной безопасности объекта технической защиты информации. Это связано с тем, что в процессе обсуждения служебных вопросов может озвучиваться конфиденциальная информация (информация ограниченного доступа). Перехват этой информации может происходить максимально оперативно в момент ее первого озвучивания.

Объектами технической защиты речевой информации (ТЗРИ) являются учреждения системы государственного управления, военные и военно-промышленные объекты, научно-исследовательские учреждения.

Предупреждение утечки информации по акустическим каналам сводится к пассивным и активным способам защиты.

Задачей технических средств защиты информации является либо ликвидация каналов утечки информации, либо снижение качества получаемой злоумышленником информации [1].

В некоторых случаях, когда по каким-либо причинам применение пассивных методов для обеспечения защиты выделенного помещения невозможно, или уровень защищенности при использовании таких средств не соответствует требованиям, используют активные средства защиты, которые синтезируют маскирующие акустовибрационные помеховые сигналы в элементах строительных конструкций и в инженерных коммуникациях, препятствующие работе технических средств разведки.

Процесс восприятия речи в шуме сопровождается потерями составных элементов речевого сообщения. В качестве показателя оценки эффективности систем акустовибрационной маскировки используется словесная разборчивость речи, характеризующаяся количеством правильно понятых слов и отражающая качественную область понятности, которая выражена в категориях подробности составляемой справки о перехваченном с помощью технических средств разведки разговоре [2]. Критерии эффективности защиты речевой информации во многом зависят от целей, преследуемых при организации защиты, например: скрыть смысловое содержание ведущегося разговора, скрыть тематику ведущегося разговора.

В системах акустовибрационной маскировки обычно применяются шумовые помехи следующих типов: «белый» шум (шум с постоянной спектральной плотностью в речевом диапазоне частот); «розовый» шум (шум с тенденцией спада спектральной плотности 3 дБ на октаву в сторону высоких частот); «коричневый» шум (шум с тенденцией спада спектральной плотности 6 дБ на октаву в сторону высоких частот); шумовая «речеподобная» помеха (шум с огибающей амплитудного спектра подобной речевому сигналу) [2, 3].

Наибольшей эффективностью обладают «речеподобные» помехи и помехи типа «розовый» шум [4].

В состав типовой системы акустовибрационной маскировки входят: генератор шума, комплект виброизлучателей, комплект акустических излучателей (звуковых колонок), а также оборудование, необходимое для регулировки и настройки системы.

Далее будет рассмотрена модель формирования инверсионной речеподобной помехи.

В качестве записывающего устройства выступает направленный микрофон с возможностью регулирования чувствительности. Устройством воспроизведения являются компьютерные колонки. Генератор речеподобной инверсионной помехи состоит из частотного скремблера и модуля обнаружения активности голоса. Частотный скремблер преобразует по некоторому правилу считываемый микрофоном речевой сигнал, после чего преобразованный сигнал поступает в модуль обнаружения активности голоса, который предотвращает появление пауз в генерации.

Для реализации модели генератора речеподобной инверсионной помехи в среде моделирования *Matlab Simulink* использовались компоненты, описанные в таблице 1.

Таблица 1. Компоненты модели и их краткое описание

Компонент	Описание
<i>Audio Device Reader</i>	Считывает аудиосигнал с помощью аудио устройства компьютера
<i>Digital Filter Designer</i>	Блок реализации цифрового фильтра с заданными параметрами
<i>Gain</i>	Усилитель сигнала
<i>Unbuffer</i>	Преобразование входного массива данных к заданному типу
<i>SSB AM Modulator Passband</i>	Производит однополосную амплитудную модуляцию сигнала
<i>Buffer</i>	Преобразование массива заданной длины из соответствующего числа входных переменных
<i>Add</i>	Сумматор
<i>Data Type Conversion</i>	Преобразование входного сигнала любого типа данных к типу данных, заданному пользователем
<i>Zero-Order Hold</i>	Преобразование дискретного сигнала в непрерывный путем хранения каждого значения выборки в течение одного интервала выборки
<i>Voice Activity Detector</i>	Детекция речи в аудио сегменте
<i>Switch</i>	Передает сигнал при заданных пользователем условиях
<i>Concatenate</i>	Вывод графиков в одной области для их сравнений
<i>Spectrum Analyzer</i>	Спектроанализатор
<i>Audio Device Writer</i>	Воспроизводит аудиосигнал на устройстве вывода компьютера

Каждый компонент настраивается отдельно, устанавливаются нужные значения параметров данного компонента, в некоторых случаях выбирается необходимый режим работы.

Компонент *Digital Filter Designer* будет использоваться в каждом канале генератора. Для каждого фильтра выбираются следующие значения параметров: «*Response Type*» – *Bandpass*, «*Design Method*» – *IIR Chebyshev Type I*, «*Specify order*» – 10 и «*F_s*» – 48000. Значения для параметров «*F_{pass}*» у каждого из компонентов будет разным: 300 Hz–950 Hz; 1000 Hz– 4500 Hz; 5000 Hz– 9000 Hz; 9500 Hz– 13000 Hz; от 13500 Hz до 19000 Hz.

Окно параметров компонента *Digital Filter Designer* показано на рис. 1.

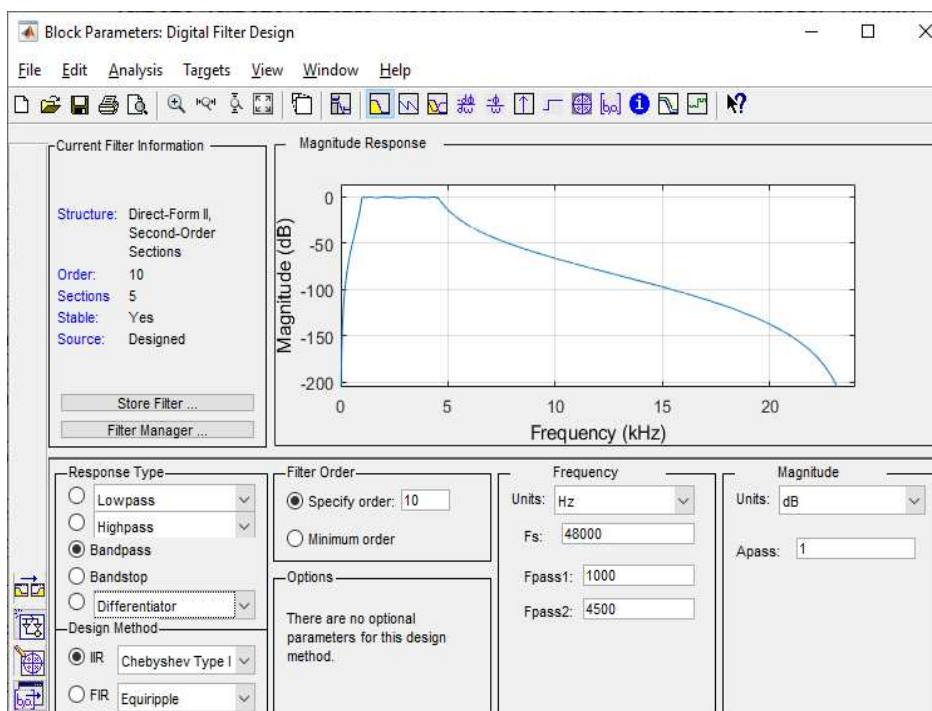


Рис.1. Параметры компонента *Digital Filter Designer*

Компоненты *Gain*, *Unbuffer*, *SSBAM Modulator Passband*, *Buffer* будут использованы в каждом канале генератора. Значения параметра усиления компонентов *Gain* следующие: 8, 3, 5, 7 и 6. Все компоненты *Unbuffer* имеют значение параметра «*Initial conditions*» равное 1024. Компоненты *Buffer* имеют значение параметра «*Output buffer size (perchannel)*» равное 1024.

В компоненте *SSBAM Modulator Pass band* установить значение параметра «*Carrier frequency*» в 1200 Hz, «*Side band to modulate*» – *Lower*, остальные параметры оставить без изменений.

Далее представлены компоненты модуля обнаружения голоса. Значение по умолчанию параметра «*Sample time*» не изменяется.

В компоненте *Data Type Conversion* устанавливаются следующие значения параметров: «*Output data type*» – *double*, «*Input and output to have equal*» – *Real World Value*, «*Integer rounding mode*» – *Floor*. Компонент *Voice Activity Detector* остается с параметрами по умолчанию.

Значение параметра «*Threshold*» компонента *Switch* устанавливается равным показателю 0.6, в случае параметра «*Criteria for passing first input*» выбирается значение $u_2 > \text{Threshold}$.

В компоненте *Concatenate* устанавливаются значение параметров «*Number of inputs*» и «*Concatenate dimension*» равное 2, «*Mode*» – *Multidimensional array*.

Собранная модель представлена на рис. 2 и может быть запущена в режиме симуляции. Результаты работы модели можно оценивать посредством компонента *Spectral Analyzer*.

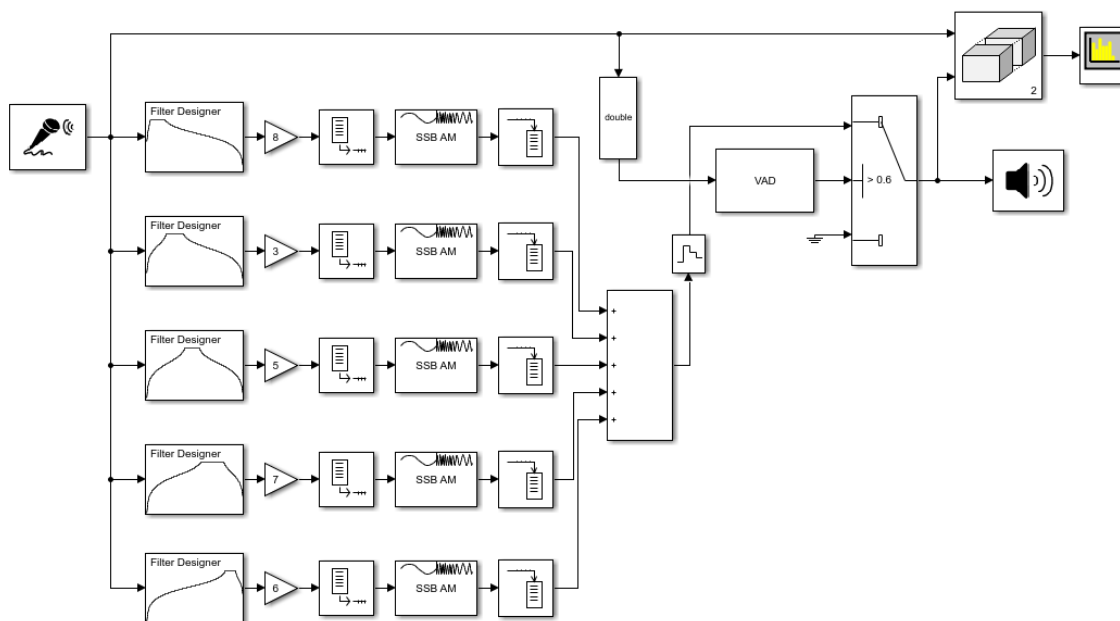


Рис. 2. Модель генератора речеподобной инверсионной помехи

Данная модель осуществляет запись диктора и воспроизведение речеподобной инверсионной помехи в режиме реального времени. В случае необходимости получения речеподобной помехи из заранее записанного аудиофайла, необходимо заменить компонент *Audio Device Reader* на компонент *From Multimedia File* и убрать модуль обнаружения активности голоса. Также, данные изменения помогут лучше проанализировать работу модели и произвести более тонкую настройку модели в зависимости от поставленных целей и задач, так как спектр исходного сигнала всегда будет одинаковым.

При прослушивании результата генерации прослеживается изменение тональности голоса говорящего человека, не слышны многие гласные, согласные звуки и слоги. Произвести семантический анализ такой речи становится весьма затруднительно. Результат работы модели представлен на рис. 3.

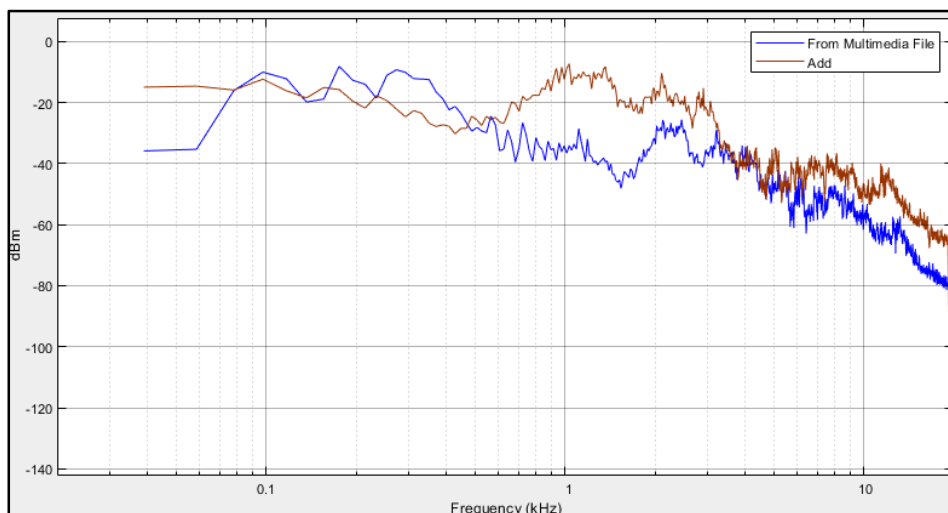


Рис. 3. Сравнение спектров исходного и преобразованного сигнала

Также произведен анализ симуляции по результатам показаний спектрограмм сигналов. Спектрограмма (сонограмма) или визуализированная речь представляет собой трёхмерное, наглядное изображение звуков в двумерном графике. Последовательность сигналов представлена временным показателем и частотой. Интенсивность звука представлена в виде относительного потемнения или масштабирования интенсивности цвета (третье измерение) временного и частотного изображений. Спектрограмма исходного сигнала показана на рис. 4.

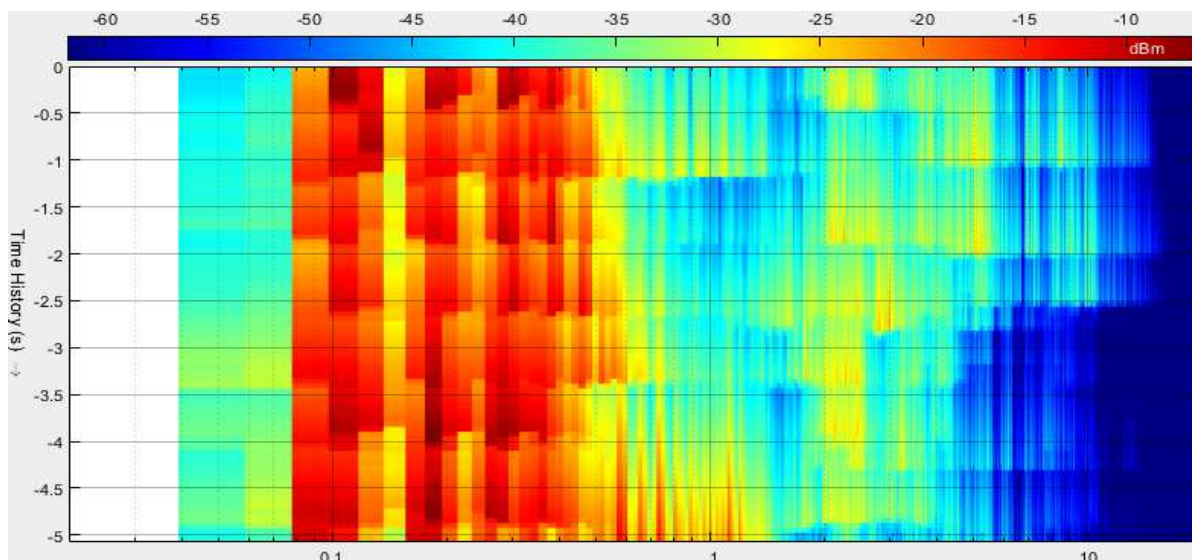


Рис.4. Спектрограмма исходного сигнала

Исходя из спектрограммы исходного сигнала можно сделать вывод, что основная энергия сигнала располагается в области нижней полосы частот, как и должно быть в случае непреобразованной речи человека[5].

Спектрограмма преобразованного сигнала представлена на рис. 5.

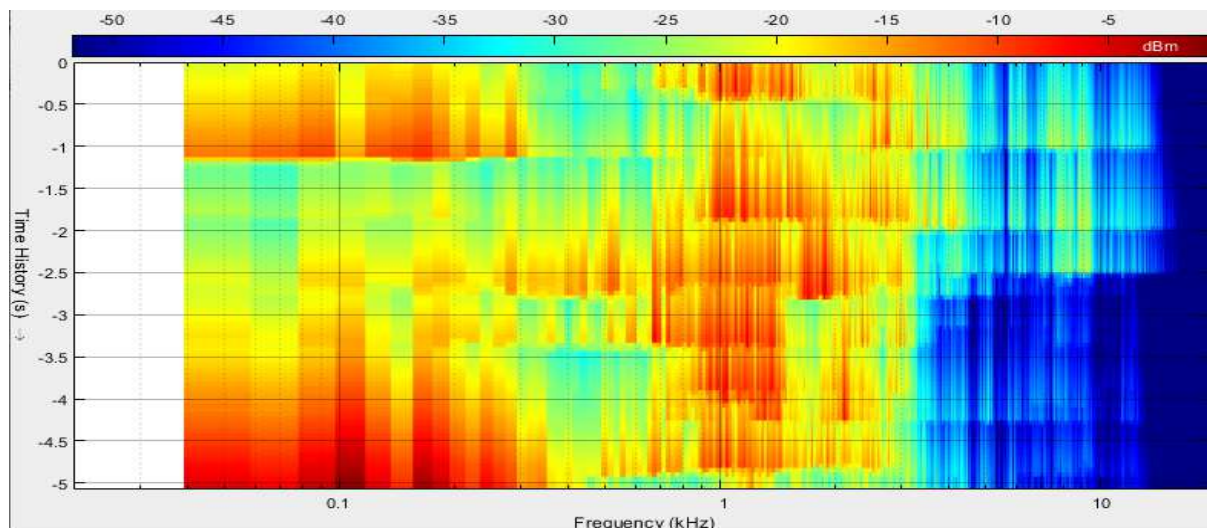


Рис. 5. Спектрограмма преобразованного сигнала

Анализ работы модели показал, что энергетика спектра преобразованного сигнала сосредоточена как в нижней полосе частот, так и в несвойственной для речи человека верхней полосе частот.

Таким образом, результаты моделирования показывают достаточную схожесть спектров речевого сообщения и синтезированной речеподобной помехи, а также достижение требуемого уровня защиты речевой информации. Синтезируемый по случайному закону акустический сигнал, по своим основным характеристикам соответствует речевому сигналу, но не содержит смысловой информации. Применение инверсионной речеподобной помехи в средствах защиты информации может способствовать эффективной акустической маскировке реального сигнала при соблюдении эргономических требований.

Список использованных источников

1. Хорев, А.А. К оценке эффективности защиты акустической (речевой) информации. *Information Security* / А.А. Хорев, Ю.К. Макаров. – Москва : Филин, 2005. – 276 с.
2. Железняк, В.К. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации / В.К. Железняк, Ю.К. Макаров, А.А. Хорев. – Москва : Филин, 2000. – 351 с.
3. Системы виброакустической маскировки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=595&lvl=04.03.01.01>. (дата обращения 28.09.2022).
4. Виды активных помех [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.delphiplus.org/zashchita-informatsii-vas-podslushivayut-zashchishchaites/vidy-aktivnykh-pomekh.html> (дата обращения 30.09.2022).
5. Пространственная акустика и защита от шума [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tehlib.com/arhitektura/planirovanie-territorij/prostranstvennaya-akustika-i-zaschita-ot-shuma-chast-ii/> (дата обращения 28.09.2022).

УДК 519.8

Тихомирова А.А.¹, Фурсова А.В.², Яковлев А.В.³

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: tihomirowaalina@yandex.ru

²e-mail: fursova_arina@inbox.ru

³e-mail: yava73@bk.ru

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ОБЪЕКТОВ В КЛАСТЕРАХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Tikhomirova A.A.¹, Fursova A.V.², Yakovlev A.V.³

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

¹e-mail: tihomirowaalina@yandex.ru

²e-mail: fursova_arina@inbox.ru

³e-mail: yava73@bk.ru

A MODEL FOR DETERMINING INFORMATION LOSS OF OBJECTS IN CONTROL SYSTEM CLUSTERS

Аннотация. Предложена модель определения информационных потерь в системах с иерархической организацией. Рассмотрены варианты деструктивных воздействий и их влияние на объекты в кластерах системы управления. Проведен анализ вероятности нарушения системы управления при заданном количестве деструктивных воздействий на разные уровни системы управления. Тенденция прослеживается и в распределение потерь информации по кластерам системы управления, что связано с нарушением транзитных маршрутов передачи информации в системе управления.

Ключевые слова: иерархическая система, потери информации, деструктивные воздействия, кластер.

Abstract. A model is proposed for determining the information losses in systems with hierarchical organization. The variants of destructive impacts and their influence on objects in clusters of the management system are considered. The analysis of the probability of a violation of the control system with a given number of destructive influences at different levels of the control system is carried out. The trend is also traced in the distribution of information losses across the clusters of the management system, which is associated with the violation of transit routes for the transmission of information in the management system.

Keywords: hierarchical system, information loss, destructive effects, cluster.

Постановка и решение задачи анализа и синтеза структуры сложных систем управления неразрывно связаны с задачей определения вероятности деструктивных воздействий величины информационных потерь на всех уровнях иерархии системы[1,2].

Для получения набора показателей, характеризующих численное значение информационных потерь объектов системы управления при деструктивном воздействии на систему управления разработана модель проведения классификации неоднородных статистических совокупностей[3].

На первом этапе генерируется множество случайных чисел однозначно соответствующее (принадлежащее) множеству объектов (узлов) системы управления, выражение

$$\Psi = \{_{n+k}O_{i+q} | 1 \leq _{n+k}O_{i+q} \leq 13\}, \quad (1)$$

где: Ψ – множество чисел, принадлежащих отрезку [1-13] который соответствует количеству объектов, узлов системы управления.

Далее в соответствии с выражением (2) определяем факт поражения объекта системы управления.

$$\begin{aligned} \text{Если } \forall _{n+k}O_{i+q} \exists \psi_i &\rightarrow \theta_i = 1; \\ \text{если } \forall _{n+k}O_{i+q} \nexists \psi_i &\rightarrow \theta_i = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Если для всех (для любого) узла существует случайное число из заданного множества переменная θ_i принимает значение 1, в противном случае 0. Если переменная θ_i принимает значение 1, то выполняется суммирование всех переменных с последующим произведением на величину единичных потерь информации. Завершением первого этапа является вычисление потерь информации для каждой генерации случайных чисел, выражение (3):

$$\text{Если } \theta_i = 1 \rightarrow E = E_i \sum_{i=1}^{\Psi} \theta_i. \quad (3)$$

На втором этапе, в соответствии с отношением эквивалентности, выполняется разбиение всего множества данных E_i на непересекающиеся классы, в каждом из которых результаты моделирования признаются тождественными, неразличимыми, а данные из разных классов считаются нетождественными. Разбиение на классы выполняется с применением линейной метрики, с использованием которой лучше всего выделяются кластеры, расположенные на гиперплоскостях, особенно если они ортогональны каким-либо координатным осям:

$$M_{l,i,j} = \sum_{l=1}^m |E_i^l - E_j^l|, \quad (4)$$

где: E_i^l - значение l -го признака у i -го объекта, $l = \overline{1, m}$; $i, j = \overline{1, n}$; \bar{x} - вектор-столбец значений всех признаков на i -м объекте; 1 - наличие свойства, 0 - отсутствие;

$$M_{l,i,j} = \begin{cases} 1, \text{ если } |E_i^l - E_j^l| \leq \varepsilon_i, \\ 0, \text{ в любом другом случае;} \end{cases} \quad (5)$$

После получения непересекающихся классов E_i (отношение эквивалентности) все информационные сущности внутри найденного класса считаем тождественными, а разных классов - нет.

Последовательность определения информационных потерь представлена в таблице 1.

Таблица 1. Определение информационных потерь

	Набор случайных чисел, ψ				Логические переменные, $(I; 0)$				Информационные потери, e				E_i
1	ψ_1	ψ_2	...	ψ_i	Θ_1	Θ_2	...	Θ_i	e_1	e_2	...	e_i	$E_i = \sum e_i$
2	ψ_1	ψ_2	...	ψ_i	Θ_1	Θ_2	...	Θ_i	e_1	e_2	...	e_i	$E_i = \sum e_i$
3	ψ_1	ψ_2	...	ψ_i	Θ_1	Θ_2	...	Θ_i	e_1	e_2	...	e_i	$E_i = \sum e_i$
...
...
...
...
...
...
...
148	ψ_1	ψ_2	...	ψ_i	Θ_1	Θ_2	...	Θ_i	e_1	e_2	...	e_i	$E_i = \sum e_i$
149	ψ_1	ψ_2	...	ψ_i	Θ_1	Θ_2	...	Θ_i	e_1	e_2	...	e_i	$E_i = \sum e_i$
Ω	ψ_1	ψ_2	...	ψ_i	Θ_1	Θ_2	...	Θ_i	e_1	e_2	...	e_i	$E_i = \sum e_i$
												$\frac{\sum_{i=1}^{\Omega} E_i}{\Omega}$	

В результате кластеризации определяем потери информации для заданного количества деструктивных воздействий и комбинации объектов (узлов) графа системы управления.

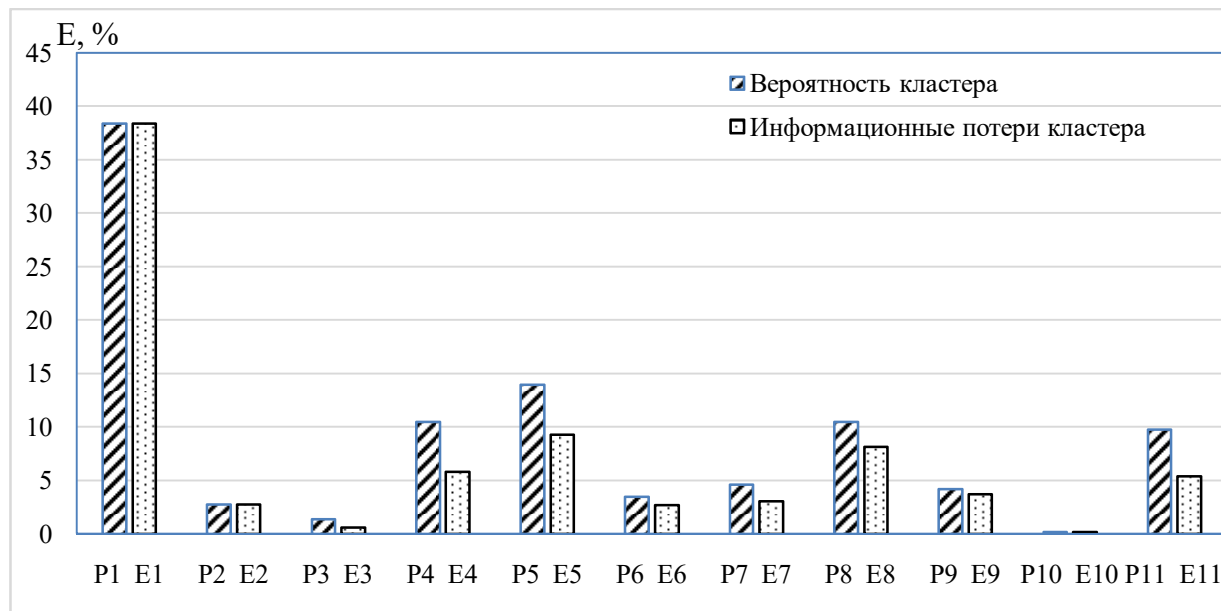


Рис. 1. Распределение вероятностей и информационных потерь по кластерам для заданного количества деструктивных воздействий

Моделирование на рассматриваемой структуре системы позволило представить распределение вероятностей и распределение потерь информации по кластерам системы управления в зависимости от количества деструктивных воздействий.

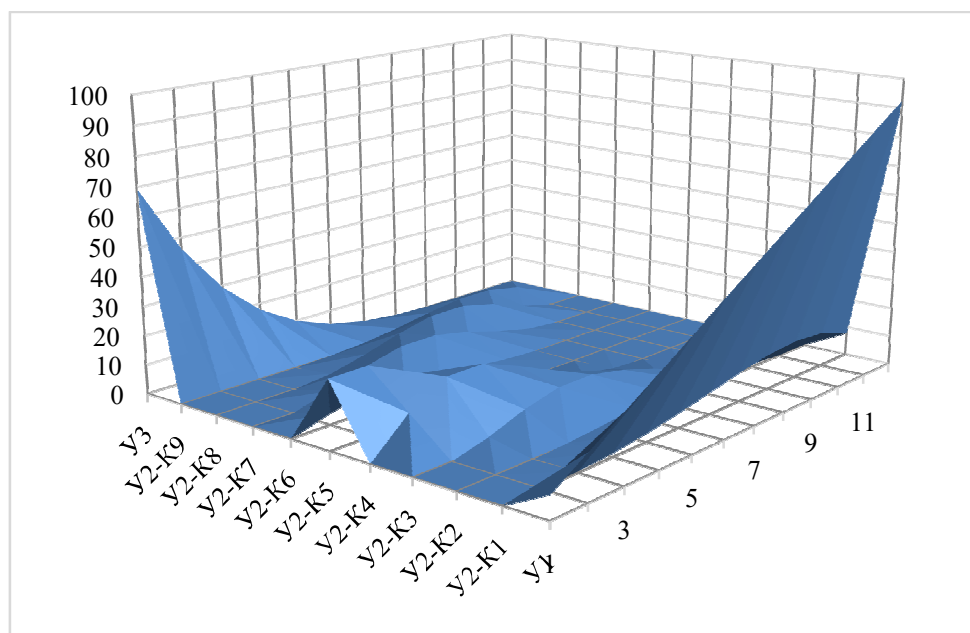


Рис. 2. Распределение вероятностей по кластерам системы управления в зависимости от количества деструктивных воздействий (У1 – нижний уровень иерархии; У2-К1÷У2-К9 кластеры второго уровня иерархии; У3 – верхний уровень иерархии)

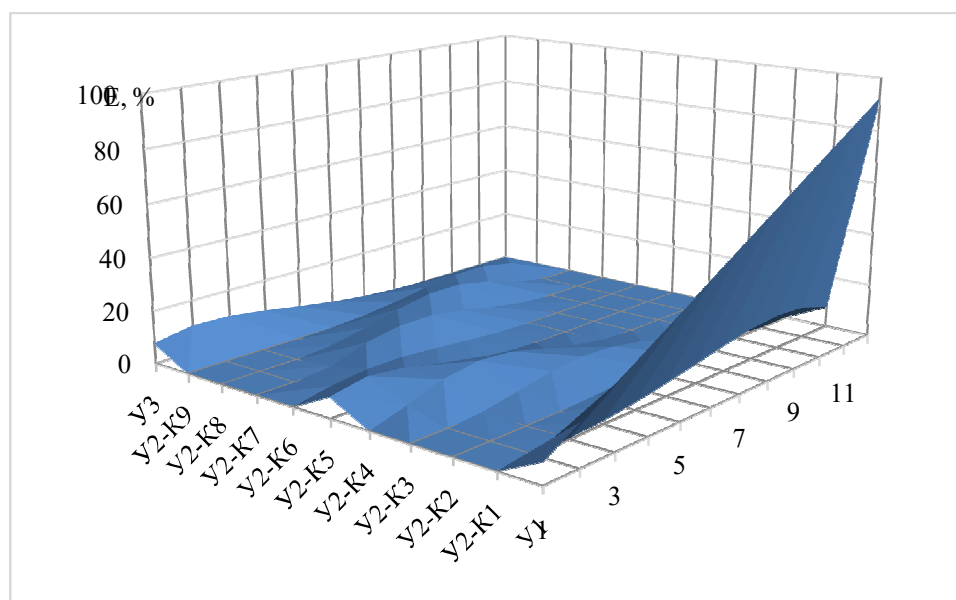


Рис. 3. Распределение потерь информации по кластерам системы управления в зависимости от количества деструктивных воздействий (У1 – нижний уровень иерархии; У2-К1÷У2-К9 кластеры второго уровня иерархии; У3 – верхний уровень иерархии)

Проведенный анализ результатов моделирования позволил сделать вывод, что вероятность нарушения системы управления при заданном количестве деструктивных воздействий наиболее высока при разрушении кластеров второго уровня иерархии. Тенденция прослеживается и в распределение потерь информации по кластерам системы управления, что связано с нарушением транзитных маршрутов передачи информации в системе управления.

Список использованных источников

1. Воронин А.А. Оптимальные иерархические структуры./ А.А. Воронин, С.П. Мишин– М.: ИПУ РАН, 2003. – 214 с.
2. Цвиркун А.Д. Структура сложных систем. – М.: «Сов. Радио», 1975. –200 с.
3. Губко М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур. – М.: Ленанд, 2006. – 264 с.

УДК 661.935, 544.723.232

Дворецкий Д.С.¹, Дворецкий С.И.¹, Акулинин Е.И.¹, Усачев В.Б.², Беляев В.А.²

¹ Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: dvoretsky@yahoo.com,

² Протвинский филиал акционерного общества «Научно – исследовательский институт
Научно – производственное объединение «ЛУЧ»
e-mail: h2luch.pa@gmail.com

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ АДСОРБЦИОННЫХ СИСТЕМ РАЗДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Dvoretsky D.S.¹, Dvoretsky S.I.¹, Akulinin E.I.¹, Usachev V.B.², Belyaev V.A.²

¹ Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: dvoretsky@yahoo.com,

² Joint-stock company "Scientific Research Institute Scientific and Production Association
«ЛУЧ», Protvino branch
e-mail: h2luch.pa@gmail.com

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF OPTIMAL CYCLIC ADSORPTION SYSTEMS FOR SEPARATION AND PURIFICATION OF GAS MIXTURES

Аннотация. Проводится анализ и систематизация построения моделей и методов физического и математического моделирования циклических адсорбционных систем, постановок задач оптимизации режимов функционирования и проектирования установок короткоциклового адсорбции для концентрирования ценных газов; математического, алгоритмического и информационного обеспечения для проектирования экономичных «конструкций» адсорбционных систем разделения многокомпонентных газовых смесей. Дается сравнительная оценка эффективности и целесообразности предлагаемых подходов и методов к их решению, оценивается перспективность направлений дальнейшего развития циклических адсорбционных систем для разделения и очистки газовых смесей с использованием современных средств и методов системного анализа, математического моделирования и теории оптимизации (гибкости), которые наряду с интенсивно развивающимися средствами вычислительной техники позволяют создавать работоспособные энерго- и ресурсосберегающие химико-технологические процессы и установки в условиях неопределенности.

Ключевые слова: газовая смесь, разделение, короткоцикловая безнагревная адсорбция, микропористый адсорбент, циклическая адсорбционная система, математическое моделирование, оптимизация, проектирование, неопределенности.

Abstract. The analysis and systematization of the models and methods of physical and mathematical modeling of pressure swing adsorption units, the problems formulation of

regime optimization and units for the concentration of valuable gases design; mathematical, algorithmic and information support for the economical construction of the separation of multicomponent gas mixtures adsorption systems design. A comparative assessment of the effectiveness and expediency of the proposed approaches and solution methods is given. The prospects of pressure swing adsorption units for separation and purification of gas mixtures, mathematical modeling and optimization development are estimated. Described means along with intensively developing computer technology, allow creating workable energy and resource-saving units under uncertainty.

Keywords: gas mixture, separation, pressure swing adsorption, microporous adsorbent, cyclic adsorption system, mathematical modeling, optimization, design, uncertainties.

Введение

Ежегодный рост производства высокочистых газов на мировом рынке за последнее десятилетие составляет ~5-7%, причем суммарный объем производства таких газов, как водород, кислород и азот оценивается примерно в 2/3 мирового промышленного производства всех технических газов. Согласно статистическим данным общее потребление водорода, кислорода и азота удваивается каждые 15 лет [1,2].

Наиболее распространенным и эффективным методом получения чистых газов является разделение газовых смесей на твердых адсорбентах по способу короткоциклового адсорбции с циклически изменяющимся давлением (КБА или КЦА). Установки КЦА отличаются способом создания движущей силы и работают от источника избыточного давления (и/или вакуума): в установках вакуум-напорного типа на стадии адсорбции создается давление выше атмосферного, а на стадии десорбции – ниже атмосферного примерно на 0,5 атм; в установках вакуумного типа давление на стадии адсорбции равно атмосферному, а на стадии десорбции составляет ~0,15–0,3 атм. Циклические адсорбционные процессы классифицируются по длительности цикла на три группы: в традиционных процессах продолжительность цикла составляет более 1 мин; в быстрых процессах КЦА – от 0,1 до 1 мин, в сверхбыстрых процессах КЦА – менее 0,1 мин.

В качестве адсорбентов для извлечения водорода, кислорода и азота из газовых смесей используют микропористые адсорбенты, которые имеют высокую селективность по сопутствующим нецелевым компонентам соответствующей газовой смеси, подлежащей разделению. В частности, для получения кислорода и азота из воздуха используются как промышленные цеолиты NaX (13X), CaA (5A), LiLSX (LiX), так и перспективные сереброрсодержащие цеолиты AgLiLSX, Ag-ETS-10 и перовскиты, обладающие высокой селективностью по аргону и позволяющие получать на выходе кислород с чистотой до 95,5 об. % и выше; для получения водорода из синтез-газов в качестве адсорбентов используются различные марки активных углей, металл-органические каркасные структуры MOF (CuBTC, Cu-TDPAT), промышленные цеолиты 5A и 13X, обладающие высокой селективностью по сопутствующим водороду компонентам синтез-газа (CO_2 , CO, N_2 , H_2O , CH_4). В последние годы активно ведутся исследования по разработке новых композитных (блочных) сорбционно-активных материалов, преимуществами которых являются низкое аэродинамическое сопротивление, высокая прочность, более низкое содержание связующего, повышенный срок службы по сравнению с гранулированными адсорбентами.

Использование новейших достижений в конструкции установок КЦА позволяет реализовать «скоростной» технологический процесс КБА при достижении высокой степени чистоты продуктового газа (для водорода – 99.99 об. %, для кислорода – до 95 об. % и выше, для азота – 99.99 об. %); регулируемую скорость цикла, минимальное время вывода установки на рабочий (стационарный периодический) режим, низкие расходные нормы газовой смеси на единицу продуктового газа, что позволяет существенно снизить затраты на электроэнергию для компрессорного оборудования. Установки КЦА автономны, мобильны, надежны и являются наиболее прибыльными для потребителей, которые используют продукты разделения газовых смесей неравномерно во времени [3].

Из анализа литературных источников следует, что несмотря на быстро увеличивающееся количество работ в области циклических адсорбционных систем разделения и очистки газовых смесей по способу КЦА, создание промышленных образцов установок КЦА сдерживается проблемой недостаточно полной изученности свойств и режимов функционирования циклических адсорбционных процессов в динамике и статике, несовершенством их аппаратурно-технологического оформления, алгоритмического и информационного обеспечения их исследования и разработки в условиях неопределенности исходной информации.

Целью исследования является обобщение научных достижений и совершенствование на их базе теоретических основ и методологии исследования и разработки оптимальных циклических адсорбционных систем разделения и очистки газовых смесей в условиях неопределенности.

Методология исследования и разработки оптимальных циклических адсорбционных систем разделения и очистки газовых смесей

Системный анализ, теория процессов и аппаратов химической технологии, компьютерное моделирование, теория оптимизации (гибкости) и принятие решений лежат в основе методологии при решении сложных задач синтеза (проектирования) и исследования (анализа) циклических процессов и установок КЦА в условиях частичной неопределенности исходных данных [4-6].

Решение сложных задач синтеза и анализа циклических процессов и установок КЦА осуществляется, как правило, в условиях неточности исходной физико-химической, технологической и экономической информации, с использованием неточных математических моделей и, кроме того, во время функционирования адсорбционных систем весьма вероятны изменения их внутренних характеристик и условий внешней среды. В результате приходится формулировать и решать задачу создания такой «конструкции» системы адсорбционного разделения и очистки газовых смесей, которая гарантирует: 1) оптимальное значение некоторого показателя (технологического или экономического), оценивающего работу установки КЦА за определенный период времени ее эксплуатации; 2) сохранение работоспособности установки КЦА (выполнение требований технологического регламента) в ходе эксплуатации, несмотря на использование неточных математических моделей и возможные случайные изменения внутренних и внешних неопределенных факторов [7-9].

Методология разработки и исследования ресурсосберегающих циклических адсорбционных процессов и установок разделения и очистки газовых смесей включает комплекс

последовательных процедур: 1) проведение исследований по изучению свойств и режимов функционирования циклических адсорбционных процессов и установок КЦА с использованием методов физического и математического моделирования; подготовку исходных данных для проектирования установок КЦА и оценку уровня их точности (неопределенности) [10]; 2) формализацию задач проектирования оптимальных адсорбционных процессов и установок КЦА в условиях неопределенности исходных данных, разработку алгоритмов их решения; 3) решение сформулированных задач оптимального проектирования применительно к конкретным адсорбционным системам разделения газовых смесей; анализ, интерпретацию полученных результатов и формирование рекомендаций по аппаратурно-технологическому оформлению промышленных циклических адсорбционных процессов и установок КЦА.

Одноэтапная задача проектирования оптимальных установок КЦА в условиях неопределенности

Задача проектирования оптимальных адсорбционных процессов и установок КЦА в условиях неопределенности исходных данных формулируется следующим образом: для заданного типа (напорная схема, вакуум-напорная, вакуумная) установки КЦА требуется определить векторы конструктивных параметров d^* и режимных переменных u^* ее функционирования такие, что

$$I(d^*, u^*) = \min_{d \in D, u \in U} M_{\xi} \{ \varphi(d, u, y(t_{css}), \xi) \} \quad (1)$$

при связях в форме уравнений математической модели динамики циклического адсорбционного процесса разделения газовых смесей по способу КЦА [11] и ограничениях по:

– чистоте продуктового газа

$$\max_{\xi \in \Xi} [g_1(d, u, y(t_{css}), \xi) = \underline{c}_1^{out} - c_1^{out}(d, u, y(t_{css}), \xi)] \leq 0; \quad (2)$$

– производительности установки КЦА

$$\max_{\xi \in \Xi} [g_2(d, u, y(t_{css}), \xi) = \underline{G}^{out} - G^{out}(d, u, y(t_{css}), \xi)] \leq 0; \quad (3)$$

– скорости газовой смеси в "лобовом" слое адсорбента

$$\max_{\xi \in \Xi} \left[g_3(d, u, \xi) = \max_{\tau \in [0, \tau_c]} v_g(d, u, \xi) - v_g^+ \right] \leq 0; \quad (4)$$

– перепаду давления в слое адсорбента на стадиях адсорбции и десорбции

$$\max_{\xi \in \Xi} \left[g_4(d, u, \xi) = \max_{\tau \in [0, \tau_{ads}]} \Delta P_{ads}(d, u, \xi) - \Delta P^+ \right] \leq 0; \quad (5)$$

$$\max_{\xi \in \Xi} \left[g_5(d, u, \xi) = \max_{\tau \in [0, \tau_{des}]} \Delta P_{des}(d, u, \xi) - \Delta P^+ \right] \leq 0; \quad (6)$$

– допустимым диапазонам изменения конструктивных параметров $d \in D$ и режимных переменных $u \in U$

$$D = \{d_i^- \leq d_i \leq d_i^+, i = 1, n_d\}, U = \{u_i^- \leq u_i \leq u_i^+, i = 1, n_u\}, \quad (7)$$

где φ – целевая функция (прибыль от производства, приведенные затраты или степень извлечения продуктового газа); $\xi \in \Xi = [\xi_{\rho}^- \leq \xi \leq \xi_{\rho}^+, \rho = \overline{1, n_{\xi}}]$ – вектор неопределенных параметров (состав и температура исходной газовой смеси, подлежащей разделению; давление окружающей среды; некоторые параметры математической модели и т.п.);

t_{css} – время выхода установки КЦА на стационарный периодический процесс; c_1^{out}, c_1^{out} – заданная и текущая концентрация продуктового газа на выходе установки КЦА в режиме стационарного периодического процесса; v_g^+, v_g – предельно-допустимая и текущая скорость газовой смеси на входе в установку КЦА; $\Delta P^+, \Delta P_{ads}, \Delta P_{des}$ – предельно-допустимое и текущие значения перепада давления в слое адсорбента на стадиях адсорбции и десорбции, соответственно.

Задача оптимизации в постановке (1)-(7) относится к классу задач одноэтапного математического проектирования технологического процесса адсорбционного разделения газовой смеси по способу КЦА с жесткими ограничениями, для решения которой могут быть использованы разработанные экономичные методы [10].

В табл. представлены результаты решения задачи оптимизации (по степени $\bar{\eta}$ концентрирования кислорода) режимов функционирования двухадсорберной напорной установки КЦА при обогащении воздуха кислородом и фиксированном векторе конструктивных переменных: внутренний диаметр D_A^{int} обечайки адсорбера принимался равным $D_A^{int} = 0,04$ м, высота слоя L гранулированного адсорбента NaX – $L = 0,2$ м.

Таблица. 1 Результаты решения задачи оптимизации режимов функционирования установки КЦА получения кислорода в постановке (1) – (7)

Варьируемый параметр	Предельное значение концентрации $c_{O_2}^{out}$, об. %						
	40	50	60	70	80	90	95,5
τ_{ads}^* , с	20,0	19,1	18,9	15,1	10,5	4,9	2,2
$P_w^* \times 10^{-5}$ Па	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	4,6	6,0
θ^* , отн. ед.	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	1,3	2,8
$\bar{\eta}^*$, %	79,4	78,0	77,6	76,3	73,3	60,0	5,5
$c_{O_2}^{out}$, об. %	40	50	60	70	81,3	91,5	95,5
G^{out} , л/мин	4,1	3,2	2,6	2,3	2,0	2,0	1,3

Здесь τ_{ads}^* – оптимальная продолжительность стадии адсорбции; P_w^* – давление на стадии адсорбции; θ^* – оптимальное значение коэффициента обратного потока на регенерацию адсорбента; $\bar{\eta}^*$ – оптимальное значение степени концентрирования кислорода; $c_{O_2}^{out}, G^{out}$ – заданные значения концентрации кислорода в газовой смеси на выходе установки КЦА и ее производительности, соответственно.

Анализ результатов, представленных в таблице, показывает, что для достижения заданных значений чистоты кислорода $c_{O_2}^{out} = 90$ об. % и производительности установки $G^{out} = 2$ л/мин необходимо увеличивать давление P_w на стадии адсорбции и коэффициент обратного потока θ до $4,6 \times 10^5$ Па и 1,3, соответственно, а продолжительность стадии адсорбции τ_{ads} уменьшать до 5 с; при этом степень концентрирования кислорода $\bar{\eta}$ составит 60%.

В заключение можно выделить следующие перспективные направления в области математического моделирования, оптимизации режимов функционирования и проектиро-

вания установок КЦА, которые могут обеспечить интенсификацию и дальнейшее развитие циклических процессов адсорбционного разделения многокомпонентных газовых смесей и совершенствование аппаратурно-технологического оформления установок: 1) CFD–моделирование, позволяющее решать 2D – и 3D – мерные задачи математического моделирования процессов разделения газовых смесей в адсорберах с радиальным или спиральным направлениями газового потока с учетом неравномерности его распределения в среде адсорбента, застойных зон и снижения в ходе адсорбционного процесса разделения газовой смеси динамической емкости адсорбента в адсорберах с блочными адсорбентами и гранулированными адсорбентами со сложной формой гранул; 2) разработка методов и алгоритмов проектирования оптимальных циклических адсорбционных систем разделения и очистки газовых смесей, позволяющих синтезировать экономичные конструкции установок КЦА и определять оптимальные режимы их функционирования с учетом потенциальной возможности уточнения неопределенных параметров на стадии функционирования установки КЦА.

Список использованных источников

1. Ackley M.W. Medical oxygen concentrators: a review of progress in air separation technology. *Adsorption*. 2019; 25(8): 1437–1474.
2. Shi W.-R., Tian C.-X., Ding Z.-Y., Han Z.-Y., Zhang D.-H. Review on Simulation, Optimization and Control of Pressure Swing Adsorption. *Gaoxiao Huaxue Gongcheng Xuebao*. 2018; 32(1): 8–15.
3. Ruthven D.M., Farooq S., Knaebel K.S. *Pressure swing adsorption*. New York, 1993. 189 p.
4. Bigler L.T., Grossmann I.E., Westerberg A.W. *Systematic Methods of Chemical Process Design*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1997.
5. Ostrovsky, G.M., Ziyatdinov, N.N., Lapteva, T.V., Silvestrova, A.S., Nguyen, Q.T. Optimization of Chemical Process with Joint Chance Constraints *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2017. 56(12). 3309–3331.
6. Ostrovsky, G.M., Lapteva, T.V., Ziyatdinov, N.N. Optimal design of chemical processes under uncertainty. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2014. 48(5). 583–593.
7. Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И., Островский Г.М. Новые подходы к проектированию химико-технологических процессов, аппаратов и систем в условиях интервальной неопределенности. М.: Издательский дом «Спектр», 2012. 344с.
8. Khajuria H., Pistikopoulos E.N. Optimization and Control of Pressure Swing Adsorption Processes Under Uncertainty. *AIChE Journal*. 2013. V. 59(1). P. 120–131.
9. Островский Г.М., Лаптева Т.В., Зиятдинов Н.Н. Проектирование оптимальных химико-технологических систем в условиях неопределенности // *Теор. основы хим. техн.* 2014. Т. 48, №5. С. 527-537.
10. Моделирование и оптимизация циклических адсорбционных процессов для разделения и очистки газовых смесей : монография / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Е. И. Акулинин, О. О. Голубятников. – Тамбов: Изд. центр ФГБОУВО «ТГТУ», 2021. – 207 с.
11. Optimization and Analysis of Pressure Swing Adsorption Process for Oxygen Production from Air under Uncertainty / E. Akulinin, O. Golubyatnikov, D. Dvoretzky, S. Dvoretzky // *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. – 2020. – V. 26(1). – P. 89 – 104.

УДК 681.518

Корпусов Д.В.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: awesome009@yandex.ru

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛОВЫХ КАМЕРАХ**

Korpusov D.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: awesome009@yandex.ru

**DECISION SUPPORT SYSTEM
FOR MICROCLIMATE CONTROL IN HEAT CHAMBERS**

Аннотация. Обеспечение надежности и бесперебойной подачи тепловой энергии потребителям является приоритетным направлением в отрасли теплоснабжения. Разработка методик и системы поддержки принятия решений для контроля за микроклиматом тепловых камер позволит значительно сократить потери при распределении и транспортировке тепловой энергии, в оперативном режиме выявляя утечки теплоносителя и возможные повреждения трубопроводов тепловых сетей, предупреждая возникновение аварии; обеспечит поддержание требуемых уровней параметров у потребителей, при которых достигаются комфортные условия функционирования теплосистем, и упростит наблюдение за объектами и их техническое обслуживание.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, контроль микроклимата, тепловые камеры, теплоснабжение, датчики.

Abstract. Ensuring the reliability and uninterrupted supply of heat energy to consumers is a priority in the heat supply industry. The development of methods and decision support systems for controlling the microclimate of heat chambers will significantly reduce losses in the distribution and transportation of heat energy; detecting in real time heat carrier leaks and possible damage to heating network pipelines; preventing an accident will ensure the maintenance of the required levels of parameters for consumers under which comfortable conditions for the functioning of heating systems are achieved and it will simplify the monitoring of objects and their maintenance.

Keywords: decision support system, microclimate control, heat chambers, heat supply, sensors.

На сегодняшний день нет существующих методов и систем для контроля за микроклиматом тепловых камер.

В тепловых камерах удельная повреждаемость трубопроводов тепловых сетей на 1 п.м. больше, чем на остальных участках в 10–20 раз. Основным источником аварий на данных участках является коррозия и последующий износ запорной арматуры. Коррозионные процессы вызваны конденсатом, образующимся на холодных перекрытиях, находящихся у поверхности тепловых камер. Влага может попадать и в связи с неплотностью крышек люков камер, также вызывая интенсивную коррозию на трубопроводах и запорной арматуре.

В отопительный период наблюдаются наиболее тяжелые условия. Влага, образующаяся в результате погодных условий, например, таяния снега, попадает в тепловые каналы камер. В связи с этим влагосодержание может возрасти до 20–30%, что тем самым увеличит теплопотери примерно в 2–2,5 раза. Непроветриваемая атмосфера в камере ведет к тому, что в воздухе присутствуют газы, образующиеся от распада органических веществ, что увеличивает скорость коррозии запорной арматуры. Намокание стен вызывает разрушение силовых элементов. Микроклимат определяет не только коррозионные процессы в камерах сетей теплоснабжения, но и величину теплопотерь.

Влажность воздуха в тепловой камере напрямую зависит от следующих факторов:

- наличие открытых водных поверхностей (результат подтопления камер),
- осадки попадающих через неплотности люков,
- протечек через сальниковые уплотнения задвижек;
- увлажнение поверхностей стен, перекрытий и грунта,
- наличие мокрая теплоизоляция.

Решение данного вопроса контроля микроклимата тепловых камер возможно с использованием современных информационных технологий и технических устройств с использованием системы поддержки принятия решений (СППР).

Выбор СППР, как основополагающей метода контроля микроклимата в тепловых камерах обусловлен необходимостью в непрерывно функционирующем совместно с системой диспетчерского контроля программном комплексе, основанном на совершенствовании средств автоматизации оперативного контроля.

В связи с этим необходимо рассмотреть программно-техническую реализацию системы поддержки принятия решений, предназначенной для обеспечения надежности и бесперебойной подачи тепловой энергии потребителям, основанной на непрерывном контроле микроклимата в тепловых камерах.

Предложенная система контроля схематично представлена на рис. 1.

В тепловой камере (ТК) располагаются следующие ключевые компоненты:

- датчик температуры;
- датчик влажности;
- датчик уровня;
- датчик вскрытия люка;
- модем;
- контроллер.

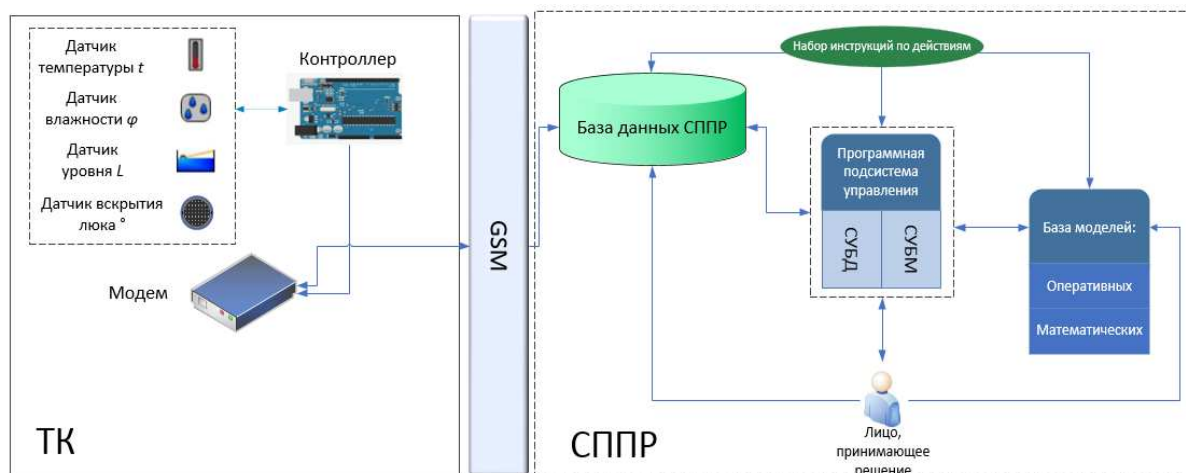


Рис. 1. Программно-техническая реализация контроля микроклимата в тепловых камерах на основе СППР

Элементами СППР являются:

- база данных СППР;
- программная подсистема управления (система управления базами данных (СУБД) и система управления базами моделей (СУБМ));
- база моделей (оперативных и математических);
- лицо, принимающее решение;
- набор инструкций по действиям.

Техническое обеспечение СППР реализовано на базе стандартных персональных компьютеров, технических и мобильных устройств.

Работа предложенной системы контроля микроклимата тепловых камер сетей теплоснабжения осуществляется следующим образом. Датчики (температуры, влажности, уровня, вскрытия люка) по команде от контроллера производят замер параметров, затем передают их ему. Модем передаёт значения параметров по каналам GSM, полученные от датчиков, непосредственно на сервер. Работой модема управляет контроллер (осуществляет включение/выключение и перезагрузку модема).

База данных является ядром СППР. Она предназначена для хранения данных реального времени, а также нормативно-справочной информации и базы знаний в формате, необходимом для работы СППР.

Набор инструкций по действиям лица, принимающего решение (диспетчера) в различных нештатных ситуациях представлен в зависимости от текущего режима работы тепловой сети (ТС). В инструкциях учитываются знания о всех возможных режимах работы ТС на данный момент, и предыдущий опыт действий персонала в аналогичных ситуациях.

Предложенная система поддержки принятия решений для непрерывного контроля микроклимата тепловых камер (ТК), включающая в себя программно-технический комплекс, позволит обеспечить надежность и бесперебойную подачу тепловой энергии потребителям, а также исключить возможное возникновение аварии на трубопроводах тепловых сетей путем контроля за параметрами в ТК в режиме реального времени.

Список использованных источников

1. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учеб. для вузов. / Е.Я. Соколов. – М.: МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Сараев, А.Д., Щербина, О.А. Системный анализ и современные информационные технологии // Труды Крымской Академии наук. – Симферополь: СОНАТ, 2006. – С. 47 – 59.
3. Бритков, В.Б. Методическое пособие по курсу «Системы поддержки принятия решений»: моногр. / В.Б. Бритков. – М.: Ленанд, 2011.
4. Остроух, А.В. Об одном походе к построению автоматизированной навигационной системы мониторинга и диспетчерского контроля и учета работы транспорта нефтедобывающих предприятий / А.В. Остроух, Д.Б. Ефименко, В.Н. Жучков // Инженер-нефтяник. – 2011.

УДК 621.836.2

Майоров Н.И.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г.Тамбов
e-mail: del00x@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ НАГРУЖЕНИЕМ

Mayorov N.I.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: del00x@mail.ru

DESIGN OF AEROSTATIC GUIDEWAYS WITH MAGNETIC PRELOAD

Аннотация. Качество направляющих является одним из наиболее важных факторов для реализации систем позиционирования. Как правило, сверхточные системы позиционирования имеют аэростатические направляющие, которые минимизируют трение и люфт. Это исследование направлено на проектирование и оптимизацию характеристик аэростатических направляющих, обеспечивающих быстрое и высокоточное позиционирование. Для этой цели планируется использовать аэромагнитную направляющую, где аэростатические силы компенсируются за счёт магнитного притяжения, что повышает жесткость системы. Однако движение магнита относительно притягиваемой поверхности вызывает индукционный вихревой ток, который ухудшает эффективность при высокоскоростном позиционировании. Чтобы минимизировать потери на вихревые токи предлагается система позиционирования, состоящая из позиционного стола и подвижного стола, следующего за ним, что исключает их относительное перемещение.

Ключевые слова: Аэростатические направляющие, прецизионное позиционирование, вихревые токи, предварительная нагрузка.

Abstract. The quality of guideways is one of the most important factors for the implementation of positioning systems. As a rule, ultra-precision positioning systems have aerostatic guideways that minimize friction and backlash. This research is aimed at designing and optimizing the characteristics of aerostatic guideways that provide fast and high-precision positioning. For this purpose, it is planned to use an aeromagnetic guideway, where the aerostatic forces are compensated by magnetic attraction, which increases the stiffness of the system. However, the movement of the magnet relative to the attracted surface causes an induction eddy current, which degrades the efficiency of high-speed positioning. In order to minimize eddy current losses, a positioning system is proposed, consisting of a positioning table and a movable table following it, which eliminates their relative movement.

Keywords: Aerostatic guideways, precision positioning, eddy currents, preload.

Принцип работы аэроэлектростатических направляющих заключается в использовании вместо смазочных материалов потока сжатого воздуха, образующего устойчивую пленку, что значительно снижает трение. При работе они выделяют меньше тепла, имеют длительный срок службы. Результаты исследований показывают, что направляющие с применением газовой смазки имеют наименьшую погрешность позиционирования по сравнению с другими типами направляющих, такими как направляющие качения и скольжения [1].

Характеристики аэроэлектростатической направляющей, т.е. жесткость, демпфирование и расход воздуха, зависят от зазора, который в свою очередь можно регулировать с помощью натяга силами магнитного притяжения. Зазор или толщина воздушной пленки является одним из наиболее важных факторов, определяющих характеристики аэроэлектростатической направляющей. Следовательно, для улучшения характеристик аэроэлектростатической направляющей требуется оптимизация зазора. Поскольку воздух обладает низкой плотностью, толщина воздушной пленки или внутренний зазор внутри аэроэлектростатической направляющей должны быть очень мала, чтобы можно было поддерживать разумное рабочее давление внутри направляющей и снизить расход воздуха до приемлемого уровня из экономических соображений. Приемлемая толщина воздушной пленки находится в диапазоне 5-20 мкм [2].; при таких малых зазорах каждое небольшое отклонение будет иметь большое влияние на производительность направляющей.

Низкая жесткость и низкая демпфирующая способность приводят к погрешностям при движении, а высокий расход приводит к вибрациям позиционного стола. Этих проблем можно избежать благодаря выбору подходящего метода предварительной нагрузки. Их существует несколько: весовая, вакуумная, электростатическая и магнитная [3]. Хотя весовой метод предварительной нагрузки может дать большое усилие, он снижает отклик системы. Метод предварительной загрузки, использующий вакуум и силу электростатического притяжения, не позволяет получить большое усилие. Метод магнитной предварительной нагрузки с постоянными магнитами позволяет прикладывать большое усилие без выделения тепла, однако относительная скорость между постоянными магнитами и притягиваемой поверхностью вызывает вихревой ток, который действует как вязкое сопротивление.

Чтобы уменьшить влияние индукционных вихревых токов, предлагается следующая конструкция аэроэлектростатической направляющей. Вихревой ток вызывается изменением магнитного потока в проводящем материале, следовательно, вихревой ток можно предотвратить, поместив проводящий материал в постоянное магнитное поле. Предложенная конструкция предотвращает появление вихревых токов за счет отсутствия относительной скорости между магнитом и проводящим материалом. На рис. 1 показана структурная схема предлагаемой системы позиционирования. В ней сила магнитного притяжения воздействует на дополнительный стол, который управляется таким образом, чтобы позиционный стол следовал за ним. Это предотвращает появление вихревого тока за счет отсутствия относительной скорости между магнитом и притягиваемой поверхностью.

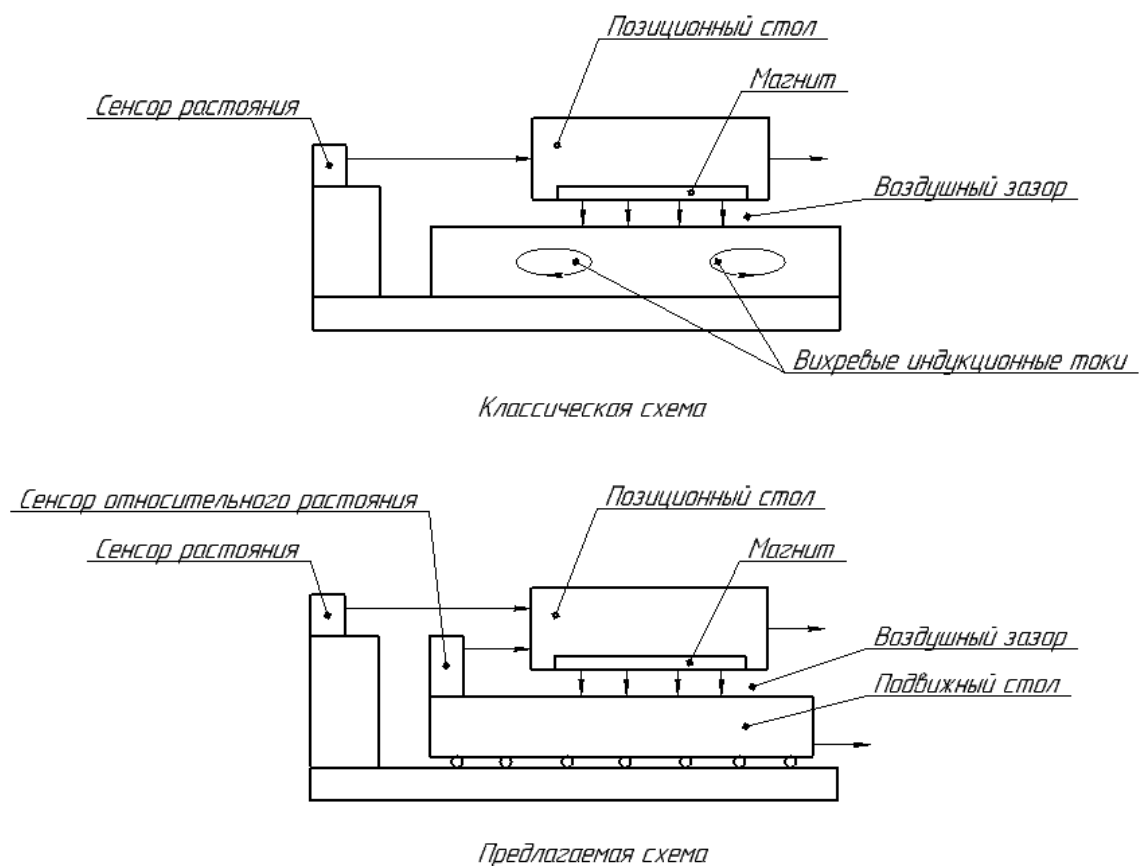


Рис. 1. Схема системы позиционирования

Список использованных источников

1. Wardle, F. Ultra-Precision Bearings; Elsevier BV: Amsterdam, The Netherlands, 2015, 23 p.
2. Huo, D.; Cheng, K.; Wardle, F. Design of a five-axis ultra-precision micro-milling machine—UltraMill. Part 1: Holistic design approach, design considerations and specifications. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2009, 47, 867–877 p.
3. Slocum, A., Basaran, M., Cortesi, R., Hart, A. J., Linear motion carriage with aerostatic bearings preloaded by inclined iron core linear electric motor, Precision Engineering, Vol.27, No.4 (2003), 384-390 p.

УДК 675.92.028.2

Скоморохова А. И., Глебов А. О.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: nasta373@mail.ru

РАСЧЕТ СТЕПЕНИ ВУЛКАНИЗАЦИИ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ

Skomorokhova A. I., Glebov A. O.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: nasta373@mail.ru

CALCULATION OF THE DEGREE OF VULCANIZATION OF AN INFINITE PLATE

Аннотация. В статье производится расчет степени вулканизации резиновой смеси на основании уравнения Аррениуса. Расчет проведен для бесконечной пластины, размещенной между нагревательными элементами. По его результатам построен график зависимости степени вулканизации конечного элемента, примыкающего к плоскости симметрии, от продолжительности нагрева.

Ключевые слова: резинотехнические изделия, степень вулканизации, кинетика, моделирование.

Abstract. The article calculates the degree of vulcanization of the rubber compound based on the Arrhenius equation. The calculation is carried out for an infinite plate placed between the heating elements. Based on its results, a graph of the dependence of the degree of vulcanization of a finite element adjacent to the plane of symmetry on the duration of heating is constructed.

Keywords: rubber products, degree of vulcanization, kinetics, modeling.

Эксплуатационные характеристики резинотехнических изделий во многом определяются параметрами вулканизации. Данный процесс является важнейшим этапом, на котором будущему изделию придаются форма и требуемые механические свойства.

Вулканизация протекает в четыре стадии: индукционный период, период вулканизации, плато вулканизации, период реверсии. При определении наиболее подходящих режимных параметров необходимо установить рациональную температуру нагрева пресс-формы и выявить продолжительность каждой из стадий. Важно обеспечить равномерный прогрев резиновой смеси, при этом исключив возникновение явления перевулканизации, вследствие которого происходит ухудшение свойств изделия.

Наиболее распространенным для описания кинетики химических реакций является уравнение [1]:

$$\frac{d\alpha}{dt} = (1-\alpha)^n k_0 e^{\frac{-E}{RT}}, \quad (1)$$

где α – степень вулканизации; t – время, с; n – порядок реакции; k_0 – постоянная, называемая предэкспоненциальным множителем; E – энергия активации, Дж/моль; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура, К.

Используя данное уравнение, проведем оценку степени вулканизации бесконечной пластины, размещенной между нагревательными элементами. Расчетная конечно-элементная модель представлена на рис.1. Поскольку моделируемый объект обладает плоскостью симметрии, в расчетах рассматривалась его верхняя часть. Голубым цветом показан нагревательный элемент, фиолетовый соответствует вулканизируемой резиновой смеси.



Рис. 1. Модель для оценки степени вулканизации

Начальная температура модели составляет 20°C. В качестве свойств материала резиновой смеси приняты данные, приведенные в работе [2]: теплопроводность 0,21 Вт/(м·К), теплоемкость 800 Дж/(кг·К), плотность 935 кг/м³. Свойства материала нагревательного элемента: теплопроводность 0,21 Вт/(м·К), теплоемкость 800 Дж/(кг·К), плотность 935 кг/м³.

На свободной поверхности нагревательного элемента задано условие конвективной теплоотдачи (коэффициент теплоотдачи 18 Вт·м⁻²·К⁻¹, температура окружающей среды 20°C). В объеме нагревательных элементов задано удельное тепловыделение интенсивностью 10⁶ Вт/м³.

Расчет температурного поля осуществлялся по нестационарному уравнению теплопроводности в системе конечно-элементного анализа ANSYS 2019 R2 с шагом по времени 2 с. Для построения сетки использовались 4-узловые конечные элементы PLANE55.

Значения энергии активации и предэкспоненциального множителя взяты из работы [3], где изучается кинетика вулканизации хлорбутилкаучука в присутствии бромированной трет-октилфенольной смолы.

Степень вулканизации рассчитывалась для конечного элемента, наиболее удаленного от источника тепла. В результате получен график, показанный на рис. 2.

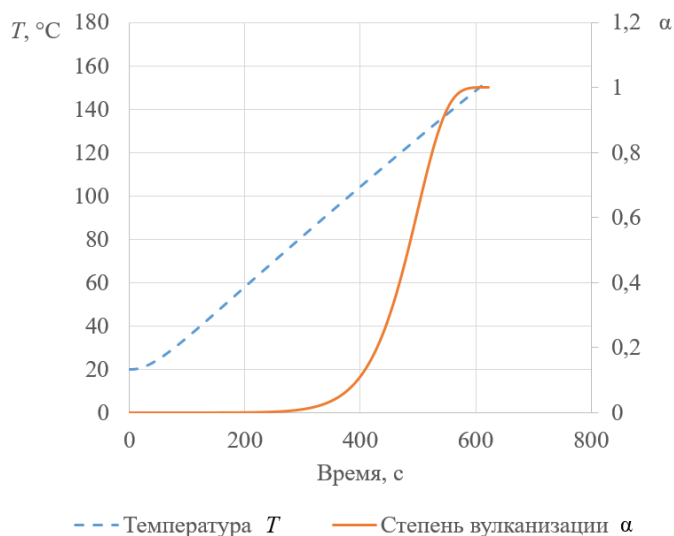


Рис. 2. Зависимость степени вулканизации и температуры от продолжительности нагрева

Как видно из представленных результатов, интенсивное протекание реакции вулканизации начинается при температуре 110 °С. Однако уравнение (1) не в полной мере отражает особенности вулканизации каучука, поскольку не учитывает индукционный период и стадию реверсии реакции.

Список использованных источников

1. Ghoreishy, M. H. R. A state-of-the-art review on the mathematical modeling and computer simulation of rubber vulcanization process / M. H. R. Ghoreishy // Iranian Polymer Journal. – 2016. – Т. 25. – №. 1. – С. 89-109.
2. Karpov, S. V. Determination of efficiency of press molds for industrial rubber product manufacture and system for their heating in vulcanizing press / S. V. Karpov, S. V. Karpushkin // Chemical and Petroleum Engineering. – 2012. – Т. 48. – №. 3. – С. 153-162.
3. The influence of vulcanization agents on vulcanization kinetics of chloride butyl rubber / He X. R. [et al.] // International Polymer Processing. – 2013. – Т. 28. – №. 4. – С. 398-414.

УДК 67.05

Маёрова Е.В.¹, Крылова В.А.², Скоморохова А.И.²

¹Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Россия, г. Москва

²Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: nasta373@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ ЦИКЛОВ И ПОДПРОГРАММ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Mayorova E.V.¹, Krylova V.A.², Skomorokhova A.I.²

¹Moscow State University of Technology «STANKIN», Russia, Moscow

² Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: nasta373@mail.ru

USING CANNED CYCLES AND SUB-PROGRAMS ON CNC MACHINES

Аннотация. Рассматривается актуальность изучения и разработки подходов к автоматизации машиностроительных производств. Обусловлена необходимость разработки постоянных циклов обработки и подпрограмм, которые в процессе обработки на станках с ЧПУ вызываются в базовую управляющую программу, написанную для группы деталей, объединенных общими конструктивно-технологическими признаками.

Ключевые слова: система ЧПУ, постоянные циклы, подпрограммы, системы автоматизированного проектирования.

Abstract. The relevance of studying and developing approaches to the automation of machine-building industries is considered. The necessity of developing permanent processing cycles and subroutines, which, during processing on CNC machines, are called into the basic control program written for a group of parts, united by common design and technological features, is conditioned.

Keywords: CNC system, canned cycles, subroutines, computer-aided design systems.

Темпы развития отечественного машиностроения с момента его формирования как отрасли экономики, определяют развитие всей промышленности страны. По этой причине предприятия стремятся к использованию всех современных достижений науки и техники с целью интенсификации производства путем применения более эффективных подходов к созданию продукции на всех уровнях [1].

Современное производство нуждается в гибких системах, способных к быстрой переналадке на выпуск новой продукции в условиях сильнейшей конкуренции. При этом предприятия-изготовители стремятся к снижению себестоимости изделий без потери их качественных показателей. Одним из подходов к достижению этой цели является ми-

нимизация доли рутинной работы человека. Это реализуется путем использования станков с ЧПУ и внедрением систем автоматизированного проектирования (САПР).

По целевому назначению САПР в общем случае подразделяются на:

- САД-системы, предназначенные для конструирования деталей, подготовки чертежей, спецификаций и сопутствующей документации;
- САЕ-системы, предназначенные для проведения инженерного анализа с целью предварительной оценки работоспособности проектируемого изделия;
- САМ-системы, предназначенные для выполнения технологической подготовки производства изделия (например, создание управляющей программы (УП) для станков с ЧПУ).

Применение САПР во много раз ускоряет и облегчает разработку как конструкторской, так и технологической документации от стадии проектирования на ранних этапах до передачи изделия в производство. При этом достигается сокращение ошибок при осуществлении расчетов, составлении текстовой и технической документации, выполнении чертежно-графических работ.

Различные САМ-системы предоставляют удобные инструменты для проектирования операций, моделирования процесса обработки и генерации G-кодов для станков. Однако последнее требует наличия дорогостоящих постпроцессоров для различных систем ЧПУ и станков. Решением может быть разработка базовой УП с использованием стандартных циклов и подпрограмм, которые по мере необходимости вызываются при обработке конкретных изделий. Базовая УП разрабатывается для детали-представителя, имеющей характерные конструктивно-технологические элементы для данной группы деталей [2, 3].

Применение заранее разработанных постоянных циклов и подпрограмм при обработке на станках с ЧПУ значительно сокращает время технологической подготовки производства. При этом перспективным представляется использование языков программирования высокого уровня, учитывающих специфику работы в различных системах ЧПУ, для унификации УП.

Список использованных источников

1. Мартинова, Л. И. Мировые тренды, возможности и перспективы развития систем ЧПУ станочного оборудования / Л. И. Мартинова, Г. М. Мартинов // СТИН. – 2019. – № 7. – С. 28-31.
2. Martinova, L. I. Development of standardized tools for shopfloor programming of turning and turn-milling machines / L. I. Martinova, R. L. Pushkov, N. N. Fokin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019, Sevastopol, 09–13 сентября 2019 года. – Sevastopol: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 044064.
3. Мартинова, Л. И. Разработка постоянных циклов токарной обработки / Л. И. Мартинова, С. Ю. Цай // Вестник МГТУ «Станкин». – 2021. – № 4(59). – С. 8-12.

УДК 681.5.08

Селиванова З.М., Скоморохов К.В.

¹Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: selivanova_zm@mail.ru

**ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Selivanova Z.M., Skomorokhov K.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: selivanova_zm@mail.ru

**APPLIED MATHEMATICAL MODELS OF THERMOPHYSICAL
MEASUREMENTS IN INTELLIGENT INFORMATION-MEASURING
SYSTEM UNDER UNCERTAINTY**

Аннотация. Предложены математические модели теплофизического измерения, информационная, структурная, оценки точности функционирования интеллектуальной информационно-измерительной системы в условиях неопределенности для повышения точности определения теплофизических свойств материалов.

Ключевые слова: теплофизические измерения, условия неопределенности, математическая модель, интеллектуальная измерительная система, база знаний.

Abstract. Mathematical models of thermophysical measurement, informational, structural, assessment of the accuracy of the functioning of an intelligent information-measuring system under conditions of uncertainty are proposed to improve the accuracy of determining the thermophysical properties of materials.

Keywords: thermophysical measurements, uncertainty conditions, mathematical model, intelligent measuring system, knowledge base.

При проведении теплофизических измерений для обеспечения точности определения теплофизических свойств (ТФС) исследуемых материалов различного вида по теплопроводности применяются следующие виды математических моделей, которые имеют различное функциональное назначение. К основным моделям, которые определяют процесс теплофизических измерений, относятся следующие: модели теплофизического измерения, информационная, структурная, оценки точности функционирования интеллектуальной информационно-измерительной системы (ИИИС).

Математическая модель теплофизических измерений в условиях неопределенности представляет собой совокупность переменных, от которых зависят параметры теплофизических свойств исследуемых материалов[1]:

$$P_{\text{ТФС}} = F(T_i, D_i, \delta_i), i = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

где $P_{\text{ТФС}}$ – параметры теплофизических свойств объектов исследования, F - функция, которая определяет зависимость параметров теплофизических материалов от влияющих на процесс измерения переменных; T_i – температура в контактной области измерительного зонда и исследуемого материала при проведении теплофизических измерений; D_i – параметры влияющих дестабилизирующих факторов (температуры, влажности, контактного сопротивления, шероховатости поверхности исследуемых объектов); δ_i – относительная погрешность измерений параметров ТФС исследуемых объектов, которая рассчитывается по утвержденной методике и полученным результатам проведенных теплофизических измерений. Модель теплофизических измерений применяется для расчета погрешностей и характеристик погрешностей измерений параметров теплофизических свойств материалов – коэффициентов тепло- и температуропроводности, теплоемкости.

Информационная среда функционирования интеллектуальной информационно-измерительной системы отражена в информационной модели, в которой представлена информация об исследуемых материалах, методах измерений, дестабилизирующих факторах, формируемых структурах ИИИС, режимных параметрах функционирования, информации базы знаний, необходимой для проведения теплофизических измерений; методах метрологического анализа результатов измерений. Информационная модель представлена в виде кортежа:

$$M_I = \langle I_{\text{ИМ}}, I_{\text{МИ}}, I_{\text{ДФ}}, I_S, I_{\text{РП}}, I_{\text{БЗ}}, I_{\text{МА}} \rangle, \quad (2)$$

где M_I - модель информационная, $I_{\text{ИМ}} = \{I_{\text{ИМ}i}, i = 1, \dots, m\}$ - множество информации об исследуемых материалах; $I_{\text{МИ}} = \{I_{\text{МИ}i}, i = 1, \dots, n\}$ - множество методов измерения; $I_{\text{ДФ}} = \{I_{\text{ДФ}i}, i = 1, \dots, u\}$ - множество дестабилизирующих факторов; $I_S = \{I_{S_i}, i = 1, \dots, k\}$ - множество структур ИИИС ТФС материалов; $I_{\text{РП}} = \{I_{\text{РП}i}, i = 1, \dots, e\}$ - множество режимных параметров; $I_{\text{БЗ}} = \{I_{\text{БЗ}i}, i = 1, \dots, z\}$ - множество информации базы знаний; $I_{\text{МА}} = \{I_{\text{МА}i}, i = 1, \dots, b\}$ - множество методов метрологического анализа.

Структурная модель, определяющая возможные формируемые структуры в зависимости от класса теплопроводности исследуемых материалов и алгоритм функционирования интеллектуальной информационно-измерительной системы ТФС материалов, приведена в виде функциональной зависимости основных структурных компонентов системы:

$$M_S = f \langle S_{\text{БЗ}}, S_{\text{БПР}}, S_{\text{МТИ}}, S_{\text{МУТИ}}, S_{\text{ИК}} \rangle, \quad (3)$$

где M_S - структурная модель ИИИС ТФС материалов; $S_{\text{БЗ}}$ - структура базы знаний; $S_{\text{БПР}}$ - структура блока принятия решений; $S_{\text{МТИ}}$ - структура модуля теплофизических измерений; $S_{\text{МУТИ}}$ - структура модуля управления теплофизическими измерениями; $S_{\text{ИК}}$ - структура измерительного канала ИИИС.

Применение структурной модели направлено на реализацию алгоритма решения поставленной измерительной задачи при проведении теплофизических измерений в условиях неопределенности с использованием ИИИС ТФС материалов.

Модель оценки точности функционирования интеллектуальной информационно-измерительной системы представлена функционалом и отражает цель измерений, ограничения, условия проведения измерений, оценку погрешностей результатов определения параметров теплофизических свойств материалов

$$M_T = F\langle Q, G, U, O \rangle, \quad (4)$$

где M_T - модель оценки точности ИИИС ТФС материалов, F – функционал, Q – цель теплофизических измерений, G – ограничения на точность измерений, U – условия проведения измерений с учетом воздействия дестабилизирующих факторов, O – оценка погрешностей определения ТФС материалов.

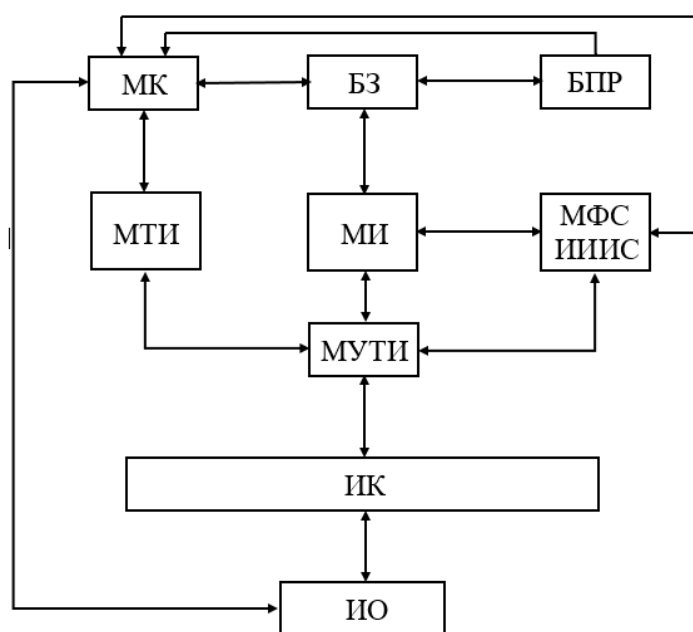


Рис. 1. Архитектура и информационная среда функционирования ИИИС ТФС материалов: МК – микроконтроллер, БЗ - база знаний, БПР – блок принятия решений, МТИ – модуль теплофизических измерений, МИ – модуль информационный, МФС – модуль формирования структуры ИИИС, МУТИ модуль управления теплофизическими измерениями, ИК – измерительный канал, ИО исследуемый объект

Представленные математические модели теплофизических измерений взаимосвязаны и применяются при реализации алгоритма функционирования интеллектуальной информационно-измерительной системы ТФС материалов в условиях неопределенности, архитектура и измерительная среда которой приведены на рис. 1[2]. Алгоритм функционирования ИИИС ТФС материалов реализуется микроконтроллером с использованием разработанного программного обеспечения, базы знаний и созданной информационной среды, которую пополняют информационные данные модулей: теплофизических измерений и управления, информационный, формирования структуры ИИИС в

условиях неопределенности. На основе измерительной информации и информационных данных модулей принимается решение в ИИИС о проведении теплофизических измерений в условиях неопределенности и повышении точности результатов измерений.

Разработанные математические модели и архитектура ИИИС позволяют повысить точность определения ТФС материалов в условиях неопределенности проведения теплофизических измерений.

Список использованных источников

1. Селиванова З.М. Моделирование измерительной ситуации в интеллектуальной информационно-измерительной системе при определении теплофизических свойств материалов / З.М. Селиванова, К.В. Скоморохов, Беляев В.П. // Проблемы машиноведения. – г. Омск, 16-17 марта 2021 года // "Mechanical Science and Technology Update" (MSTU-2021). Journal of Physics: Conference Series IOP Publishing 1901 (2021) 012023. doi:10.1088/1742-6596/1901/1/012023.

2. Селиванова, З.М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З.М. Селиванова, Д.С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6-19. DOI: 10.17277/vestnik.2020.01.pp.006-019.

УДК 004.946

Немтинов К.В., Ерусланова М.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: kir155@mail.ru

ЦИФРОВЫЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОТОТИПЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Nemtinov K.V., Eruslanova M. A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: kir155@mail.ru

DIGITAL AND PHYSICAL PROTOTYPES OF AGRICULTURAL MACHINES

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы создания цифровых и физических прототипов сложной сельскохозяйственной техники. Предложена структура цифрового двойника в виде совокупности фреймов. Она представлена кортежем, включающим: фрейм, описывающий структурный состав рассматриваемой технической системы; фрейм, описывающий свойства, характеризующие ее в целом; множество способов определения ее свойств; множество атрибутивных характеристик; множество параметрических графических моделей элементов системы и множество двумерных чертежей. Приведены примеры цифровых и физических прототипов сельскохозяйственной техники: комбинированного агрегата для подготовки почвы и посева зерновых культур и установки по очистке и калибровке семян зерновых культур.

Ключевые слова: цифровые и физические прототипы, сельскохозяйственная техника.

Abstract. The paper deals with the creation of digital and physical prototypes of complex agricultural machinery. The structure of the digital double in the form of a set of frames is proposed. It is represented by a tuple that includes: a frame describing the structural composition of the technical system under consideration; a frame describing the properties that characterize it as a whole; many ways to determine its properties; many attribute characteristics; many parametric graphical models of system elements and many two-dimensional drawings. Examples of digital and physical prototypes of agricultural machinery are given: a combined unit for soil preparation and sowing of grain crops and a plant for cleaning and calibration of grain seeds.

Keywords: digital and physical prototypes, agricultural machinery.

В настоящее время понятие «цифровой двойник» или «электронная модель изделия» активно используется на предприятиях различных сфер деятельности. Цифровой двойник – это совокупность электронных документов, описывающих изделие, его соз-

дание и обслуживание. В Российской Федерации в 2021 году был принят ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения», в котором рассмотрены вопросы, связанные с представлением в компьютерной среде цифрового двойника - электронной модели изделия (ЭМИ) в виде набора данных, которые вместе определяют геометрию изделия и иные свойства, необходимые для изготовления, контроля, приемки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия. Были определены области использования ЭМИ для:

- интерпретации всего составляющего модель набора данных (или его части) в автоматизированных системах;
- визуального отображения конструкции изделия в процессе выполнения проектных работ, производственных и иных операций;
- изготовления чертежной конструкторской документации в электронной и/или бумажной форме.

При описании всех данных, используемых при решении задачи управления принятием решений для системы автоматизированного конструирования сельскохозяйственной техники, а также при ее эксплуатации совокупность всех данных должна описываться ее электронной моделью и совокупностью информационных моделей поддержки принятия решений [1-5].

В связи с этим в данной работе рассмотрены вопросы, связанные с формализацией структуры и описанием отдельных элементов цифрового прототипа технического объекта (изделия) на примере сельскохозяйственной техники. Для многих задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла изделия необходима структурированная база данных. Структуру данных в электронной модели технической системы (ТС) - TS_{em} , описывающей всю совокупность данных о ней, представлена следующим образом:

$$TS_{em} = \{Sc_{em}, P_{em}, Ms_{em}, Ma_{em}, Mg_{em}, D_{em}\},$$

где Sc_{em} - фрейм, описывающий структурный состав ТС; P_{em} - фрейм, описывающий свойства, характеризующие ТС в целом; Ms_{em} - множество способов определения свойств ТС; Ma_{em} - множество атрибутивных характеристик ТС; Mg_{em} - множество параметрических графических моделей ТС; D_{em} - множество двумерных чертежей ТС.

На этапе концептуального проектирования используется модель структуры ТС. При этом, выделены следующие задачи: определение совокупности функциональных элементов (узлов) проектируемой технической системы, определение типов этих узлов, их количества и взаимного расположения [6-7].

Далее, в соответствии со структурным делением ТС, аналогично описываются внутренние элементы ТС.

Представим модель структуры в виде следующего кортежа:

$$M_{пк} = \langle U, Pr \rangle,$$

где U – множество функциональных элементов (узлов) ТС, из которого нужно выделить подмножества возможных элементов (узлов) проектируемой ТС; Pr - множество правил, определяющих наличие и количество функциональных элементов в системе.

В основе модели структуры лежит «и-или» дерево [6-7], отображающее функциональную связь множества функциональных элементов (узлов) ТС.

Для поиска оптимальной структуры узлов проектируемой системы, удовлетворяющей требованиям потребителя, необходимо располагать множеством правил, которые можно разбить на группы:

- 1) правила, с помощью которых можно сформировать совокупности технологических процессов, реализуемых сельскохозяйственной техникой;
- 2) правила, с помощью которых можно определить наличие узла в проектируемой ТС. Эти правила позволят осуществить поиск по узлам «и» и сгенерировать структуру ТС;
- 3) правила, позволяющие определить тип узла, входящего в ТС. Эти правила позволят осуществить поиск по узлам «или».

В качестве примера приведем ряд правил, с помощью которых можно сформировать совокупности технологических процессов, реализуемых в технической системе рассматриваемого класса. Продукционные правила, входящие в состав модели, построены по типу: *если ... (условия выполняются), то ... (реализация следствия)*.

В настоящее время база содержит более 200 правил, с помощью которых может быть сформирована оптимальная структурная схема сельскохозяйственной техники. В качестве примера приведём содержание ряда правил в неформализованном виде для комбинированного агрегата, реализующего стадии подготовки почвы и посева зерновых культур:

Конкретный вид правил рассмотрим на следующих примерах:

а) правила выбора ширины захвата обрабатываемой почвы:

- *если* («тяговый класс трактора» \geq 0.2 и «тяговый класс трактора» \leq 1.4), *то* «ширина захвата обрабатываемой почвы» \leq 4200;

- *если* («тяговый класс трактора» \geq 2 и «тяговый класс трактора» \leq 4), *то* «ширина захвата обрабатываемой почвы» \leq 12600;

- *если* («тяговый класс трактора» \geq 5 и «тяговый класс трактора» \leq 8), *то* «ширина захвата обрабатываемой почвы» \leq 18000;

б) правила выбора типа рамы:

- *если* («ширина захвата обрабатываемой почвы» \leq 4200), *то* «рама»= «цельная»;

- *если* («ширина захвата обрабатываемой почвы» $>$ 4200 и «ширина захвата обрабатываемой почвы» \leq 12600), *то* «рама»= «со складывающимися крыльями одноколенная»;

- *если* («ширина захвата обрабатываемой почвы» \geq 12600), *то* «рама»= «со складывающимися крыльями двухколенная»;

...

Для визуализации графических образов элементов (узлов) ТС на примере сельскохозяйственной техники были созданы их электронные параметрические геометрические модели и чертежи.

На рис. 1 представлена визуализация цифрового прототипа комбинированного агрегата для подготовки почвы и посева зерновых культур, а на рис. 2 его физический прототип.

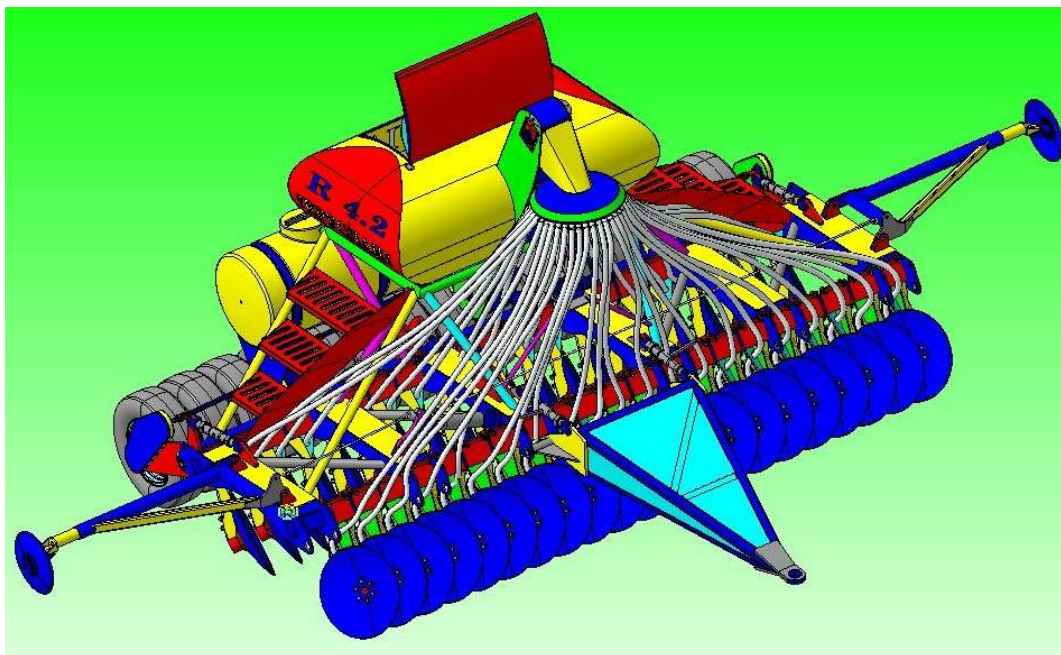


Рис. 1. Визуализация цифрового прототипа комбинированного агрегата для подготовки почвы и посева зерновых культур



Рис.2. Визуализация физического прототипа комбинированного агрегата для подготовки почвы и посева зерновых культур

На рис. 3 представлен цифровой прототип установки по очистке и калибровке семян зерновых культур.

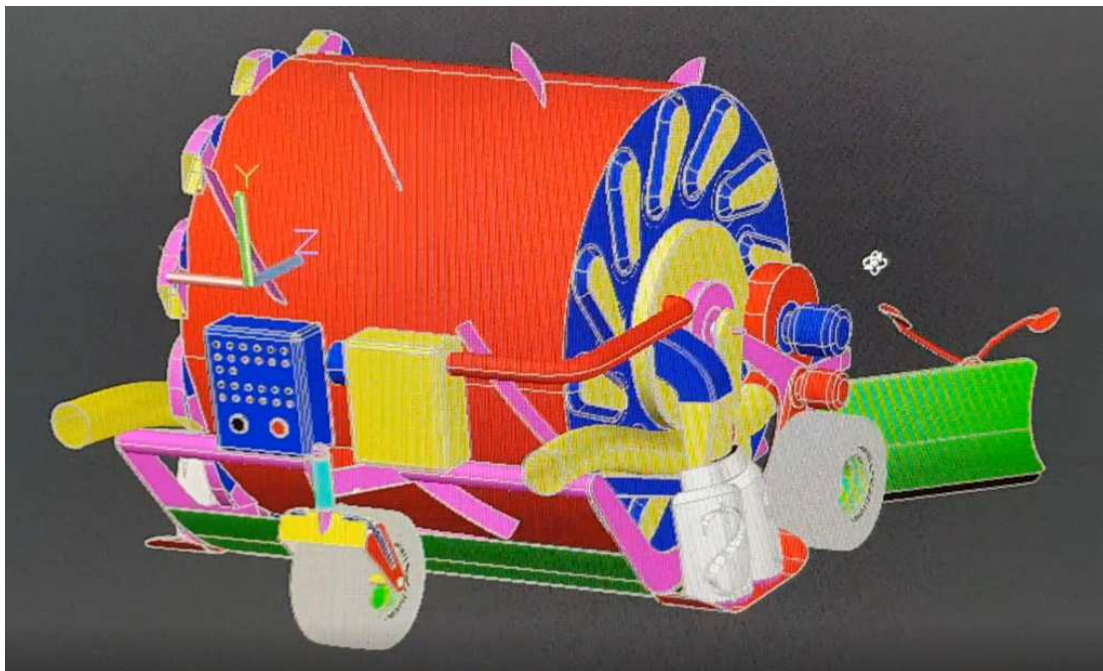


Рис.3. Визуализация цифрового прототипа установки по очистке и калибровке семян зерновых культур

При разработке электронной геометрической модели сельскохозяйственной техники авторами были использованы 2D-3D чертежные системы (КОМПАС и AutoCAD). Механические расчеты для данных узлов были выполнены в соответствии с российскими ГОСТ 23738-85. При этом авторы использовали систему MathCad, позволяющую автоматизировать процедуру их реализации.

Предложенная формализация цифрового прототипа апробирована на примере отдельных проектов сельскохозяйственной техники, реализуемых ООО «КБ ЕРУСЛАН» (Россия) и Тамбовским государственным техническим университетом.

Список использованных источников

1. O.Krol, V. Sokolov 3D modelling of angular spindle's head for machining centre // J. Phys. Conf. Ser. 2019. Vol. 1278, No. 1. P. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/1278/1/012002
2. V.A. Nemtinov, Yu.V. Nemtinova. Journal of Computer and Systems Sciences International. 44(3), 389-398 (2005)
3. V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov A.V. Mokrozub. Chemical and Petroleum Engineering. 53(5-6), 326-331 (2017)
4. V. Nemtinov, N. Kryuchin, A. Kryuchin, Y. Nemtinova. E3S Web of conferences, 126, 00003 (2019)
5. K. Nemtinov, A.Eruslanov, Y. Nemtinova. E3S Web of Conferences, 126, 00003 (2019)
7. V. Nemtinov, V. Sergeev V. and Yu. Nemtinova. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 709, 033072 (2020)
7. V. Nemtinov, A. Zazulya, V. Kapustin, Y. Nemtinova. Journal of Physics: Conference Series, 1278(1), 012018 (2019)

УДК 621.941

Соколов М.В.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: msok68@mail.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗНОСА ТОКАРНОГО РЕЗЦА АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Sokolov M.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: msok68@mail.ru

PREDICTION OF WEAR OF A TURNING TOOL BY ACOUSTIC METHOD

Аннотация. В работе представлен алгоритм системы прогнозирования размерного износа токарных резцов акустическим методом.

Ключевые слова: алгоритм, токарная обработка, размерный износ, режущий инструмент, акустическое излучение

Abstract. The paper presents the results of investigation of the dimensional wear of turning tools using the acoustic method.

Keywords: algorithm, turning, dimensional wear, cutting tool, acoustic radiation

В настоящее время на различных предприятиях возникла необходимость в оценке количества резцов на производстве, так как резцы – это расходный материал и для закупки данного инструмента требуются крупные затраты. Решением данной проблемы является внедрения контроля износа режущего инструмента в реальном времени. Данное предложение позволит облегчить технологу принятие решения о конечном износе инструмента, а так же обеспечить допустимые нормы промышленной экологии по звуковому воздействию – «шуму» за счет внедрения цифровых и инструментальных методов.

В настоящее время существует несколько способов прогнозирования износа режущего инструмента.

Например, прогнозирование расчетным методом, когда известные нам данные подставляются в определенную формулу, и на выходе мы получаем время работы (стойкость) определенного режущего инструмента, но в таком методе существует большая погрешность, при которой инструмент меняется на новый при остаточном запасе прочности в 20-30%. Другим примером может служить оптический метод, когда в станок вмонтирован сканер, который периодически производит сканирование режущего инструмента, далее программой создается графическая модель инструмента и в базе данных происходит сравнение полученной модели с моделью идеального резца, происходит обработка данных с помощью той же программы и делается вывод, менять инст-

румент или нет. Данный метод обладает несколькими крупными недостатками, это время производимой операции и, конечно же, стоимость. Покупка сканеров является очень затратным процессом.

Предлагается методика на основе акустического метода прогнозирования износа режущего инструмента, заключающаяся на выявлении критического состояния (износа) путем анализа обработки амплитуды звуковых колебаний. При затуплении резец начинает издавать характерный звук, который может услышать не каждый из-за постороннего шума на предприятии. Суть методики заключается во внедрении акустических датчиков (микрофонов) и написании программы, которая будет обрабатывать полученные данные. Разработан алгоритм системы прогнозирования размерного износа токарных резцов акустическим методом для которого будет создана программа для ЭВМ (рис. 1)

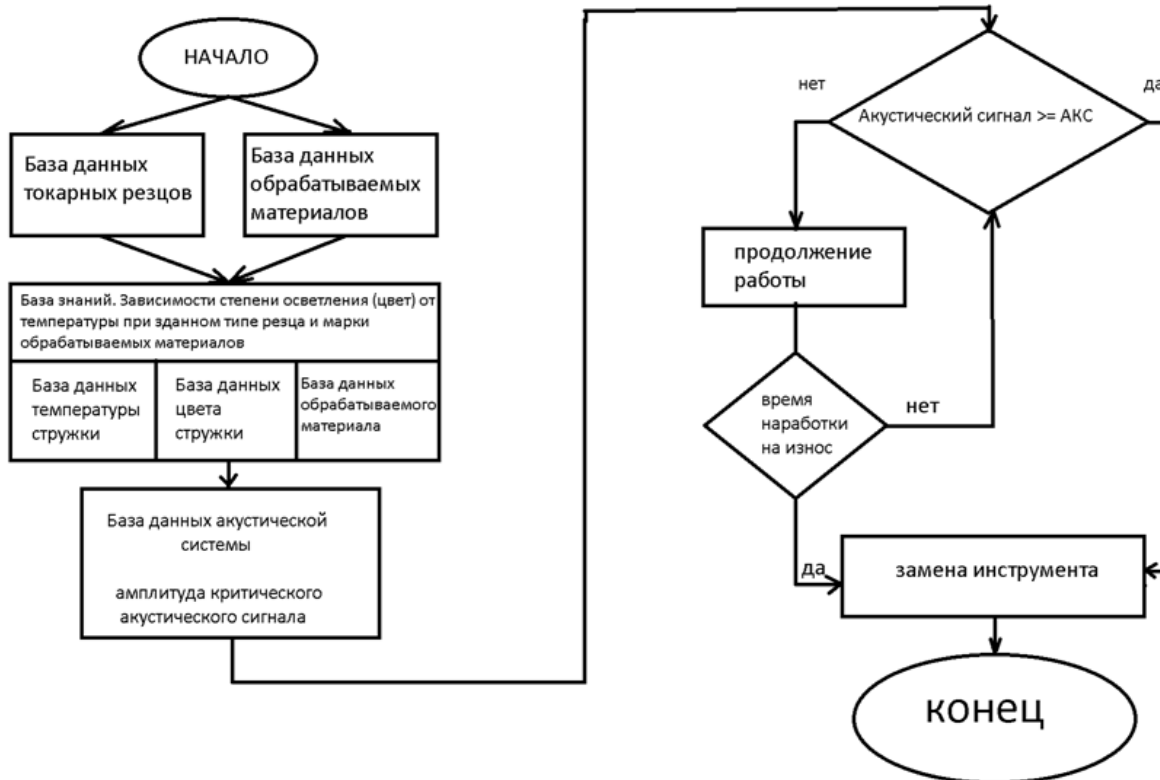


Рис. 1. Алгоритм системы прогнозирования размерного износа токарных резцов акустическим методом

База данных токарных резцов и база данных обрабатываемых материалов взаимодействуют с базой знаний в которую включены база данных температуры стружки, база данных цвета стружки и база обрабатываемых материалов. Все это взаимодействует с Базой данных амплитуды акустических колебаний, которая пополняется в результате обработки поверхностей. Далее происходит анализ всех полученных данных программой и делается вывод менять инструмент или нет. Так же для дополнительной точности

программа будет использоваться для сравнения времени наработки на износ, чтобы сделать вывод об остаточной прочности инструмента и наработки на отказ.

Известно, что различные элементы технологической системы и сам процесс резания излучает звуковые колебания на различных частотах [1]. Поэтому выделена полоса частот, амплитуда колебаний в которой зависит только от элементов режима резания и величины износа инструмента. Для решения этой задачи был разработан план эксперимента, в котором подача и частота изменялась в пределах 0,18-1,5 мин⁻¹, 250-2000 об/мин соответственно. Это требовалось для нахождения оптимальных условий, при которых резец изнашивался за 1-3 прохода по поверхности заготовки. Таковыми режимами стали $n=2000$ об/мин, $S=0,44$ мм/об, $t = 0,5$ мм и построены спектры сигнала акустического излучения (АИ) в условиях цехового шума и при установившемся резании для каждого пункта плана эксперимента [2].

Проводились измерения акустических колебаний при работе с данным резцом с помощью звуковых датчиков, а также программы для распознавания звуковых частот с системой оповещения для рабочего персонала.

Актуальность исследований состоит в следующем: технолог хочет знать количество резцов, необходимое на совершение операции, но не может, потому что у него нет точных данных о количестве инструмента, применяемого в операции. А существующие методы прогнозирования износа инструмента обладают высокой погрешностью в измерениях.

Решение указанной проблемы требует проведения исследований, план которых представлен в табл. 1.

Таблица 1. План эксперимента для исследования заточенного и притупленного токарных резцов

№ п/п	n, об/мин	S, мм/об	t, мм	f, Гц Имя файла	A, Дб Имя файла	Примечание	Стружка, тип, цвет
1.10	315	0,2	0,9	f1.10	A1.10	Проходной заточенный	Сколотая, металл
1.20	600			f1.20	A1.20		
1.30	1000			f1.30	A1.30		
1.40	1200			f1.40	A1.40		
1.50	1600			f1.50	A1.50		
2.10	1000	0,05	0,9	F2.10	A2.10		
2.20		0,1		F2.20	A2.20		
2.30		0,2		F2.30	A2.30		
2.40		0,3		F2.40	A2.40		
2.50		0,4		F2.50	A2.50		
3.10	1000	0,2	0,3	F3.10	A3.10		
3.20			0,6	F3.20	A3.20		
3.30			0,9	F3.30	A3.30		
3.40			1,2	F3.40	A3.40		
3.50			1,5	F3.50	A3.50		

Конечно же, появляется вопрос о посторонних шумах, т.е. шум цеха, работа других станков. Решено выбрать метод исключения – можно записать шум предприятия и добавить его в базу данных, чтобы при дальнейшем контроле использовались лишь нужные нам частоты.

На рис. 1 показаны графики зависимости амплитуды акустического сигнала от температуры и степени освещённости детали. В результате преобразования данных зависимостей на рис. 2 в зависимость на рис. 3, можно определить критическую точку, при которой нужно будет заменить режущий инструмент.

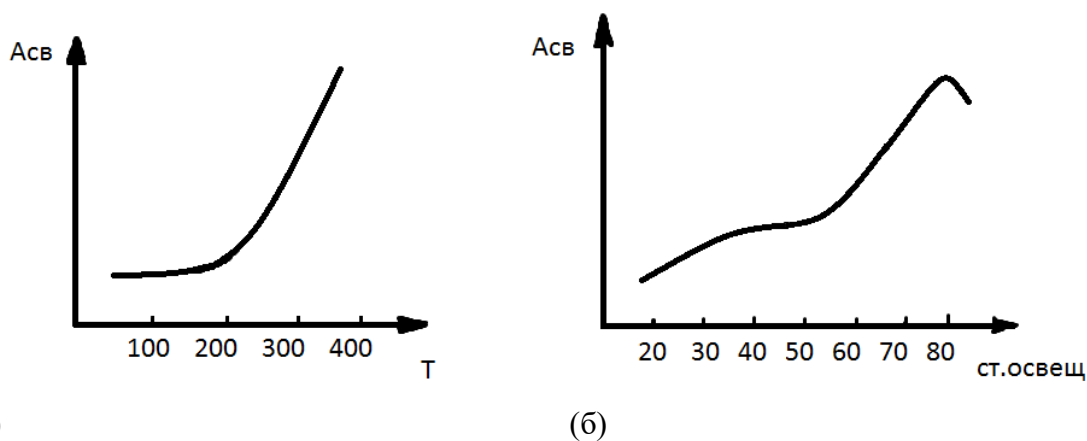


Рис. 2. Зависимость акустического сигнала от температуры (а) и степени освещённости (б) детали

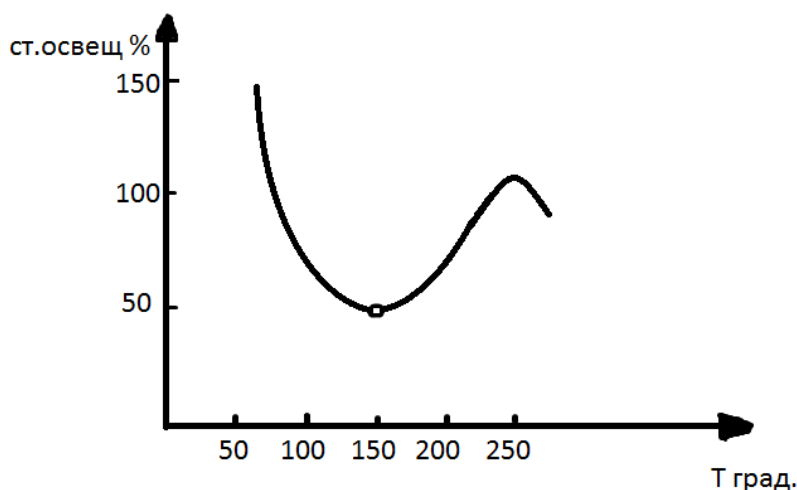


Рис. 3. Зависимость освещённости детали от её температуры

Этапы внедрения методики исследования износа токарного резца акустическим методом состоят в следующем:

- заинтересованный заказчик (машиностроительное предприятие) формулирует техническое задание: конкретный процесс обработки; количество штук

обрабатываемых деталей; срок жизни технологического процесса; цена заказа.

- согласование возможностей разработчика с требованиями заказчика;
- разработка алгоритма и наполнение системы прогноза износа инструмента экспериментальными данными по амплитуде звука
- отладка системы прогноза износа инструмента на рабочем месте;
- приёма-сдаточные испытания - подписание акта о вводе в эксплуатацию.

Список использованных источников

1. Залогин В. А., Зинченко Р. Н., Исследования возможности применения метода диагностики по акустическом излучению при чистовом точения титанового сплава. // Материалоуы и технологии в машиностроении, Вестник СумДу , серия технологии и наука No. 4. 2008.

2. Усман Ф.Д., Соколов М.В. Акустический метод прогнозирования износа инструмента при токарной обработке Виртуальное моделирование, прототипированиеи промышленный дизайн (ВМПД - 2017): матер. IV Межд. науч.-прак. конф. Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ». Тамбов. 2017. Вып.4. Т. 1. С. 458-463.

УДК 517: 621.316

Абас В.М.А.

Университет Дияла. Республика Ирак, Бакуба
e-mail: abas.wisam.82@mail.ru

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КВАДРАТИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ОБЪЕМНО- ПЛАНИРОВОЧНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА

Abas W.M.A.

Diyala University. Republic of Iraq, Baquba
e-mail: abas.wisam.82@mail.ru

SOLVING THE QUADRATIC ASSIGNMENT PROBLEM AND THEIR APPLICATION IN THE SPACE-PLANNING DESIGN OF PRODUCTION

Аннотация. Рассматривается задача оптимального размещения оборудования внутри помещений и определения оптимальных параметров транспортно - трубопроводных сетей. В качестве критерия выбран минимум взвешенной длины соединений. Решена актуальная прикладная задача оптимального размещения оборудования производства фенил-гамма-кислоты и фенил-и-кислоты как для однократных, так и многократных соединений аппаратов.

Ключевые слова: транспортные сети, компоновка оборудования, ангарный цех, оптимизация, ограничения размещения, топологические параметры, метрические параметры, сетка колонн, критерии и методы оптимизации

Abstract. A variant of the genetic algorithm is also considered, which is similar to the one used for solving Diophantine equations and is also linked to the method of paired permutations. The problem of optimal placement of equipment indoors and determination of optimal parameters of transport and pipeline networks is considered. The actual applied problem of optimal placement of equipment for the production of phenyl-gamma acid and phenyl-i-acid for both single and multiple connections of devices has been solved.

Keywords: transport networks, equipment layout, hangar shop, optimization, placement restrictions, topological parameters, metric parameters, column grid, optimization criteria and methods

Introduction. The layout or space-planning decision of production is an operation of structural design of production, as a result of which the composition of production premises, their dimensions and rational relative position are determined, and drawings of floor plans and sections are made on a certain scale. At the same time, the following tasks are solved: choosing the type of building structure; determining the composition of industrial premises, their size and rational relative position; placement of equipment indoors; tracing intrashop pipe-

lines; selection and placement of pipeline fittings, determination of the optimal parameters of transport and pipeline networks (Fig. 1). When solving this problem, various criteria and restrictions are applied [1-6]. As a result of the calculation, the coordinates of the location of individual elements of equipment on the grid of columns (SC) and the topological characteristics of their connections are found. With structurally similar elements, the positions for their installation on the SC are fixed, located at the nodes of a rectangular lattice and can be described by the following system of parameters: $n_x, n_y, n_z, h_x, h_y, h_z$, where n_x - the number of positions along the width of the SC, n_y - the number of positions along the length of the SC; n_z - number of positions along the height of the SC; h_x, h_y, h_z - steps between positions along the width, length and height of the SC. The criterion in most cases is the minimum weighted length criterion (MWL) of the connections. Given the elements e_1, \dots, e_n , weights are given for each of their pairs r_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$), determining the "degree of connection" of these elements and forming a matrix of compounds $R = \{r_{ij}\}_{i,j=1,\dots,n}$. And there is a set of positions for placing elements p_1, \dots, p_m ($m \geq n$). Without loss of generality, we will assume that $m=n$. Let's define distances d_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$) between pairs of positions defining a symmetric matrix $D = \{d_{ij}\}_{i,j=1,\dots,n}$ with zero main diagonal $d_{ii} = 0$ ($i = 1, \dots, n$). To calculate the elements of the matrix D, an orthogonal metric is used. Length of connections between elements e_i and e_j is estimated by the value $L_{ij} = r_{ij} d_{p(i)p(j)}$ ($i, j = 1, \dots, n$). Denote by E_S the set of all fixed elements, including the element e_0 , then the total weighted length of the connections of the element e_i with elements from E_S is estimated according to the formula: $a_{ip(i)} = \sum_{s \in E_S} r_{is} d_{p(i)p(s)}$ ($i = 1, \dots, n$), where $d_{p(i)p(s)}$ - distance between the element e_i in position p_i , and element e_s . Taking into account the symmetry of the matrices R and D, we write the expression for the total weighted length of the connections for arbitrary placement:

$$F(p) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} d_{p(i)p(j)} + \sum_{i=1}^n a_{ip(i)}.$$

Geometric restriction - no more than one element is placed in one cell.

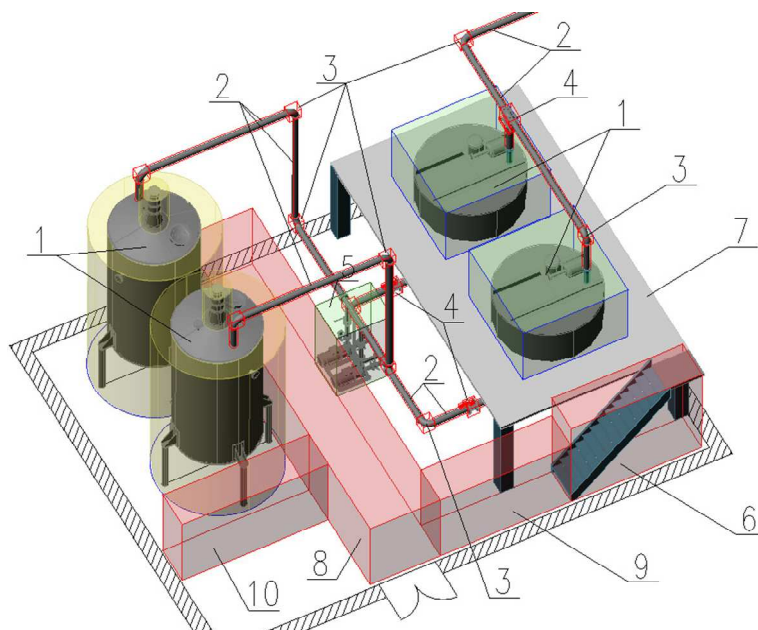


Fig.1. Description of equipment layout objects. 1 - devices, 2 - pipelines, 3 - connecting parts of pipelines, 4 - pipeline fittings, 5 - pumping unit, 6 - stairs, 7 - service area, 8,9 - passages, 10 - device service area

Calculation results. In total, there are 17 devices in the workshop. Workshop, built from building elements with a SC step multiple of 0.6 meters; (for example 6 m); it is believed that only one apparatus can be placed in each building cell; optimization criterion - total length of connections; the dimensions of the workshop are also fixed (for example, 5*4). To fill in the SC field, we add 3 fictitious elements, without any connections and therefore do not affect the value of the criterion.

The total number of elements after that is 20, and the dimensions of the workshop are 5 * 4. The number of connections between devices is no more than 1.

In calculations by the Monte Carlo method, after 500,000 iterations, the value of the criterion turned out to be equal to $f_{inf}=78$.

For comparison, three well-known methods for obtaining the initial placement [1] were used, namely, algorithms for sequential placement and placement by the connectivity criterion, which gave the following results: $f_{inf}^1=82$, $f_{inf}^2=82$, $f_{inf}^3=76$. The combinatorial analogue of the Gauss-Seidel method is much more efficient. The best achieved values of local minima depending on the number of iterations (in different series of calculations): $f_{inf}(50)=58$, $f_{inf}(100)=52$, $f_{inf}(500)=56$, $f_{inf}(1500)=50$, $f_{inf}(5000)=50$. The corresponding placements are shown in Fig. 2.

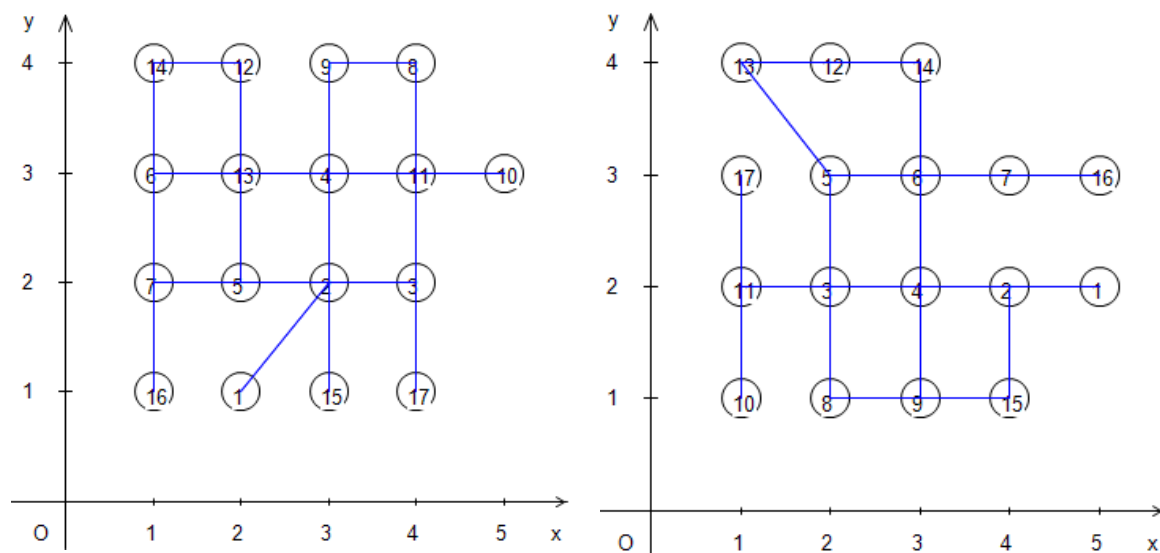


Fig. 2. Gauss-Seidel method for 500 and 1500 iterations

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Algorithms for placing elements [Electronic resource]. <https://helpiks.org/8-12562.html> (accessed 04/21/2021).
2. Silva, A., Coelho, LC, Darvish, M. Quadratic assignment problem variants: A survey and an effective parallel memetic iterated tabu search / *European Journal of Operational Research* 292(3), p. 1066-1084 (2021)
3. Nikolov N.P. Placement of elements of electronic components by the method of multilevel decomposition and macro-modeling and implementation on its basis of PPP for CAD REA. Diss.. for competition. uch. Art. cand. tech. Sciences in the specialty 05.13.12. Lvov. 1985.
4. Gorbachev A.A. Methods and algorithms for spatial tracing of printed circuit boards. Diss. for the competition uch. Art. cand. tech. Sciences in the specialty 05.13.12. Kaliningrad. 1999.
5. Selyutin V.A. Computer-aided topology design BIS.M.: Radio and communication, 1983. 112 p.
6. Morozov K.K. Odinkov V.G., Kureichik V.M. Computer-aided design of structures of radio-electronic equipment. Moscow: Radio and communication, 1983. 278 p.

УДК 004.9

Середин К.А., Дьяков М.Ю.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: mokrozubv@yandex.ru

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА

Seredin K.A., Dyakov M. Y.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: mokrozubv@yandex.ru

THE STRUCTURE OF THE PROGRAM FOR SELECTING THE MAIN DRIVE ELEMENTS

Аннотация. Описана структура программы автоматизированного выбора стойки, подшипников, уплотнения, мотор-редуктора, муфты соединения вала редуктора и вала мешалки. Программа состоит из шести модулей, базы правил выбора элементов и базы параметрических 3D-моделей элементов.

Ключевые слова: привод, емкостный аппарат, автоматизированное проектирование, 3D-модели.

Abstract. The structure of the program of automated selection of the rack, bearings, seals, gear motor, coupling gear shaft and agitator shaft is described. The program consists of six modules, a base of rules for selecting elements and a base of parametric 3D models of elements.

Keywords: drive, capacitive apparatus, computer-aided design, 3D models.

Емкостные аппараты состоят из типовых элементов, одним из которых является привод. Основные элементы привода: стойка, подшипники, уплотнение, мотор-редуктор, муфта соединения вала редуктора и вала мешалки.

Исходные данные для выбора элементов привода следующие: внутренний объем аппарата, для которого проектируется привод; материал, из которого изготовлен корпус аппарата; внутреннее покрытие; давление в корпусе; максимально допустимое давление, под которым проектируемый аппарат будет эксплуатироваться; диаметр вала; крутящий момент.

Программа автоматизированного выбора элементов привода состоит из шести основных модулей, рис 1.

1. Модуль управления. Главный модуль программы, связывает другие модули в единую программу.

2. Модуль ввода исходных данных. Осуществляет ввод исходных данных для проведения операций выбора элементов стойки привода.

3. Модуль выбора элементов. Осуществляет выбор всех элементов стойки привода емкостных аппаратов с перемешивающими устройствами.

4. Модуль вывода на экран и печать. Выводит результаты, полученные в ходе работы модуля выбора элементов на экран и на принтер.

5. Модуль сохранения результатов. Осуществляет сохранение результатов в текстовый файл или файл-xml (для последующего просмотра в программе).

6. Модуль загрузки сохраненных данных. Производит загрузку xml-файла с ранее полученными и сохраненными результатами.

7. База данных правил. База данных в формате MicrosoftAccess, в которой хранятся правила выбора элементов.

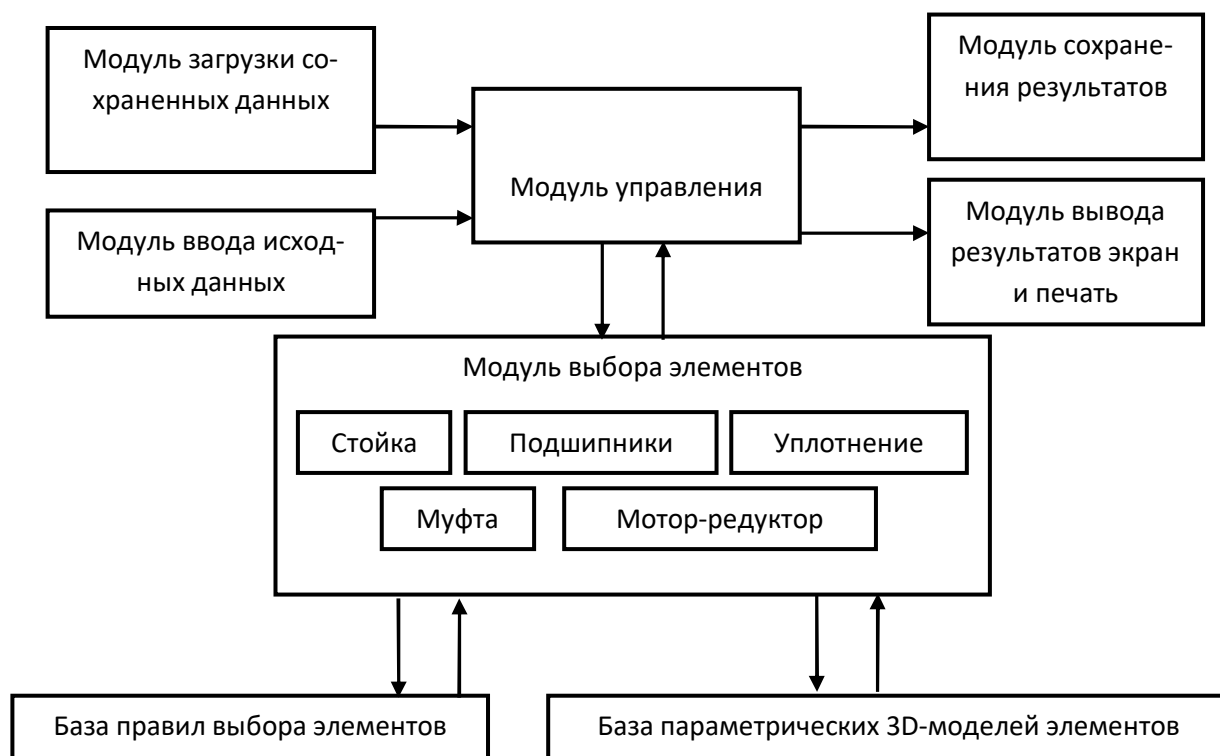


Рис. 1. Структура программы выбора основных элементов привода

Пример правил выбора муфты.

m_1 – тип муфты (возможные значения: 1, 2, 3, 4:

1 – муфта фланцевая, 2 – муфта продольно-разъёмная, 3 – муфта упругая со звёздочкой, 4 – муфта упругая втулочно-пальцевая); m_2 – крутящий момент, (Н*м); m_3 – диаметр вала, (мм); m_4 – тип соединения (возможные значения: 1 – цилиндрическое, 2 – коническое, 3 – комбинированное).

Если $m_2 > 400 \wedge m_2 < 12'500 \wedge m_3 > 9 \wedge m_3 < 11$ ТО $m_1 = 4$.

Если $m_2 > 400 \wedge m_2 < 12'500 \wedge m_3 > 11 \wedge m_3 < 25$ ТО $m_1 = 1 \vee m_1 = 4$.

Если $m_2 > 400 \wedge m_2 < 12'500 \wedge m_3 > 25 \wedge m_3 < 125$ ТО $m_1 = 1 \vee m_1 = 2 \vee m_1 = 4$.

Пример базы 3D-моделей муфт.

Муфта Упругая Втулочно-Пальцевая (Исполнение 1)	Муфта Упругая Втулочно-Пальцевая (Исполнение 2)
	
Муфта Упругая Втулочно-Пальцевая (Исполнение 3)	Муфта Упругая Втулочно-Пальцевая (Исполнение 4)
	
Муфта Фланцевая (Исполнение 1)	Муфта Фланцевая (Исполнение 2)
 	

Эта структура используется при создании с участием авторов системы автоматизированного проектирования и управления машиностроительным предприятием [1-7].

Список использованных источников

1. Немтинов, В.А. Информационная модель объекта сложной технической системы / В.А.Немтинов, В.Г. Мокрозуб, Ю.В. Немтинова, Е.С. Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 41-43.
2. Мокрозуб, В.Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В.Г.Мокрозуб, Е.Н. Малыгин, С.В.Карпушкин – Текст: непосредственный // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 364-373.
3. Мокрозуб, В.Г. Процедурные и информационно-логические модели планирования выпуска продукции и ремонтов технологического оборудования многоассортиментных производств / В.Г. Мокрозуб, С.Я. Егоров, В.А. Немтинов – Текст: непосредственный // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 2. – С. 72-76.
4. Мокрозуб, В.Г. Интеллектуализация механических расчетов в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования» / В.Г.Мокрозуб // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 2. – С. 34-40.

5. Мокрозуб, В.Г. Выбор типов аппаратов при проектировании многоассортиментных химических производств / В.Г. Мокрозуб, И.В. Фарахшина, Х.Ф.Х. Ал-Магсусии, К.А. Меркушова // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2020 – № 3. С. 203-207.

6. Мокрозуб, В.Г. Унификация представления задач технологического проектирования многоассортиментных химических производств / В.Г. Мокрозуб, С.В. Карпушкин, Е.Н. Малыгин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2019. № 6. С. 37-40.

7. Mokrozub, V.G. Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Т. 53. № 5-6. С. 326-331.

УДК 65.011.46

Буракова Е. А., Дьячкова Т. П., Рухов А.В.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: elenburakova@yandex.ru

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ НАНОСТРУКТУР НА СТАДИИ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА

Burakova E. A., Dyachkova T. P., Rykhov A.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: elenburakova@yandex.ru

CONTROLLING THE PARAMETERS OF NANOSTRUCTURES AT THE STAGE OF CATALYST PREPARATION

Аннотация. Предложен подход к управлению параметрами углеродных наноструктурных материалов на стадии получения катализатора, заключающийся в пред- и посттермической обработке его предшественника физическим воздействием. На основе предложенного подхода к управлению технологической системой производства наноструктур разработана и реализована методология создания проблемно-ориентированной информационной системы, обеспечивающей поддержку принятия решений относительно условий получения катализатора, обеспечивающего синтез наноматериалов с заданными параметрами.

Ключевые слова: управление, система поддержки принятия решений, направленный синтез, углеродные наноматериалы, технологическая система.

Abstract. An approach is proposed to control the parameters of carbon nanostructured materials at the stage of catalyst preparation, which consists in pre- and post-thermal treatment of its precursor by physical action. On the basis of the proposed approach to the control of the technological system for the production of nanostructures, a methodology for creating a problem-oriented information system was developed and implemented that provides support for decision-making regarding the conditions for obtaining a catalyst that ensures the synthesis of nanomaterials with specified parameters

Keywords: control, decision support system, directed synthesis, carbon nanomaterials, technological system.

Введение. В настоящее время наноструктурные материалы, в частности углеродные нанотрубки (УНТ) широко используются в разных областях науки и техники. В связи с тем, что для каждой области применения необходимы наноструктуры с определенными параметрами (диаметр, длина, степень дефектности и др.) актуальной становится проблема повышения эффективности функционирования существующих техно-

логических систем (ТС) их производства, решение которой позволит осуществлять оперативный перевод систем на выпуск УНТ с заданными параметрами.

В существующих ТС производства УНТ методом газофазного химического осаждения (ГФХО) управление параметрами синтезируемых наноструктур осуществляют главным образом путем изменения состава катализатора. Данный подход к управлению способствовал формированию общей для таких производственных систем тенденции «один состав катализатора – один тип УНТ», препятствующей расширению номенклатуры выпускаемых типов наноструктур, так как не предполагает быстрого перехода ТС на производство нанопродукта нового типа. Современные ТС производства УНТ нуждаются в систематизации информации и информационной поддержке на всех стадиях получения нанопродукта [1] в связи с чем, для организации эффективного управления ТС производства УНТ предлагается разработать проблемно-ориентированную информационную систему (ИС), позволяющую предприятию оперативно организовать выпуск наноструктур с заданными параметрами.

ИС должна обеспечивать не только сопровождение производства (учет сырья, полупродукта, синтезируемых УНТ, ведение технологической карты), но и главным образом поддержку принятия решений при производстве катализатора – вещества на поверхности которой происходит формирование наноструктур.

Анализ работ в области катализа показал, что обработка катализаторов физическим воздействием позволяет существенно менять их свойства без изменения состава. Исходя из этого, в основу подхода к управлению свойствами катализатора для синтеза УНТ, а следовательно и параметрами синтезируемых на его поверхности наноструктур был положен новый метод управления, заключающийся в реализации пред- и посттермической обработки предшественника катализатора физическим воздействием.

Предварительное исследование предлагаемого метода управления доказало свою состоятельность и позволило сформулировать цель работы – повышение эффективности управления ТС производства УНТ за счет разработки и реализации методологии создания проблемно-ориентированной ИС, способствующей формированию катализатора, обеспечивающего синтез УНТ с заданными параметрами.

Концепция управления ТС производства УНТ. На основе нового метода управления свойствами катализатора была разработана и реализована методология создания ИС, обеспечивающей эффективное управление ТС производства УНТ, заключающееся в реализации синтеза нанопродукта с заданными параметрами, структура которой представлена на рис.1. В соответствии с данной методологией управления процессом получения катализатора можно добиться путем постановки и решения задачи оптимизации условий обработки катализатора физическим воздействием. Для формализованной постановки оптимизационной задачи и ее решения необходимо установить функциональные зависимости параметров синтезируемых УНТ от состава, типа обработки и условий ее реализации, которые будут использоваться в качестве уравнений связей. В связи с тем, что данный метод управления свойствами катализатора для синтеза УНТ является мало изученным, необходимые функциональные зависимости были установлены в результате обработки результатов проведенных экспериментальных исследований.

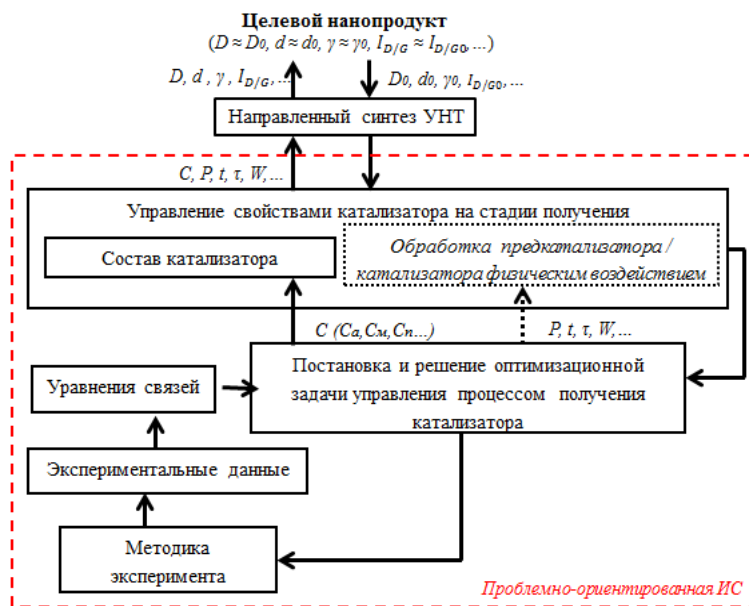


Рис. 1. Методология создания проблемно-ориентированной информационной системы, обеспечивающей управление ТС производства УНТ.

Для оценки эффективности предлагаемого подхода к управлению параметрами УНТ был сформулирован критерий оптимальности, представляющий собой сумму относительных отклонений значений наиболее важных параметров синтезируемых УНТ от заданных. Таким образом, общая постановка оптимизационной задачи сводилась к тому, что для синтеза УНТ с заданными параметрами $D_0, d_0, \gamma_0, I_{D/G0}$ необходимо найти $C, P, \tau_{об}, t_{об}, W_{об}$, при которых с учетом ограничений:

$$C = \overline{1, N_C}; P = \overline{0, N_P}; \tau_{об} \in [\tau_{об \min}; \tau_{об \max}]; t_{об} \in [t_{об \min}; t_{об \max}]; W_{об} \in [W_{об \min}; W_{об \max}]$$

и связей, представленных в виде:

$$Y(C, P, t_{об}, \tau_{об}, W_{об}) = \begin{cases} C = 1 & D = f_1(\tau_{об}, t_{об}, W_{об}); d = f_2(\tau_{об}, t_{об}, W_{об}); \\ P = 1 & \gamma = f_3(\tau_{об}, t_{об}, W_{об}); I_{D/G} = f_4(\tau_{об}, t_{об}, W_{об}); \\ C = 1 & D = f_5(\tau_{об}, t_{об}, W_{об}); \gamma = f_6(\tau_{об}, t_{об}, W_{об}); \\ P = 2 & \gamma = f_7(\tau_{об}, t_{об}, W_{об}); I_{D/G} = f_8(\tau_{об}, t_{об}, W_{об}); \\ & \dots; \\ & \dots \end{cases}$$

критерий оптимальности

$$M = \alpha_D \left| \frac{D(C, P, t_{об}, \tau_{об}, W_{об}) - D_0}{D_0} \right| + \alpha_d \left| \frac{d(C, P, t_{об}, \tau_{об}, W_{об}) - d_0}{d_0} \right| + \\ + \alpha_\gamma \left| \frac{\gamma(C, P, t_{об}, \tau_{об}, W_{об}) - \gamma_0}{\gamma_0} \right| + \alpha_{I_{D/G}} \left| \frac{I_{D/G}(C, P, t_{об}, \tau_{об}, W_{об}) - I_{D/G0}}{I_{D/G0}} \right| \rightarrow \min$$

принимает минимальное значение, где C – состав катализатора; P – тип обработки; $\tau_{об}$ – время обработки, с; $t_{об}$ – температура обработки, °C; $W_{об}$ – удельная мощность обработки катализатора, Вт/м³; N_C, N_P – количество составов катализатора и типов физического воздействия, D, d – внешний и внутренний диаметр УНТ, нм; γ_0 – активность катализатора, Гц/Г_{cat}; $I_{D/G0}$ – степень дефектности наноструктур; α – весовой коэффициент.

Установленные экспериментально функциональные зависимости и ограничения позволили осуществить не только переход от общей постановки оптимизационной задачи к формализованному виду, но и решению ее методом сканирования. Это позволило, с учетом нового подхода к управлению параметрами УНТ на стадии получения катализатора, перейти к созданию проблемно-ориентированной ИС, структура которой представлена на рис. 2

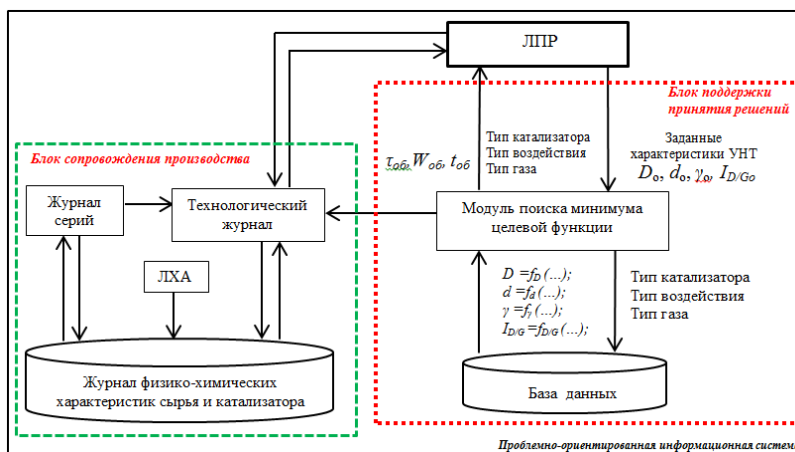


Рис. 2 Структура проблемно-ориентированной информационной системы.

Разработанная ИС позволяет обобщать имеющуюся информацию и своевременно ее использовать при производстве УНТ, а также без проведения дополнительных экспериментов определять условия получения катализатора, обеспечивающего синтез УНТ с заданными параметрами. Тестирование проблемно-ориентированной ИС доказало целесообразность ее применения как управляющего элемента ТС производства УНТ, обеспечивающего повышение эффективности функционирования производственной системы, что подтверждается внедрением ООО «НаноТЦ» и АО «ЗАВКОМ».

Заключение. Реализация предложенной в работе методологии создания проблемно-ориентированной информационной системы, как основного управляющего элемента производственной системы, способствовала не только осуществлению синтеза УНТ с заданными параметрами, но и оперативному переводу ТС на выпуск наноструктур нового типа.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 22-23-01072).

Список использованных источников

1. Буракова, Е.А. Концепция управления характеристиками нанотрубок путем обработки предшественника катализатора для их синтеза / Е.А. Буракова, Ю.В. Литовка, В.А. Нестеров, К.И. Сыпало, А.Г. Ткачев, Г.Ю. Юрков // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2022. – № 5. – С. 102-117.

УДК 574

Соколов М.В.¹, Усман Ф.Д.²

¹Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: msok68@mail.ru

²Федеральный университет технологии, Нигерия, г. Минна,
e-mail: fidelisjonah@yahoo.com

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Sokolov M.V.¹, Usman F.D.²

¹ Tambov State Technical University, Russia, Tambov,
e-mail: msok68@mail.ru

²Federal University of Technology, Nigeria, Mena
e-mail: fidelisjonah@yahoo.com

ACOUSTIC METHOD FOR PREDICTING WEAR TOOLS FOR TURNING PROCESSING

Аннотация. В данной работе на основе анализа влияния условий механической обработки, закономерностей изнашивания и разрушения инструмента на основные характеристики процесса резания разработаны и приведены методики акустического исследования и прогнозирования работоспособности металлорежущего инструмента при токарной обработке.

Ключевые слова: акустический шум, износ, режущий инструмент, прогнозирование износа, затупление инструмента.

Abstract. In this paper, based on the analysis of the influence of machining conditions, wear patterns and tool failure on the main characteristics of the cutting process, methods for the acoustic study and prediction of the performance of the metal-cutting tool for turning.

Keywords: acoustic noise, wear, cutting tools, wear prediction, tool dulling.

1. Introduction

It is known that various elements of the technological system and the cutting process itself «make noise» in different ways at different frequencies. Therefore, it is necessary to select a frequency band, the vibration amplitude in which depends only on the elements of the cutting mode and the amount of tool wear. To solve this problem, an experimental plan was built, in which the feed and frequency were varied within 0.18-1.5 min⁻¹, 250-2000 rpm, respectively. This was required to find the optimal conditions under which the cutter would wear out in 1-3 passes over the work piece surface. Such modes were $n = 2000$ rpm, $P_z = 1.44$ min⁻¹, $t = 0.5$ mm, and the spectra of the AI signal were constructed under conditions of shop noise and at steady-state cutting for each point of the experiment plan.

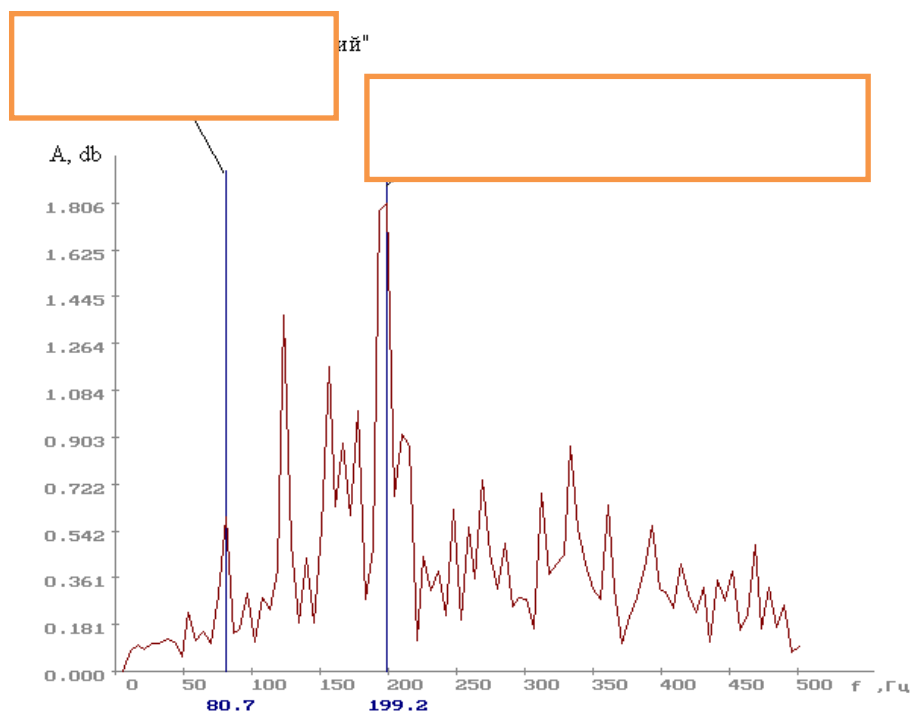


Fig. 1. Acoustic emission spectrum of the turning process.

These spectra were superimposed on each other, as shown in Figure 1. and the areas characterized by an increase in signal amplitude with changing tool wear were highlighted.

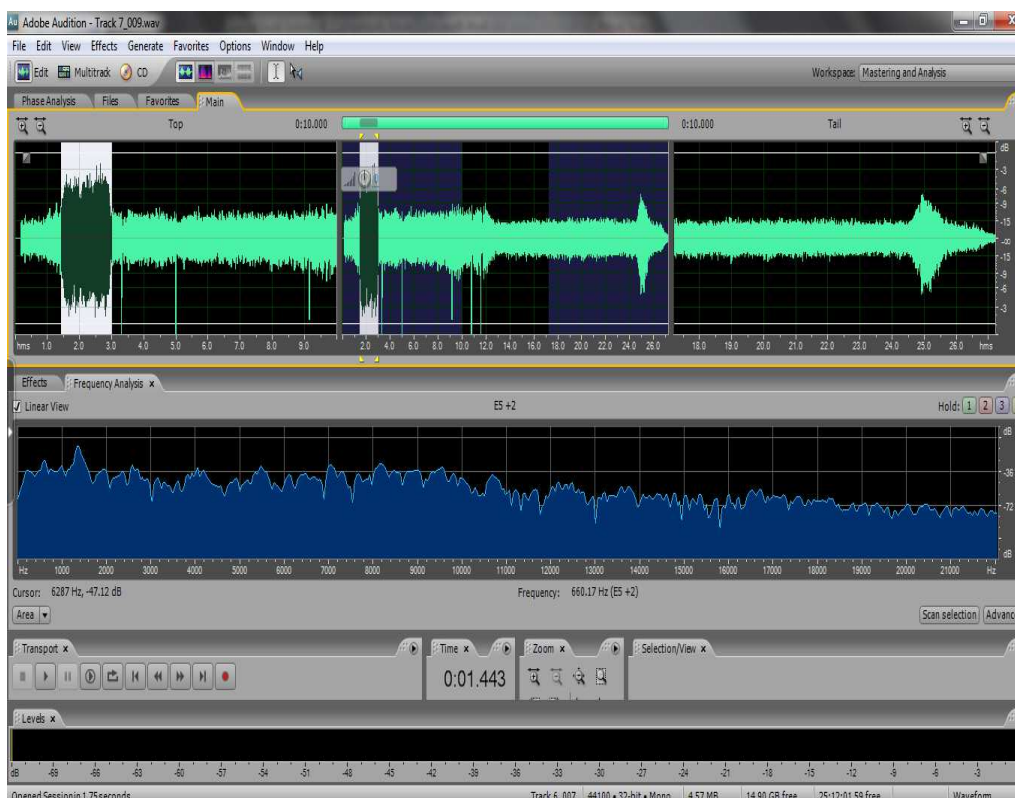


Fig. 2. Determination of the information band of acoustic radiation during turning. Figure 2 shows the noise levels recorded during turning.

2. Results and Discussions.

As a result of the research carried out, it was found that when turning the work piece, there is only one wide informative frequency band - from 50dB to 70dB - sensitive to changes in tool wear. The experimental results are shown in Figures 3, 4 and 5.

Table 1. First experiment with a sharpened tool

№ exercise	Frequency of rotation of spindle n_p, min^{-1}	Instrument displacement towards work piece $S, \text{mm/round}$	Average value of Decibel, dB
1	250	0,18	54,5
2	315	0,23	55,1
3	400	0,29	56
4	500	0,36	57,5
5	1000	0,72	57,8
6	1600	1,15	60.5
7	2000	1,44	61,5

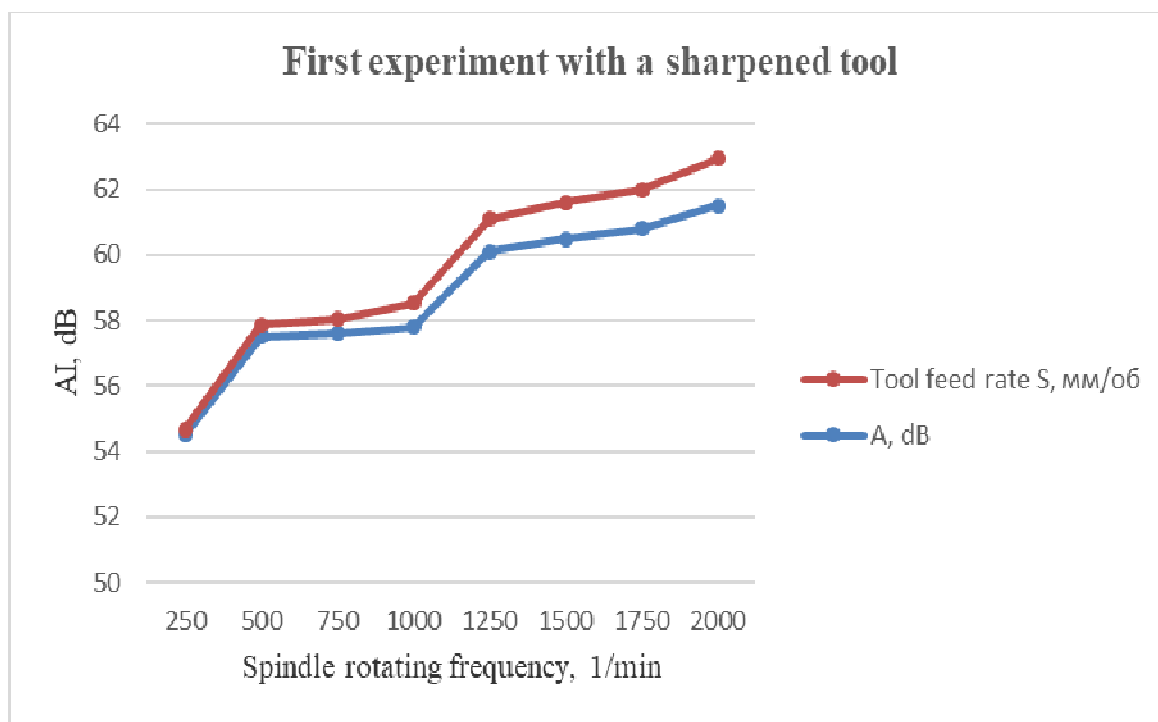


Figure 3. Variation in level of noise generated with the increase of spindle rotating frequency and tool feed rate, during the cutting process using a sharpened tool.

Table 2. Second experiment with an unsharpened tool

№ exercise	Frequency of rotation of spindle n_p, min^{-1}	Instrument displacement towards work piece $S, \text{mm/round}$	Average value of Decibel, dB
1	250	0,18	55,5
2	315	0,23	56,5
3	400	0,29	57,4
4	500	0,36	58
5	1000	0,72	58,5
6	1600	1,15	60,5
7	2000	1,44	62

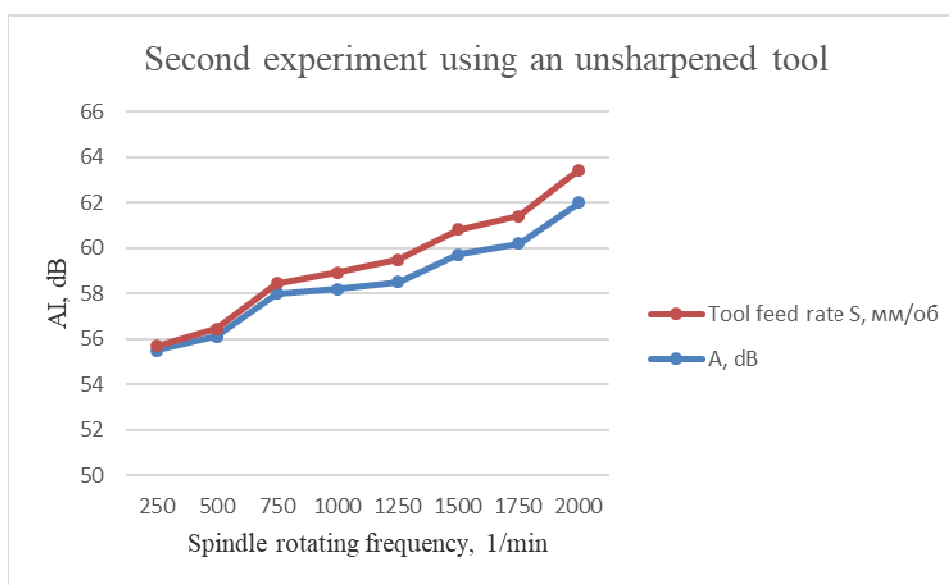


Figure 4. Variation in level of noise generated with the increase of spindle rotating frequency and tool feed rate, during the cutting process using an unsharpened tool.

Table 3. Third Experiment with worn out tool

№ exercise	Frequency of rotation of spindle n_p, min^{-1}	Instrument displacement towards work piece $S, \text{mm/round}$	Average value of Decibel, dB
1	250	0,18	57
2	315	0,23	57,8
3	400	0,29	58,2
4	500	0,36	59
5	1000	0,72	62
6	1600	1,15	65,5
7	2000	1,44	67

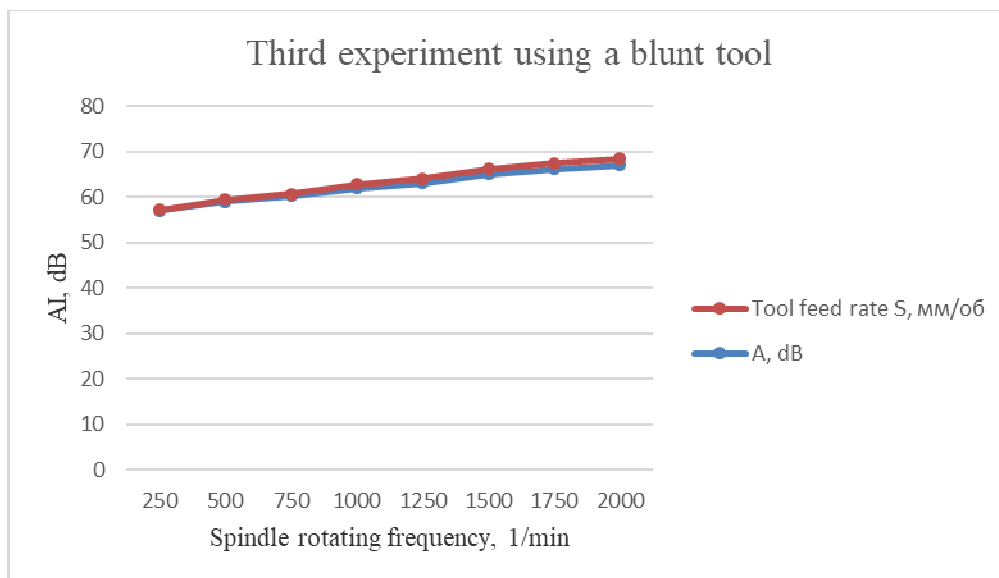


Figure 5. Variation in level of noise generated with the increase of spindle rotating frequency and tool feed rate, during the cutting process using a blunt tool.

Note: The duller the tool and the more the feed and the spindle speed, you get a curved line, instead of a flat boring surface.

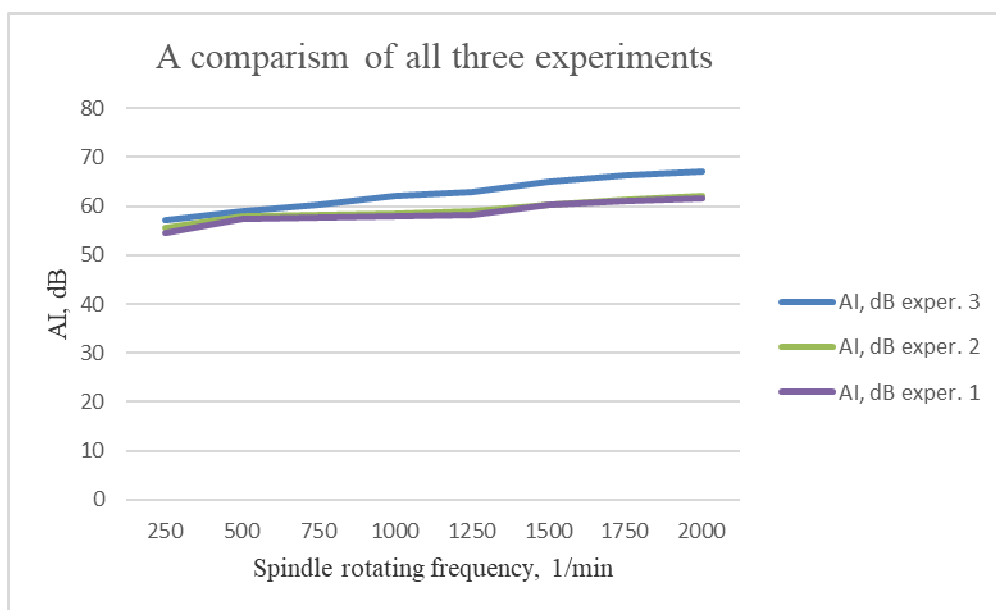


Figure 6. Comparative graph of all three experiments.

3. Conclusion.

The results of this work can be used not only for practical technological applications, but also in the educational process for a significant increase in the level of training of specialists in the field of machining of materials by cutting.

Список использованных источников

1. Концепция создания информационного обеспечения интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения [Текст] / К.А. Алтунин., М.В. Соколов – Тамбов: Студия печати Павла Золотова, 2015. – 112 с.
2. Разработка системы поддержки принятия решений выбора режимных и конструктивных параметров токарной обработки [Текст] / К.А. Алтунин., М. В. Соколов – Тамбов: Студия печати Павла Золотова, 2016. – 132 с.
3. Структура и адаптация модели представления знаний процесса токарной обработки [Текст] /К.А. Алтунин, М.В. Соколов, Р.В. Дякин. Монография – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2017. – 104 с.
4. Development of information support for intelligent CAD cutting processes. [Text] / К.А.Алтунин, М.В. Sokolov. Advanced Materials & Technologies. No.5, 2017. P. 67-77.
5. Выбор метода для автоматизации контроля состояния режущего инструмента / В.В. Калмыков, Ф.И. Антонюк, Н.В. Зенкин. Южно-Сибирский научный вестник. №3 (7). 2014. 100 с.

УДК 621

Торбин А.В.¹, Соколов М.В.²

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: Worker638@gmail.com

²e-mail: msok68@mail.ru

РАЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Torbin A.V.¹, Sokolov M.V.²

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

¹ e-mail: Worker638@gmail.com

² e-mail: msok68@mail.ru

RATIONAL MODERNIZATION OF MACHINES WITH NUMERICAL CONTROL

Аннотация. В работе представлено обоснование разработки методики модернизации станков с ЧПУ.

Ключевые слова: станок с ЧПУ, модернизация, экономическая целесообразность.

Abstract. The paper presents the rationale for the development of a methodology for the modernization of CNC machines.

Keywords: CNC machine, modernization, economic feasibility

Модернизация станков с числовым программным управлением – обновление компонентов и узлов, системы управления станка с целью увеличения надежности оборудования, качества получаемых на нем изделий, а также его производительности и функционала – является альтернативой покупке нового оборудования.

Целью работы являлось разработать концепцию, сделать прототип, внедрить в производство простую методику модернизации устаревших советских и зарубежных, металлообрабатывающих станков путем подбора производительных, совместимых, универсальных, бюджетных, современных комплектующих системы ЧПУ из КНР, с инструкцией сборки, запуска и эксплуатации.

Подходя к решению упрощения и удешевления процесса модернизации, я руководствовался приемом ТРИЗ (теории решения изобретательских задач) Гёнриха Сауловича Альтшуллера - аналогия. При решении задач идею можно получить путем применения известного аналогичного решения, «подсказанного» технической или художественной литературой, увиденного в кино или «подсмотренного» в природе.

В начале 1990х годов сборка персональных компьютеров из комплектующих была сродни магии, работа считалась очень престижной и высокооплачиваемой, каждый сборщик рассматривался как «хакер».

В настоящее время эта работа за счет систематизации данных о совместимости и унификации комплектующих является рутинной, не требующей глубоких познаний в устройстве и принципах работы персональных компьютеров.

В настоящий момент КНР производит широкий ассортимент плат управления ЧПУ, сервоприводов, энкодеров и др. электроники стоимостью в десятки раз ниже и не уступающее по характеристикам мировым лидерам, но у предприятий, занимающихся металлообработкой, как правило нет времени и специалистов, чтобы разобраться в этом массиве предложений и собрать из них комплексное, универсальное, легко масштабируемое решение, позволяющее быстро и существенно дешевле немецких и японских аналогов переоснастить имеющееся оборудование. Уже имеющиеся на рынке предложения модернизации составляют от 50 до 70% стоимости нового оборудования.

На предприятиях СНГ и в продаже имеется внушительный парк металлообрабатывающего оборудования с ЧПУ, реализованном на устаревшей электронике, для ремонта, обслуживания и управления которой в настоящий момент острая нехватка специалистов и операторов. Предприятиям приходится принимать тяжелое решение об утилизации данного оборудования и приобретении современных аналогов, стоимость которых составляет десятки миллионов рублей. При том, что устаревшее оборудование по механической части не уступает, а по ряду параметров, в частности жесткости, превосходит новое.

Предложения по модернизации устаревших станочных парков с ЧПУ для предприятий на рынке СНГ представлены от зарубежных компаний: немецкого Siemens, и японского Fanuc, но предлагаемые ими решения имеют ряд недостатков: стоимость переоборудования. Так, для средних станков класса 16к20т1 переоснащение составляет от двух и до двадцати миллионов рублей для тяжелых станков и обрабатывающих центров; доступность комплектующих [2, 3].

Существенную долю рынка РФ до последнего момента обслуживали решения фирмы Siemens, которая в связи с текущей международной ситуацией отказалась работать с РФ и поставлять комплектующие, что также внушает опасения по ремонту новых и переоснащенных на данные комплектующие станков.

Вторым игроком по занимаемой доле рынка является компания Fanuc, которая пока сотрудничает с РФ, но с нарастанием санкционного давления приобретать и ввозить в РФ эти решения смогут только единичные, крупные, высоко рентабельные предприятия, уже использующие данные системы.

Так же к недостатка относится стоимость элементов и долгие сроки поставок.

Модернизацией станков также занимается российские компании. ООО «Балт-систем» основанная в 1998 году, поставляет устройства числового программного управления, занимается разработкой, производством, сервисным обслуживанием аппаратных и программных средств автоматизации промышленного производства. ООО «Ижпрэст» опыт разработки УЧПУ с 1980-х г.г., продукция полностью собственной разработки и производства, как аппаратуры, так и программного обеспечения; накопленный опыт позволяет видоизменять УЧПУ под нужды заказчика [4].

Вместе с тем внедрение решений, предлагаемых отечественными компаниями доступнее, но незначительно дешевле решений западных аналогов, а также «привязывает» владельцев оборудования к ним как в части поставки комплектующих, так и сервисному обслуживанию, что на фоне возрастающего запроса на модернизацию и перевод предприятий ВПК на отечественные системы ЧПУ может лишить их возможности обслужить все поступающие запросы.

Малые предприятия, начинающие работать в сфере металлообработки, как правило, не обладают необходимым объёмом средств для приобретения нового оборудования и склоняются к средним советским б/у универсальным станкам токарной и фрезерной групп, как следствие, упираясь в низкую производительность и кадровый голод. Приобретение высокопроизводительных современных станков с ЧПУ для них финансово недоступно. Приобретая советские системы, они сталкиваются с нехваткой информации, обслуживающих специалистов, нестабильностью работы электроники, сложностью диагностики неисправностей, невозможностью найти новые комплектующие системы ЧПУ взамен вышедшим из строя. Часть комплектующих к системам ЧПУ советских станков изготавливает республика Беларусь, но они имеют стоимость на уровне японских и сроки поставки несколько месяцев. Совокупность этих факторов не позволяет малым предприятиям проводить в жизнь программу импортозамещения в производстве и вырасти от малых мастерских до производств.

Методика состоит в следующем: владелец оборудования вносит в форму ввода программного продукта «Модернизация ЧПУ» параметры станка, в ответ на запрос программа формирует необходимые по параметрам и совместимые элементы комплекта ЧПУ с ссылками на различные предприятия в КИР предлагающие их продажу и доставку. Алгоритм сборки, настройки и запуска. Также если модернизация такого станка уже производилась, то чертежи доработанных элементов креплений и ссылки на уже готовый крепеж в продаже, схемы размещения оборудования и видео обзор, русскоязычные инструкции по монтажу и самостоятельной диагностике.

Полученные данные позволяют произвести расчёт стоимости, срока доставки, спрогнозировать запуск в работу модернизированного оборудования.

В сети интернет уже есть единичные описания таких модернизаций – сборок, но они чаще представлены разрозненными ветками форумов как например в источнике [5] и являются неформализованными устаревающими банками данных, не дающих комплексных решений.

Данная методика, внедренная в производстве и подкреплённая экономическим обоснованием, может использоваться как основа бизнес плана при получении субсидии от государства на развитие собственного дела.

Список использованных источников

1. Альтов, Генрих (1926-1998.).Найти идею [Текст] : введение в ТРИЗ - теорию решения изобретательских задач / Генрих Альтшуллер. - 4-е изд. - Москва : Альпина Паблшерз, 2011. - 399 с.

2. FANUC. [Электронный ресурс]: – режим доступа к журн.: <https://www.fanuc.eu/ru/ru>

3. Системы автоматизации ЧПУ [Электронный ресурс]: – режим доступа к журн.: <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizacia/sistemy-avtomatizacii/sinumerik/sistemi-avtomatizacii.html>

4. Балт-систем. [Электронный ресурс]: – режим доступа к журн.: <https://bssystem.ru/>

5. Все о работе с металлом. [Электронный ресурс]: – режим доступа к журн.: <https://www.chipmaker.ru/>

УДК 004.9

Дьяков М.Ю., Середин К.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: mokrozubv@yandex.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР МОТОР РЕДУКТОРА ПРИВОДА АППАРАТА С ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Dyakov M. Y, Seredin K.A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: mokrozubv@yandex.ru

AUTOMATED SELECTION MOTOR GEARBOX DRIVE DEVICE WITH MIXING DEVICES

Аннотация. Описана структура реляционной базы данных мотор-редукторов, позволяющая подобрать мотор-редуктор с заданными техническими характеристиками и условиями эксплуатации.

Ключевые слова: мотор-редуктор, база данных, технические характеристики, условия эксплуатации.

Abstract. The structure of the relational database of gear motors is described, which allows selecting a gear motor with specified technical characteristics and operating conditions.

Keywords: gear motor, database, technical characteristics, operating conditions.

Редуктор – механизм, изменяющий крутящий момент и мощность двигателя, присутствует практически в любой машине и станке.

В технологических аппаратах применяется мотор-редуктор представляющий собой совмещение в одном механизме электродвигателя и редуктора.

Правильный выбор мотор-редуктора в значительной степени определяет эксплуатационные затраты технического оборудования, например аппаратов с перемешивающим устройством.

На кафедре КИСМ ТГТУ разрабатывается учебно-промышленная система для расчета и конструирования химического оборудования [1-5].

Одним из блоков этой системы является база типовых элементов, таких как опоры, фланцы и др.

Для планетарных мотор редукторов была разработана база данных типовых мотор-редукторов, которая в дальнейшем используется для модуля, основанного как интернет ресурс с использованием фреймворка Django и языка программирования Python.

Существуют следующие типы мотор-редукторов: червячные, цилиндрические, планетарные, волновые.

В данной базе данных рассматриваются планетарные мотор-редукторы.

Структура разработанной базы мотор-редукторов представлена на рис. 1.

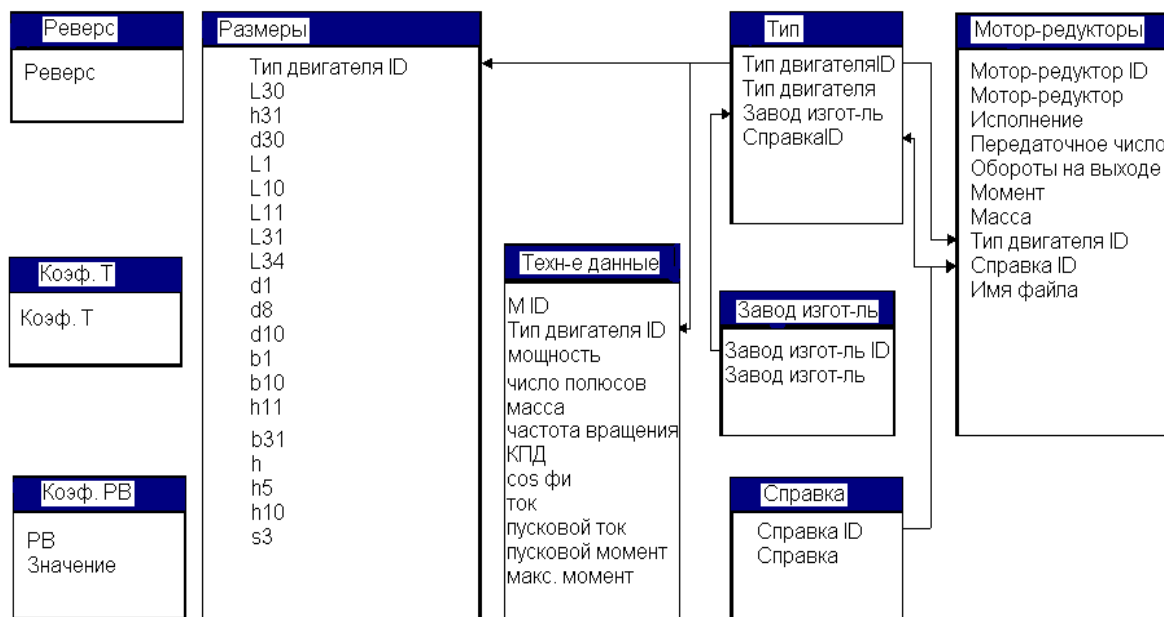


Рис.1. Структура базы данных мотор-редукторов

База данных состоит из 9 таблиц. Основной таблицей является таблица под названием Мотор – редукторы (рис. 2). Ключевое поле Мотор-редуктор ID (тип данных – счетчик) позволяет легко и быстро связывать эту таблицу с остальными

Mot_red	Mot_red	Ispolnenie	Pered	Ob_wix	Moment	Massa	TipID	SprID	fail
1	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 7,5 / 250	ВК, Ф-2П	5,74	250	278	150	39	5	1M-10.dwf
2	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 7,5 / 250	ВК, Ф-2П	5,74	250	278	200	48	5	1M-10.dwf
3	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 5,5 / 250	ВК, Ф-2П	5,74	250	205	125	40	5	1M-10.dwf
4	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 5,5 / 250	ВК, Ф-2П	5,74	250	205	175	41	5	1M-10.dwf
5	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 3,0 / 250	ВК, Ф-2П	5,74	250	110	105	42	5	1M-10.dwf
6	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 3,0 / 250	ВК, Ф-2П	5,74	250	110	145	43	5	1M-10.dwf
7	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 5,5 / 170	ВК, Ф-2П	5,74	170	290	150	44	5	1M-10.dwf
8	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 5,5 / 170	ВК, Ф-2П	5,74	170	290	200	49	5	1M-10.dwf
9	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 3,0 / 170	ВК, Ф-2П	5,74	170	160	125	45	5	1M-10.dwf
10	МПО - 1М - 10 - 5,74 - 3,0 / 170	ВК, Ф-2П	5,74	170	160	175	46	5	1M-10.dwf
11	МПО - 1М - 10 - 7,34 - 5,5 / 195	ВК, Ф-2П	7,34	195	260	125	41	5	1M-10.dwf
13	МПО - 1М - 10 - 7,34 - 3,0 / 195	ВК, Ф-2П	7,34	195	140	105	42	5	1M-10.dwf
14	МПО - 1М - 10 - 7,34 - 3,0 / 195	ВК, Ф-2П	7,34	195	140	145	43	5	1M-10.dwf
15	МПО - 1М - 10 - 7,34 - 3,0 / 130	ВК, Ф-2П	7,34	130	210	125	45	5	1M-10.dwf
16	МПО - 1М - 10 - 7,34 - 3,0 / 130	ВК, Ф-2П	7,34	130	210	175	46	5	1M-10.dwf
17	МРВО2 - 0,75 / 355	ВК	4	355	20	20	50	4	MRV.dwf
18	МРВО2 - 0,75 / 355	ВК	4	355	20	27	51	4	MRV.dwf
19	МРВО2 - 0,75 / 280	ВК	5,14	280	25	20	50	4	MRV.dwf
20	МРВО2 - 0,75 / 280	ВК	5,14	280	25	27	51	4	MRV.dwf
21	МРВО2 - 0,75 / 180	ВК	7,7	180	38	20	50	4	MRV.dwf
22	МРВО2 - 0,75 / 180	ВК	7,7	180	38	27	51	4	MRV.dwf
23	МРВО2 - 0,25 / 85	ВК	16	85	27	12	52	4	MRV.dwf
24	МРВО2 - 0,25 / 85	ВК	16	85	27	25	53	4	MRV.dwf

Поле «Мотор-редуктор» (тип данных – текстовый) сюда внесены мотор – редукторы: МПО1, МПО2, МР1, МР2, МР3, МРВ, МП.

Поле «Исполнение» (тип данных – текстовый) содержит перечень исполнений по монтажу. Это могут быть: ВК – вертикальное с опорным фланцем, выходным валом вниз, с кольцевой канавкой на нем для закладного кольца; В – вертикальное с опорным фланцем, выходным валом вниз; Щ – горизонтальные на опорных лапах; Ф-1В – вертикальные, выходным валом вниз с цилиндрическим концом выходного вала; Ф-2В – горизонтальные, с цилиндрическим концом выходного вала; Ф-1П – вертикальные, выходным валом вниз, конец выходного вала выполнен в виде фланцевой полумуфты со встроенным зубчатым компенсатором; Ф-2П – горизонтальные, с выходным валом в виде фланцевой полумуфты со встроенным зубчатым компенсатором.

Поле «Передаточное число» (тип данных – числовой). Содержит сведения о передаточном отношении мотор – редуктора.

Поле «Обороты на выходе» (тип данных – числовой). Содержит данные о частоте вращения выходного вала, об/мин.

Поле «Момент» (тип данных – числовой). Содержит данные номинального крутящего момента на выходном валу, Н.м.

Поле «Масса» (тип данных – числовой). Содержит данные о массе мотор – редуктора.

Поле «Тип двигателя ID» (тип данных – числовой). Содержит данные о типе электродвигателя. Поле связано с таблицей Тип.

Поле «СправкаID» (тип данных – числовой). Поле связано с таблицей Справка, откуда пользователю будет преведена небольшая справка по тому, или иному мотор – редуктору.

Поле «Файл» (тип данных – текстовый). Содержит имя файла картинки.

Список использованных источников

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

2. Мокрозуб, В.Г. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования / В.Г. Мокрозуб, В.Е. Красильников, М.П. Мариковская / Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4-2 (30). С. 264-267.

3. Мокрозуб, В. Создание виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» в Тамбовском государственном техническом университете // САПР и графика. 2015. – № 1 (219). – С. 38-39.

4. Мокрозуб, В.Г. Интеллектуализация механических расчетов в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования» / В.Г.Мокрозуб // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 2. – С. 34-40.

5. Mokrozub, V.G Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. – Т. 53. – № 5-6. – С. 326-331.

УДК 004.946

Лаял Ахмад
Университет Тишрин, Сирия, г Латакия
Layal.ahmad300@gmail.com

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОНОЙ МОДЕЛИ БУРОВОГО СУДНА

Layal Ahmad
Tishreen University, Syria, Lattakia
Layal.ahmad300@gmail.com

DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC MODEL OF A DRILLING SHIP

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки электронной модели бурового судна. При разработке модели использована программная среда системы MAXSURF.

Ключевые слова: электронная модель, буровое судно, Maxsurf Modeler.

Abstract. The article deals with the development of an electronic model of a drilling vessel. When developing the model, the MAXSURF system software environment was used.

Keywords: electronic model, drilling vessel, Maxsurf Modeler

Буровые суда предназначены для бурения нефтяных пластов и добычи нефти и природного газа в морских глубинах и содержат буровую платформу, кран и лунные бассейны, расположенные на корпусе, позволяющие бурить на глубину до 3200 метров. Буровое судно представляет собой конструкцию в форме корабля с буровой установкой в центре и масляными баками, которые удерживаются на месте с помощью якорей. Эти корабли должны иметь возможность работать в морских глубинах в течение длительного времени. Буровые установки имеют большую амплитуду вертикального качания, а высота подъема и уровень жидкости в цистернах имеют важное влияние на устойчивость корабля. Эти корабли рассчитаны на глубину от 30 до 900 метров и позволяют кораблю двигаться только на 5% от глубины воды [1]. Скорость корабля составляет около 10 узлов, а идеальная скорость ветра составляет 70 узлов в правильных условиях. Нелинейные морские условия (внезапно или непредсказуемо меняющиеся) чрезвычайно важно учитывать при проектировании судна, поскольку буровая установка всегда должна быть выровнена и перпендикулярна нефтяным скважинам на морском дне. Это требует больших усилий для поддержания устойчивости мобильных морских буровых установок (МБУ), где для поддержания устойчивости буровой установки используются якоря, лебедки и канаты. Для этого типа судов очень важны параметры их отклика (подвижности) и устойчивости. Хотя действующая Конвенция SOLAS 1990 года (Международная конвенция по охране человеческой жизни на море) гарантирует безопас-

ность судов, терпящих бедствие, для пассажирских и сухогрузных судов, не существует окончательных и международных правил или положений, определяющих остойчивость терпящих бедствие нефтяных судов. танкерное судно. Для оценки способности выживать в состоянии плавучести в состоянии отказа используются Правила ММО (Международная морская организация) по сухому грузу 2008 г. для достижения стабилизации в состоянии отказа. Перевозчики наливных грузов сталкиваются со многими проблемами, такими как содержание наливного груза, способ его распределения, уровень наполнения цистерн и т. д., что влияет на реакцию судна при качке, помимо возникновения качки из-за движение жидкого груза, влияющее на движение судна. Движение судна аналогично движению жидкости под действием свободной поверхности. Буровые суда содержат грузовые танки, цистерны с нефтью и цистерны с соленой водой, влияющие на их балансировку, когда они целы и находятся в состоянии отказа. Когда танкер с сырой нефтью поврежден погодными условиями, происходит разлив нефти, что влияет на морскую среду и остойчивость судна. Величина погружения и утечки зависит от места повреждения, высоты уровня масла в цистернах и количества погружаемых [2 - 5].

Индекс вероятности выживания A_i : При вероятностном подходе балл подразделения корабля является достаточным, если оно соответствует требованиям стандартов SOLAS и индекс живучести исследователя A_i не меньше требуемого индекса подразделения R_i

$$A_i > R_i .$$

Для нахождения проверенного A_i требуются три условия нагружения:

$$A_i = p_i \times s_i ,$$

$$A_i = 0,4 \times A \times s + 0,4 \times A \times p + 0,2 \times A \times p_i ,$$

где p , s , $|$ представляют собой три условия загрузки, которые умножаются на коэффициенты и коэффициент p_i зависит от геометрических параметров корабля и расположения в нем кают.

Буровое судно содержит резервуары и отсеки, как показано в таблице 1.

Он состоит из двойного дна и лунного бассейна, машинного отделения, переднего и заднего насосного отделения ит.д. Эффективным способом улучшения способности судна оставаться на плаву является наличие продольного резака. Большинство нефтяных танкеров имеют центральные грузовые танки без каких-либо продольных резаков, разделяющих их посередине в продольном направлении. Такое расположение может улучшить способность судна оставаться на плаву в случае отказа.

При разработке электронной модели бурового судна использована программа Maxsurf. Каждая отрасль техники имеет набор программ, помогающих инженеру в выполнении необходимых расчетов и расчетов, и максимальная польза от этих программ заключается в экономии времени и организации баз данных. Одной из таких программ является программа Maxsurf, с помощью которой можно рассчитать водонепроницаемость корпуса корабля, определить необходимую скорость, мощность двигателя и тип гребного винта. Она также используется для расчета равновесия корабля, как в его надлежащем состоянии, так и в случае повреждения [6 - 10].

Таблица 1. Характеристики цистерн и отсеков буровых судов (Бюллетень по устойчивости, 2006 г.)

Наименование	Тип	Герметичность, %	Нанесение ущерба, %	Плотность	Жидкость
Кормовой порт подруливающего устройства / стб	Купе	100	100	–	–
Порт машинного отделения / стб	Купе	100	100	–	–
Коммутационная комната Порт / стб	Купе	100	100	–	–
Ковфердам порт / стб	Купе	100	100	–	–
Порт отстойного резервуара / стб	танк	100	95	0.913	–
Масло 4 / Масло 3 / Масло 2	танк	100	95	0.8883	Нефть
Порт доступа / стб	Купе	100	100	–	–
База	танк	100	95	0.92	Масло
рассол	танк	100	95	1.025	Морская вода
Кормовой порт насосного отделения / стб	Купе	100	100	–	–

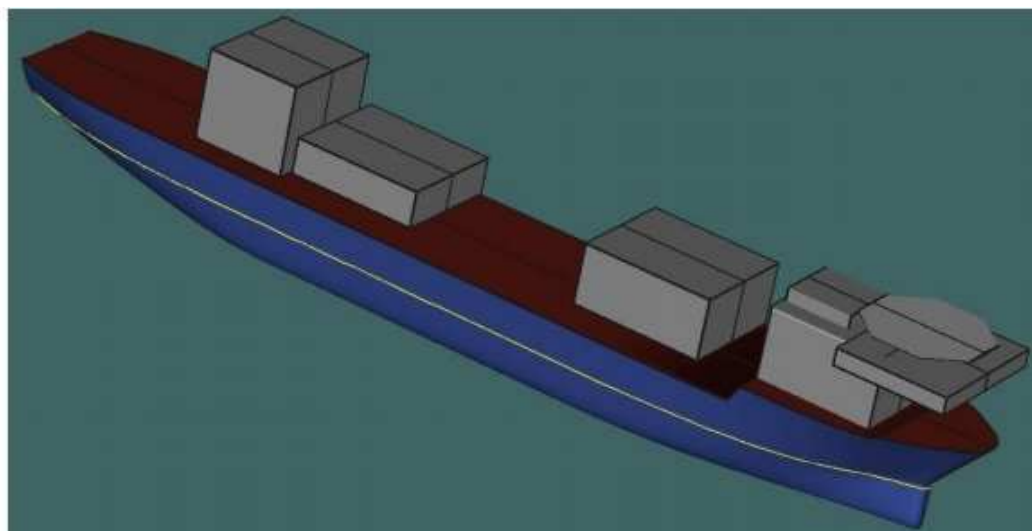


Рис. 1. Модель бурового судна с помощью Maxsurf Modeler

Корпус разделен на группу баков и отсеков, как показано на рис. 2, чтобы соответствовать общей компоновке бурового судна, где программа MAXSURF Stability позволяет разделить корпус на группу отсеков. цистерны, отсеки и погрузочные трюмы.

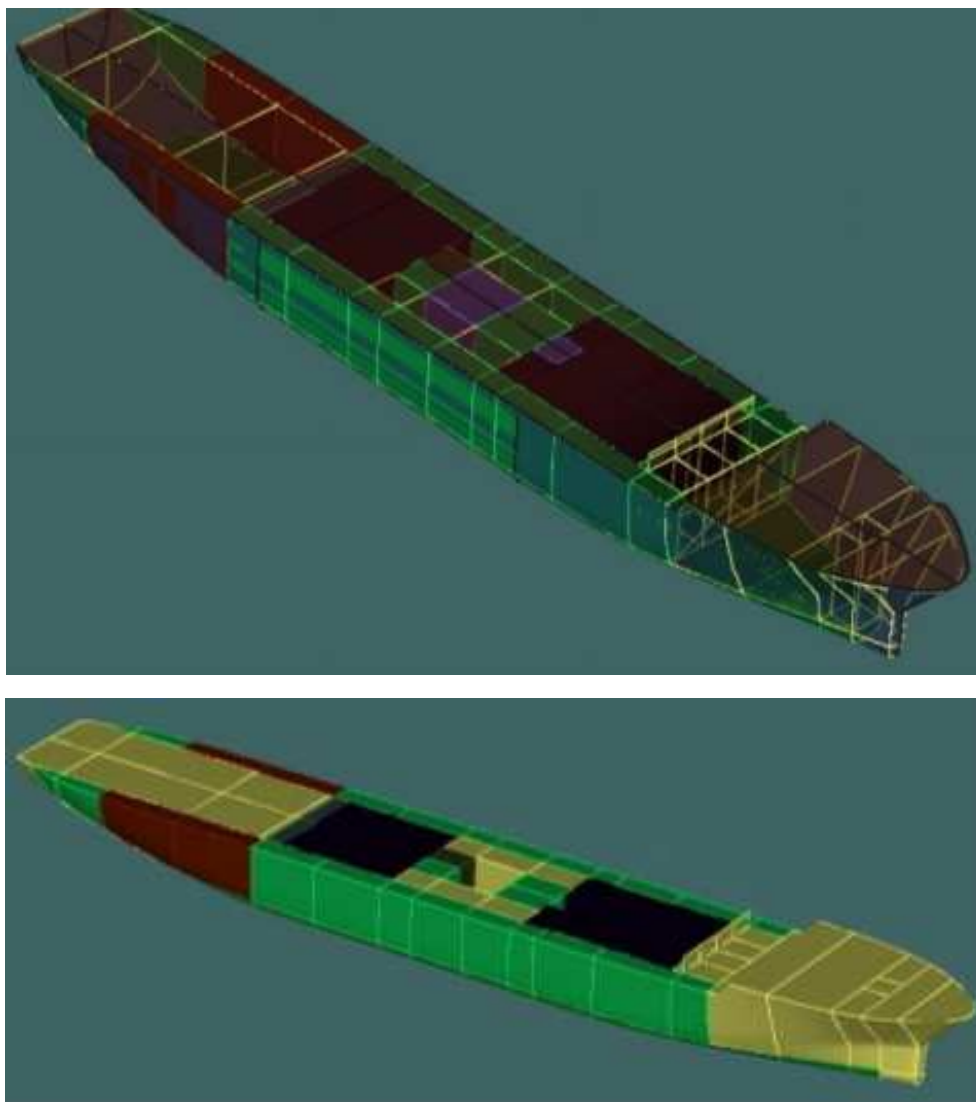


Рис. 2. 3D-модель, показывающая расположение баков и бурового оборудования корабля

Список использованных источников

1. Dr. Haitham Issa - Tishreen University - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Marine Engineering.
2. V.A. Nemtinov, Yu.V. Nemtinova. Journal of Computer and Systems Sciences International. 44(3), 389-398 (2005)
3. V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov A.V. Mokrozub. Chemical and Petroleum Engineering. 53(5-6), 326-331 (2017)
4. V. Nemtinov, N. Kryuchin, A. Kryuchin, Y. Nemtinova. E3S Web of conferences, 126, 00003 (2019)
5. K. Nemtinov, A. Eruslanov, Y. Nemtinova. E3S Web of Conferences, 126, 00003 (2019)
6. MSC.281 (85): Explanatory notes to the Solas chapter ii - 1 subdivision and damage stability regulations, (2008)

7. MSC.216 (82): Amendments to the international convention for the safety of life at sea, 1974 (2006)
8. Patterson C. J., Ridley, J. D. Ship stability , powering and resistance (Vol. 13) . London : Adlard Coles Nautical (2014)
9. MCA, MSN 1698 (M) The Merchant Shipping (Passenger Ship Construction : Ships of Classes I , II and II (A)) Regulations 1998 : Maritime and Coastguard Agency (MCA). (1998)
10. Stability Assessment of Drill Ship Using Probabilistic Damage Stability Analysis Poonam Mohan (2019)

Секция

**ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И
ПРОТОТИПИРОВАНИЕ
СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ**



УДК 004.9

Рачкова С.А., Мокрозуб В.Г.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: svdighome@mail.ru

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДОСТУПНОСТИ ШКОЛ В СЕЛЬСКИХ РАЙОНАХ

Rachkova S.A., Mokrozub V.G.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: svdighome@mail.ru

ALGORITHM FOR CALCULATING SPATIAL ACCESSIBILITY OF SCHOOLS IN RURAL AREAS

Аннотация. Предлагается для расчета пространственной доступности школ сельского района использовать коэффициент Джини и среднюю пространственную доступность школ. Представлен алгоритм их расчета.

Ключевые слова: школа, сельский район, коэффициент Джини, средняя пространственная доступность.

Abstract. It is proposed to use the Gini coefficient and the average spatial accessibility of schools to calculate the spatial accessibility of rural schools. The algorithm of their calculation is presented.

Keywords: school, rural area, Gini coefficient, average spatial accessibility.

Исполнение государственной программы «Образование» требует обоснованного вложения денежных средств. Естественно, что денежные средства должны направляться в первую очередь в сельские районы с неблагоприятными условиями школьного образования [1]. Для сравнения доступности школ в районах предлагается использовать коэффициент Джини [2], который позволяет оценить равномерность распределения доступности школ в районе и среднюю величину доступности школ, которая позволяет оценить, собственно, доступность [3].

Ниже предлагается алгоритм расчета коэффициент Джини и средней доступности школ.

1. Ввод исходных данных.

N – число населенных пунктов в районе, S – число школ в районе, v_1 – средняя скорость пешехода, v_2 – средняя скорость школьного автобуса, rt – максимальное расстояние до школы, когда не требуется подвоз детей.

Список школ SH , sh_{1j} – порядковый номер школы, sh_{2j} – наименование школы, sh_{3j} – мощность школы, sh_{4j} – число обучающихся детей, sh_{5j} , sh_{6j} – координаты школы. Индекс j изменяется от 1 до S .

Список населенных пунктов NP , np_{1i} – номер населенного пункта, np_{2i} – наименование населенного пункта, np_{3i} , np_{4i} – координаты населенного пункта, np_{5i} – число проживающих в населенном пункте, np_{6i} – число школьников, np_{7i} – порядковый номер школы, к которой прикреплен населенный пункт (sh_{1j}), np_{8i} – расстояние до школы. Индекс i изменяется от 1 до N .

2. Расчет времени в пути до школы t , числа свободных мест в школе m и доступности школы $dost$, числа школьников в районе sd .

$$sd=0$$

Начало цикла по i от 1 до N

$$\text{Если } r_j \text{ меньше } rm, \text{ то } t_i = tvv + \frac{np_{8i}}{v_1 \times 1000}$$

$$\text{иначе } t_i = tvv + \frac{np_{8i}}{v_2 \times 1000}$$

$$k=np_{7i}$$

$$m_i = sh_{3k} - sh_{4k} - np_{6i}$$

$$\text{Если } m_i < np_{6i} \text{ то } dostsh_i = \frac{m_i}{np_{6i} \times t_i^2}$$

$$\text{иначе } dostsh_i = \frac{1}{t_i^2}$$

$$sd = sd + np_{6i}$$

Конец цикла по i .

3. Расчет средней доступности школ района

$$dostsh_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^N dostsh_i \times np_{6i}}{sd}$$

4. Расчет коэффициента Джини

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |dost_i - dost_j|}{sd}$$

Представленный алгоритм реализован в математическом пакете Matcad и протестирован при расчете коэффициента Джини и средней пространственной доступности школ Бондарского, Гавриловского, Кирсановского и Пичаевского районов Тамбовской области.

Анализ результатов тестирования показал высокую эффективность описанного алгоритма и позволил определить район с самыми неблагоприятными и самыми благоприятными условиями школьного образования.

Список использованных источников

1. Мокрозуб, В. Г. Системный анализ поддержки принятия решений при проектировании сети общеобразовательных школ / В. Г. Мокрозуб, С. А. Рачкова, Ф. И. Вшивков // Вестник ТГТУ. – 2020. – Том 26. № 3. – С. 363-370. doi: 10.17277/вестник.2020.03.с.363-370.
2. Салмина, А. А. Сравнительный анализ показателей неравенства - их особенности и применение / А.А. Салмина // Общество и экономика. – 2019. – № 7. С. 35-58. doi: 10.31857/S020736760005832-4
3. Рачкова, С. А. Использование модифицированного коэффициента Джини для расчета доступности общеобразовательных организаций / С. А. Рачкова, В. Г. Мокрозуб // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. Материалы VII Международной научно-практической конференции. – 2021. – С. 151-152.

УДК 004.92

Вехтева Н.А., Волков А.А., Свешников А.Ю.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: magician.loner@yandex.ru

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФОТОПОЛИМЕРНОЙ 3D-ПЕЧАТИ ПО РАСПОЛОЖЕНИЮ МОДЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ПОСТРОЕНИЯ

Vehteva N.A., Volkov A.A., Sveshnikov A.U.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: magician.loner@yandex.ru

ALGORITHM FOR ASSESSING THE QUALITY OF PHOTOPOLYMER 3D PRINTING BY THE LOCATION OF MODELS IN THE CONSTRUCTION AREA

Аннотация. В статье представлен возможный алгоритм оценки качества сувенирной продукции, произведенной по технологии фотополимерной трехмерной печати, и улучшения качества в зависимости от расположения трехмерной модели в пространстве относительно плоскости платформы построения печати.

Ключевые слова: 3D модель, база знаний, оценка качества, сувенирная продукция, трехмерная печать, экспертная система.

Abstract. The article presents a possible algorithm for assessing the quality of souvenir products produced using the technology of photopolymer three-dimensional printing; and improving the quality depending on the location of the three-dimensional model in space relative to the plane of the build platform.

Keywords: 3D model, 3D printing, knowledge base, souvenir products, quality assessment, expert system.

Трехмерная печать используется во многих сферах прототипирования и промышленности, а оборудование и материалы для производства быстро развиваются. Эта технология может быть использована для различных целей, в данной статье будет рассматриваться производство сувенирной продукции, для развития проектов компаний или туризма. В этой сфере требуются качественные и красивые изделия, чтобы заинтересовать большую аудиторию.

В качестве рассматриваемой для данной сферы производства была выбрана технология DLP печати (digital light processing), работающая по следующему принципу: проектор засвечивает источником ультрафиолетового излучения сразу весь слой для полимеризации смолы и целиком отверждает его, изделие печатается слоями снизу-вверх. Преимуществами технологии DLP на сегодняшний день являются: высокая

точность и качество поверхности полученных моделей, а также возможность изготовления объектов с геометрией различной сложности [1].

Из часто возникающих проблем трехмерной печати для исследования были выбраны следующие: отклонение отверстий и наружных цилиндрических поверхностей от круглости или прямолинейности; отклонение от прямолинейности плоских деталей; отклонение от номинальных размеров деталей; отклонение от номинальной формы деталей.

Проанализировав результаты трехмерной печати объектов с различным углом поворота, можно получить некоторые схожие особенности, от которых зависят качество и точность итогового изделия.

Определение качества готовой продукции по цифровой 3D модели является субъективной задачей, зависящей только от накопленного опыта эксперта. Правильный поворот модели относительно плоскости печати может снизить риски появления отслоения и деформации готового изделия.

Качественной будем считать напечатанную модель, в которой практически отсутствуют вышеописанные проблемы. Для получения объективной оценки необходимо численное представление указанных критериев, что является достаточно сложной задачей. К примеру, можно использовать систему штрафов: чем меньше их суммарное значение, тем более качественной должна получиться напечатанная модель. Но для каждого вида вышеописанных проблем будут свои штрафы. Численное значение будет определяться по отклонению вектора нормали элемента от номинального для определенных деталей. К таким отнесем выпуклости, углубления, отверстия, плоскости, мелкие и тонкие элементы. Значения должны формироваться по экспериментальным данным и оценке экспертов. Самое удобное представление таких показаний – это база знаний (БЗ).

Формирование экспертной системы таких особенностей является основой для оценки точности и качества напечатанной продукции. Для определенного вида моделей, например, для фигурок персонажей или геометрически простых объектов, могут быть свои схожие элементы, поэтому для точной оценки необходимо сформировать отдельные базы знаний, для более точной оценки.

Таблица 1. Фрагмент базы знания для элементов типа «отверстие»

Условие	Оценка
Если \angle отклонения нормали от OZ в диапазоне [0; 10)	0
Если \angle отклонения нормали от OZ в диапазоне [10; 35)	4
...	
Если \angle отклонения нормали от OZ в диапазоне [80; 90]	10

Примерный фрагмент таблицы из базы знаний для элементов типа «отверстие» представлен в таблице 1. В качестве оси OZ была выбрана нормаль к плоскости печати.

Самой сложной частью остается определение этих самых элементов, по повороту которых происходит сравнение в БЗ. Для этого надо понять, в каком виде представлена трехмерная модель, и с какими исходными данными необходимо будет работать. Так как исследуемая область – это производство сувенирной продукции, то модели чаще всего представляют собой сложные и детализированные объекты, например, фигурка персонажа по произведению или копия этнического экспоната. Программные продукты, в которых создают их цифровую трехмерную проекцию, работают в большинстве случаев с мешем – набором вершин и связей между ними в виде ребер и граней.

Следовательно, в качестве входных данных будет множество вершин, состоящее из векторов их координат (1: [X, Y, Z]), и множество граней, состоящее из вектора номеров связанных ребрами вершин (1: [1, 2, 5, 6]).

Следующими проблемами являются: определение элементов, по которым происходит оценка, а также направлений их нормалей. Для геометрически простых моделей (Рис.1.1) задача решается методами координат, но для высокодетализированных (Рис.1.3), сглаженных и состоящих из большого количества вершин (Рис.1.2) задача усложняется.

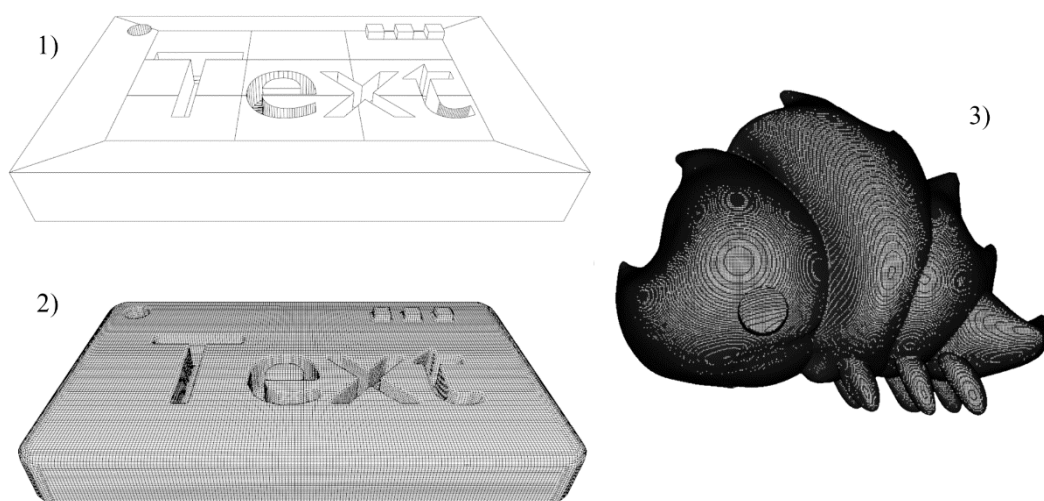


Рис. 1 Геометрически простая модель; 2 - Геометрически простая модель, с большим количеством вершин; 3 - Детализированная модель с большим количеством вершин

Когда мы рассматриваем реальный объект для того, чтобы узнать, где углубление, а где отверстие и так далее, необходимо покрутить его и рассмотреть с разных сторон. Можно воспользоваться этой стратегией и в цифровом пространстве.

Для упрощения вычислений можно взять следующие проекции: сверху, снизу, слева, справа, спереди и сзади. Соответственно в каждой проекции одна из осей смотрит на наблюдателя. Если в обратную сторону, то берем инвертированное направление. Затем можно построить цветовую карту высот по значениям координат этой оси, например, от синего до красного спектра. Выпуклые элементы будут иметь более красные оттенки, углубления более синие. Самая близкая к «камере» точка будет красной. Для уменьшения объема обрабатываемых точек можно использовать метод удаления невидимых граней z-буфер, а также создать сетку с определенным интервалом, в которой значения высот вершин, попавших в определенную ячейку, будут усредняться. Также для повышения точности вычислений при очень большом числе вершин (более миллиона) и различных элементов модели, исходную сетку можно разбить на более мелкие и повторить предыдущие операции по построению новых карт.

Для определения по карте высот нужных элементов необходимо либо разработать алгоритм, который будет анализировать соседние ячейки и их цвета, либо разработать нейронную сеть и обучить ее распознавать классы объектов. К примеру, можно использовать сверточные нейронные сети, которые часто применяются для задачи классификации изображений.

Структура сверточных нейронных сетей представляет собой чередование сверточных и субдискретизирующих слоев. Структура сети – однонаправленная, многослойная, состоит из четырех слоев для красного, зеленого, синего и белого каналов [2]. Последний нужен для определения сквозных отверстий в модели. На вход нейронной сети будет поступать область ячеек определенной размерности, где содержание красных областей или синих не более одной единицы. Для определения оптимальных алгоритмов обучения нейронной сети необходимо провести сравнение различных вариантов на тестовых моделях.

На выходе нейронной сети получаем классификацию объекта на выбранной области сетки. Из исходной сетки необходимо определить область ячеек, в которой достигается минимум или максимум по значению, а значение цвета в соседних ячейках лежит в заданном диапазоне. Вектор нормали найденного объекта получаем координатным методом по значениям вершин в найденной области. В системе вместо множества точек будет храниться вектор нормали в виде координат начала и конца, а также тип оцениваемого элемента модели. После получение векторов нормалей всех элементов модели происходит оценка по экспертной базе знаний и суммирование штрафных баллов.

Для достижения оптимального качества трехмерной модели в пространстве необходимо производить вращение векторов нормалей относительно ее геометрического центра до тех пор, пока не будет найдено то положение, при котором наименьшая сумма штрафных баллов.

Приведенный в данной статье подход может быть использован в системе поддержки принятия решений для улучшения качества и упрощения производства сувенирной продукции.

Работа выполнена на базе молодёжной VR-лаборатории ТГТУ.

Список использованных источников

1. Ходер, В. Б. Наполненные фотополимерные композиции для 3D-печати методом стереолитографии (обзор) / В. Б. Ходер, Е. И. Кордикова, Г. Н. Дьякова // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2022. – № 1(253). – С. 27-32. – DOI 10.52065/2520-2669-2022-253-1-27-32. – EDN XVEGMM.

2. Щербин, А. С. Разработка алгоритма активного обучения сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений / А. С. Щербин // Мальцевские чтения : Тезисы докладов Международной конференции, Новосибирск, 16–20 ноября 2020 года. – Новосибирск: Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, 2020. – С. 103. – EDN BNNKLH.

УДК 004.021

Морозов В. В.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: tmb-morozov@yandex.ru

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ОСВОЕНИЯ

Morozov V.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: tmb-morozov@yandex.ru

VIRTUAL RECONSTRUCTION OF HISTORICALLY SIGNIFICANT TERRITORIES AT VARIOUS STAGES OF THEIR DEVELOPMENT

Аннотация. В работе рассмотрена технология реализации информационного виртуального пространства исторически значимых территорий связанных с жизнью и деятельностью Чичериных на различных этапах их освоения, используемого в качестве инструмента повышения эффективности гражданско-патриотического воспитания молодежи через изучение ценностных ориентаций и уровня гражданско-патриотических качеств предшествующих поколений людей, связанных с исторически значимыми и памятными местами муниципальных образований. На первом этапе создания информационной системы были разработаны информационные и процедурные модели для системы виртуальной реконструкции исторически значимых территорий. Далее было осуществлено создание виртуального исторического пространства с использованием программных сред Twinmotion, Bigscreen и 3D Vista Virtual Tour Pro. В программной среде Twinmotion был создан цифровой прототип объектов культурно-исторического наследия, обеспечивающий иммерсивную архитектурную 3D-визуализацию. Далее был создан виртуальный тур в среде 3DVista Virtual Tour Pro, который используется для множества задач: удалённого обсуждения объектов исторической реконструкции; обучения школьников, студентов; прохождения образовательных квестов для повышения уровня гражданско-патриотических качеств.

Ключевые слова: виртуальная реальность, технология создания виртуального пространства, виртуальный тур, Twinmotion, электронное обучение, LMS Moodle, 3D Vista Virtual Tour Pro, Bigscreen.

Abstract. The paper considers the technology of implementing the information virtual space of historically significant territories associated with the life and activities of the Chicherins at various stages of their development, used as an instrument to increase the effectiveness

of civil-patriotic education of young people through the study of value orientations and the level of civil-patriotic qualities of previous generations of people associated with historically significant and popular places of municipalities. At the first stage of the creation of the information system, information and procedural models were developed for the system of virtual reconstruction of historically significant territories. Next, a virtual historical space was created using the Twinmotion, Bigscreen and 3D Vista Virtual Tour Pro software environments. A digital prototype of cultural and historical heritage objects was created in the Twinmotion software environment, providing immersive architectural 3D visualization. Next, a virtual tour was created in the 3DVista Virtual Tour Pro environment, which is used for a variety of tasks: remote discussion of objects of historical reconstruction; teaching schoolchildren, students; passing educational quests to improve the level of civic and patriotic qualities.

Keywords: virtual reality, virtual space creation technology, virtual tour, Twinmotion, e-learning, LMS Moodle, 3D Vista Virtual Tour Pro, Bigscreen.

Введение

Центральной идеей данной работы является создание средства для эффективного гражданско-патриотического воспитания молодежи через изучение ценностных ориентаций и уровня гражданско-патриотических качеств предшествующих поколений людей, связанных с исторически значимыми и памятными местами. Виртуальная реальность является самым впечатляющим медиаформатом, который предлагает полное погружение в происходящие события, предоставляя возможность наблюдать за ними от первого лица. Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR / AR) стали одними из важнейших цифровых технологий, послуживших фундаментом для осуществления программы «Цифровая экономика РФ»

Целью работы является повышение эффективности гражданско-патриотического воспитания молодежи через изучение ценностных ориентаций и уровня гражданско-патриотических качеств предшествующих поколений людей, связанных с исторически значимыми и памятными местами муниципальных образований.

Для достижения цели, поставленной в работе, необходимо разработать информационную модель, описывающую виртуальное пространство исторически значимой территории на различных этапах ее освоения и создать коммуникативную среду в виде виртуального музея двух исторически значимых территорий Тамбовской области, охватывающих временной период их освоения с середины XVII века по настоящее время.

Научная новизна результатов исследований:

1) обоснована структурная схема представления знаний об исторически значимой территории, обеспечивающая формализованное информационное описание модели виртуального пространства, включающей совокупность знаний об исторически значимой территории (отдельном историческом объекте), представленной в виде графовой структуры фреймов;

2) разработана процедурная модель определения характеристики объекта виртуального пространства, отличающаяся учетом ее нечеткости и достоверности типов пер-

воисточников исторических данных (художественных; культурно-просветительных, научно-производственных; публицистических; издания органов исполнительной власти и др.);

Разработка информационной модели для системы виртуальной реконструкции исторически значимых территорий.

При разработке информационных и процедурных моделей для системы виртуальной реконструкции исторически значимых территорий автором предложено формализованное описание модели виртуального пространства, включающее совокупность знаний об исторически значимой территории (отдельном историческом объекте), представленной в виде графовой структуры фреймов. Модель V_{space} , отображающая исторически значимую территорию:

$$V_{space} = \{St_o, S_o, Sp_o, M_o, M_o^g\} \quad (1)$$

где St_o - фрейм, отображающий структуру знаний исторически значимой территории; S_o - фрейм, отображающий характеристики исторически значимой территории; Sp_o - совокупность способов задания характеристик исторически значимой территории; M_o - совокупность моделей, отображающих значения характеристик, свойственных для исторически значимой территории; M_o^g – совокупность моделей графических образов характеристик, для которых они актуальны[1].

Способы задания характеристики в течение времени могут меняться со временем. Элементами совокупности M_o являются модели для определения значений соответствующих характеристик:

$$M_o = \{M_{o10}, \dots, M_{oit}, \dots, M_{oNT}\},$$

где M_{oit} - модель для определения значения i - ой характеристики объекта в t -ый момент времени.

В связи с тем, что отдельная характеристика может иметь числовое или строковое значение, то для ее определения может быть использована либо лингвистическая модель, например модель концептуальной зависимости, определяющая значение характеристики строкой символов, либо математическая модель, определяющая значение числом.

Элементами совокупности M_o^g являются модели графических изображений соответствующих характеристик:

$$M_o^g = \{M_{o10}^g, \dots, M_{oit}^g, \dots, M_{oNT}^g\},$$

где M_{oit}^g - модель графического изображения i - ой характеристики в t -ый момент времени.

В свою очередь, каждый k - ый объект виртуального пространства V_{space} может быть представлен аналогичным (1) способом:

$$V_{space,k} = \{St_k, S_k, Sp_k, M_k, M_k^g\}, k = \overline{1, K};$$

где St_k - фрейм, отображающий структуру знаний k - го объекта или его части исследуемой исторически значимой территории; S_k - фрейм, отображающий характеристики k - го объекта; Sp_k - совокупность способов задания характеристик k - го объекта; M_k -

совокупность моделей, позволяющих найти значения отдельных характеристик k -го объекта; M_k^g - совокупность моделей графических изображений характеристик k -го объекта, для которых они актуальны[2].

$$s_{ki} = \{s'_{ki}, z'_{kit}, g'_{kit}\}, i = \overline{1, N_k}; t \in [0, T]$$

где s'_{ki} , z'_{kit} , g'_{kit} - соответственно наименование характеристики s_{ki} k -ой части объекта, ее значение и графическое изображение, N_k - количество характеристик k -ой части объекта; T - время периода существования объекта[3].

Элементами совокупности Sp_k являются такие же термы, как и для Sp_o .

Для l -ой характеристики k -ой части объекта, значение которой определяется в результате использования аналитической или информационно-логической модели, предлагается модель M_{klt} :

$$M_k = \{M_{k10}, \dots, M_{klt}, \dots, M_{kN_kT}\}$$

Для l -ой характеристики k -ой части объекта, которая имеет графическое изображение, предлагается модель M_{klt}^g , реализованная на интервале времени $[0, T]$:

$$M_k^g = \{M_{k10}^g, \dots, M_{klt}^g, \dots, M_{kN_kT}^g\}.$$

Технология создания виртуальной модели объекта культурно-исторического значения

Используя современные программные среды был достигнут уровень видового изображения исторически значимой территории максимально приближенного к реальности [4]. При реализации технологии создания цифрового прототипа исследуемого объекта на первом этапе создается макет всей территории, включая ближайшие к реконструируемому объекту территории с имеющейся вокруг природной экосистемой с помощью программы Twinmotion, обеспечивающей архитектурную 3D-визуализацию (рис.1).

Twinmotion является своего рода «обёрткой» над Unreal Engine, разработанной специально для создания фотореалистичных архитектурных и ландшафтных визуализаций. Система позволяет расставить и настроить виртуальные камеры в требуемых местах сцены, для получения высококачественных как обычных изображений и видео, так и видео и панорам в формате 360°[5]. Данный программный продукт обладает продвинутой системой освещения и теней. В том числе используется физическая модель атмосферы, солнца и неба, точно отражающая реальное географическое местоположение сцены, времена года и время суток. Поддерживаются такие эффекты как туман, дымка, пыль или дым. Система растительности представлена высокополигональными моделями деревьев, кустов и травы. В системе Twinmotion создается 3D-сцена, включающая в т.ч. рельеф, дороги, водоёмы, а также импортированные трехмерные модели различных объектов, выполненные в программах 3D-моделирования (SketchUp, Blender, Archicad и др.). Таким образом, в Twinmotion создаётся модель всей реконструируемой территории.

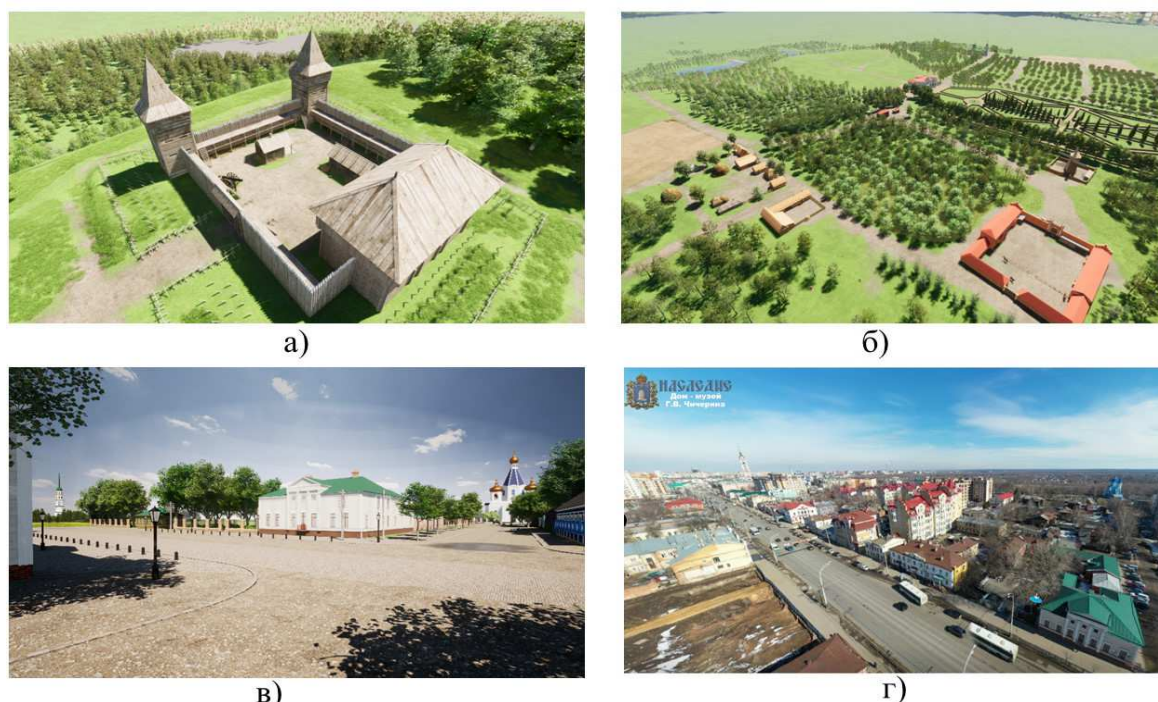


Рис. 1. (а-г) Фрагменты отдельных составляющих V_{space} , модели графических образов основных объектов исследуемой территории. а - XVII век: наблюдательный пост для охраны южных рубежей России от набегов кочевников; б - XIX век: усадьба Чичериных в селе Караул; в - XIX век: место, где прошли детские годы с 1877-1886 Г.В. Чичерина; г - XXI век: дом-музей Г.В. Чичерина. Панорамная съёмка 360°.

Далее в требуемых местах сцены необходимо расставить и настроить виртуальные камеры, после чего получить отрендеренные средствами Twinmotion высококачественные видео и изображения, в том числе, видео и изображения в формате 360°. На следующем этапе создается интерактивный виртуальный тур с помощью программной среды 3DVista Virtual Tour Pro, в котором используются полученные на предыдущем этапе мультимедийные материалы. Создаваемые туры можно просматривать онлайн и офлайн на любом устройстве и без необходимости установки какого-либо специального программного обеспечения или плагинов. В 2020 году разработчики этой программной среды значительно улучшили ее функции, предназначенные для электронного обучения, в том числе и создание квестов, позволяющих закрепить полученные знания, а также автоматическая интеграция с LMS Moodle [6]. Тур по виртуальному пространству исторически значимых территорий связанных с жизнью и деятельностью Чичериных на различных этапах их освоения представлен по адресу: <https://heritage.tstu.ru/memorial/directaccess/karta/index.htm>.

Для реализации функции виртуальной экскурсии используется инструмент Live Guide Tours, входящий в пакет 3D Vista Virtual Tour Pro и позволяющий проводить видеоконференции внутри виртуального тура в режиме реального времени.

Заключение

В результате выполненных исследований решена актуальная научно-практическая задача создания виртуального пространства исторически значимых территорий на примере объектов связанных с жизнью и деятельностью семьи Чичериных, обеспечивающего создание среды для коммуникативного общения и эффективного гражданско-патриотического воспитания молодежи.

Виртуальное образовательное тематическое пространство создано с использованием современных программных продуктов, таких как Twinmotion, 3DVista Virtual Tour Pro, Bigscreen и др.

Список использованных источников

1. Немтинов В.А. Информационные технологии при создании пространственно-временных моделей объектов культурно-исторического наследия / Немтинов В.А., Горелов А.А., Острожков П.А., Манаенков А.М., Немтинова Ю.В., Морозов В.В., Горелов И.А., Немтинов К.В. Тамбов, 2013 - 213 с.
2. Немтинов В.В. Технология создания пространственных моделей территориально распределенных объектов с использованием геоинформационных систем/В. В. Немтинов, А.М. Манаенков, В.В. Морозов // Информационные технологии – 2008. №8 - С. 23-25.
3. Немтинов В.А. Визуализация цифровой трансформации промышленного производства в образовательный процесс / Немтинов В.А., Борисенко А.Б., Морозов В.В., Немтинова Ю.В., Немтинов К.В. // Научная визуализация. 2022. Т. 14. № 3 - С. 47-62.
4. Вязинкин А.Ю. Разработка виртуального тура по памятным местам Б.Н.Чичерина с использованием квест-технологий / Вязинкин А.Ю., Двухжилова И.В., Морозов В.В., Немтинов К.В. // В сборнике: Формирование профессионала в условиях региона. Материалы XXII Международной научной конференции. Под редакцией В.М. Тютюнника, В.А. Зернова, В.А. Фёдорова. 2020 - С. 61-65.
5. Немтинов В.В. Карта памятных мест в Тамбовском крае, связанных с деятельностью товарищества «братья Нобель» / Немтинов В.А., Борисенко А.Б., Трюфилин С.В., Морозов В.В., Немтинов К.В. // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. Материалы VII Международной научно-практической конференции. 2021 - С. 156-162.
6. Немтинов В.А. История одного заводского музея: от реальности к виртуальности / В. А. Немтинов, А. А. Горелов, А. Б. Борисенко, Ю. В. Немтинова, В. В. Морозов // Вопросы истории - 2022. № 7-1. С. 167-179.

УДК 727.1.05:747.012

Ельчищева Т.Ф.¹, Попова В.А.², Попов М.А.³

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: elschevat@mail.ru

²e-mail: lerkofantazy2018@ yandex.ru

³e-mail: maximax68rus@gmail.com

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ДИЗАЙНУ ПРОСТРАНСТВА СОВРЕМЕННОЙ ШКОЛЫ

Elchishcheva T.F.¹, Popova V.A.², Popov M.A.³

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

¹e-mail: elschevat@mail.ru

²e-mail: lerkofantazy2018@ yandex.ru

³e-mail: maximax68rus@gmail.com

APPROACHES TO THE DESIGN AND DESIGN OF THE SPACE OF A MODERN SCHOOL

Аннотация. Проектирование современной школы и дизайна внутреннего пространства – сложные процессы, требующие комплексного подхода на основе современных тенденций в условиях развивающегося города. Проведенный анализ мирового реализованного и проектного опыта позволил выделить основные подходы и принципы формирования среды для образования молодого поколения.

Ключевые слова: современная школа, дизайн пространства, тенденции проектирования, образовательная среда.

Abstract. The design of a modern school and interior space design are complex processes that require an integrated approach based on current trends in a developing city. The analysis of the world implemented and project experience made it possible to identify the main approaches and principles of creating an environment for the education of the younger generation

Keywords: modern school, space design, design trends, educational environment.

Общеобразовательная школа – один из важнейших институтов образования юного поколения, влияющий на формирование социальных и психологических аспектов становления человека как личности. Именно поэтому пространство для времяпровождения школьников должно быть спроектировано на основе актуальных проблем и требований современного общества.

Окружающая среда в образовательном процессе – важный инструмент, способный влиять на качество образования и отдыха, физическое и психологическое здоровье, навыки социального общения детей и подростков в комфортных условиях. Анализ мирового опыта проектирования внутренних пространств общеобразовательных учреждений позволил выявить основные, ниже перечисленные, направления и подходы в дизайне среды основных функциональных зон современной школы [1].

1. Зонирование общего пространства.

В местах общего пользования (холлы, вестибюли, рекреации, коридоры, внутренние дворики и переходы) можно выделить персональную и групповую зоны (рис. 1). Уединенные места для занятий и отдыха проектируют с удобной мебелью, способной изолировать ребенка от внешнего воздействия и создать комфортную спокойную обстановку. Зоны собрания небольших групп необходимы для улучшения коммуникативных и социальных качеств, здесь можно организовывать небольшие собрания для образования и игр в свободное от учебы время. Цвет, фактура и материалы – инструменты проектирования, которые визуальнo разделят пространство на необходимые части. Стоит выделить зоны, рассчитанные на проведение различных видов дополнительных занятий, запроектированных с учетом возрастных особенностей детей [1].

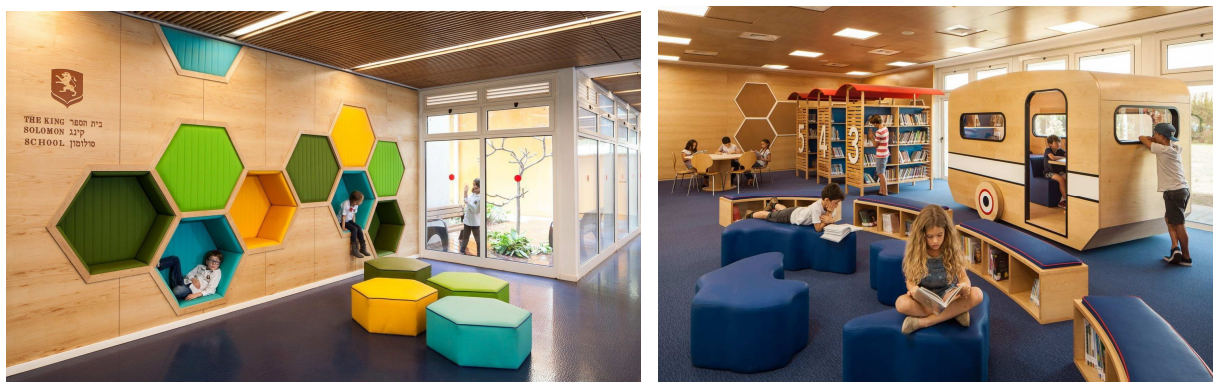


Рис. 1. King Solomon Elementary School, Рамат-ха-Шарон, Израиль, 2014 г. [2]

2. Функциональная гибкость.

Функциональная гибкость – возможность трансформировать и изменять конфигурацию помещения под определенную функцию (рис. 2).

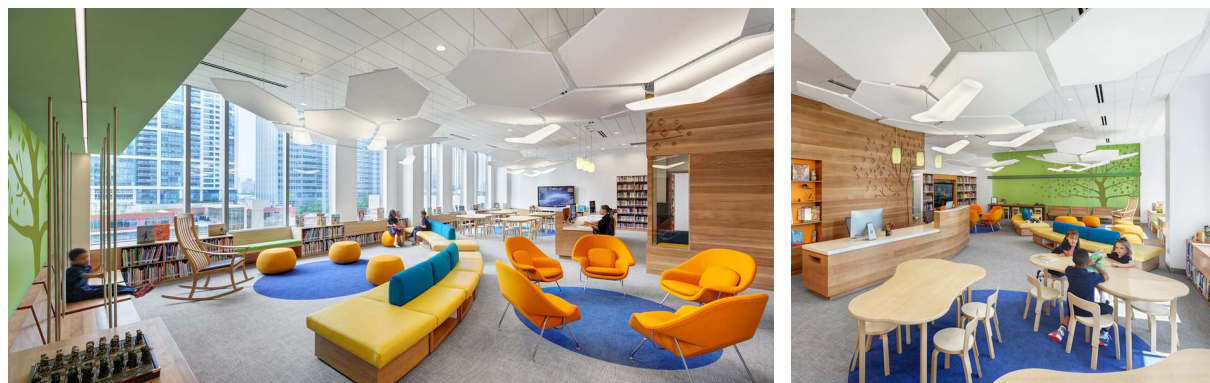


Рис. 2. GEMS World Academy, Чикаго, США, 2014 г. [3]

Одним из самых простых методов организации среды является принцип трансформации при помощи мобильных перегородок, передвижного оборудования и мобильной многофункциональной мебели. Современная тенденция заключается в формировании некоторых блоков в составе образовательной школы, способных функционировать автономно в структуре жилого района (спортзал, библиотека, мастерские) [3].

3. Зеленые технологии.

Одной из современных технологий ландшафтного дизайна является вертикальное озеленение фасадов и учебных помещений, зеленые крыши и зимние сады в ядре школьного здания. Объединение человека с природой достигается как внешним эффектом «вливания» архитектурного объема в природную среду, так и «раскрытия» интерьера изнутри (рис. 3) [4].

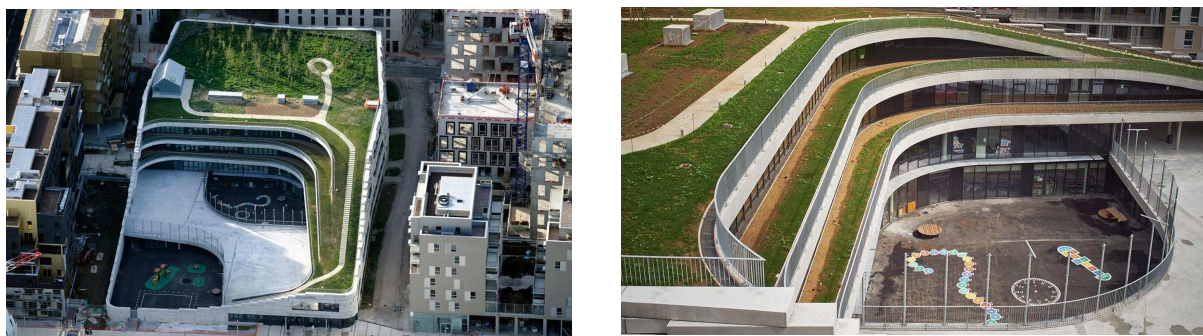


Рис. 3. Булонь-Бийанкур, Париж, Франция, 2011 г. [5]

4. Освещение.

Освещение позволяет создать требуемую атмосферу в помещении и определенное настроение. Общий свет предназначен для ежедневного использования, акцентный придаст контраст вещам или зонам, декоративный свет дополнит образ пространства и преобразит его. Окружающая среда оказывает влияние на состояние детского организма, и для наибольшей эффективности образовательного процесса в школе должны быть созданы благоприятные условия освещенности (рис. 4) [2].

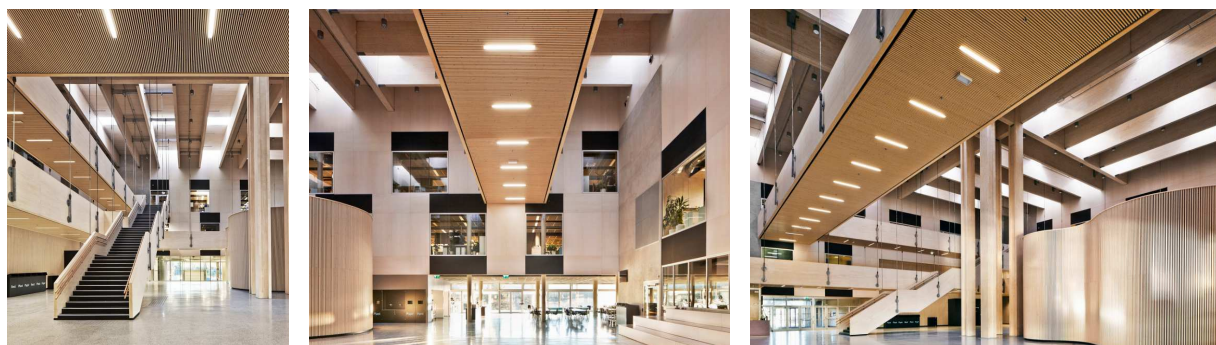


Рис. 4. Nord-Osterdal, ТИНСЕТ, Норвегия, 2013 г. [6]

Таким образом установлено, что существующие здания школ в России требуют перемен в условиях повышения качества жизни и образования. Основной инструмент при выполнении проекта ремонта за минимальные денежные средства – цвет. Цветовое оформление, яркие акценты или, наоборот, спокойные тона, которые создадут требуе-

мую атмосферу в помещении – основные инструменты, которыми может пользоваться архитектор и дизайнер [8]. На примере проектных решений обычной среднестатистической школы г. Москвы были смоделированы варианты дизайн-проектов визуализации общего пространства для учащихся с учетом выявленных подходов к проектированию школьных зданий.

На рис. 5 и рис. 6 представлены школьные интерьеры до (рис. 5) и после (рис.6) модернизации. Таким образом, небольшие изменения способны повлиять на восприятие среды юным человеком и сделать процесс обучения более эффективным, а отдых комфортнее и интереснее.



Рис. 5. Холл общеобразовательной школы г. Москвы [7]



Рис. 6. Варианты разработанного дизайна холла для отдыха и образования

На основе проведенного анализа были сформированы основные подходы и принципы формирования внутренней структуры школьного здания современного города. С требованиями прогресса появляются новые специализированные группы для детей с разными возможностями здоровья, помещения технических центров, оборудованных новейшим многофункциональным оборудованием, библиотек-медиатек, кинотеатров и выставочных залов, прослеживается групповое членение помещений, проектируются кабины для индивидуальных занятий, максимально удовлетворяющие психологическим и эмоциональным потребностям юных пользователей. Усовершенствование подходов к проектированию интерьеров позволяет решать как задачи искусственного кли-

мата, так и психологические, гигиенические, учебно-воспитательные и информационные аспекты, что в совокупности дает возможность создать гармоничную и функциональную среду для времяпровождения учащихся. Одной из важных особенностей современной школы является дизайн-код, который объединяет стилистику всех систем, включается в образы и цветовые решения помещений, в оформление стендов и вывесок, формирует цифровую платформу на основе сложившейся концепции и фирменных знаков.

Список использованных источников

1. Самойлова, Н.В. Современные мировые тенденции планировки школ и их применение в отечественной практике / Н.В.Самойлова, И.Ю. Числова // Вестник магистратуры. – 2017. – №2-2 (65). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-mirovyetendentsii-planirovki-shkol-i-ih-primenenie-v-otechestvennoy-praktike> (дата обращения: 09.10.2022).
2. Сарангэрэл, Б. Актуальные проблемы при строительстве школьных зданий / Б. Сарангэрэл, У. Унуболд // Символ науки. – 2017. – №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-pri-stroitelstve-shkolnyh-zdaniy> (дата обращения: 07.10.2022).
3. Малков, И. И. Проектирование школ : учеб.-метод. пособие / И. И. Малков, О. Н. Коновалова, А. А. Пузеев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель :БелГУТ, 2012. – 39 с.
4. Мигулько, Е. Н. Зеленая» архитектура современных зарубежных школ / Е. Н. Мигулько // Наука. Инновации. Технологии. – 2013. – №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenaya-arhitektura-sovremennyh-zarubezhnyh-shkol> (дата обращения:09.10.2022).
5. Зеленая школа в Париже. URL: <https://masterok.livejournal.com/2188395.html>(дата обращения: 01.10.2022).
6. Ковальская Г.Л. Учебные заведения в сформированной застройке малых городов / Г.Л. Ковальская // Опыт и перспективы развития городов Украины. Проблемы развития малых городов Украины: сб. науч. трудов. К.: ДШРОМІСТО, 2008. – №15. – С. 167-173.
7. Новый облик старых школ. Образовательная среда. URL: <https://www.hse.ru/data/2018/12/19/1143371667/Forum.pdf>(дата обращения: 01.10.2022).
8. Яковенко, Н.Е. Современные требования к проектированию школ / Н. Е. Яковенко // Строительство и техногенная безопасность. – 2014. – №51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-trebovaniya-k-proektirovaniyu-shkol> (дата обращения: 01.10.2022).

УДК 004.65: 004.4: 574

Дьячкова В.В.

Донбасский государственный технический институт, ЛНР, г. Алчевск
e-mail: dyachkova.vika@gmail.com

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Dyachkova V.V.

Donbass State Technical Institute, LPR, Alchevsk
e-mail: dyachkova.vika@gmail.com

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL MONITORING

Аннотация. В статье рассмотрены экологические проблемы в Донбассе, выявлены недостатки текущей системы экологического мониторинга регионе, оценены возможности их решения за счет использования информационных технологий, предложена реализация в виде пилотного проекта «ИСЭМ».

Ключевые слова: экологический мониторинг, регулирование воздействий, организационная структура, проект, база данных, информационная система.

Abstract. The article examines environmental problems in the Donbass, identifies the shortcomings of the current environmental monitoring system in the region, assesses the possibilities of solving them through the use of information technology, and suggests the implementation of a pilot project «ISEM».

Keywords: environmental monitoring, impact management, organizational structure, project, database, information system.

В условиях роста количества и масштабов промышленных производств человечество сталкивается с нарастающим разрушительным воздействием хозяйственной деятельности на окружающую среду. Для эффективного регулирования данного воздействия важно понимать его масштабы и динамику. Одним из элементов такого регулирования является экологический мониторинг.

Вопросам экологии, в том числе, экологическому мониторингу, уделено большое внимание в трудах В.М. Калинина, С.М. Говорушко, С.В. Косенкова, А.В. Грачева, Ю.А. Израэля, Г.В. Кузенковой, С.К. Рамазанова, В.М. Сюткина и многих-многих других. Однако с развитием технологий появляются новые пути решения проблем. Например, сбор и анализ результатов экологического мониторинга с использованием ИТ-

технологий позволит выявить тенденции к изменению в состоянии окружающей среды и экосистемах, своевременно реагировать на потенциальные угрозы.

Поэтому целью данной работы стало: проанализировать проблемы экологического мониторинга в регионе, оценить возможности их решения, предложить реализацию в виде пилотного проекта «ИСЭМ».

Начнем с анализа влияния производственно-хозяйственной деятельности предприятий Донбасса на состояние окружающей среды. Основными отраслями региона являются угледобывающая и химическая промышленности, металлургия, а также электроэнергетика. Эти же отрасли являются лидерами по количеству выбросов загрязняющих веществ. Луганская область ранее являлась одним из самых неблагоприятных по экологическим условиям регионом Украины. На территории области располагалось около 1200 предприятий и организаций угольной, металлургической, машиностроительной, химической и нефтехимической промышленности, а также энергетики. В 2014 году численность предприятий значительно упала. По данным Министерства промышленности и торговли ЛНР на первое полугодие 2018 года на территории республики производственную деятельность осуществляло всего 278 предприятий. Промышленный потенциал Донецкой области также резко снизился после 2014 года, количество промышленных предприятий сократилось втрое.

Негативное влияние промышленности на территории республик значительно снизилось, в первую очередь из-за снижения количества предприятий. Тем не менее, в ближайшем будущем вопросы экологии для Донбасса как промышленного региона вновь станут актуальными, ведь деятельность промышленных предприятий с одной стороны является основой экономического развития и роста региона, а с другой стороны напрямую влияет на здоровье человека в частности и экологическую безопасность в целом.

Загрязнение окружающей среды относится к экстерналиям, то есть к последствиям, которые ответственный субъект хозяйствования может минимизировать, но которые, так или иначе, несет общество в целом [1]. Поскольку рыночные силы не в состоянии решить такие проблемы, то правительство несет моральное обязательство защищать экосистемы, даже если для этого потребуется пожертвовать некоторым экономическим ростом. Предлагаемая схема регулирования воздействий промышленно-хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды приведена на рис.1. В рамках этой схемы ключевым элементом обеспечения экологической безопасности является экологический мониторинг состояния окружающей среды и воздействий на окружающую среду.

В ЛНР вопросами государственного регулирования отношений в области охраны, использования и воспроизводства природных ресурсов занимается Министерство природных ресурсов и экологической безопасности (далее — Минприроды ЛНР). Основными задачами Минприроды является обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека, охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов, обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной

деятельности на окружающую среду, а так же осуществление государственного управления, надзора, контроля и мониторинга состояния окружающей среды и др. [2]



Рис.1.Схема регулирования воздействий промышленно-хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды

Государственная система экологического мониторинга предназначена для сбора, обработки, передачи, хранения и анализа информации о состоянии окружающей среды, прогнозирования изменений и соблюдения требований экологической безопасности. Наблюдения должны включать постоянное слежение за источниками и факторами воздействия, состоянием компонентов биосферы, изменением их структурных и функциональных показателей. Общую координацию мониторинга осуществляет Минприроды ЛНР, используя данные, получаемые от 6 министерств и 36 предприятий-природопользователей (рис.2).

В существующей на территории Республики системе мониторинга можно выделить ряд недостатков:

- отсутствие автоматизированных средств контроля;
- недостаточная информированность природопользователей и субъектов мониторинга;
- отсутствие необходимых условий для оперативного регулирования;
- устаревшие методы анализа и средства измерения;

– недостаточное количество гидрологических станций и постов наблюдений.

Часть из них можно частично или полностью решить с помощью информационных технологий.

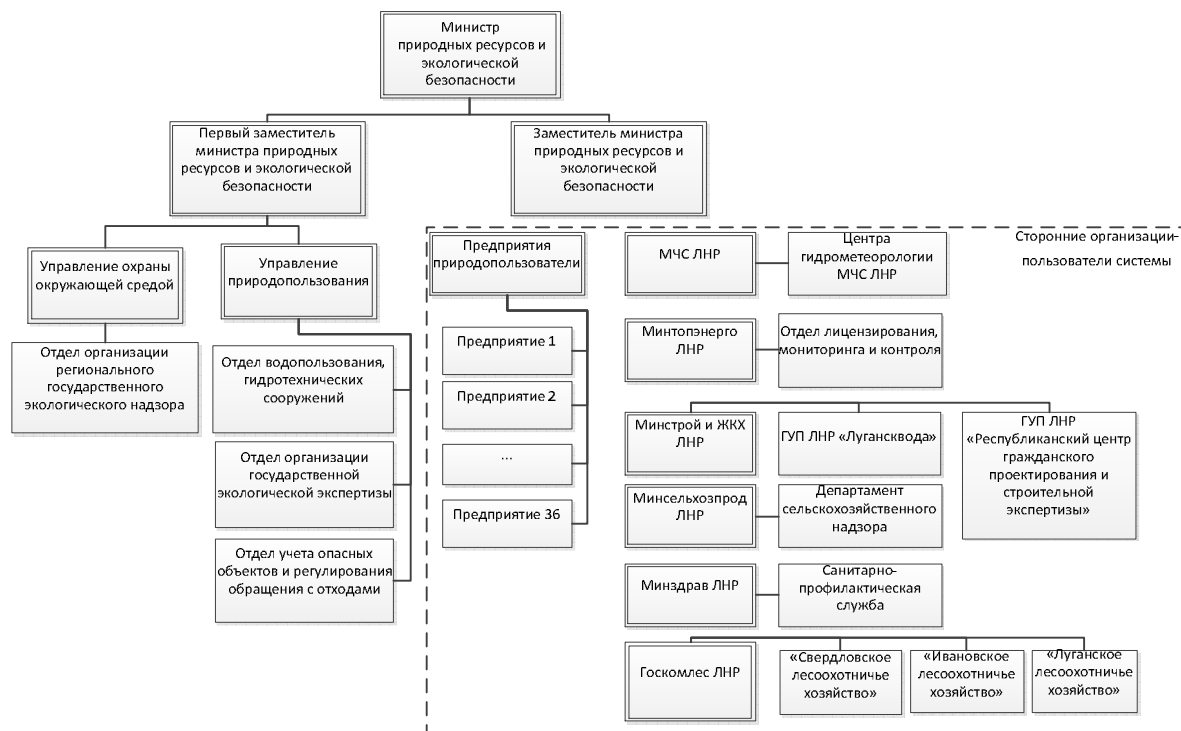


Рис.2. Организационная структура участников процесса экологического мониторинга

Однако информационными системами для экологического мониторинга субъекты управления природопользованием не располагают. Как следствие, сотрудники в своей работе сталкиваются с рядом сложностей и проблем:

- трудоемкостью сбора и обработки большого объема данных, что приводит к снижению качества данных и появлению ошибок при их переносе и обработке;
- территориальной удаленностью структурных подразделений и точек контроля, что увеличивает время на принятие управленческих решений;
- участие в выполнении задач нескольких структурных подразделений приводит к несогласованности действий, задержкам в получении информации, искажению;
- большое количество участников процесса приводит к сложностям в сборе, систематизации и аккумулировании данных мониторинга.

В качестве решения данных проблем предлагается формирование единой информационной площадки, доступной всем участникам процесса и заинтересованным лицам, в рамках которой будет функционировать информационная система экологического мониторинга (ИСЭМ) (рис.3).

На базе информационной инфраструктуры Минприроды планируется обеспечить хранение данных мониторинга. Используя клиентские модули ИСЭМ, установленные на рабочих местах сотрудников Минприроды, будет осуществляться основная деятельность по работе с системой. Сторонние пользователи, участники процесса сбора и ре-

гистрации данных, подключаются к серверам через веб-интерфейс. Также предполагается реализация возможности автоматизированного сбора и импорта данных мониторинга в систему через адаптеры данных.

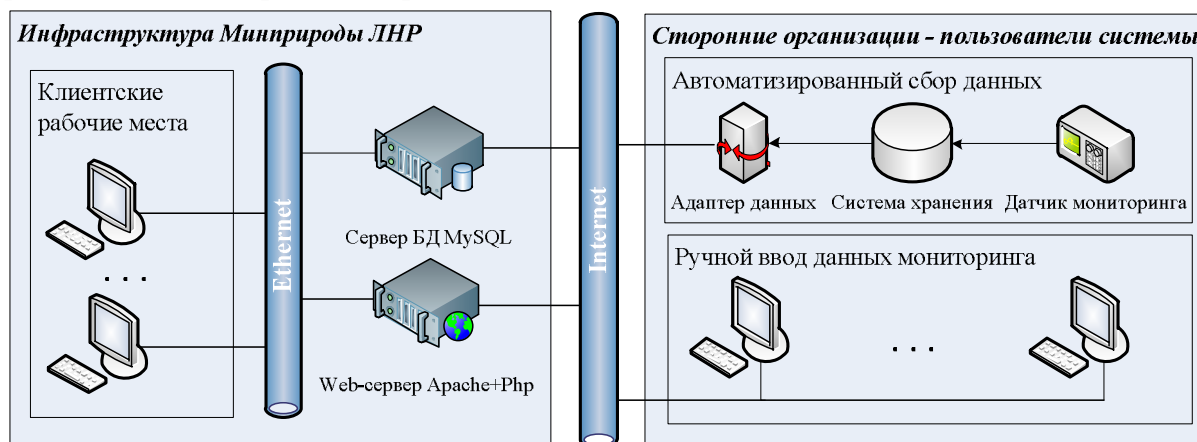


Рис.3. Модель взаимодействия пользователей ИСЭМ

Функциональные возможности ИСЭМ представлены на рис.4. Модуль администрирования и управления позволяет гибко регулировать возможности доступа к информации и определять инструменты для ее обработки в зависимости от прав доступа. Модуль ввода данных имеет удобный пользовательский интерфейс, что позволяет снизить ошибки пользовательского ввода. Модуль представления данных предлагает широкий ассортимент инструментов обработки и представления данных, может использоваться руководителями для принятия управленческих решений по регулированию экологических воздействий на природную среду, а также широким кругом пользователей — для получения актуальной информации о состоянии природной среды региона посредством сети интернет.



Рис.4. Функциональная схема ИСЭМ

Разработка ИСЭМ включала разработку технического задания на проект, где тщательно обсуждались, описывались и согласовывались функциональные возможности системы, и разработку пилотного проекта, для представления заказчику, проверки работоспособности системы и полноты ее функциональности. Пилотный проект включает БД, клиентский модуль для управления данными экологического мониторинга и веб-сайт.

При выборе средств проектирования, разработки ИСЭМ руководствовались необходимостью разработки независимого, надежного, бесплатного ПО нетребовательного к аппаратному обеспечению. В качестве сервера БД выбран MySQLServer, для разработки БД и администрирования сервера –dbForge. Клиентский модуль разрабатывался с использованием RAD технологий, в качестве языка программирования выбран C++, дополнительно использовались компоненты российских разработчиков EhLib и Fast Report. В качестве средств для разработки сайта были выбраны Apache 2.4, HTML, CSS, PHP, JS, Yandex Map Api. Интерфейс ИСЭМ приведен на рис.5.

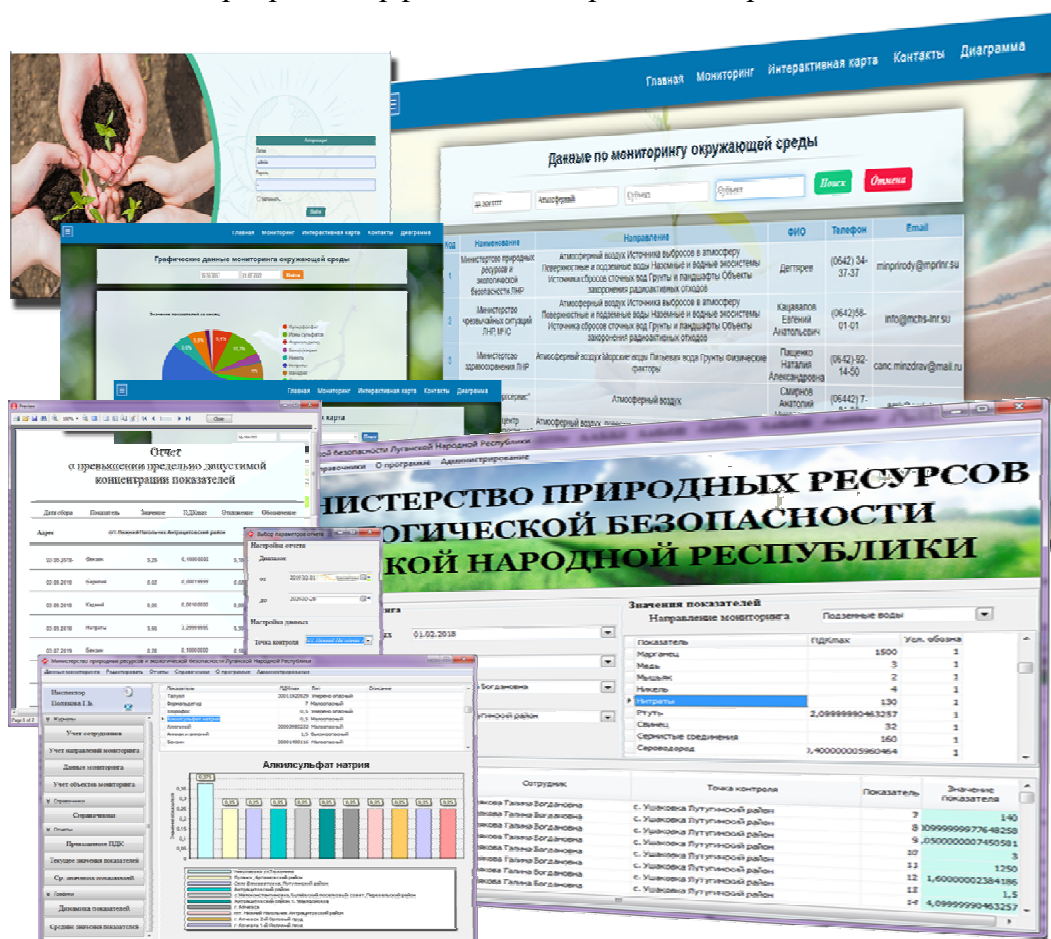


Рис.5. Интерфейс пилотного проекта «ИСЭМ»

В работе предложена схема регулирования воздействий промышленно-хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды, ключевым звеном которой является экологический мониторинг. Проанализированы проблемы экологического мониторинга в регионе и установлено, что часть из них можно решить с использованием

ем информационных технологий. Предложена реализация проекта информатизации задач экологического мониторинга в виде пилотного проекта «ИСЭМ».

Список использованных источников

1. Рамазанов, С. К. Инструменты эколого-экономического управления предприятием : Монография ; под ред. проф. Ю. Г. Лысенко. — Донецк : ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008. — 484 с.
2. О системе мониторинга окружающей среды [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Луганской Народной Республики от 02.02.2016 № 48 // URL : <https://sovminlnr.ru/akt/17.02.2016/1.pdf>.

УДК 7201

Леденева Г.Л., Бацунова А.В.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов

e-mail: Ledeneva27@yandex.ru

К ПРОБЛЕМЕ ИДЕНТИЧНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ И ДИЗАЙНЕ

Ledeneva G.L., Batsunova A.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: Ledeneva27@yandex.ru

ON THE PROBLEM OF IDENTITY IN ARCHITECTURE AND DESIGN

Аннотация. Проблема осознания идентичности в архитектуре и дизайне рассматривается сквозь призму психологического опыта формирования рукотворной среды. Идея о ключевой роли фактора месторазвития в становлении культурной традиции, выдвинутая еще в 30-х годах XIX столетия П.Н. Милуковым, применяется к системе «классик» - «кочевник» как наиболее укрупненному делению народонаселения при рассмотрении глобальных историко-культурных явлений. Это позволило не только охарактеризовать состояние современной архитектурной практики и отдельных решений, но и увидеть перспективы, ориентированные на создание идентичной архитектуры, рукотворной среды в целом, как наиболее приемлемой в ситуации нарастания глобальных процессов.

Ключевые слова: архитектура, дизайн, идентичность в архитектуре и дизайне, фактор месторазвития, менталитет.

Abstract. The problem of identity awareness in architecture and design is considered through the prism of the psychological experience of the formation of a man-made environment. The idea of the key role of the factor of local development in the formation of cultural tradition, put forward in the 30s of the XIX century by P.N. Milyukov, is applied to the «classic» - «nomad» system as the most enlarged division of the population when considering global historical and cultural phenomena. This made it possible not only to characterize the state of modern architectural practice and individual solutions, but also to see prospects focused on creating an identical architecture, a man-made environment as a whole, as the most acceptable in a situation of increasing global processes.

Keywords: architecture, design, identity in architecture and design, the factor of local development, mentality.

В истории искусств прослеживается устойчивая тенденция обращения к культурным истокам - известному ранее, но забытому, утраченному. При этом каждое новое

возвращение не было повторением пройденного, а лишь расширением имеющегося опыта, его переосмыслением с учетом вновь возникающих возможностей.

Ренессанс или «рожденный заново», - так интерпретировал идею в своих известных трудах Джорджо Вазари [1]. Василий Кандинский раскрывал сам механизм развития искусства по аналогии с развитием нематериального знания, полагая, что состоит оно «во внезапных вспышках, подобных молнии, из взрывов, подобных «букету» фейерверка, разрывающемуся высоко в небе... Эти вспышки в ослепительном свете вырывают из мрака новые перспективы, новые истины, являющиеся в основе своей ничем иным, как органическим развитием, ростом прежних истин...». [2]. История искусства – это история возрождений. Этот известный афоризм С. Батлера стал не просто эпиграфом, но и основой структурирования исторических материалов.

Лидеры современного движения в архитектуре и дизайне сегодня декларируют возврат к модернизму, но задача состоит не в том, чтобы воскресить, а в том, чтобы продвинуться дальше. Вместе с тем о самом модернизме говорят, одновременно, и как о разрыве с традицией, и ее продолжении. Отказ отразился в неприятии классической формы, продолжение – в попытке вернуться к некоторому началу, естеству «праформ». Художник, по образному представлению Н. Бердяева, «хочет добраться до скелета вещей, до твердых форм, скрытых за размягченными покровами» [3]. Можно предположить, что здесь (в современном опыте создания жизненного пространства) имеют место рефлексии «протокультуры».

В связи с постановкой вопроса формирования архитектурного облика современной России, актуального для теории архитектуры, интерес представляют работы отечественных зодчих, обращенные в глубинные культурные слои. Среди лидеров, задающих «художественную тональность и менталитет», предъявивших, по выражению Хан Магомедова, «принципиально наше» называют чаще всего фамилии архитекторов русско-го авангарда Константина Мельникова и Ивана Леонидова [4], [5].

К. С. Мельников был среди тех, кто решительно перешагнул портал «черного квадрата». Нацеливаясь за горизонты фантазии, к примеру, в разработке собственного жилого дома, на деле он начал традиционно – с определения положения исходной точки-очага, как центра жизненного пространства и далее прошел как бы заново («внутри-утробно») весь характерный для данной темы путь.

Примечательно, что так (от закрепления фокуса к оболочке) действовал веками человек степи, начиная обустраивать свой быт. Опыт, хранящийся в геномах памяти, в работах архитекторов авангарда, по всей видимости, актуализировался и послужил основой развития новых идей. Закономерной в этой связи представляется и круглая (компактная, энергосберегающая) форма плана, и само пространство дома (универсальное, монофункциональное, неразделенное), и ведущий мотив (раздвоение, смещение, копирование). Не случайно и то, что в решении ромбических проемов окон просматриваются черты «орнамента» - подобие каркаса юранги (традиционного жилища кочевника), основанного на трансформирующейся ромбической сетке. Форма проемов в проекте К. Мельникова возникла в ситуации экономии строительного материала.

Этот эксперимент современники называли беспринципным, а конструкции дома неудачными. Действительно, используемый способ устройства проемов невозможно рассматривать как новый шаг в развитии каменного строительства, скорее это был выход в пространство интуитивного знания, что в решении рассматриваемой проблемы представляется более ценным.

И в других работах архитектора наблюдаются подобные проникновения в суть вещей. Описание знаменитого «красного» павильона, спроектированного для выставки в Париже, как временного, быстровозводимого на территории в высшей степени неудобной для строительства» из подручных, доступных материалов, главным из которых стало дерево, листы фанеры, подходит и для древних «праформ». Сам принцип «сборки», основанный на выявлении способов сопряжения планшетных элементов (конструктивных стыков), верхний свет, сконструированный «без стекла и без дождя» так, что дневной свет свободно проникал с различных углов лучами, чуткость и хрупкость контура, обтягивающего каркас и вечная тема пути, проходящего диагональю. При этом образ павильона представился уникальным, новаторским- отличным от всего того, что было построено ранее.

Опыт возвращения к истокам, перенесенный в перспективу, обнаруживается и в творчестве И. Леонидова, для которого характерен «свободный рост форм», высокая степень абстракции, символизм [6]. Его проект института им. В.И. Ленина, где воплотились указанные принципы, критики называли творческим открытием, произведением, которое имеет значение вехи в развитии архитектуры, одного из высших достижений не только мастера и целого архитектурного течения, но и всей мировой архитектуры XX века в целом. Революционной в данном случае стала и сама композиция, состоящая из простых, чистых форм: шар, опирающийся на одну точку, вертикально поставленный параллелепипед, закрепленный на растяжках, и конструктивное решение объемов (ванты, шарнирное крепление основания фундамента шара, пространственные металлические фермы для уменьшения толщины стен и защиты их от ветровых нагрузок). В изобретенной И. Леонидовым сжато-растянутой конструкции усматривается протоопыт закрепления вертикали на равнинной местности, свойственный человеку степи. «Искусство пришло к своей первобытной стадии чистого ощущения...» [7].

Прямые аналогии с известными архетипами несут в себе и шатровые композиции «Города Солнца». «В чистом виде это вантовое покрытие без какой-либо детализации», - так определялся замысел мастера, однако вполне возможно сохранение общего шатрового силуэта даже в том случае, если силуэт «шатра» будет собираться из автономных горизонтальных или вертикальных элементов.

На фоне сказанного выше, возникает мысль о том, что не столько предшествующий опыт, сколько модели поведения человека, сложившиеся в период адаптации к определенным условиям, для архитекторов авангарда стали опорой в выработке новых идей. Путь этот был найден интуитивно и уводит дальнейшие размышления в русло психологического опыта с определением его специфики, происхождения и форм проявления в области построения (конструирования) рукотворной среды. В этих размышлениях сле-

дует искать ответ на вопрос о том, каким должен быть архитектурный образ национальной архитектуры сегодня.

Природа регионального в архитектуре и дизайне очевидна и, как правило, объясняется условиями (климатическими, экономическими и т.п.), доступными материалами, технологиями. Вместе с тем, есть такие приметы, происхождение которых в практике отечественного строительства не находит объяснения: традиция преувеличения выразительных характеристик (обращение к гиперболе, абстракции, миниатюризации [8]); акцент на «внешности» («бутафорский» подход); заимствование приемов и технологий, характеризующие отечественное зодчество. Более того, некоторые из традиционных практик противоречат сложившимся природным условиям, к примеру, так называемый «штукатурный» классицизм на заболоченных территориях России, где технология приживалась с трудом. Многие из названных характеристик утвердились на долгие годы, подтверждая свою устойчивость, и сегодня о них уже можно говорить как о некоторых универсалиях, отвечающих представлению о «русском характере» зодчества.

Возникновение универсалий раскрывается через антропологический аспект (психологический опыт представителя этноса или протоопыт) в опоре на такие понятия, как «привычка», «эмоция», «восприятие», «интерпретация», «культурная традиция», «менталитет». П.Н. Милюков говорил в данном случае о факторе «месторазвития» и его влиянии на формирование культурной традиции [9]. В этой связи можно выделить два типа, в системе которых формировались разные ценностные ориентиры: «кочевник» и «классик». Специалисты по истории, обобщая представления о существующем порядке мира, утвердившимся в археологии, культурологии, истории, обозначают систему противостоящих друг другу и вместе с тем взаимозависимых позиций человека и окружающей его среды в системе «цивилизация» и «варварство». В Библии есть такие слова: «... и взойдите на гору, и посмотрите землю, какова она, и народ живущей на ней... и каковы города, в которых он живет, в шатрах ли он живет или в укреплениях?».

Сравнительный анализ объектов материального мира в каждой из систем позволяет выявить значительные различия. Отличаются, прежде всего, условия, в которых формировался опыт. Оседлый образ жизни связан с такими понятиями, как устойчивость проживания, «привязка» к конкретному месту, наличие долговечных материалов для создания укрытия (камень), устойчивость основания, разнообразие ресурсов. Условия формирования опыта «кочевника» - разнообразие характеристик территорий (в основном это степь), отсутствие связи с местом, недолговечность материалов, открытое пространство, простор.

Граница территорий, разделяющих «классиков» и «кочевников» определяется эмпирически примерно так: с одной стороны Рим и Греция, с другой – остальные части Европы. В период расцвета Римской империи, ее условно можно было провести по месту сооружения римского вала, защищающего от набегов варваров. Территориально опыт «классика» тяготеет и к северной Африке, южной части Европы, юго-востоку Азии. Область влияния культуры «кочевников» охватывает Центральную Азию. В некоторых областях кочевые народности существуют и сегодня. Для территории центра

России применимо понятие «человек степи», где развитие места осуществлялось в большей степени по кочевому типу. П.Н. Милюков говорил о преобладающей роли степи в древнейшей период русской истории, а вопрос бытования народности рассматривался в промежуточном положении между двумя враждебными мирами кочевой степи на востоке и чуждого ему мира запада [9]. «Борьба леса со степью» составляет главное содержание русской истории [10]. «Явление, которое должно нас интересовать: роль кочевников в степях южной России!», - отмечал П.Н. Милюков, употребляя при этом понятие «кочевой характер населения степи. Северные тюрки, сохранившие свой быт, дали все те волны кочевников, которые одна за другой покрывали русскую степь». Не случайно Н. Карамзин в «Истории государства Российского» обратил внимание на то, что «может быть на самый нынешний характер россиян еще являет пятна, возложенные на него варварством монголов...» [11]. А. Блок в своих стихах с восторгом заявлял: «Да, скифы — мы! Да, азиаты — мы...».

Проблема изучения вопроса состоит в том, что в отличие от цивилизации «классиков», следов кочевых культур осталось немного. По ним сложно составить характеристики соответствующего опыта. В этой ситуации можно использовать данные исследований, опирающихся на археологические находки, исторические данные, лингвистические, этнографические и антропологические материалы (работы М. Ростовцева, М. Эберта, Вс. Миллера и других), а также искать черты быта кочевников там, где он описан сравнительно подробно – в древних памятниках соответствующей исторической эпохи.

Сопоставление психологического опыта человека, полученного в системе «классик» - «кочевник» позволило выявить важные черты, определить различия в менталитете, характеризующие каждую из сторон. Можно сделать вывод о том, что эти черты нашли отражение в практике создания рукотворной среды.

«Классик» - «цивилизованный» человек, являющийся частью развитого общества, его материальной и духовной культуры; способен накапливать, архивировать знания, обороняться, укреплять, объединяться, развивать, совершенствовать, выстраивать связи, структурировать (разделять функции), систематизировать, создавать ценности на века, жить в комфорте. Историки обращают внимание на то, что оседлые народности не «рассыпаются», а развивают и совершенствуют приобретенные формы быта.

«Кочевники» («люди крылатые, перелетные», «безгородные»), напротив, воспринимают предметный мир как нечто временное. Отличаются способностью приспосабливаться к суровым условиям, подстраиваться, держать под контролем смену сезонов (представление о «большом времени» присутствует и у современных кочевых народов). Они не выстраивают сложных связей, уходят от проблем, стараются избегать сложностей. Группируются в малочисленные поселения; избегают зависимости, в том числе зависимости родства. Кочевники склонны преувеличивать опасность, испытывая чувство незащищенности (опыт выживания в степи), теряют нажитое без сожаления; неприхотливы, довольствуются тем, что имеют, не обременяя себя лишним (не создают монументального). Имеющиеся ресурсы эксплуатируют по максимуму, без остатка, по-

вторное использование материалов, умение работать с тем, что имеется «под рукой», проявляя изобретательность. По мнению психологов, условия сформировали такие черты «кочевника», как стремление к свободе, лень (ввиду отсутствия изнурительного труда), стремление к обогащению, выживанию за счет добычи, обостренное чувство связи с ландшафтом, изменчивость в симпатиях и антипатиях и др.

Специфика рукотворной среды, соответствующая каждому из способов развития места, несмотря на процессы глобализации, обнаруживает устойчивость и фиксируется не только в исторических, но и современных технологиях, в том числе и архитектурных решениях. Так, классическую архитектуру характеризуют целостность, органичность, монолитность, монументальность, масштабность (реализуется тема вечности), сплоченность, капитальность, долговечность, устойчивость, стабильность, преемственность, системность, регулярность, соподчиненность, строгую геометрию, сохранение традиции. Характерные приемы и решения: единица пространства – квадрат, структура-сетка (нарастающая, множащаяся), оболочка - капитальная (функция - защитная), материал - долговечный, традиционный (камень). Деталь, отдельный объект трактуются как принадлежность целому.

Объекты материального мира на территориях, освоенных кочевникам, характеризуют недолговечность, сборность (срубная культура русских степей с шатрами, сжато-растянутые конструкции русского авангарда), легкость, мобильность, портативность, подвижность, динамичность (быстровозводимость), свободная геометрия и организация пространства, условность его границ; разнообразие форм (зачастую - совмещение несовместимого), акцент на выразительных характеристиках (внешности), стремление к индивидуальности, учет сезонности, многофункциональность, универсальность как способ повышения функциональности. Характерные приемы и решения объектов рукотворной среды: пространство – без жестких границ (очерченный, «живой» контур), в фокусе - «очаг», «тропа», «плато» (ландшафт); конструкция – каркасная, трансформируемая, быстровозводимая, легкая, сборная, выявляющая структуру. Оболочка – «мягкая», независимая, ограждающая, многослойная (принцип матрешки), легкозаменяемая - объект повышенного внимания. Образ – выразительный, заимствованный («гибрид», «трофеи истории») с акцентом на декоративности фасадных решений, абстрагировании форм.

В орнаментах «классиков» больше симметрии и порядка. У «кочевников» они состоят из отдельных мотивов, связанных бессюжетным рисунком, отличаются пестротой, многообразием используемых материалов. Художественный образ зачастую не связан с функцией, при этом наблюдается стремление к стилизации (упрощению), замена целого изображения наиболее характерной деталью (высокая степень абстракции), совмещение в одном произведении нескольких известных художественных приемов. Перечень различий характеристик, выявляющих различия, может быть продолжен и далее.

Сопоставление двух обозначенных выше форм накопления опыта, применительно к архитектуре, позволяет увидеть глубинные причины имеющегося здесь разнообразия

подходов и решений. К примеру, позволяет понять, откуда в русском зодчестве возникло стремление к копированию «иноземных» образцов, сложности, яркости и выразительности образов, в то время как итальянцы отдают предпочтение традиционным, «встроенным» в сложившуюся ситуацию формам. Во многом объясняется природа возникновения такого явления, как русский авангард с его вниманием к конструкции, «уходом» на второй план функции и других стилистических направлений. Кроме того, возникает почва для размышлений в отношении архитектуры будущего, решающей задачу сохранения регионального своеобразия [12-15]. Устойчивость универсалий, обнаруживаемых в сопоставлении взглядов на формирование рукотворной среды, несмотря на процессы глобализации, интеграции культур, заставляет думать о них, как о принципах, на которых может строиться национальная идея в современной архитектуре и дизайне.

Список использованных источников

1. Вазари Вазари Дж. Жизнеописания наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих / Дж. Вазари; под ред. А.Г. Габричевского. - М.: ООО «Издательство Астрель», 2001.- Т.2 -736 с.
2. Кандинский В.В. О духовном в искусстве / В.В. Кандинский, пер. Н.И. Дружкова. – М.: Изд-во «ООО АСТ», 2018. - С. 10.
3. Бердяев, Н. Русская идея / Н. Бердяев // Вопросы философии, 1990. № 1. - С.77-144.
4. Хан-Магомедов, С. О. Константин Мельников. — М.: Архитектура, 2007. - 296 с.
5. Хан-Магомедов, С. О. Иван Леонидов. — М.: Фонд «Русский авангард», 2009.- 368 с.
6. Адамов О. И. Образы пространственных построений в творческом процессе архитектора. Мастера Русского Авангарда: А. А. Веснин, И. А. Голосов, И. И. Леонидов, К.С. Мельников, В.Е. Татлин: автореф. дис. канд. архит – М.: МАрХИ, 2000. -30 с.
7. Азизян, И. А. Теория архитектурной композиции как поэтика архитектуры / И. А. Азизян, И. А. Добрицына, Г. С. Лебедева. – М. : Прогресс - Традиция, 2002. – С. 200
8. Как искусство сотворило мир: http://seasonvar.ru/serial-7200-BBC_-_Kak_iskusstvo_sotvorilo_mir.html.
9. Милюков, П.Н. Очерки по истории русской культуры. В 3 т. Земля, население, экономика, сословие, государство. Т.1. / П.Н. Милюков. – М.: Прогресс, 1993. – С.66-119.
10. Ключевский В.О. Курс русской истории: Соч. в 9 т. Т.1. Ч. 1. - М. : Изд-во «Мысль», 1987. - С.68-84.
11. Карамзин Н.М. История государства Российского / Н.М. Карамзин (репринтное изд.)- М.: «Книга», 1989. - С.218.
12. Архитектура изменяющейся России: Состояние и перспективы : научное издание / Рос. акад. архитектуры и строит. наук, Науч.-исслед. ин-т теории архитектуры и градостроительства / ред. И. А. Бондаренко. - М.: Ком Книга, 2011. - 464 с.

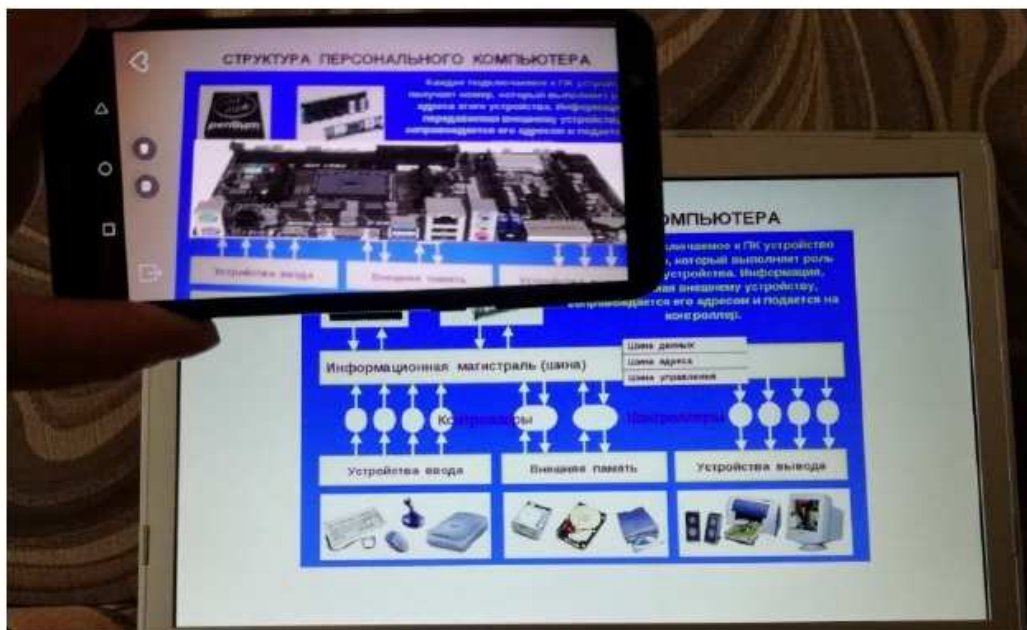
13. Попова, Д.Л. К вопросу определения архитектурного образа современной России / Д.Л. Попова // Вестник Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук: Выпуск 11 (к 20-летию РААСН), РААСН - ТГТУ. – Тамбов, 2012. – С.24-30.

14. Попова, Д.Л. «Русский характер» в архитектуре / Д.Л. Попова // Архитектурно-художественное образовательное пространство будущего : сб. материалов международной научно- практической конференции / науч. ред Л.В. Карташева; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону, 2015. – С. 233-235.

15. Попова, Д.Л. Что общего между Венерой эпохи палеолита и Покровским собором в Москве? / Д.Л. Попова // II Поленовские чтения: Теория и практика художественного творчества. – Тамбов, 2011. – С. 177-179.

Секция

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ И СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ



УДК 004.056

Попова Е.А.¹, Яковлев А.В.²

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: Elena.popova2001@yandex.ru,

²e-mail: yava73@bk.ru

**МОДЕЛЬ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА
ДВУХФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ СУБЪЕКТОВ И КОНТРОЛЯ
ДОСТУПА НА ОБЪЕКТЫ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Popova E.A.¹, Yakovlev A.V.²

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

¹e-mail: Elena.popova2001@yandex.ru,

²e-mail: yava73@bk.ru

**A MODEL OF A HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR
TWO-FACTOR AUTHENTICATION OF SUB-JECTS AND ACCESS
CONTROL TO CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECTS**

Аннотация. Рассмотрены методы и способы аутентификации в информационных системах, приведены структура и функционал созданного программно-аппаратного комплекса двухфакторной аутентификации, на основе микроконтроллера *ESP32*.

Ключевые слова: аутентификация, биометрия, пароль, токен, отпечаток пальца, временной штамп, сканер.

Abstract. Methods and methods of authentication in information systems are considered, the structure and functionality of the created hardware and software complex of two-factor authentication based on the *ESP32* microcontroller are presented.

Keywords: authentication, biometrics, password, token, fingerprint, time stamp, scanner.

Повышение защиты критически важных информационных объектов стало приоритетом национальной политики безопасности во многих странах. Лучшие мировые практики демонстрируют необходимость построения системы защиты критической информационной инфраструктуры (КИИ), способной предотвращать и реагировать на все виды угроз и их возможные комбинации.

Биометрические методы аутентификации прочно заняли свою позицию в качестве одного из самых надёжных, эффективных и универсальных инструментов по контролю доступа к критическим ресурсам. Под контролем доступа понимают совокупность мероприятий, направленных на обеспечение безопасности компьютерных систем пу-

тём регулирования действий пользователей, получающих или использующих доступные ресурсы среды [1].

1. Анализ методов и способов аутентификации в информационных системах

Аутентификация, являющаяся одним из основных понятий системы контроля доступа, подразумевает процесс подтверждения своей сущности. Это обеспечивается путем предоставления некоторого доказательства, который способен указать, что субъект действительно является тем, кем заявил себя на этапе идентификации [2].

При аутентификации пользуются одним из следующих факторов: фактором знания (то, что субъект знает), фактором владения (то, чем субъект владеет) и фактором сущности (то, что есть часть субъекта).

Аутентификация может осуществляться с помощью некоторых методов.

Использование паролей. Они могут быть в виде последовательности букв, цифр или специальных символов. Чтобы защитить себя, необходимо создать надёжные пароли, включающие комбинацию всех возможных вариантов.

Так как пароли могут быть разглашены или забыты их владельцем, целесообразно использовать одноразовые пароли, действительные только для одного сеанса аутентификации. Стоит заметить, что одноразовые пароли должны доставляться субъекту информационной системы во время аутентификации, но должны быть получены своевременно. Именно поэтому доставка одноразового аутентификатора по *SMS* неактуальна, поскольку телефон пользователя может находиться вне зоны доступа сети и пароль не будет получен. В этом случае лучше использовать одноразовые пароли на основе временных штампов (рис.1).

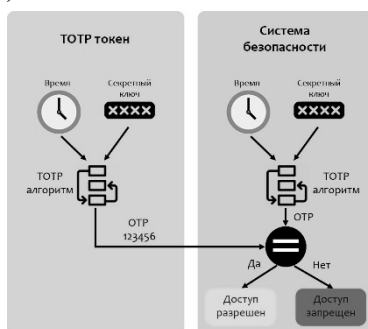


Рис. 1. Структурная схема аутентификации с одноразовым паролем на основе временных штампов

Чтобы использовать этот алгоритм (рис.2), необходимо сгенерировать секрет, разделяемый токеном *TOTP* и системой безопасности. Затем этот секрет должен быть передан из системы безопасности в программный токен. Секрет передаётся только один раз во время регистрации токена *TOTP*.

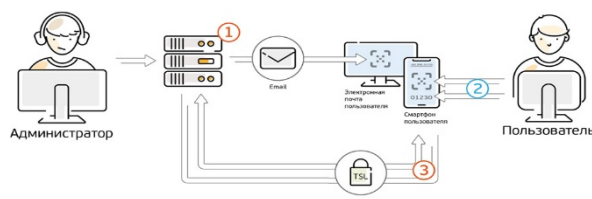


Рис. 2. Схема передачи секрета

Использование сертификатов. Цифровой сертификат содержит цифровую идентификационную информацию пользователя, включая открытый ключ, и цифровую подпись центра сертификации [3].

Использование токенов. Аутентификация на основе токенов позволяют пользователям вводить свои учётные данные один раз и получать взамен уникальную зашифрованную строку случайных символов.

Использование биометрии. Биометрическая аутентификация – это процесс обеспечения безопасности, основанный на уникальных биологических характеристиках человека. Наиболее распространенным методом биометрической аутентификации является распознавание отпечатков пальцев. Отпечаток пальца – это воспроизведение эпидермиса кончика пальца, получаемое при его прикладывании к поверхности сканера. Структурной характеристикой отпечатка является рисунок чередующихся гребней и впадин, по которым определяется индивидуальность.

Для получения изображения отпечатка используется сканер отпечатков пальцев. В настоящее время используются различные принципы работы сканеров, принадлежащие к одному из трёх семейств: оптические, полупроводниковые и ультразвуковые [4].

Для сопоставления отпечатков пальцев существует два основных метода. Первый метод – это сопоставление на основе корреляции. То есть два изображения отпечатков пальцев накладываются друг на друга, и корреляция между соответствующими пикселями вычисляется для различных неровностей.

Вторым методом является сопоставление на основе деталей. Сопоставление на основе деталей дактилоскопических узоров, по сути, состоит в нахождении соответствия между шаблоном и входными данными, что приводит к максимальному количеству пар дактилоскопических узоров отпечатка пальца.

2. Реализация программно-аппаратного комплекса двухфакторной аутентификации

После завершения анализа информации и отбора оптимальных элементов осуществлялось подключение модулей и инициализация процесса обмена данными между всеми компонентами. Схема системы (рис.3) и информация о некоторых используемых модулях и их функциях (таб.1) представлены ниже.

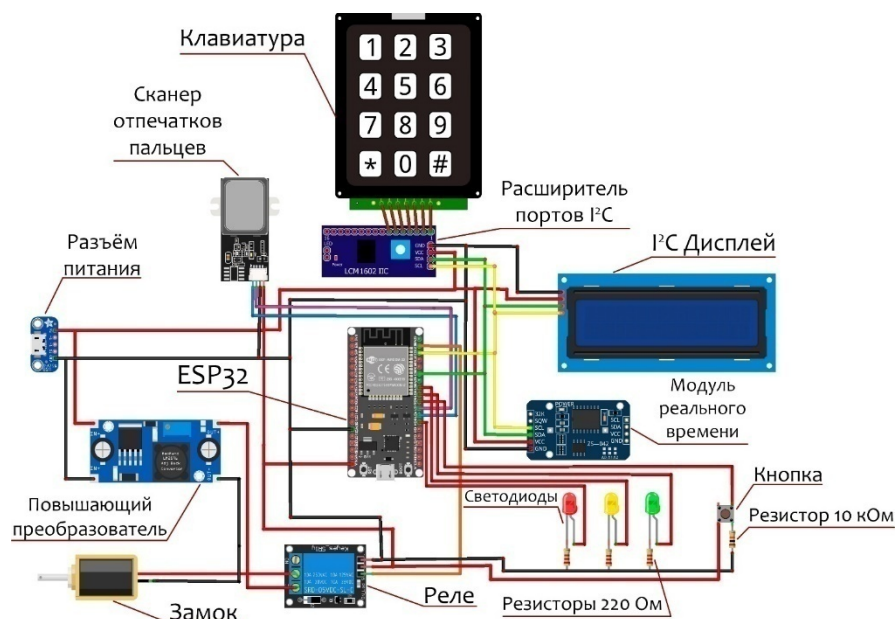


Рис. 3. Схема системы

Таблица 1. Состав аппаратной части разработанной системы

Компонент	Описание
Микроконтроллер	ESP32 базируется на двух 32-битных микропроцессорах <i>Tensilica Xtensa LX6</i> , позволяет управлять всеми подключёнными модулями, обеспечивает хранение исполняемого кода программы, обмен служебными данными
Сканер	Устройство по получению изображения отпечатка пальца
Расширитель портов I ² C	Данная шина позволяет сократить количество необходимых контактов у клавиатуры с 7 до 4 (2 контакта – питание, 2 контакта – передача служебных данных)
Реле	Управляет и контролирует работу замка
Замок	Электромагнитный замок, который открывается при совпадении отпечатка пальца и ввода верного ПИН-кода
Повышающий преобразователь	Устанавливает напряжение на уровне 12 В
Резисторы	Подключены четыре резистора: три резистора на 220 Ом для работы светодиодов и один на 10 кОм для кнопки вызова сканера
Светодиоды	Зелёный, жёлтый, красный светодиоды для отображения статуса: доступ разрешён, отпечаток пальца найден в БД сканера, доступ запрещён

Для работы с устройством контроля посещения сотрудников разработано *web*-приложение в виде панели управления. *Web*-приложение не требует установки, и все обновления происходят на сервере и немедленно доставляются пользователю (рис.4).

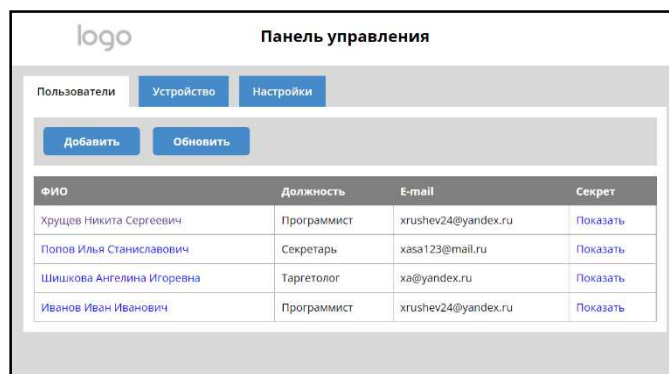


Рис. 4. Интерфейс *web*-приложения

Для хранения данных, аутентификационной информации и историй посещений использовалась сборка веб-сервера *XAMPP*, включающая систему управления базами данных *MySQL*, позволяющая сохранять в себе переменные различного типа.

Поскольку устройство состоит из множества электронных компонентов и соединений между ними, разрабатывался корпус для защиты от пыли и влаги. Этап моделирования проходил в одном из самых простых графических пакетов – *SketchUp*, позволяющий создавать различные трёхмерные модели зданий. Ниже представлена визуализация модели корпуса (рис.5).



Рис. 5. Трёхмерное представление корпуса

Таким образом, разработанная система способна выполнять следующие функции: обеспечение бесперебойной работоспособности, идентифицирование пользователя, ведение журналирования и хранение истории посещения сотрудников в базе данных комплекса и обеспечение контроля к сведениям конфиденциального характера.

Данная система реализует надёжный вариант аутентификации со всеми преимуществами биометрии, уязвимость которой предотвращается за счёт использования

двухфакторного решения с одноразовыми паролями на основе временных штампов. Этот комплекс обеспечивает свою функциональность с минимальными затратами и высокой надёжностью, что необходимо организациям, обладающим объектами КИИ.

Список использованных источников

1. Chapple, M. Access Control and Identity Management (Information Systems Security & Assurance) [Текст] / M. Chapple. – Burlington: Bartlett, 2020. – 376 p.
2. Афанасьев, А.А. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам [Текст] / А.А. Афанасьев, Л.Т. Веденьев, А.А. Воронцов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 550 с.
3. Public key infrastructures and digital certificates for the Internet of things. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org> (дата обращения 04.10.2022).
4. Maltoni, D. Handbook of Fingerprint Recognition [Текст] / D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain. – New York City: Springer, 2017. – pp. 35–41.

УДК 004.9

Федорова Г.Н., Калистратов М.С., Санников С.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: galinafl44@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ОНТОЛОГИИ ЭЛЕМЕНТОВ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Fedorova G.N., Kalistratov M.S., Sannikov S.A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail:galinafl44@mail.ru

ONTOLOGY OF THE CHOICE OF THE MAIN DIMENSIONS OF THE SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER

Аннотация. Описана технология определения структуры и основные компоненты онтологии элементов кожухотрубчатых теплообменников, которая позволяет в автоматическом (в виде запроса) или ручном режиме подобрать элемент теплообменника с заданными свойствами. Среда разработки Protege.

Ключевые слова: онтология, кожухотрубчатый теплообменник, элементы, Protege.

Abstract. The technology of determining the structure and the main components of the ontology of elements of shell-and-tube heat exchangers is described, which allows you to automatically (in the form of a request) or manually select an element of a heat exchanger with the specified properties. Protege development environment.

Keywords: ontology, shell-and-tube heat exchanger, elements, protege.

Кожухотрубчатые теплообменники (КТ) относятся к наиболее распространенным аппаратам. Их применяют для теплообмена и термохимических процессов между различными жидкостями, парами и газами – как без изменения, так и с изменением их агрегатного состояния.

Одной из составляющих, разрабатываемой авторами системы автоматизированного проектирования КТ, является база знаний, содержащая сведения об элементах и свойствах элементов КТ.

Ниже описана технология определения структуры и основные компоненты этой базы знаний, представляющее собой онтологию предметной области.

В настоящей работе под онтологией понимается писание декларативных знаний, сделанное в виде классов с отношением иерархии (таксономия) между ними.

На первом этапе создания онтологии элементов КТ выделяются знания о структуре теплообменных аппаратов в виде иерархии классов. Класс 0-го уровня представляет

аппарат в целом, классами 1-го уровня являются соединительные и функциональные элементы теплообменного аппарата.

В классе «Функциональные элементы» классами 2-го уровня будут: «Днища», «Обечайки», «Компенсаторы», «Опоры», «Теплообменные трубы», «Трубные решетки», «Укрепляющие кольца», «Штуцера». В классе «Соединительные элементы»: «Сварка», «Шпильки», «Болты», «Гайки», «Шплинты».

Классы в онтологии подразделяются на абстрактные и конкретные.

Конкретные - это классы, которым можно поставить в соответствие свойства, которыми обладают все элементы этого класса. Например класс «Обечайки» является конкретным, и содержит свойства: «Диаметр обечайки (D)», «Толщина обечайки (S)», «Высота обечайки (H)», «Материал (M)». Видно, что для любая обечайка, входящей в класс, будет иметь эти свойства.

Абстрактным классом является класс, элементам которого невозможно поставить одинаковый набор свойств. Например, класс 2-го уровня «Днища» является абстрактным из-за огромной конструктивной разницы типов существующих днищ, которые обладают разными свойствами. В таких случаях выделяются классы 3-го уровня, по элементам обладающим общими свойствами. Так конкретными классами 3-го уровня в классе «Днища» будут: «Днища эллиптические», «Плоские днища», «Торосферические днища», «Полусферические днища». (рис.1)

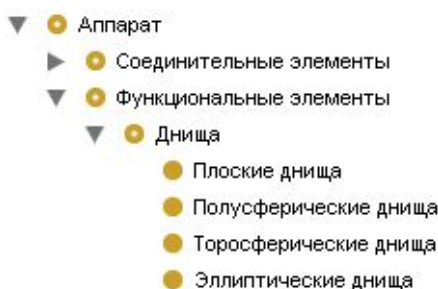


Рис. 1. Классы 3-го уровня.

Аналогично абстрактный класс 2-го уровня «Компенсаторы» раскладывается на конкретные классы 3-го уровня «Линзовые компенсаторы», «Сильфонные компенсаторы», «Сальниковые компенсаторы», «Тканевые компенсаторы». А абстрактный класс «Штуцера» раскладывается на конкретный класс 3-го уровня «Патрубки» и абстрактный класс 3-го уровня «Фланцы», который в дальнейшем включает в себя конкретные классы 4-го уровня фланцев различных типов.

Численные значения свойств классов представлены в экземплярах классов.

Так как элементы, входящие в конструкцию теплообменного аппарата являются в основном стандартными (днища, фланцы, болты и др.), то из стандартов и берутся значения параметров экземпляров классов.

В случае, если существует параметр, независимый от стандарта, например такой как «Материал», то он вводится в экземпляр во время работы системы.

Представленная онтология позволяет в автоматическом (в виде запроса) или ручном режиме подобрать элемент КТ с заданными свойствами.

Описанный подход используется в разрабатываемой с участием авторов системы автоматизированного проектирования технологического оборудования [1-5].

Список использованных источников

1. Немтинов, В.А. Информационная модель объекта сложной технической системы / В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб, Ю.В. Немтинова, Е.С. Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 41-43.

2. Мокрозуб, В.Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В.Г. Мокрозуб, Е.Н. Малыгин, С.В. Карпушкин – Текст: непосредственный // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 364-373.

3. Мокрозуб, В.Г. Процедурные и информационно-логические модели планирования выпуска продукции и ремонтов технологического оборудования многоассортиментных производств / В.Г. Мокрозуб, С.Я. Егоров, В.А. Немтинов – Текст: непосредственный // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 2. – С. 72-76.

4. Мокрозуб, В.Г. Выбор типов аппаратов при проектировании многоассортиментных химических производств / В.Г. Мокрозуб, И.В. Фарахшина, Х.Ф.Х. Ал-Магсусии, К.А. Меркушова // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2020 – № 3. С. 203-207.

5. Мокрозуб, В.Г. Унификация представления задач технологического проектирования многоассортиментных химических производств / В.Г. Мокрозуб, С.В. Карпушкин, Е.Н. Малыгин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2019. № 6. С. 37-40.

УДК 004.946

Назарова А.О., Теселкин Д.В., Суркова Е.О.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: nazarova.al.ol@yandex.ru

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ
ДИАГНОСТИКИ ТРЕВОЖНО-ФОБИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ
СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

Nazarova A.O., Teselkin D.V., Surkova A.O.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: nazarova.al.ol@yandex.ru

**DEVELOPMENT OF SOFTWARE TOOLS FOR THE DIAGNOSIS OF
ANXIETY-PHOBIC DISORDERS BASED ON VIRTUAL REALITY SYSTEMS**

Аннотация. В статье рассматривается способ диагностики тревожно-фобических расстройств при помощи системы поиска неспецифичных сигнальных паттернов на электроэнцефалограмме. Для получения вышеупомянутых фобических сигналов стресса предложено использование программно-аппаратных систем виртуальной реальности, поскольку данные системы позволяют изменять реальность и отделять пациента от нее. Разработанные VR сцены смоделированы при помощи сред разработки Unity и Unreal Engine и направлены на тестирование человека на наличие акрофобии, пиррофобии и клаустрофобии.

Ключевые слова: виртуальная реальность, VR, Unity, Unreal Engine, электроэнцефалограмма, ЭЭГ, тревожно-фобические расстройства, фобии.

Abstract. The article discusses a method for diagnosing anxiety-phobic disorders using a system for searching for non-specific signal patterns on an electroencephalogram. To obtain the above-mentioned phobic stress signals, the use of virtual reality software and hardware systems is proposed, since these systems allow researchers to change reality and separate the patient from it. The developed VR scenes are modeled using the Unity and Unreal Engine game engines and are aimed at testing a person for acrophobia, pyrophobia, and claustrophobia.

Keywords: virtual reality, VR, Unity, Unreal Engine, electroencephalogram, EEG, phobic anxiety disorders, phobias.

Тревожно-фобические расстройства — это группа расстройств, в клинической картине которых преобладает определённая тревога, страх определенных ситуаций или

объектов (внешних по отношению к субъекту). Не существует общепринятых стандартизированных методов для работы с подобными пациентами, потому что психофизиологические реакции на внешние стимулы связаны с биологическими особенностями, темпераментом, когнитивным стилем, системой воспитания, опытом отношений со сверстниками и т.д. Таким образом необходимо подстраивать курс лечения индивидуально под каждого пациента.

Виртуальная реальность (VR) является уникальным программно-аппаратным инструментом для создания новых методик и систем для лечения целого ряда психоэмоциональных расстройств, поскольку VR позволяет изменять реальность и отделять пациента от нее. Системы виртуальной реальности становятся средой, где пациент может столкнуться с проблемой, которую возможно решить не только посредством общения с врачами, но и самостоятельно в симуляции с хорошо контролируемыми сенсорными стимулами.

Для отслеживания динамики результатов реабилитации используются опросники (например, Acrophobia Questionnaire). Однако при анализе результатов следует учитывать субъективность человеческого восприятия цифровой среды, особенно после того, как человек снял VR-гарнитуру. Поэтому при определении диагноза следует полагаться на более объективные показатели. В предыдущих исследованиях делался упор на то, что чувство тревоги изменяет внешние физические проявления человека (например, походку) [1]. Однако у тех работников, кто отличается большим профессиональным опытом, физические проявления страха выражены слабее. Таким образом многие потенциальные страхи все еще нельзя распознать лишь анализом внешних поведенческих проявлений человека.

Для более комплексного анализа стоит отметить такие физиологические проявления страха, как активность мозга или движение глаз, которые человек не может контролировать. Данные показатели лучше всего улавливаются специальными сенсорами. Получение реакции тревоги возможно только в условиях, максимально приближенных к реальным. Для симуляции таких стрессовых ситуаций применяется технология виртуальной реальности, потому что воспроизвести стрессовую ситуацию реальных условиях не всегда возможно, и к тому же, программное обеспечение виртуальных тренажёрных комплексов делает эксперимент более управляемым.

В обзорной статье [2] проанализирован большой список исследований по теме использования технологий виртуальной реальности в клинической помощи. Например, VR оборудование применяется при лечении посттравматического стрессового расстройства, депрессии, коррекции когнитивных и социальных функций у пациентов с психическими заболеваниями.

В рамках данного исследования рассматривается разработка программного обеспечения для систем виртуальной реальности для последующего поиска неспецифических сигнальных паттернов тревожно-фобических расстройств. В качестве программного обеспечения для моделирования фобий применяются технологии виртуальной реальности среды разработки Unity и Unreal Engine, целевые устройства

для запуска виртуальных сцен — HTC VIVE Cosmos и Oculus Quest 2, в качестве инструмента сбора данных о состоянии человека — энцефалограф.

Рассмотрим виртуальные сцены, разработанные для выявления тревожно-фобических расстройств.

Сцена «Падение с крыши». В начале сцены человек появляется в закрытом лифте (Рис. 1). Ему дается некоторое время на адаптацию к виртуальной реальности. Пользователь получает контроллеры и поэтому может видеть свои руки. Через некоторое время лифт поднимается на верхний этаж, его двери открываются и человек видит город и доску. Данный момент фиксируется ключевой точкой на графиках ЭЭГ. Через некоторое время двери лифта открываются, человек идет к краю доски. Далее человек должен осмотреться, после прыгнуть, некоторое время находясь в «цифровом полете», приземлиться.

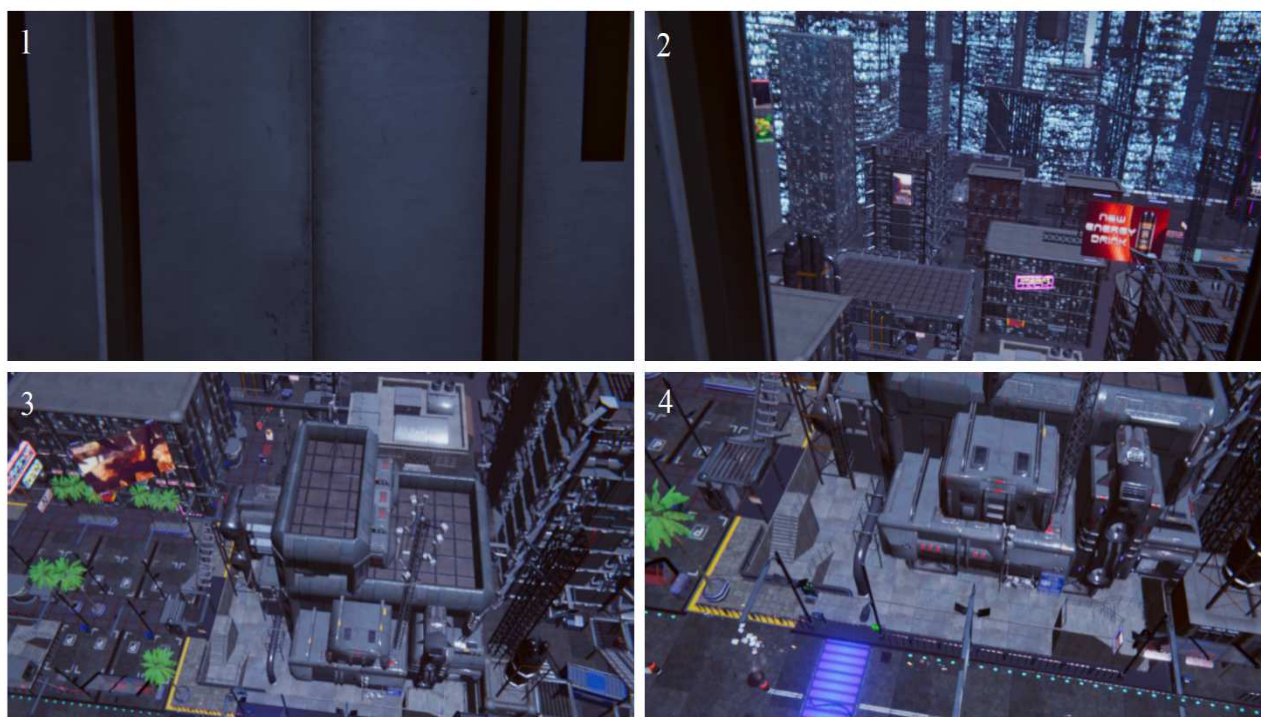


Рис. 1. Ключевые точки в сцене «Падение с крыши»: 1) стартовая точка; 2) человек на краю доски; 3) прыжок; 4) приземление

Сцена «Горение склада». В начале сцены человек появляется на закрытом складе (Рис. 2). Ему дается некоторое время на адаптацию к виртуальному миру. Человек может свободно двигаться по складу и взаимодействовать с предметами. Через некоторое время на складе рядом с аватаром пользователя вспыхивает огонь. После этого огонь начинает окружать человека со всех сторон. В конце сцены человек «сгорает».



Рис. 2. Ключевые точки в сцене «Горение склада»: 1) стартовая точка; 2) начало возгорания; 3) приближение огня; 4) сгорание

Сцена «Обвал шахты». В начале сцены человек появляется в одном из штреков шахты (Рис. 3). Ему дается некоторое время на адаптацию к виртуальной реальности. Через некоторое время слышится звук движение земли/камней, после начинается тряска камеры и шахта обваливается.



Рис. 3. Ключевая точка в сцене «Обвал шахты»: обвал

В рамках данного исследования рассматривается разработка системы, которая способна вызвать у человека сигналы тревожно-фобических расстройств, что имеет большое значение для людей, чья трудовая или повседневная деятельность сопряжена с

возможными проявлениями источников фобий. Технологии виртуальной реальности позволяют заранее смоделировать в безопасных условиях источники самых различных фобий, тем самым осуществить их раннюю диагностику. В ходе дальнейших исследований планируется разработка виртуальных сцен для выявления дополнительных видов фобий; будут проанализированы ответные реакции человека, отраженные в записанных данных энцефалограмм; подключены дополнительные медицинские датчики, например, холтеры электрокардиограмм и артериального давления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка медицинских VR тренажерных систем для обучения, диагностики и реабилитации» (№ 122012100103-9).

Список использованных источников

1. Jeon J. H. Classification of construction hazard-related perceptions using: Wearable electroencephalogram and virtual reality / J. H. Jeon, H. Cai // Automation in Construction. – 2021. – Т. 132. – С. 103975.
2. Park M. J. A literature overview of virtual reality (VR) in treatment of psychiatric disorders: recent advances and limitations / M. J. Park, D. J. Kim, U. Lee, E. J. Na, H. J. Jeon // Frontiers in psychiatry. – 2019. – Т. 10. – С. 505.

УДК 004.94

Борисенко А. А.

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова,
Россия, г. Санкт-Петербург
e-mail: b0ris98@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ SMATH STUDIO ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИДЕМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Borisenko A. A.

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,
Russia, Saint-Petersburg
e-mail: b0ris98@mail.ru

USE OF SMATH STUDIO FOR EPIDEMIC SITUATION SIMULATION

Аннотация. В работе рассмотрена возможность практического применения программы SMath Studio для моделирования эпидемиологической ситуации. В качестве математической модели использована компартментная модель SIR (модель Кермака–МакКендрика). Приведён результат имитационного эксперимента.

Ключевые слова: моделирование эпидемического процесса, эпидемиология, SIR, SMath Studio.

Abstract. The paper considers the possibility of practical application of the SMath Studio software for the epidemiological situation modeling. The compartmental SIR model (Kermack–McKendrick model) was used as a mathematical model. The result of the simulation experiment is presented.

Keywords: simulation of the epidemic process, epidemiology, SIR, SMath Studio.

Прогнозирование эпидемической ситуации позволяет разработать и обосновать мероприятия по предупреждению распространения инфекционных болезней среди населения, а также ликвидировать негативные последствия, вызванных эпидемиями [1]. Применение адекватных математических моделей эпидемиологических процессов позволяет спрогнозировать и оценить такие характеристики развития эпидемии, как общее число заболевших, выздоровевших, умерших и болеющих, пики заболеваемости и время окончания эпидемии при различных параметрах модели, учитывающих, в частности, скорость заражения, скорость выздоровления и др. [2, 3].

Одним из видов математических моделей, широко используемых в эпидемиологии, являются компартментные (камерные) модели (*compartmental model*) [3, 4]. В этих ма-

тематических моделях вся исследуемая популяция или сообщество разбивается на несколько групп. Такими группами могут быть восприимчивые (*Susceptible*), инфицированные (*Infected*), выздоровевшие (*Recovered*), умершие (*Died*), а также скрытые (латентные) носители в инкубационном периоде (*Exposed*). В каждый конкретный момент времени развитие эпидемического процесса в сообществе или популяции зависит от текущего распределения индивидов по группам.

Эпидемическая ситуация при этом описывается, как правило, системой дифференциальных уравнений, которая определяет динамику перехода индивидов из одной группы в другую. Основными параметрами, входящими в эти уравнения и определяющими развитие эпидемии, являются скорость распространения инфекции в популяции, а также скорость выздоровления. В некоторых моделях учитываются также количество инфицированных, находящихся в инкубационном периоде, количество умерших и пр. [1].

Одной из простейших моделей является детерминированная SIR-модель (*Susceptible – Infected – Recovered*) с формированием устойчивого иммунитета, предложенная Кермаком и МакКендриком (*Kermack-McKendrick model*) [5]. Вся популяция, состоящая из (N) индивидов, делится на три группы: восприимчивые к заболеванию (S); заражённые, инфицирующие восприимчивых (I); и выздоровевшие, получившие долговременный иммунитет (R). Передача инфекции в популяции осуществляется от инфицированных индивидов I к восприимчивым S . Переболевшие индивиды R приобретают иммунитет и не могут быть заражены повторно. При этом $S+I+R=N$. Модели SIR применяются для описания эпидемических процессов, вызываемых вирусами с относительно легким течением: группы вирусов, вызывающих респираторные инфекции (ОРВИ), и некоторые штаммы вируса гриппа (*influenza virus*) [3, 6].

Обобщенная математическая SIR-модель, в которой учитывается не абсолютное количество человек в каждой группе, а их доля (фракция) от общей популяции, описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений (1):

$$\begin{cases} \frac{ds(t)}{dt} = -\beta \cdot s(t) \cdot i(t) \\ \frac{di(t)}{dt} = \beta \cdot s(t) \cdot i(t) - \gamma \cdot i(t) \\ \frac{dr(t)}{dt} = \gamma \cdot i(t) \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $s(t)$ – доля восприимчивой группы; $i(t)$ – доля инфицированной группы; $r(t)$ – доля выздоровевшей группы; β – константа скорости заражения; γ – константа скорости выздоровления. При этом $s(t)+i(t)+r(t)=1$ – инвариант.

Следует отметить, что по известным значениям β и γ возможно рассчитать такой важный для эпидемического процесса показатель, как базовое репродуктивное число (*Basic Reproduction Number*), определяющее контагиозность (заразность) инфекционного заболевания: $R_0=\beta/\gamma$. Базовое репродуктивное число показывает среднее количество индивидов, которых заразит один инфицированный. На значение базового репро-

дуктивного числа можно влиять путём проведения различных противоэпидемических мер (масочный режим, социальная дистанция, гигиена рук, вакцинация и т.п.).

В настоящее время правительство Российской Федерации проводит политику последовательного перехода организаций в различных областях деятельности на преимущественное использование отечественного и свободного программного обеспечения [7].

Для проведения имитационных экспериментов был использован бесплатный для личного использования программный пакет для вычисления математических выражений и построения графиков функций SMath Studio [8], с установленным дополнением Mathcad Toolbox. Программа SMath Studio обладает следующими преимуществами: доступность, малый занимаемый объём, возможность установки на различные платформы, в том числе на стационарные компьютеры под управлением Windows или Linux, а также на мобильные устройства под управлением Android или iOS. Уникальной возможностью пакета SMath Studio является сохранение расчётов в формате автономных исполняемых *exe*-файлов. Также программа зарегистрирована в реестре российского программного обеспечения.

Дополнение Mathcad Toolbox содержит, в том числе, функцию *rkfixed()*, позволяющую решать системы обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты с фиксированным шагом, а также функцию *Rkadapt()* – методом Рунге-Кутты с адаптивным шагом. Правая часть дифференциальных уравнений записывается как функция $D(x;y)$. Кроме этого, задаются: шаг, границы интервала решения, начальное значение функций на левой границе интервала, и вычисляется количество точек на интервале.

Исходные значения параметров модели $\beta=0,303$; $R_0=2,6$ (при этом $\gamma=\beta/R_0=0,117$) были взяты из работы [9].

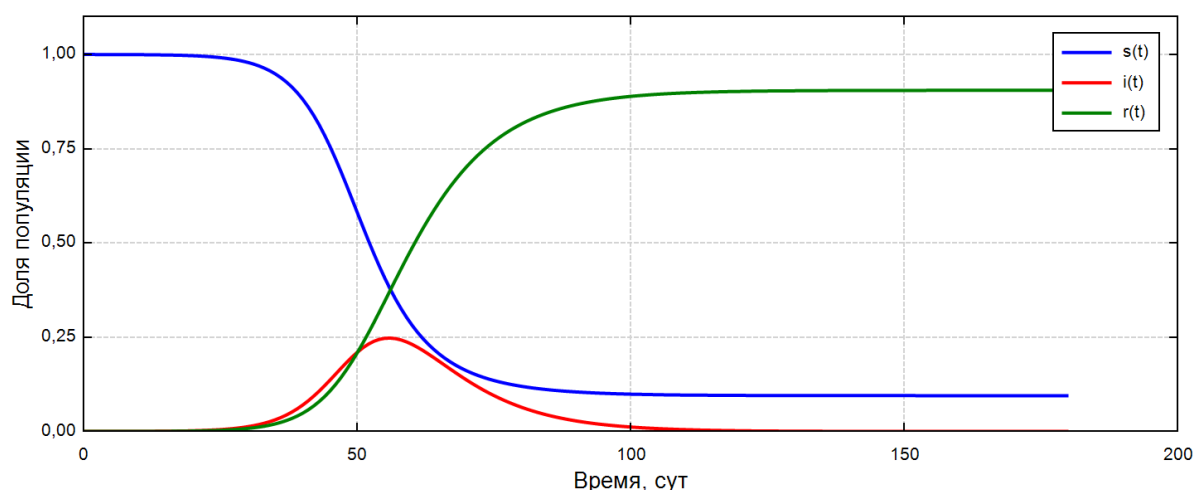


Рис. 1. Результаты использования SIR-модели

На приведенном рис. 1 представлен результат использования модели SIR. Графики показывают состояние популяции в процессе развития эпидемической ситуации. Доля

восприимчивой группы отображена синим цветом, инфицированной – красным цветом, и выздоровевшей – зелёным цветом.

Изменяя значения параметров модели β и γ можно проигрывать различные сценарии развития эпидемии.

Документ «SIR.sm» в формате SMath Studio доступен для скачивания по ссылке:

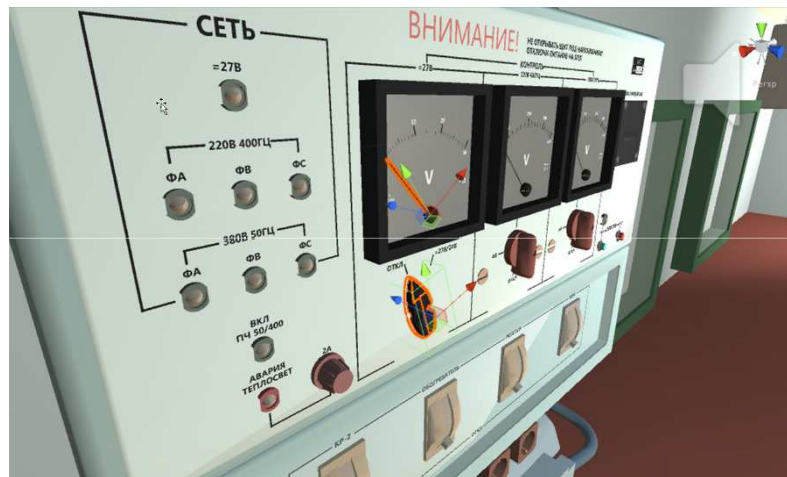
https://disk.yandex.ru/d/A_z2y-x3sesbJA

Список использованных источников

1. Гришунина Ю.Б. Моделирование эпидемической ситуации с учетом внешних рисков / Ю.Б. Гришунина, Н.А. Контаров, Г.В. Архарова, Н.В. Юминова // Эпидемиология и вакцинопрофилактика – 2014. – Т. 78 – № 5 – С.61–66.
2. Hethcote H.W. The Mathematics of Infectious Diseases / Hethcote H.W. // SIAM Review – 2000. – Vol. 42 – No. 4 – P.599–653.
3. Букин Ю.С. Применение универсальной математической модели эпидемического процесса «SRID» для прогноза развития эпидемии COVID-19 в городе Москва / Ю.С. Букин, Ю.П. Джигоев, А.Н. Бондарюк, С.Е. Ткачев, В.И. Злобин // PREPRINTS.RU – 2020.
4. Abou-Ismaïl A. Compartmental Models of the COVID-19 Pandemic for Physicians and Physician-Scientists / Abou-Ismaïl A. // SN Comprehensive Clinical Medicine – 2020. – Vol. 2 – No. 7 – P.852–858.
5. Kermack W.O. A contribution to the mathematical theory of epidemics / Kermack W.O., McKendrick A.G. // Proceedings of the royal society of London – 1927. – Vol. 115 – No. 772 – P.700–721.
6. Osthus D. Forecasting seasonal influenza with a state-space SIR model / Osthus D., Hickmann K.S., Caragea P.C., Higdon D., Valle S.Y. Del // The Annals of Applied Statistics – 2017. – Vol. 11 – No. 1.–P.202–224.
7. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Приказ Минкомсвязи России «Об утверждении методических рекомендаций по переходу государственных компаний на преимущественное использование отечественного программного обеспечения, в том числе отечественного офисного программного обеспечения» [Электронный ресурс]. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6294>.
8. Ивашов А. SMath Studio [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.smath.com/>.
9. Boldog P. Risk Assessment of Novel Coronavirus COVID-19 Outbreaks Outside China / Boldog P., Tekeli T., Vizi Z., Dénes A., Bartha F.A., Röst G. // Journal of Clinical Medicine – 2020. – Vol. 9 – No. 2 – P.571.

Секция

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ



УДК 004.9

Мокрозуб В.Г., Краснянский М.Н., Промтов М.А., Борщев В.Я.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: mokrozubv@yandex.ru

ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Mokrozub V.G., Krasniansky M.N., Promtov M.A., Borshchev V.Ya.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: mokrozubv@yandex.ru

TECHNOLOGIES FOR CREATING DIGITAL EDUCATIONAL MATERIALS

Аннотация. Представленная технология создания цифровых учебных материалов заключается в подборе программных средств, позволяющих создавать мультимедийные учебные материалы в зависимости от образовательного контента (текст, текст с формулами, 3D-модели, расчеты, тестирование).

Ключевые слова: образование, учебные материалы, цифровизация, мультимедиа.

Abstract. The presented technology of creating digital educational materials consists in the selection of software tools that allow you to create multimedia educational materials depending on the educational content (text, text with formulas, 3D models, calculations, testing).

Keywords: education, educational materials, digitalization, multimedia.

Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» включает в себя федеральный проект «Кадры для цифровой экономики». Естественно это подразумевает создание и использование в образовательном процессе цифровых учебных материалов [1].

Существуют различные компьютерные платформы создания мультимедийных учебных материалов. Достаточно популярной из них является iSpring Suite [2], представляющая собой конструктор электронных книг, онлайн-курсов и др.

При всей своей привлекательности эти программы не могут охватить все возможности представления цифрового образовательного контента, которые могут предоставить современные компьютерные системы. В первую очередь это касается представления 3D-моделей и примеров расчетов.

Учебник или учебное пособие по технической дисциплине включает в себя содержание, текст с формулами, 3D-модели, чертежи, примеры расчетов, контрольные вопросы (тест), рис. 1.

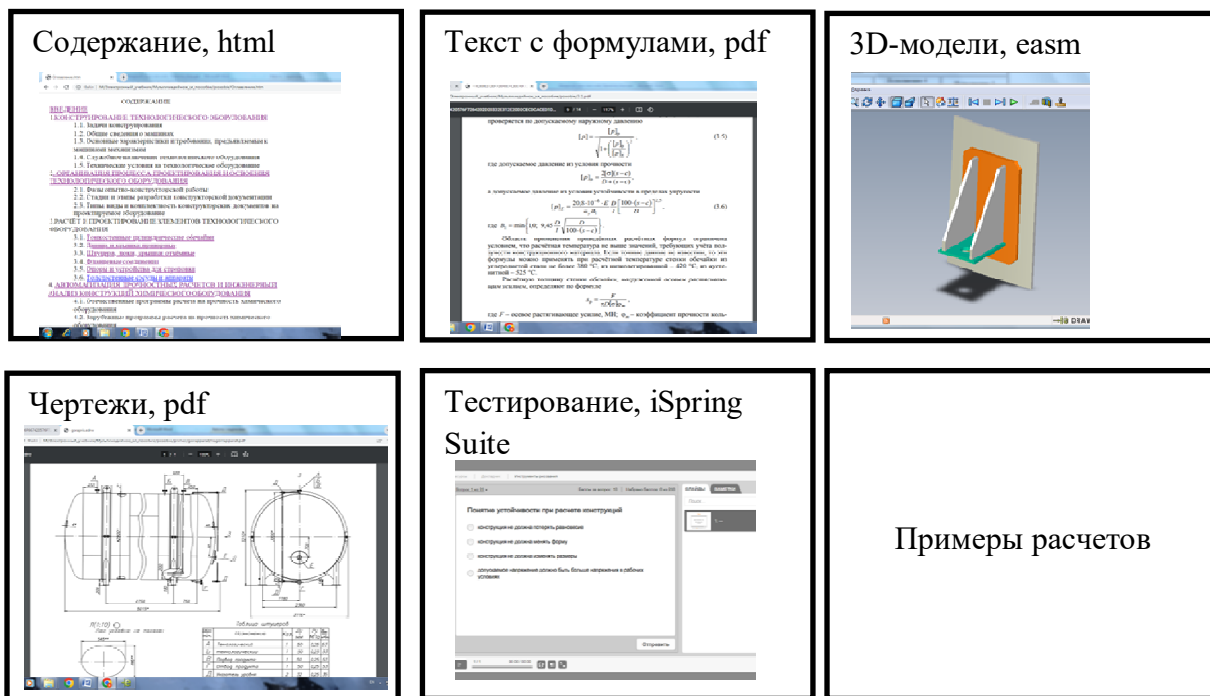


Рис. 1. Форматы представления образовательного контента

Содержание учебного пособия достаточно просто сделать в текстовом редакторе Word с гиперссылками на разделы. Сохраняется содержание в формате html.

Текст с формулами выполненный в текстовом редакторе Word и редакторе формул MathType получается качественным при представлении его в формате pdf. Другие форматы преобразуют формулы в картинки, что не позволяет делать качественное масштабирование текста.

Наиболее удобным для представлением 3D-моделей является формат easm (Solid-Works), разработанный специально для представления 3D-моделей в сети Internet. Формат позволяет получать файлы небольшого размера с сохранением дерева элементов сборочного объекта. Для просмотра используется свободно распространяемая программ eDrawings, которая позволяет разбирать сборку, рис. 2.

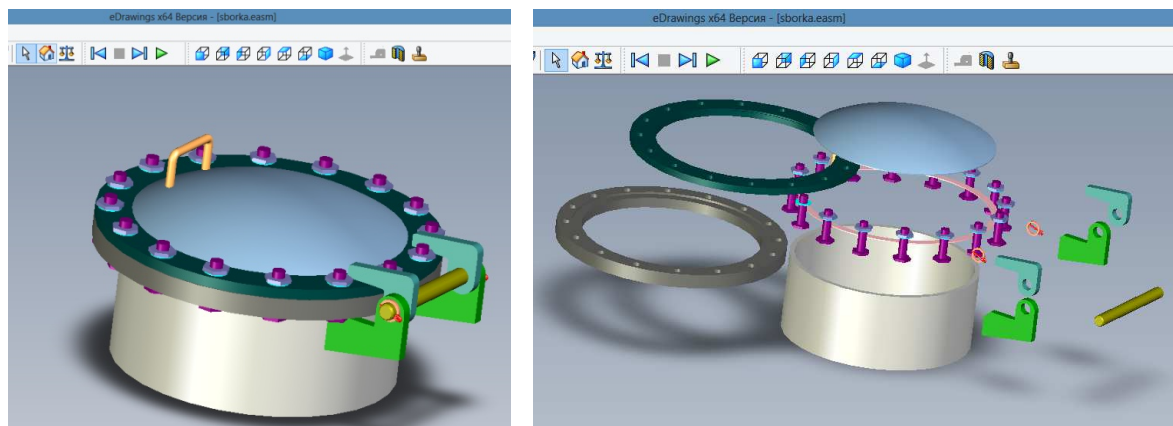


Рис. 2. Пример работы в программе eDrawings

Чертежи можно также представлять в формате easm. Достаточно хорошее качество при масштабировании получается при представлении чертежей в формате pdf.

Программа iSpring Suite представляет широкие возможности для разработки программ, предназначенных для тестирования студентов.

Примеры расчетов можно представлять в формате pdf, или в Mathcad, рис. 2. В последнем случае пример будет работающей программой. Естественно, что в этом должна быть установлена программа Mathcad.

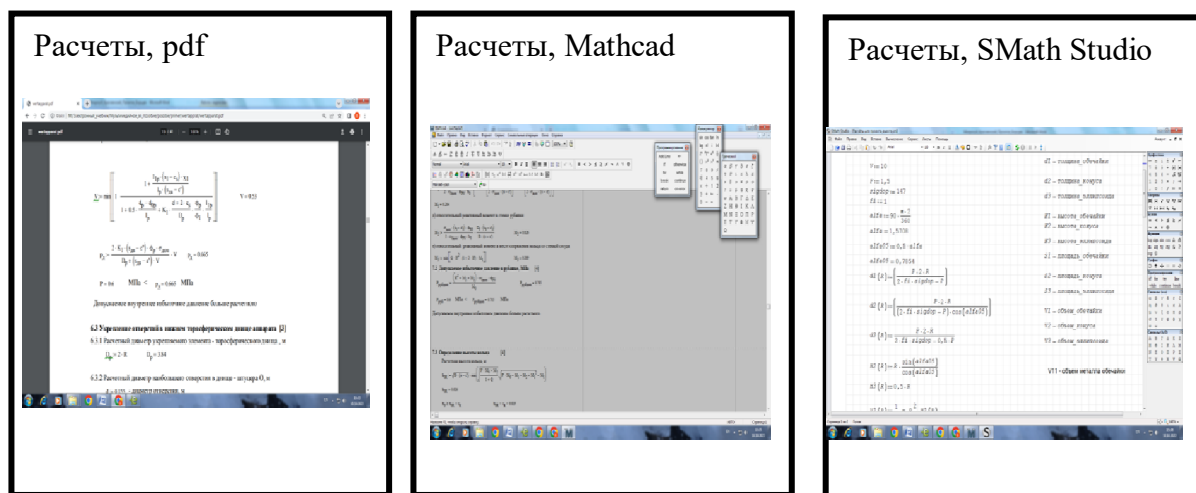


Рис. 2. Форматы представления примеров расчетов

Отдельно следует отметить отечественную программу SMath Studio [3] –аналог Mathcad. Интерфейс программы аналогичен интерфейсу Mathcad, легко осваивается. Имеется бесплатная версия. Кроме того, SMath Studio позволяет делать исполняемые приложения, которые должны работать без установки SMath Studio.

Список использованных источников

1. Соловьев А.Н., Приходько В.М., Полякова Т.Ю., Сафонова З.С. Russian engineering teachers as an important part of IGIP // Высшее образование России. 2018. № 1. С. 38–45.
2. Ispring – Режим доступа: <https://www.ispring.ru/ispring-suite> – (Дата обращения: 09.10.2022).
3. SMath Studio – Режим доступа: <https://ru.smath.com> – (Дата обращения: 09.10.2022).

УДК 537: 004.94

Дмитриев О.С.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,
e-mail: phys@tstu.ru

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Dmitriev O.S.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov,
e-mail: phys@tstu.ru

VIRTUAL LABORATORY WORKS IN PHYSICS FOR DISTANCE LEARNING

Аннотация. Рассматриваются виртуальные лабораторные работы по физике, реализующие экспериментальные симуляции выполнения лабораторных работ раздела физики «Электричество и электромагнитные колебания». Приведена экранная форма сервиса для проведения онлайн-экспериментов, позволяющая студентам очной формы подготовиться к выполнению работы, а студентам заочной и дистанционной формы обучения провести их выполнение.

Ключевые слова: дистанционное обучение, виртуальная лабораторная работа, интерактивный режим, физика.

Abstract. Virtual laboratory works in physics are considered, which implement experimental simulations of the performance of laboratory works in the section of physics «Electricity and electromagnetic oscillations». The screen form of the service for conducting online experiments is given, which allows full-time students to prepare for the work, and students of correspondence and distance learning to carry out their implementation.

Keywords: distance learning, virtual laboratory work, interactive mode, physics.

Изучение дисциплины «Физика» в соответствии с ФГОС предусматривает посещение лекций и практических занятий, выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы. Дидактическая роль выполнения лабораторных работ особенно значительна, так как предусматривает привлечение студентов к использованию приобретенных в результате теоретических занятий знаний и умений на практике [1].

При выполнении лабораторных работ студенты учатся пользоваться современными измерительными приборами, учатся применять предложенное физическое оборудование для достижения цели лабораторной работы, осваивают методику регистрации и обработки полученных экспериментальных данных, их правильной трактовки и представ-

ления материала в виде отчета. Все это возможно при очном участии студентов в выполнении работ.

В условиях пандемии или значительном удалении студента, например заочной или дистанционной формы обучения, возникает проблема реального выполнения лабораторных работ. Для этой цели разработаны виртуальные лабораторные работы. В качестве примера из многих разработанных приведены две лабораторные работы: «Определение сопротивления с помощью мостика «Уитстона» и «Изучение собственных электромагнитных колебаний в контуре» рис.1, полное описание которых можно найти в работе [2].

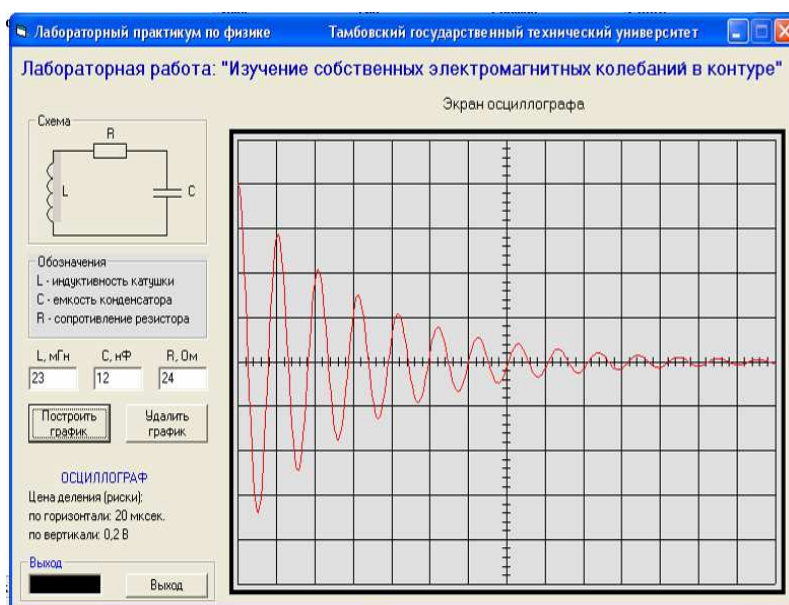
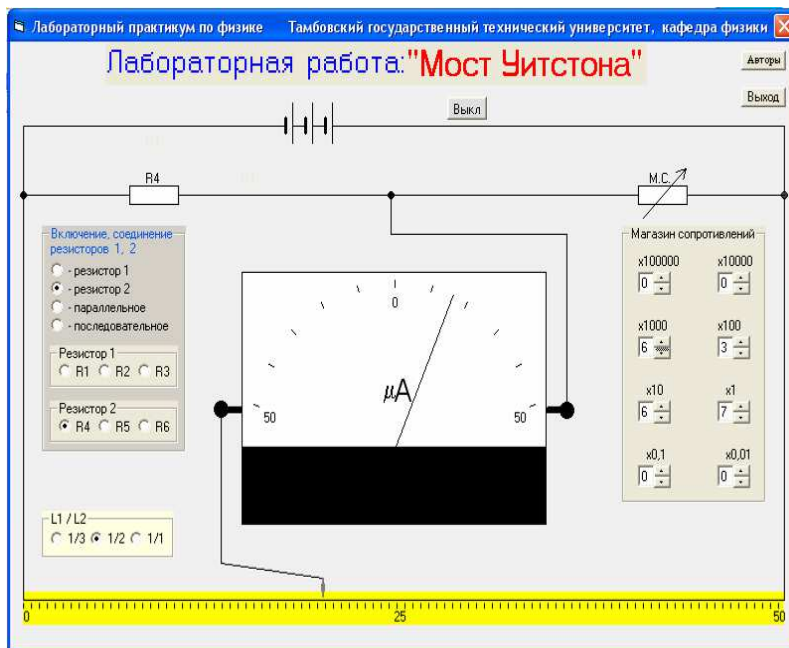


Рис. 1.

В первой лабораторной работе студент загружает по соответствующей ссылке экранную симуляцию, включает схему, выбирает схему включения резисторов 1 и 2, выбирает в соответствии с рекомендациями, указанными в [2] значение резистора с помощью магазина сопротивлений и наблюдает отклонение стрелки микроамперметра. Затем подхватывая мышкой движок реохорда, двигает его вправо и влево, и тем самым уравнивает указатель равновесия, установив его на ноль. Отсчитывает показание движка реохорда и записывает в тетрадь. Затем продолжает выполнение лабораторной работы, как указано в описании [2], тем самым полностью имитирует реальное выполнение работы.

Во второй лабораторной работе студент загружает по соответствующей ссылке экранную симуляцию, включает схему, в соответствии с рекомендациями, указанными в [2] задает значения резистора, емкости конденсатора и индуктивности катушки. Строит график. В соответствии с ценой деления шкалы осциллографа, указанной на экранной форме, считывает и записывает в тетрадь значения времени нескольких, цело укладываемых на шкале периодов колебаний, амплитуду первого и N-ного колебания. Затем изменяет параметры колебательного контура, строит график и повторяет измерения в соответствии с рекомендациями, указанными в [2]. Значительно до нескольких килоом увеличивает значение резистора, тем самым добивается срыва колебаний и записывает это значение как критическое для данного контура. На экране появится разным цветом столько графиков, сколько было задано параметром контуров. Это позволяет наблюдать изменение затухающих колебаний при изменении параметров контура и лучше понять принцип его работы. При необходимости графики можно удалить и повторить только необходимые. В результате студент полностью имитирует реальное выполнение работы. Кроме того, студент учится пользоваться осциллографом, понимать и считывать его показания. Полученные данные обрабатываются в соответствии с [2].

Таким образом, предложены виртуальные лабораторные работы для студентов заочной и дистанционной формы обучения, позволяющие полностью выполнять программу обучения в случае невозможности реального выполнения лабораторных работ, а для студентов очной формы получить предварительный навык успешного выполнения лабораторных работ.

Список использованных источников

1. Дмитриев, О.С. Физика. Краткий курс. Учебное пособие. /О.С. Дмитриев, О.В. Исаева, И.А. Осипова, В.Н. Холодилин - Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО "ТГТУ", 2021. <https://www.tstu.ru/book/elib1/exe/2021/Dmitriev.exe>
2. Барсуков, В.И. Физика. Электричество, магнетизм, волновая оптика: электронное учебное пособие. / В.И. Барсуков, О.С. Дмитриев, О.В. Исаева - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО "ТГТУ", 2016. - 96 с. <https://www.tstu.ru/book/elib1/exe/2016/Barsukov.exe>

Секция

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН



УДК 004.9

Мокрозуб В.Г., Санников С.А., Нагайцев И.В.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: mokrozubv@yandex.ru

ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Mokrozub V.G., Sannikov S.A., Nagaytsev I.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: mokrozubv@yandex.ru

AN APPROACH TO THE CREATION OF INTELLIGENT SYSTEMS FOR AUTOMATED SYNTHESIS OF TECHNICAL DEVICES

Аннотация. Описан подход к созданию интеллектуальных систем автоматизированного синтеза технических устройств, предназначенных для реализации определенной технологии. Предлагается два этапа синтеза технического устройства. На первом этапе в зависимости от технологии определяются требования к техническому устройству. На втором – подбираются элементы технического устройства, которые позволяют реализовать эти требования.

Ключевые слова: технология, техническое устройство, автоматизированные системы, проектирование.

Abstract. An approach to the creation of intelligent systems for automated synthesis of technical devices designed to implement a certain technology is described. Two stages of synthesis of a technical device are proposed. At the first stage, depending on the technology, the requirements for the technical device are determined. At the second stage, the elements of the technical device are selected that make it possible to implement these requirements.

Keywords: technology, technical device, automated systems, design.

Интеллектуальные автоматизированные системы призваны помочь специалисту в его профессиональной деятельности. Такая система может подсказать решение, показать его альтернативы, сама принять решение, сообщить какими логическими построениями система пришла к данному решению.

Кроме того, для интеллектуальных систем характерна обучающая функция. Это позволяет, попутно повышать профессиональную квалификацию специалиста, использующего интеллектуальную систему. Многие предприятия сталкиваются с проблемой преемственности знаний. Это происходит по различным причинам: эксперт в данной области уходит на пенсию, конкуренты переманили ведущего специалиста и т.д. Для

интеллектуальных автоматизированных систем преимуществом данных и знаний обеспечена. Знания при таком способе использования и хранения не могут потеряться или забыться.

Синтез технического устройства начинается с анализа технологического процесса, который должно обеспечить это устройство. В качестве исходных данных используется регламент или другое описание технологического процесса. Технологическая задача заключается в получении продукта Y из сырья S по технологии A .

$$A : S = Y$$

Область характеристик сырья (влажность, вязкость, сыпучесть и т.д.) задается интервалом:

$$s_{min_{ij}} < s_{ij} < s_{max_{ij}},$$

где s_{ij} - i -я характеристика j -го сырья.

Область определения характеристик продукта:

$$y_{min_{ij}} < y_{ij} < y_{max_{ij}},$$

где y_{ij} - i -я характеристика j -го продукта.

Технология A представляет собой алгоритм воздействия на сырье S , с целью получения продукта Y . Влияние S и A на Y может быть оценено по классической математической модели, если она есть или по другой информации, содержащейся в научных отчетах или в лабораторном регламенте.

Задача интеллектуального синтеза технического устройства заключается в формировании такого исполнителя IS или множества исполнителей, которые позволяют выполнить алгоритм A над вектором S и получить продукт Y .

Предполагается, что данные из информационного пространства технолога с помощью разрабатываемой модели MA , с использованием базы знаний, проецируются в информационное пространство конструктора. Модель MA формирует требования T , которыми должен обладать исполнитель, рис. 1.

$$T = MA(A, S, Y)$$

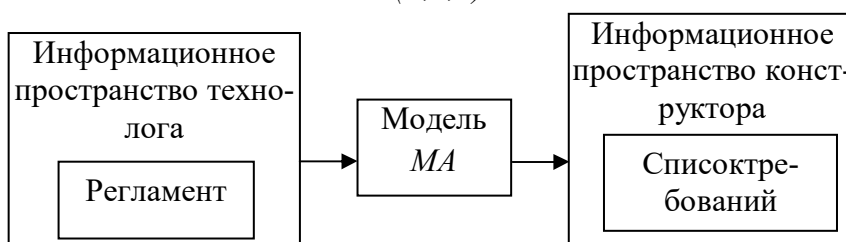


Рис. 1. Проецирование информации из информационного пространства технолога в информационное пространство конструктора

Исполнитель IS (например, проектируемый аппарат) представляет собой вектор технических устройств s_i , где i номер устройства. Под устройством s_i понимается какой-либо типовой или стандартизованный элемент (узел) исполнителя (крышка, корпус, фланец и т.д.).

Синтез исполнителя осуществляется решением модели исполнителя MIS исходными данными T , рис 2.

$$IS = MIS(T)$$

$$IS \in ISP,$$

где ISP информационное пространство исполнителя.

В зависимости от масштаба решаемой задачи: реконструкция или проектирование, ISP представляет собой оборудование конкретного цеха, завода, корпорации, стандартные аппараты (готовые, выпускаемые промышленностью), типовые элементы аппаратов, типовые проектные решения отдельных стадий и т.д.

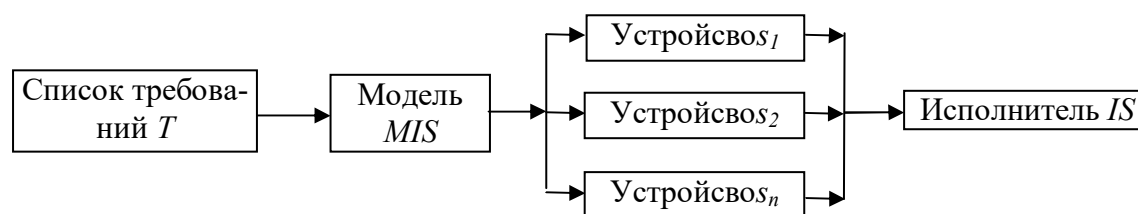


Рис. 2. Синтез исполнителя IS

Представленный подход используется авторами для создания автоматизированной системы проектирования и управления химическими и машиностроительными производствами [1-4].

Список использованных источников

1. Mokrozub, V.G Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. – Т. 53. – № 5-6. – С. 326-331.
2. Немтинов, В.А. Информационная модель объекта сложной технической системы / В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб, Ю.В. Немтинова, Е.С.Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 41-43.
3. Мокрозуб, В.Г. Процедурные и информационно-логические модели планирования выпуска продукции и ремонтов технологического оборудования многоассортиментных производств / В.Г. Мокрозуб, С.Я. Егоров, В.А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 2. – С. 72-76.
4. Мокрозуб, В.Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В.Г.Мокрозуб, Е.Н. Малыгин, С.В.Карпушкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 364-373.

УДК004.9

Санников С.А., Мокрозуб В.Г.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: mokrozubv@yandex.ru

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Sannikov S.A., Mokrozub V.G.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: mokrozubv@yandex.ru

APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE DESIGN OF GALVANIC LINES

Аннотация. Рассматриваются исходные данные необходимые для разработки конструкторской документации на линии предназначенные для получения гальванических, химических и анодизационных покрытий деталей и сборочных единиц. Проведен анализ взаимозависимостей конечных параметров элементов конструкторской документации от исходных данных. Рассмотрены отдельные исходные данные накладывающие ограничения на варианты конструктивных решений.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, система, решения, ванны, технологическое оборудование, химические, гальванические, анодизационные покрытия.

Abstract. The initial data necessary for the development of design documentation for the line intended for the production of galvanic, chemical and anodization coatings of parts and assembly units are considered. The analysis of the interdependence of the final parameters of the design documentation elements on the initial data was carried out. Some initial data are considered that impose restrictions on design options.

Keywords: computer-aided design, system, solutions, baths, technological equipment, chemical, galvanic, anodizing coatings.

Исходные данные для проектирования линий, предназначенных для гальванических, химических и анодизационных покрытий на детали и сборочные единицы, а именно, потребный технологический процесс формируют матрицу данных $A = \{a_{ij}; i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J}\}$, где i – номер технологической позиции, I – количество технологических позиций необходимых для осуществления заданного технологического процесса, j – номер технологического параметра, J – число технологических параметров, таких как используемая среда, диапазон рабочей температуры, наличие внутренних уст-

ройств (барботер, эжекторное перемешивание, наливная труба, датчики температуры, уровня, pH , душирование, механизм качания, встряхивания, нагревательные элементы и т.д.). Наличие тех или иных внутренних устройств предписывается технологией обработки деталей и в контексте данной работы рассматривается как директива.

Пул исходных данных, пример которого указан на рис. 1, формируется в процессе заполнения специальной формы опросного листа, где специалист Заказчика отмечает необходимое оснащение и опции.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		Технологическая позиция	Рабочая среда	Температура, град. С	Перемешивание	Подан в воды	Единовременная загрузка, кв. м.	Длина технологической оснастки, мм	Ширина технологической оснастки, мм	Высота технологической оснастки, мм	Плотность тока, А/кв. дм.	Напряжение, В	Движение деталей	Вентиляция
2	Aij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	1	Химическое обезжиривание	NaOH-20 Na3PO4-30 Na2CO3-30 ДС-10-5	70	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	да
4	2	Теплая промывка	2 категория	70	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	да
5	3	Холодная промывка	2 категория	25	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	нет
6	4	Активация	HCl-50 H2SO4-50	35	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	да
7	5	Теплая промывка	2 категория	70	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	да
8	6	Холодная промывка	2 категория	25	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	нет
9	7	Электрохимическое обезжиривание	NaOH-50 Na3PO4-40 Na2CO3-40 Na2SiO3-10	65	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	3	12	-	да
10	8	Теплая промывка	2 категория	70	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	да
11	9	Холодная промывка	2 категория	25	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	нет
12	10	Цинкование	ZnO-20 NaOH-150 Экомет Ц1-4 Пенцинк-10	30	Барботажи	3 категория	2	1000	400	800	3	12	-	да
13	11	Улавливание	2 категория	25	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	да
14	12	Холодная промывка	2 категория	25	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	нет
15	13	Осветление	HNO3-4 CrO3-150	35	Барботажи	3 категория	2	1000	400	800	-	-	-	да
16	14	Холодная промывка	2 категория	25	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	да
17	15	Холодная промывка	2 категория	25	Барботажи	2 категория	2	1000	400	800	-	-	-	нет
18	16	Сушка	Воздух	70	-	-	2	1000	400	800	-	-	-	да

Рис. 1. Пул исходных данных типовой линии цинкования

Технологический параметр с $j=2$ с применением правил выбора имеет в качестве решения основной конструкционный материал.

Технологический параметр с $j=3$ определяет необходимость оснащения ванны теплообменным оборудованием, таким как, блоки электронагревателей, коллекторы нагрева или змеевики охлаждения. Причем, параметр $j=2$ дает решение по допустимому к применению материалу теплообменного оборудования, а параметры $j=7...9$ позволяют рассчитать требуемую мощность или требуемую площадь теплообмена.

Решения, найденные в результате обработки пула исходных данных могут являться вариативными.

В опросный лист, кроме исходных данных, вносятся данные о существующих ограничениях.

Условия размещения гальванической линии накладывает ограничения, такие как, максимальные габаритные размеры линии (длина, ширина, высота, распределенная нагрузка на опоры линии). Условия, определяющие способ дальнейшей прокладки трубопроводов сточных вод (проход через перекрытия цеха, прокладка в канале, поверхностная прокладка), обуславливают выбор уровня первоначального расположения точек слива из технологических ванн.

Ограничения, также формируются имеющимися у Заказчика энергоносителями – пар, перегретая вода, сжатый воздух и т.д..

Такие параметры как материал ванн, внутренних устройств и геометрические размеры которых являются производными от матрицы исходных данных A , например, характеристика деталей и технологической оснастки определяет размеры потребного рабочего пространства для технологической обработки, а используемая среда определяет материал ванны.

Все накладываемые ограничения формируют матрицу ограничений $L = \{l_{ix}; i = \overline{1, I}; x = \overline{1, X}\}$, где i – соответствующая технологическая позиция на которую накладываются эти ограничения, x – набор ограничений.

Таким образом, решаемая задача сводится к поиску решений, представляющую собой матрицу $R = \{r_{ik}; i = \overline{1, I}; k = \overline{1, K}\}$, удовлетворяющую требованиям исходной матрицы A и накладываемым ограничениям L .

Поиск решений по конкретному параметру осуществляется либо с использованием физико-химических зависимостей, либо с помощью правил. Физико-химические зависимости основываются на фундаментальных законах и их применение, для поиска решений, не представляет трудностей и легко поддается автоматизации. Однако, стоит заметить, что в подавляющем большинстве случаев полученные решения имеют вариативность, и проектировщик сталкивается с проблемой выбора наилучшего решения. Поиск данного решения выполняется с помощью решения экстремальной задачи по поиску минимальной себестоимости (материалы, комплектующие, трудозатраты и т.п.).

Иллюстрацией этого можно привести пример формирования конструкторской документации на типовой корпус для проведения химической или гальванической обработки деталей. Обозначение типового корпуса имеет следующий вид:

$$C.KП.001-L-B-H-I-(HI)-S-J,$$

где C – сборочный чертеж, $KП$ – корпус пластиковый, L – внутренняя длина технологической ванны, мм; B – внутренняя ширина, мм; H – внутренняя высота, мм; I – количество поясов жесткости, (HI) – расстояние от линии дна до пояса (при наличии нескольких поясов в скобках указываются также расстояния до последующих поясов), S –

диаметр сливного патрубка, мм; J – вариант крепления пояса жесткости к корпусу ванны.

Все переменные входящие в состав условного обозначения типового корпуса являются производными от пула исходных данных (кроме переменной J , которая так же определяется на этапе формирования исходных данных). В зависимости от их сочетания правилами определяется структура корпуса технологической ванны. Пример структуры корпуса представлен на рис. 2.

1 пояс - 40x40, обшивка профилем				2 пояс - 40x40, обшивка профилем			
п/п	Обозначение	Наименование	Количество	п/п	Обозначение	Наименование	Количество
1	С.КП.001-L-B-H-1-(H1)-S-0	Корпус пластиковый	1	1	С.КП.001-L-B-H-2-(H1-H2)-S-0	Корпус пластиковый	1
1.1	С.БТ.001-L-B	Борт	1	1.1	С.БТ.001-L-B	Борт	1
1.1.1	Д.БТ.001-L	Борт	2	1.1.1	Д.БТ.001-L	Борт	2
1.1.2	Д.БТ.002-B	Борт	2	1.1.2	Д.БТ.002-B	Борт	2
1.2	С.ПМ.001-L-B-0	Пояс	1	1.2	С.ПМ.001-L-B-0	Пояс	2
1.2.1	Д.ПР.001-L-0	Профиль	2	1.2.1	Д.ПР.001-L-0	Профиль	2
1.2.2	Д.ПР.002-B-0	Профиль	2	1.2.2	Д.ПР.002-B-0	Профиль	2
1.2.3	Д.ТР.001-L-0	Труба	2	1.2.3	Д.ТР.001-L-0	Труба	2
1.2.4	Д.ТР.002-B-0	Труба	2	1.2.4	Д.ТР.002-B-0	Труба	2
1.3	Д.ДН.001-L-B-S	Дно	1	1.3	Д.ДН.001-L-B-S	Дно	1
1.4	Д.РБ.001-L	Ребро	2	1.4	Д.РБ.001-L	Ребро	2
1.5	Д.РБ.002-B	Ребро	3	1.5	Д.РБ.002-B	Ребро	3
1.6	Д.СТ.001-L-H	Стенка	2	1.6	Д.СТ.001-L-H	Стенка	2
1.7	Д.СТ.002-B-H-S	Стенка	1	1.7	Д.СТ.002-B-H-S	Стенка	1
1.8	Д.СТ.002-B-H-02	Стенка	1	1.8	Д.СТ.002-B-H-02	Стенка	1

1 пояс - 60x40, обшивка профилем				2 пояс - 60x40, обшивка профилем			
п/п	Обозначение	Наименование	Количество	п/п	Обозначение	Наименование	Количество
1	С.КП.001-L-B-H-1-(H1)-S-2	Корпус пластиковый	1	1	С.КП.001-L-B-H-2-(H1-H2)-S-2	Корпус пластиковый	1
1.1	С.БТ.001-L-B	Борт	1	1.1	С.БТ.001-L-B	Борт	1
1.1.1	Д.БТ.001-L	Борт	2	1.1.1	Д.БТ.001-L	Борт	2
1.1.2	Д.БТ.002-B	Борт	2	1.1.2	Д.БТ.002-B	Борт	2
1.2	С.ПМ.001-L-B-2	Пояс	1	1.2	С.ПМ.001-L-B-2	Пояс	2
1.2.1	Д.ПР.001-L-1	Профиль	2	1.2.1	Д.ПР.001-L-1	Профиль	2
1.2.2	Д.ПР.002-B-1	Профиль	2	1.2.2	Д.ПР.002-B-1	Профиль	2
1.2.3	Д.ТР.001-L-2	Труба	2	1.2.3	Д.ТР.001-L-2	Труба	2
1.2.4	Д.ТР.002-B-2	Труба	2	1.2.4	Д.ТР.002-B-2	Труба	2
1.3	Д.ДН.001-L-B-S	Дно	1	1.3	Д.ДН.001-L-B-S	Дно	1
1.4	Д.РБ.001-L	Ребро	2	1.4	Д.РБ.001-L	Ребро	2
1.5	Д.РБ.002-B	Ребро	3	1.5	Д.РБ.002-B	Ребро	3
1.6	Д.СТ.001-L-H	Стенка	2	1.6	Д.СТ.001-L-H	Стенка	2
1.7	Д.СТ.002-B-H-S	Стенка	1	1.7	Д.СТ.002-B-H-S	Стенка	1
1.8	Д.СТ.002-B-H-02	Стенка	1	1.8	Д.СТ.002-B-H-02	Стенка	1

Рис.2. Структура корпуса ванны в зависимости от переменных

Наследуя значения переменных по связи «родитель-потомок» генерируется спецификация изделия, которая может быть сразу отправлена в производство. Применение типовых параметрических решений позволяет также, сформировать перечень необходимых материалов и комплектующих изделий для передачи в отдел материально технического обеспечения.

В свою очередь, поиск решений, обусловленных правилами, основывается на справочных данных и в большей мере зависит от опыта проектирования. Именно правильный выбор решения представляет основную сложность и значительные временные затраты при проектировании гальванических линий. Поэтому разработка системы поддержки принятия решений при проектировании гальванических линий является актуальной задачей позволяющей существенно сократить время разработки конструкторской документации и снизить себестоимость изготовления линии.

Рассмотренный выше подход используется при создании с участием автора системы автоматизированного проектирования технологического оборудования [1–8]. Он используется не только на стадии разработки конструкторской документации, но и на стадии предварительной проработки технического задания для определения стоимости

оборудования. Это позволяет существенно сократить время на проработку входящих запросов и увеличить количество обрабатываемых задач.

Список использованных источников

1. Санников, С.А. Онтология выбора конструктивных решений гальванического оборудования на основании применяемой технологической карты обработки деталей / С.А.Санников, Д.С. Ковалев, М.С. Калистратов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы VI Международной научно-практической конференции; ФГБОУ ВО «ТГТУ» - Тамбов, Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – Вып. 6, С. 251-255
2. Санников, С.А. Функциональная модель проектирования гальванических линий / С.А. Санников, М.С. Калистратов // Новые горизонты: материалы VII научно-практической конференции с международным участием, 20 марта 2020 года, Брянск, С. 390-392.
3. Санников С.А. Автоматизация проектирования гальванических линий /С.А.Санников, М. С. Калистратов // Актуальные проблемы экономики современной России: сборник материалов всероссийской (национальной) научно-практической конференции ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Институт экономики, управления и финансов, Йошкар-Ола, 2020 Вып 7, С. 304-306.
4. Mokrozub, V.G Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. – Т. 53. – № 5-6. – С. 326-331.
5. Немтинов, В.А. Информационная модель объекта сложной технической системы / В.А.Немтинов, В.Г. Мокрозуб, Ю.В. Немтинова, Е.С.Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 41-43.
6. Мокрозуб, В.Г. Процедурные и информационно-логические модели планирования выпуска продукции и ремонтов технологического оборудования многоассортиментных производств / В.Г. Мокрозуб, С.Я. Егоров, В.А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 2. – С. 72-76.
7. Мокрозуб, В.Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В.Г.Мокрозуб, Е.Н. Малыгин, С.В.Карпушкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 364-373.

УДК 621.31

Смирнов А.Д.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г.Тамбов
e-mail: andrey-smirnov-99@yandex.ru

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Smirnov A. D.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov,
e-mail: andrey-smirnov-99@yandex.ru

SAFETY REQUIREMENTS ANALYSIS OF ELECTRIC TRANSPORT CHARGING STATIONS OPERATION

Аннотация. Объём продаж электромобилей во всём мире ежегодно растёт, и в ближайшем будущем рост парка электромобилей будет продолжаться. Широкое внедрение электротранспорта позволит сократить объём выбросов в атмосферу и улучшить качество воздуха. Параллельно идёт развитие инфраструктуры зарядных станций. В данной работе рассматриваются правила безопасности касающиеся, оборудования для зарядки электромобилей.

Ключевые слова: инновационные транспортные технологии, безопасность зарядных станций, зарядная инфраструктура.

Abstract. The volume of sales of electric vehicles around the world is growing every year, and in the near future, the growth of the fleet of electric vehicles will continue. The widespread introduction of electric transport will reduce emissions into the atmosphere and improve air quality. In parallel, the infrastructure of charging stations is being developed. This paper discusses the safety rules concerning equipment for charging electric vehicles.

Keywords: innovative transport technologies, charging station safety, charging infrastructure.

За последнее время количество электромобилей возросло в несколько раз с 17 тыс. автомобилей до 7,2 млн. По мере того, как современное общество переходит от ископаемого топлива к электротранспорту, растёт потребность в инфраструктуре зарядных станций для электромобилей [1]. Помимо общественных зарядных станций, зарядное оборудование будет все чаще устанавливаться в рядом с жилыми домами и использоваться ежедневно для зарядки электромобилей в ночное время [2, 3].

Места для парковок являются одним из основных потенциальных мест зарядки электротранспорта. При этом если длительность стоянки планируется меньше 20 минут, то большинство владельцев заряжать свой электромобиль не будут [4]. В ночное

время электромобили, как правило, находятся на парковках в жилых зонах населённых пунктов. В дневное же время необходимо исследовать места для парковок в нежилых районах, когда владелец электромобиля находится на работе, а электромобиль находится на стоянке поблизости. Таким образом, загруженность зарядных станций электротранспорта зависит от пространственных и временных характеристик [5].

Также стоит подчеркнуть необходимость совершенствования регуляторной среды [6]. В частности, необходимо разработать порядок проектирования парковочных пространств для электротранспорта, актуализировать ряд технических регламентов и документов в сфере стандартизации.

На данный момент разработано множество стандартов, которые определяют общие требования безопасности для электротранспорта, но в настоящее время они определяют недостаточно функциональных требований безопасности в случае, если функции на зарядной станции реализуются с помощью программируемых электронных систем [7]. Чтобы выявить наиболее опасные элементы данной системы была проведена оценка рисков.

Предполагалось, что основные требования к электрической защите, такие как класс IP защиты корпусов и разъемов, выполнены. Они были приняты во внимание в ходе разработки. Должно быть предусмотрено защитное заземления, тем более при использовании переменного тока. Разработанная система должна включать в себя не только базовые функции защиты транспортного средства, но и обеспечивать защиту от электрических неисправностей при отключения питания в случае перегрузки.

Целью работы является обеспечение безаварийного использования как зарядной станции, так и электромобиля на протяжении всего ее жизненного цикла. На этапе разработки проводится анализ разрабатываемой системы: сначала определяются опасности, связанные с системой, после чего для каждой опасности оценивается риск. На основе оценки рисков разрабатываются меры по снижению рисков в системе до приемлемого уровня.

Инструментами для оценки рисков являются графики и матрицы рисков. Матрица рисков из стандарта МЭК 62061 обеспечивает точные методы для оценки рисков, связанных с единичными несчастными случаями или травмами отдельных лиц, и, таким образом, хорошо подходит также для этой области применения.

Функциональная безопасность (*functional safety*) – это часть общей безопасности системы, компонента системы или оборудования, работающих правильно в ответ на входные воздействия и обеспечивающих отсутствие неприемлемого риска здоровью людей, их собственности или окружающей среде со своей стороны. Целью управления функциональной безопасностью является минимизация неприемлемого риска нанесения вреда здоровью людей (непосредственно или косвенно – через нанесение ущерба собственности или окружающей среде).

Цель оценки риска состоит в определении требования к функциональной безопасности для системы. Основное внимание при оценке уделялось опасности поражения электрическим током.

Чтобы оценка была максимально объективной, внимание было сохранено на оценках наихудшего случая. Учитывая, что использование зарядных станций все еще недостаточно популярное, и то, что мы имеем относительно небольшой опыт использования данными системами, такой подход кажется самым оптимальным. В результате было проанализировано 53 случая. И в конечном итоге было получено 4 основных функций для электробезопасности зарядных станций: защита от перегрузки оборудования; защита от короткого замыкания переменного и постоянного тока; контроль отключения энергоснабжения при разрыве цепи; Безопасный запуск процесса зарядки. Контроль системы перед включением и остановка при обнаружении небезопасного состояния или внутренних неисправностей.

Путем оценки рисков были определены системные функции для улучшения безопасности использования зарядных станций электротранспорта и снижения рисков возникновения аварий. Стоит отметить, что для обеспечения безопасной эксплуатации зарядной станций необходимо не только соблюдать требования безопасности, но и соблюдать другие существующие стандарты и рекомендации, такие как граница вспышки дугового разряда, совместимость с сетями, периодическая проверка оборудования, соблюдение пожарной безопасности, и своевременное техническое обслуживание.

Список использованных источников

1. Nemtinov V.A. Information support of decision making in urban passenger transport management / V.A. Nemtinov, Yu.V. Nemtinova, A.B. Borisenko, V.G. Mokrozub // *Transport Problems* – 2017. – Vol. 12 – No. 4 – P.83–90.
2. Wang B. Electrical Safety Considerations in Large-Scale Electric Vehicle Charging Stations / B. Wang, P. Dehghanian, S.Wang, M.Mitolo // *IEEE Transactions on Industry Applications* – 2019. – Vol. 55 – No. 6 – P.6603–6612.
3. Борисенко А.Б. Задача интеграции фотоэлектрических панелей в инфраструктуру зарядных станций / А.Б.Борисенко, В.А. Немтинов// Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Сборник материалов X Всероссийской конференции. Оренбург, 2021. – 275–279с.
4. Golovko S.V. Analysis of influence of climatic factors on selecting types of solar panels / S.V. Golovko, D.A. Zadorkin // *Vestnik of Astrakhan State Technical University* – 2020. – Vol. 2020 – No. 2 – P.21–26.
5. Бузыкканов Н.С. Зарядная инфраструктура для электромобилей в условиях существующей энергетической системы: проблемы и пути решения / Н.С. Бузыкканов, К.М. Сидоров // *Электроника и электрооборудование транспорта* – 2018. – № 2 – С.19–25.
6. Бобылёв Э.Э. Анализ основных направлений государственной поддержки инновационных транспортных технологий в России / Э.Э. Бобылёв // *Экономический вестник ИПУ РАН* – 2021. – Т. 2 – № 3 – С.86–92.
7. Falvo M.C. EV charging stations and modes: International standards / M.C. Falvo, D. Sbordone, I.S. Bayram, M. Devetsikiotis // *2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion* – 2014. – P.1134–1139.

УДК 621.31

Борисенко А. Б., Немтинов В. А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г.Тамбов
e-mail: borisenko@mail.tstu.ru,

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Borisenko A. B., Nemtinov V. A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov,
e-mail: borisenko@mail.tstu.ru

ELECTRIC VEHICLES: CURRENT STATUS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Аннотация. Широкое внедрение электротранспорта позволит сократить объём вредных выбросов в атмосферу и улучшить качество воздуха. В статье представлены современное состояние и перспективы развития электротранспорта.

Ключевые слова: инновационные транспортные технологии, электротранспорт, развитие инфраструктуры.

Abstract. The widespread introduction of electric transport will reduce the amount of harmful emissions into the atmosphere and improve air quality. The article presents the current state and prospects for the development of electric vehicles.

Keywords: innovative transport technologies, electric transport, infrastructure development.

Увеличение концентрации населения в городах вследствие урбанизации и связанный с ним рост автомобильного транспорта приводит к возникновению экологических проблем, связанных, в частности, с ростом объёмов вредных выбросов в атмосферу (в т.ч. углекислого газа, оксидов азота и пр.) [1]. Одним из способов решения этой проблемы является внедрение в транспортную инфраструктуру городов электротранспорта [2].

Агентство «Автостат» насчитывает в России на 2021 год почти 11 тыс. электромобилей, при этом учитывается количество зарегистрированных в МВД машин. Наиболее популярные электромобили Nissan Leaf (более 9 тыс. шт.), при этом официально эта модель в России не продается. Также стоит отметить, что 97% из них имеют правый руль, а не менее 60% зарегистрировано на Дальнем Востоке и в Сибири [3].

По социологическим опросам, неготовность купить электромобиль объясняется отсутствием должной инфраструктуры зарядных станций, а также высокой ценой [4]. В

России насчитывается несколько сотен зарядных станций, большинство которых расположены в Москве и Санкт-Петербурге.

В рейтинге компании KPMG (рус. КПМГ – одна из крупнейших в мире сетей, оказывающих аудиторские, налоговые и консультационные услуги) из 25 государств по индексу готовности Россия заняла 23-е место с 1,8 балла (рис. 1). У лидеров, Нидерландов и Норвегии, 7,9 и 7,4 балла соответственно.



Рис.1. Рейтинг готовности к использованию электромобилей

Индекс готовности представляет собой агрегированный показатель, который учитывает парк электромобилей, его отношение к общему автопарку в стране, инвестиции страны в разработку электромобилей, наличие зарядных станций и просто готовность граждан пересаживаться на более дорогие электромобили, говорится в исследовании.

По данным РусГидро предоставленным в отчете «Развитие ЭЭС РусГидро, рынка электромобилей и зарядной инфраструктуры на Дальнем Востоке» выявлены преимущества (Рис. 2) и недостатки (Рис. 3) электромобилей перед обычными автомобилями (общая сумма ответов превышает 100%, т.к. респонденты могли дать несколько вариантов ответа на вопрос) [5].

Россия в данный момент отстает от ведущих держав в распространении электромобилей. Отставание происходит по нескольким причинам: малая доступность новых и подержанных электромобилей на российском рынке, плохое развитие зарядной инфраструктуры, отсутствие станций технического обслуживания для электромобилей. При этом государство определенным образом субсидирует приобретение электромобилей. С мая 2020 года в России обнулилась ввозная пошлина на электромобили. Также Минпромторг субсидирует 25% первоначального взноса при взятии кредита на покупку электромобиля. В Москве для электромобилей действует бесплатная парковка. Определенные достижения есть в развитии электробусов: в январе 2022 г. в Москве на линию вышел 1000-й электробус.

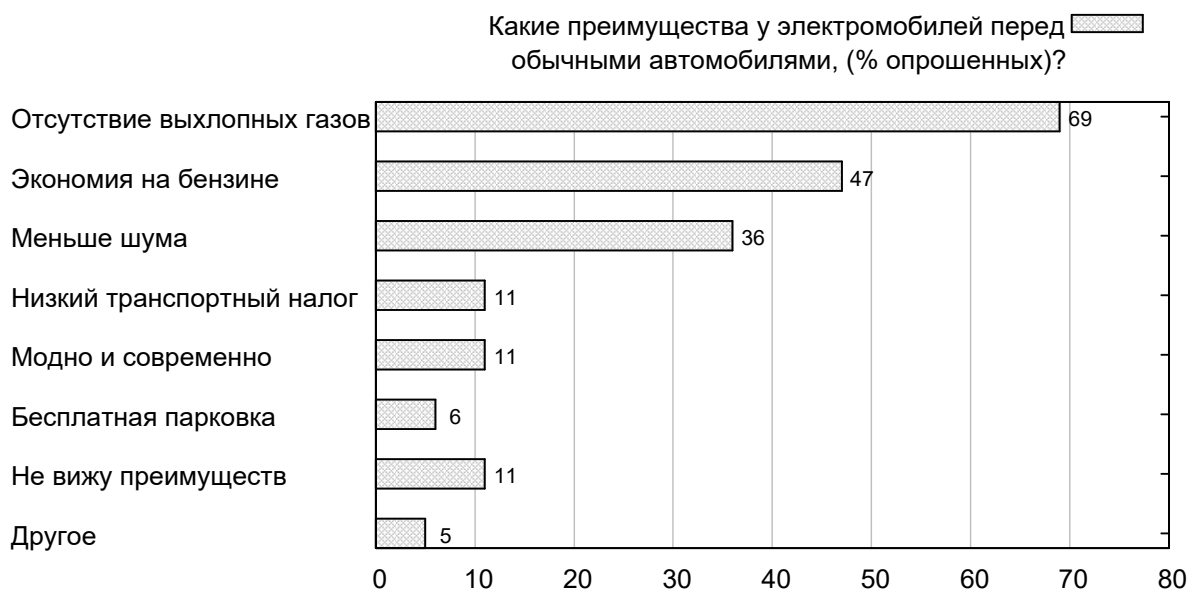


Рис.2. Ответы на вопрос о преимуществах электромобилей

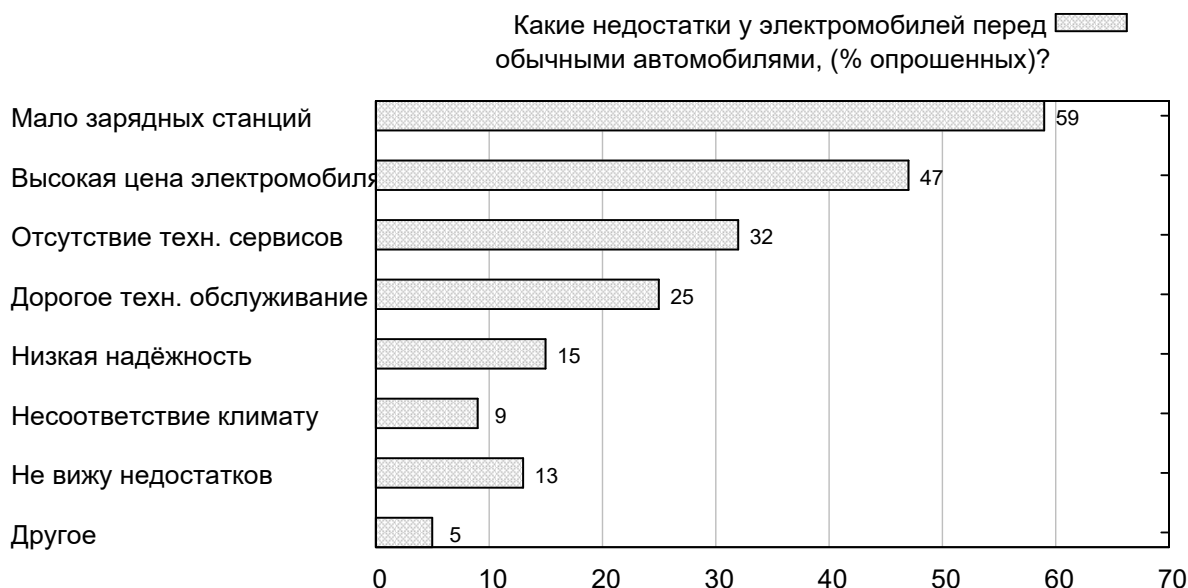


Рис.3. Ответы на вопрос о недостатках электромобилей

Основным недостатком электромобилей является длительное время, требуемое для их подзарядки по сравнению с количеством времени, необходимого для заправки обычных транспортных средств. Кроме того, зарядная инфраструктура в настоящее время также не так широко развита, как система традиционных заправочных станций. Задача проектирования инфраструктуры зарядных станций для электротранспорта является актуальной.

В настоящее время исследователи прилагают массу усилий для оптимального решения ряда задач, связанных с распространением электротранспорта. Например, таких, как минимизация эксплуатационных и капитальных затрат при развертывании зарядной инфраструктуры; оптимизация нагрузки на зарядную станцию; максимизация общих доходов, интеграции в зарядную инфраструктуру возобновляемых источников энергии (ВИЭ); оптимизация среднего уровня заряда батарей [6].

ства массового электромобиля поспособствует формированию и росту экосистемы новых технологий, в том числе отсутствующих или недостаточно разработанных в данный момент в России. Средства накопления энергии, электродвигатели и компоненты для них, алюминиевые конструкции и конструкции из композиционных материалов, технологии рекуперации энергии, микроэлектроника, а также сопутствующие технологии беспилотного управления и помощи водителю (Advanced Driver-Assistance Systems – ADAS) и др. – это малый список того на что может повлиять развитие данной отрасли [7].

На общесистемном уровне производство электротранспорта и его применение в городском хозяйстве, требующее внедрения новых цифровых технологий и платформенных решений, безусловно, способствует формированию киберфизических систем принципиально нового типа («умная фабрика», «умный город» и др.). При этом производство скажется на положительном повышении устойчивости развития предприятий, городов и других систем, повышении эффективности управления и уровня безопасности, снижении финансовых и временных затрат, сокращении расходов на обслуживание инфраструктур, увеличении скорости процессов, обеспечении их прозрачности и наблюдаемости, росте энергоэффективности и сокращении негативного воздействия на окружающую среду.

Список использованных источников

1. Гринин А.Л. Анализируя глобальные проблемы XXI в. Обзор и прогноз на основе доклада Римского клуба «Come On!» / Гринин А.Л. // Век глобализации – 2020. – Т. 36 – № 4 – С.47–64.
2. Nemtinov V.A. Information support of decision making in urban passenger transport management / V.A. Nemtinov, Yu.V. Nemtinova, A.B. Borisenko, V.G. Mokrozub // Transport Problems – 2017. – Vol. 12 – No 4 – P.83–90.
3. Автостат. Количество электромобилей в России превысило 10 тысяч единиц [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/47243>.
4. НАФИ. Россияне не готовы пересаживаться на электромобили [Электронный ресурс]. URL: <https://nafi.ru/analytics/rossiyane-ne-gotovy-peresazhivatsya-na-elektromobili/>.
5. РусГидро. Развитие ЭЭС РусГидро, рынка электромобилей и зарядной инфраструктуры на Дальнем Востоке [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rushydro.ru/upload/iblock/027/Analiticheskij-otchet-EZS-RusGidro.pdf>.
6. Борисенко А.Б. Задача интеграции фотоэлектрических панелей в инфраструктуру зарядных станций / А.Б. Борисенко, В.А. Немтинов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Сборник материалов X Всероссийской конференции. Оренбург, 2021. – 275–279с.
7. Санатов Д.В. Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России / Д.В. Санатов, А.М. Абакумов, А.Ю. Айдемиров, А.И. Боровков, И.Е. Васеев и др. – Санкт-Петербург, 2021.– 44с.

Секция

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ



УДК 004.912, 004.656

Печенин В. А., Печенина Е. Ю.
Самарский университет, Россия, г. Самара
e-mail: vadim.pechenin2011@yandex.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ПОДХОДЯЩИХ ПУБЛИКАЦИЙ В БАЗАХ ДАННЫХ ЦИТИРОВАНИЯ

Pechenin V. A., Pechenina E. O.
Samara National Research University, Russia, Samara
e-mail: vadim.pechenin2011@yandex.ru

DEVELOPMENT OF AUTOMATION SYSTEM FOR SEARCHING FOR SUITABLE PUBLICATIONS IN CITATION DATABASES

Аннотация. Разработана система автоматизации поиска статей, подходящих выбранному исследованию. В системе используется глубокая нейронная сеть *LSTM* архитектуры. Таким образом, нейронная сеть классифицирует статьи на два класса: подходят / не подходят автору.

Ключевые слова: глубокое обучение, система, модуль, токен, граф, поиск в ширину.

Abstract. A system for automating the search for articles suitable for the selected study has been developed. The system uses a deep neural network LSTM architecture. Thus, the neural network classifies articles into two classes: suitable / not suitable for the author.

Keywords: deep learning, system, module, token, graph, breadth-first search.

Введение

Известно, что поиск подходящего научного журнала, где можно опубликовать научный труд, может занять много времени. Кроме того, много времени занимает поиск литературы учеными по теме своих исследований, ее изучение, формирование необходимого и достаточного литературного обзора по теме исследования.

Современные базы данных цитирования (например, Scopus, eLIBRARY) в данном случае предоставляют как большие возможности, так и большие трудности: на анализ такого большого объема информации ученый, или даже группа исследователей зачастую не имеют достаточно много времени. Решением является автоматизация поиска, осуществляемая с использованием методов машинного обучения (нейронных сетей), направленных на обработку естественного языка.

Целью работы является разработка системы автоматизации поиска статей, подходящих выбранному исследованию. В системе используется глубокое обучение. Таким образом, нейронная сеть будет классифицировать статьи на два класса: подходят / не подходят автору.

1. Описание разработанной системы

Разработанная система имеет модульную архитектуру, изображенную на рис. 1.

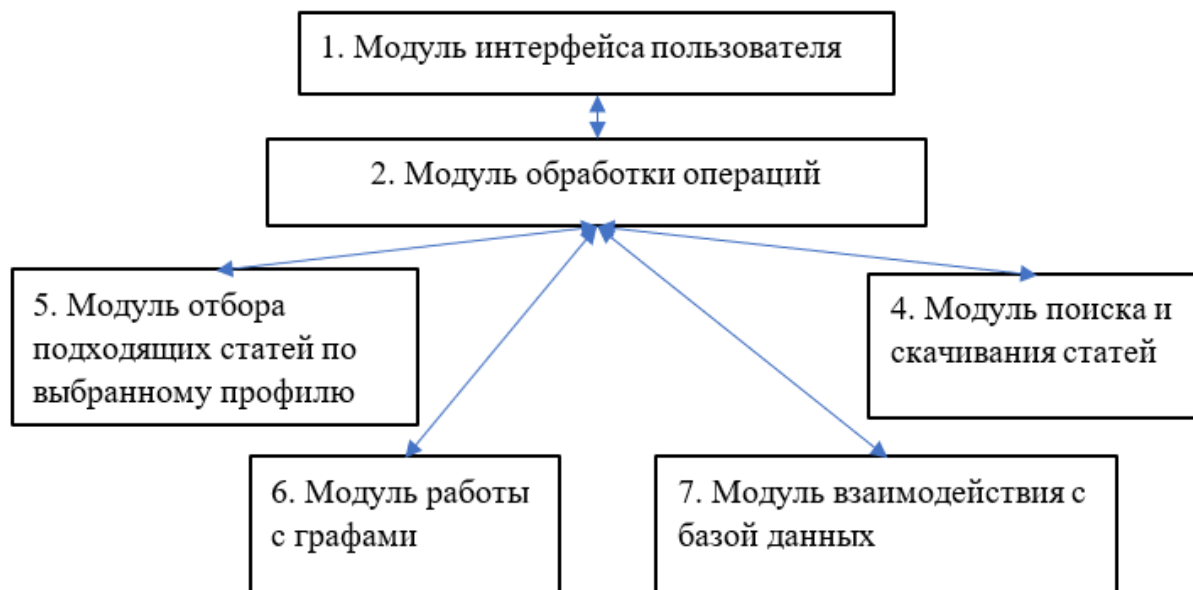


Рис. 1. Архитектура системы

Первый модуль предназначен для формирования элементов пользовательского интерфейса и вызовов операций обработки данных. Модуль обработки операций реализует бизнес-логику программной системы. Он вызывает операции сервера проведения расчётов, обеспечивает ведение справочников системы, формирует требуемые отчеты, а также предоставляет инструментарий для администрирования пользователей системы.

Модуль поиска и скачивания статей реализует функцию скачивания аннотаций и другой информации по статьям на основании количественных и категориальных фильтров, настраиваемых пользователем. Новизной системы является модуль отбора подходящих статей по выбранному профилю, ядром которого является использование рекуррентных нейронных сетей с ячейкой LSTM [1], позволяющих классифицировать статьи по степени соответствия с выбранной статьей или группой статей. Модуль работы с графами позволяет работать со ссылками на выбранную исследователем статью, строя граф и реализуя поиск по нему близких к требуемому исследованию.

Модуль взаимодействия с базой данных позволяет сохранять информацию по скачанным аннотациям и другой библиографической информации.

Рассмотрим подробнее реализацию модулей № 5 и 6 созданной системы.

1.1 Архитектура нейронной сети

Для обработки текстовой информации, слова преобразуются в векторы с использованием специально обученных нейронных сетей. Стандартом в данной области является программное обеспечение *Word2vec* [1], которое было использовано в исследовании.

Используемая для отбора подходящих статей нейронная сеть *LSTM* содержит M нейронов в скрытом слое и выходной слой с одним нейроном и сигма-функцией активации [2]. Между *LSTM* и выходным слоем располагается слой дропаута [3] с парамет-

ром вероятности, с которой нейроны выбрасываются из слоя $p=0,2$. Количество *LSTM* нейронов зависит от количества токенов, подаваемых на входе в нейронную сеть. Архитектура используемой нейронной сети приведена на рис. 2.

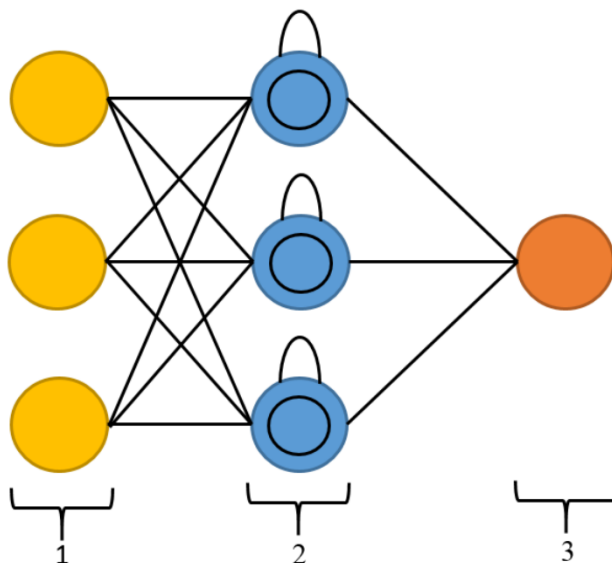


Рис. 2. Архитектура используемой нейронной сети
1 – входной слой, 2 – слой LSTM, 3 – выходной слой с сигма-функцией

Для оценки ошибок классификации нейронной сети вычислялись значения матрицы ошибок [3]. Кроме того, использовался коэффициент точности $\delta_{\text{клас}}$, вычисляемый как отношения количества правильно классифицированных объектов $N_{\text{прав}}$ к общему количеству объектов $N_{\text{общ}}$ выборки:

$$\delta_{\text{клас}} = N_{\text{прав}} / N_{\text{общ}}. \quad (1)$$

Рассчитывалось значение F-меры точности [3]. При обучении в качестве функции потерь L_f была использована бинарная кросс-энтропия [3].

1.2 Использование алгоритма поиска в ширину по ссылкам

Проработка дополнительного поиска подходящих публикаций выполняется с использованием алгоритмов поиска по графам в отдельном модуле. В качестве ребер графа выступают ссылки на найденные статьи, подходящие автору, вершинами являются сами статьи. Таким образом будут подобраны статьи из прежних лет, подходящих для проводимого исследования.

Функция активации выходного слоя – сигмоида, соответственно ее значения лежат в диапазоне от 0 до 1. Классификация (принадлежность исследования к тематике автора) происходит простым округлением значения функции активации до ближайшего целого, 0 – статья не относится к исследованию, 1 - статья близка исследованию. Используя значения выходного слоя, можно каждой статье (аннотации), прошедшей через обученную нейронную сеть, дать степень соответствия исследованию, от 0 до 1.

В начале находится статья (с использованием нейронной сети или самим автором), по теме исследования. Если на статью существуют ссылки, то можно построить взвешенный граф. С использованием алгоритма поиска в ширину [4] находятся статьи, связанные с рассматриваемой работой. Алгоритм поиска останавливается при достижении

целого числа m , характеризующего охват ссылок в ширину, или если статьи со ссылками закончились.

Затем, производится расчет весов в графе с помощью оценки схожести статьи на основании используемой нейронной сети *LSTM*. Граф становится взвешенным. На рис.3 изображен пример такого взвешенного графа.

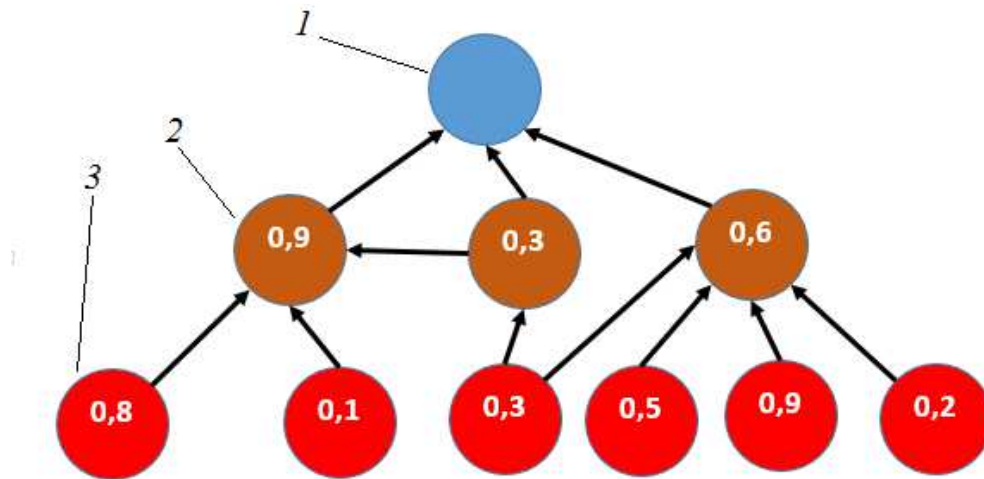


Рис. 3. Пример взвешенного графа статей

1 – статья автора, 2 – статьи, ссылающиеся на статью 1, 3 – статьи третьего уровня

Выбирается вершина с наибольшим весом, по алгоритму поиска в ширину ищется кратчайший путь (по графу без весов). Из статей, входящих в данный кратчайший путь, выбираются имеющие вес больший или равный 0.5. Вершины пути, кроме первой, убираются из графа. Затем опять выбирается статья с наибольшим весом из оставшихся и цикл повторяется заданное количество раз, которое при большом объеме ссылок может быть ограниченным.

2. Результаты работы

Система поиска была реализована на языке *Python*. Остальной перечень технологий в модуле получения данных разработанной системы следующий: библиотека *publiometrics* – обёртка над *Scopus API*, позволяющая автоматизировать поиск по базе цитирования; библиотека *pyodbc* для реализации доступа к базам данных при помощи протокола *ODBC*; библиотеки *pickle*, *json* - используются для хранения промежуточных данных. Модуль позволяет выполнять сбор данных из статей из цитирования базы *Scopus*. Пользователь задает временной период и журнал. Полученная информация сохраняется в базе данных, в качестве система управления реляционными базами данных использована *Microsoft SQL Server*.

В базе данных, помимо информации о статье, храниться информация об авторе, журнале и месте работы автора, ссылках на статью.

Сохраненная в базе данных информация по статьям группируется информация по статьям, для проведения экспериментов по определению подходящих статей используется поле аннотации.

Для каждого слова в аннотации с использованием *Word 2 vec* был получен вектор длиной в 300 значений. Каждая аннотация либо усекалась, либо дополнялась нулями до N токенов.

Всего для проведения обучения и тестирования было скачено 20 000 статей за 2016-2020 годы. В качестве профиля ученого, для которого выполняется поиск, был выбран профиль автора с *ID 56401223700* и статья «*Neural network training procedure for machine vision systems in aerospace industries*». В соответствии с данным профилем были размечены подходящие и не подходящие по темам исследования автора статьи. Величина обучающей выборки составила 16000 статей (80%), остальные были использованы для тестирования. Были проведены эксперименты по исследованию влияния количества входных токенов и нейронов в *LSTM* на точность работы сети. На рис. 4 приведены графики величины точности и функции потерь при обучении и тестировании.

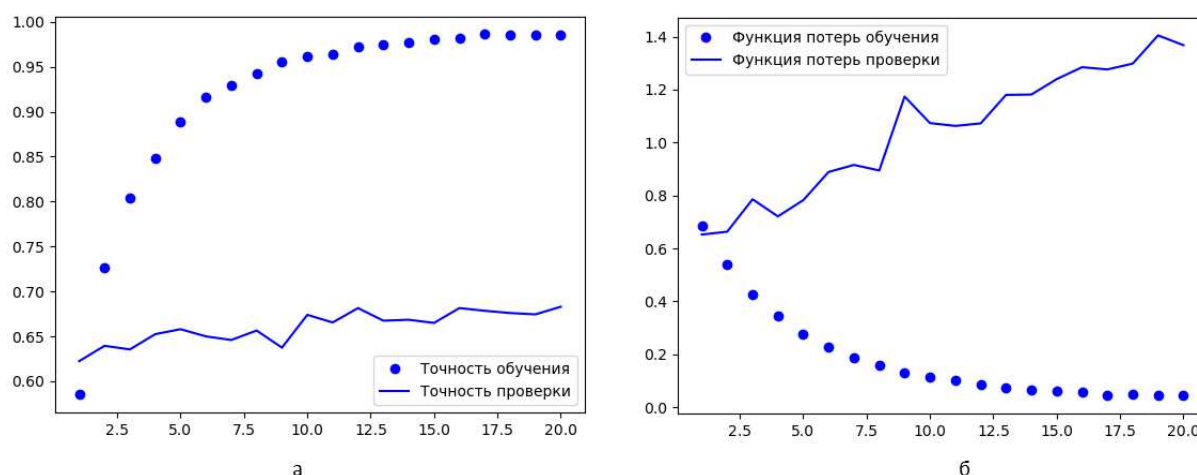


Рис. 4. Графики изменения а) точности; б) функции потерь по эпохам

Максимальная величина в выборке составила 312 токенов, минимальная 8, средняя величина 123. Размер N , по которому аннотация либо усекалась, либо дополнялась нулями, был в процессе исследования выбран 300 токенов. Оптимальным количеством нейронов M в *LSTM* было выбрано 50, каждый нейрон имел 351 весовой коэффициент.

На рисунке 3 приведен график зависимости коэффициента $\delta_{\text{класс}}$ от количества эпох, на рисунке 3 – график функции величины функции потерь L_f от количества эпох обучения.

Оптимальным количеством эпох обучения для рассматриваемой выборки и архитектуры было выбрано 7. Достигаемая точность классификации на тестовой выборке перестала улучшаться с 7 эпохи, а функция потерь начала расти, что говорит о переобучении.

После обучения нейронной сети была выбрана публикация, близкая по направлению исследований с выбранной. С Scopus были скопированы аннотации статей, связанных по ссылкам с выбранной. Глубина связей для остановки алгоритма была выбрана 4. Соответственно аннотации были классифицированы с помощью нейронной сети, каждой присвоен вес и отобраны статьи, подходящие и не подходящие автору. В таблице 1 приведены значения матрицы ошибок для обучающей, тестовой выборок и статей, ото-

бранных при помощи поиска по графу ссылок. TP – истинно положительные, TN – ошибочно положительные; FN – ошибочно отрицательные; TN – истинно отрицательные

Таблица 1. Матрицы ошибок выборок статей

Макет значений		Обучающая выборка		Тестовая выборка		Статьи, найденные по ссылкам	
TP	FP	1817	19	410	548	7	4
FN	TN	13	14151	96	2946	1	20

Чем выше значения по главной диагонали, тем точнее классификация. В частности, на обучающей выборке достигнута точность 0,998; на тестовой – 0,839, на статьях по ссылкам – 0,854. Значения F-меры соответственно равны 0,995, 0,834 и 0,859.

Заключение

Проведенное исследование является решением задачи подбора статей, соответствующих исследованиям в конкретной области, для выполнения литературных обзоров и выявления актуальности исследования. Дальнейшим развитием является добавления функций выбора авторов в данной тематике исследования для реализации механизмов взаимодействия с другими исследователями.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках гранта Президента Российской Федерации (номер МК-2156.2022.1.6).

Список использованных источников

1. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space / Т. Mikolov, К. Chen, D. Corrado, J. Dean // ArXiv. – 2013. – URL: <https://arxiv.org/abs/1301.3781> (дата обращения: 08.08.2022).
2. Траск Э. Грокаем глубокое обучение / Э. Траск. – Санкт-Петербург : Питер, 2019. – 352 с.
3. Николенко С.И. Глубокое обучение / С.И. Николенко, А. Кадурын, Е. Архангельская. – Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 480 с.
4. Кормен Т. Х. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, К. Штайн. — 3-е изд. — Москва :Издательский дом "Вильямс", 2013. — 1328 с.

УДК 004.9

Федорова Г. Н.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: galinafl44@mail.ru

**БАЗА ДАННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Fedorova G.N.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: galinafl44@mail.ru

**DATABASE OF CHARACTERISTICS OF METAL BLANKS OF A
MACHINE-BUILDING ENTERPRISE**

Аннотация. Представлена структура реляционной базы данных, предназначенной для хранения информации о качестве металла, поступающего на машиностроительные предприятия. Эта информация в дальнейшем учитывается при изготовлении изделий.

Ключевые слова: качество металла, база данных, машиностроительное предприятие.

Abstract. The structure of a relational database designed to store information about the quality of metal supplied to machine-building enterprises is presented. This information is further taken into account in the manufacture of products.

Keywords: metal quality, database, machine-building enterprise.

Характеристики металлических заготовок в значительной степени определяют качество конечной продукции, выпускаемой машиностроительными предприятиями. Поэтому контролю качества поступающего на предприятие металла уделяется большое внимание. Существуют разрушающие и неразрушающие методы контроля качества металла. Разрушающий контроль позволяет определить пределы прочности и ползучести металла. Методы неразрушающего контроля позволяют определить наличие внутренних дефектов.

Информация о качестве, поступающего на предприятие металла должна храниться и в дальнейшем связываться с информацией об изделии, изготовленном из этого сырья.

Хранение информации о качестве поступающего металлического сырья осуществляется в реляционной базе данных, структура которой представлена на рис. 1.

Таблица «Сортамент» представляет собой реестр металлического сортамента. В поле наименование вносится полное наименование сортамента, например, «Лист БТ-ПВ-О-08х1250х2500 ГОСТ 19904-74 П-ВГ-08Ю ГОСТ 9045-93».

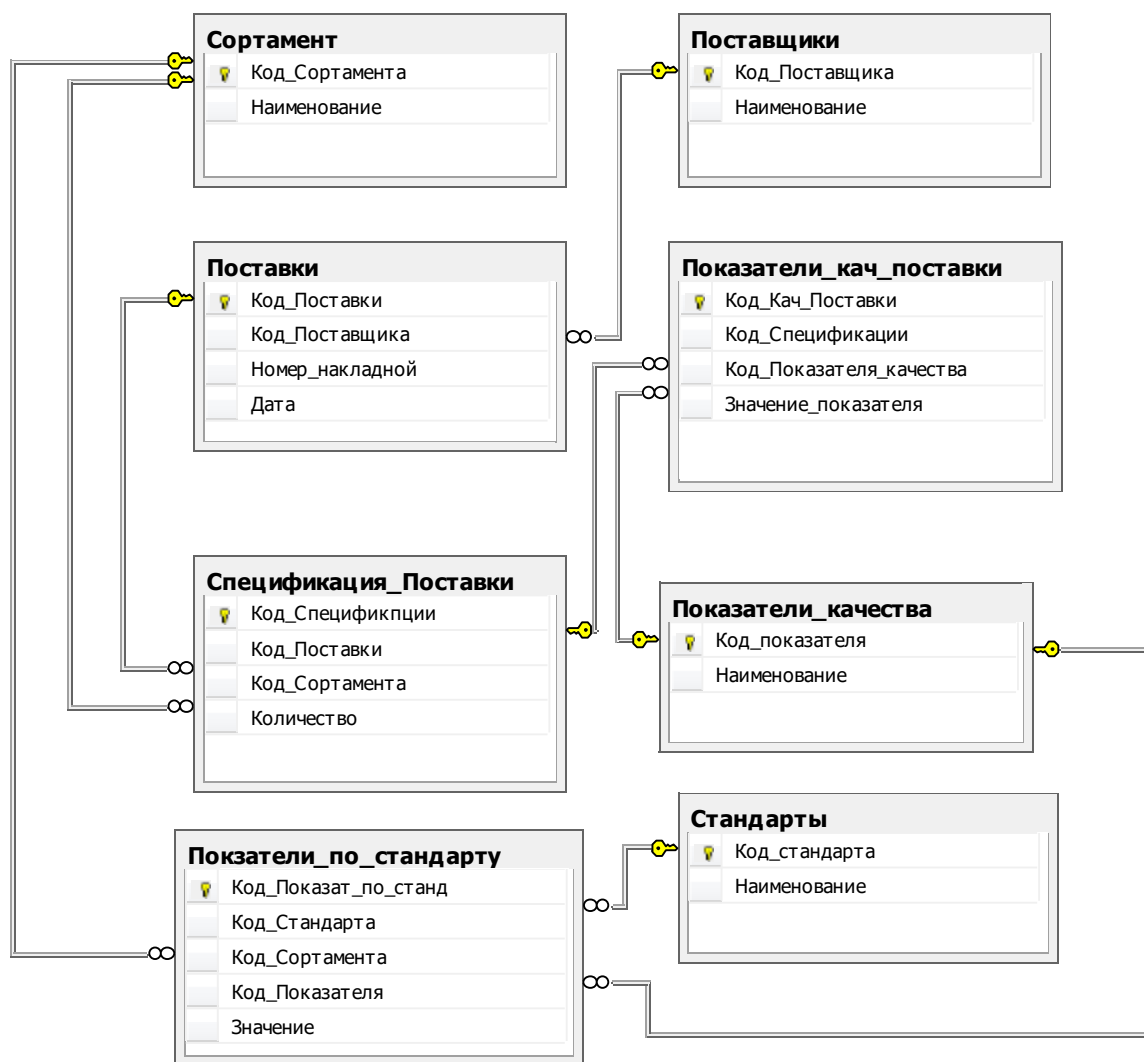


Рис. 1. Структура базы данных для учета качества металлического сортамента

Таблица «Поставки» представляет собой товарно-транспортную накладную. В таблице «Спецификация поставки» описывается, что поставляется и в каком количестве. Таблица «Показатели качества» содержит реестр всех показателей качества металла, например, «Предел прочности», «Твердость» и др. В таблице «Показ_кач_поставки» в поле «Значение_показателя» находится измеренное значения показателя качества металла, поступившего по определенной накладной. В таблицах «Стандарты» и «Показатели_по_стандарту» содержатся данные о показателях качества, регламентированные соответствующим стандартом.

Представленная структура базы данных является упрощенной и служит лишь для описания принципа хранения показателей качества поступающего на машиностроительное предприятие металла.

Эта структура используется при создании с участием автора системы автоматизированного проектирования и управления машиностроительным предприятием [1-7]. При этом решается следующая задача. При заданных показателях качества сырья подобрать технологические параметры производства таким образом, чтобы обеспечить

получение продукта с заданными показателями качества. Эта задача актуальна для технолога цеха, когда сырье уже закуплено и поступило в цех, и необходимо произвести продукт, удовлетворяющий требованиям нормативного документа на его производство, или продукт.

Список использованных источников

1. Немтинов, В.А. Информационная модель объекта сложной технической системы / В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб, Ю.В. Немтинова, Е.С. Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 41-43.
2. Мокрозуб, В.Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В.Г. Мокрозуб, Е.Н. Малыгин, С.В.Карпушкин – Текст: непосредственный // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 364-373.
3. Мокрозуб, В.Г. Процедурные и информационно-логические модели планирования выпуска продукции и ремонтов технологического оборудования многоассортиментных производств / В.Г. Мокрозуб, С.Я. Егоров, В.А. Немтинов – Текст: непосредственный // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 2. – С. 72-76.
4. Мокрозуб, В.Г. Интеллектуализация механических расчетов в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования» / В.Г.Мокрозуб // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 2. – С. 34-40.
5. Мокрозуб, В.Г. Выбор типов аппаратов при проектировании многоассортиментных химических производств / В.Г. Мокрозуб, И.В. Фарахшина, Х.Ф.Х. Ал-Магусии, К.А. Меркушова // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2020 – № 3. С. 203-207.
6. Мокрозуб, В.Г. Унификация представления задач технологического проектирования многоассортиментных химических производств / В.Г. Мокрозуб, С.В. Карпушкин, Е.Н. Малыгин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2019. № 6. С. 37-40.
7. Mokrozub, V.G.Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Т. 53. № 5-6. С. 326-331.

УДК 004.9

Нагайцев И.В.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: nagan68@mail.ru

ПРИМЕНЕНИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Nagaytsev I.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: nagan68@mail.ru

THE USE OF NEURAL NETWORKS FOR THE AUTOMATED DEVELOPMENT OF MANUFACTURING TECHNOLOGY OF PARTS

Аннотация. Описан подход к созданию интеллектуальных систем автоматизированного составления технологии изготовления деталей на машиностроительных предприятиях на основе искусственных нейронных сетей. Использование нейронной сети для формирования технологического процесса рассмотрено на примере плоского приварного фланца.

Ключевые слова: технология, автоматизированные системы, проектирование, искусственные нейронные сети.

Abstract. An approach to the creation of intelligent systems for automated compilation of manufacturing technology for parts at machine-building enterprises based on artificial neural networks is described. The use of a neural network for the formation of a technological process is considered on the example of a flat welded flange.

Keywords: technology, automated systems, design, artificial neural networks.

Нынешняя острая конкуренция на глобальном и внутреннем рынке постоянно требуют от предприятий производить продукцию более высокого качества с гораздо меньшими затратами. Таким образом, имеющиеся средства проектирования требуют смены парадигмы в разработке технологических процессов.

В последнее время набирают популярность искусственные нейронные сети, которые в свою очередь выполняют такие задачи как классификация, распознавание образов и прогнозирование во многих дисциплинах. Исходя из этого, целесообразно использовать данные методы в проектировании технологических процессов.

Простая нейронная сеть состоит из входного слоя, любого количества скрытых слоев и выходного слоя, рис.1.

Каждый слой содержит в себе определенное количество нейронов X . Входные данные, поступающие в нейрон, умножаются на некоторое значение – вес связи w , диапа-

зон которого обычно находится в пределах от -1 до 1. Веса действуют как механизм, позволяющий сосредоточиться на определенных входных данных или игнорировать их. Нейрон принимает входные данные, выполняет с ними некоторые вычисления и передает полученный результат нейронам на следующем слое, предварительно умноженный на вес соответствующей связи. Таким образом, входные данные пройдя всю структуру нейронной сети формируют выходные данные. Результат, полученный на выходе из нейронной сети, сравнивается с ожидаемым, и рассчитывается ошибка, на основании которой корректируются веса связей между нейронами. Этот процесс называется обратным распространением ошибки, с помощью которого обучается нейронная сеть. Корректировка весов производится до тех пор, пока выходные данные нейронной сети не совпадут с ожидаемым результатом в заданной точности.

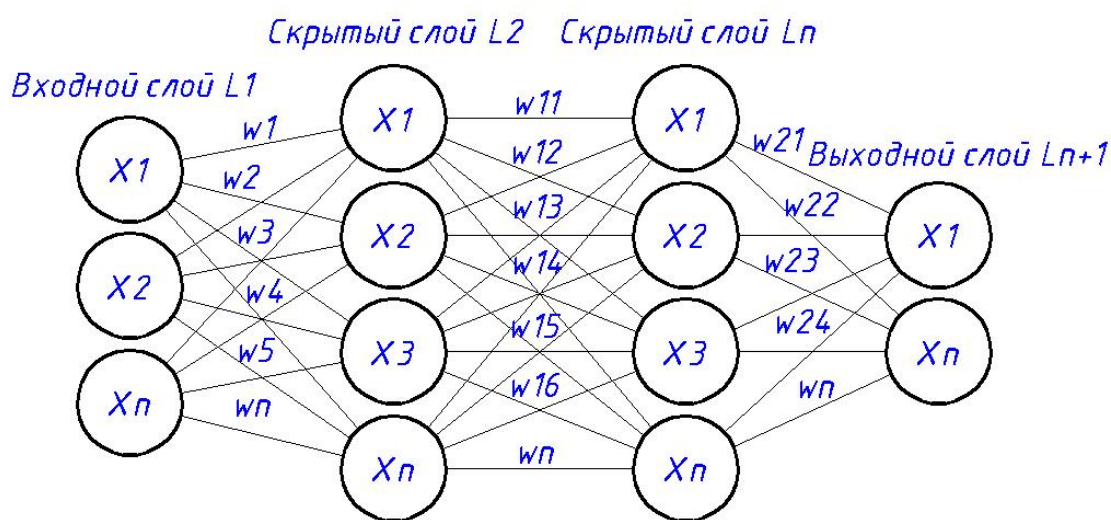


Рис. 1. Представление нейронной сети

Для обучения нейронной сети составляется набор данных или обучающая выборка, состоящая из входных и результирующих параметров.

Использование нейронной сети для формирования технологического процесса рассмотрим на примере фланца тип 01 ГОСТ33259-2015. Процесс изготовления будет зависеть от ключевых параметров таких как наружный D и внутренний $d_{вн}$ диаметры фланца, толщина b , количество n и диаметр d_0 отверстий, диаметр болтовой окружности D_1 рис.2., а также материала заготовки

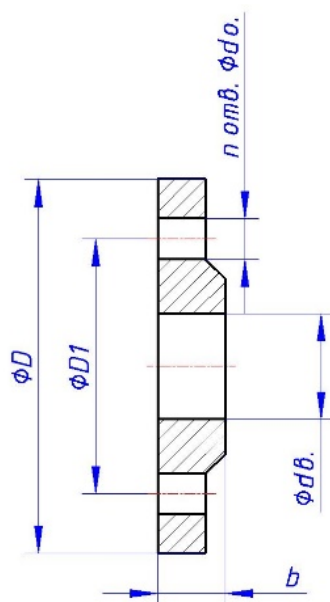


Рис. 2. Параметры фланца

На основании разработанных ранее технологических процессов формируется набор обучающих данных, в которых просматривается определенная логика выбора технологии изготовления. В качестве входных данных используются параметры фланца, на выходе соответствующий этим параметрам технологический процесс рис.3.

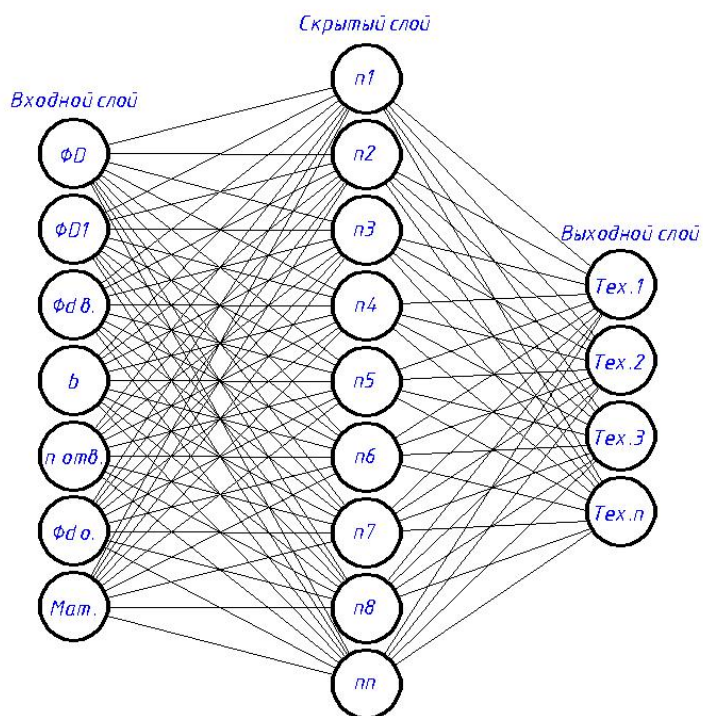


Рис. 3. Нейронная сеть, определяющая технологический процесс изготовления фланца

Количество входных нейронов будет соответствовать количеству ключевых параметров фланца, а количество выходных нейронов зависит от количества уникальных типовых технологических процессов изготовления.

Данная нейронная сеть после обучения и получения параметров фланца будет способна определить по какой технологии следует изготовить деталь, следует подчеркнуть, что этот подход к проектированию выполняет консультативную роль, и окончательное решение всегда принимает инженер-технолог.

Представленный подход используется для создания автоматизированной системы проектирования и управления и машиностроительными производствами [1-4].

Список использованных источников

1. Mokrozub, V.G Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. – Т. 53. – № 5-6. – С. 326-331.
2. Немтинов, В.А. Информационная модель объекта сложной технической системы / В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб, Ю.В. Немтинова, Е.С.Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 41-43.
3. Мокрозуб, В.Г. Процедурные и информационно-логические модели планирования выпуска продукции и ремонтов технологического оборудования многоассортиментных производств / В.Г. Мокрозуб, С.Я.Егоров, В.А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 2. – С. 72-76.
4. Мокрозуб, В.Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В.Г. Мокрозуб, Е.Н. Малыгин, С.В. Карпушкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 364-373.

УДК 004.9

Порошин С.В., Дьяков Г.А.

¹ Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: poroshin_sv@zavkoms.ru

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СВОЙСТВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Poroshin S.V., Dyakov G.A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: poroshin_sv@zavkoms.ru

THE STRUCTURE OF THE DATABASE FOR STORING THE PROPERTIES OF DEVICES OF MACHINE-BUILDING INDUSTRIES

Аннотация. Представлена структура реляционной базы данных, предназначенной для хранения информации о приспособлениях, необходимых при изготовлении машиностроительных изделий. В результате выполнения запроса подбирается необходимое приспособление, его размеры экспортируются в параметрический чертеж, и на выходе имеем рабочий чертеж приспособления

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, приспособления, машиностроительное производство.

Abstract. The structure of a relational database designed to store information about devices needed in the manufacture of machine-building products is presented. As a result of executing the request, the necessary device is selected, its dimensions are exported to a parametric drawing, and at the output we have a working drawing of the device.

Keywords: computer-aided design, adaptations, machine-building production.

Разрабатываемая система автоматизированного проектирования предназначена для решения двух основных задач:

- подбор приспособления для новой детали из уже имеющихся, по заданным характеристикам;
- проектирование нового типового приспособления.

На сегодняшний момент на предприятиях накоплен большой объем чертежей технологической оснастки, хранящихся в архивах под определенным шифром. Поэтому подбор приспособления для нового изделия из уже имеющихся очень затруднителен, зачастую проще спроектировать новое.

Предлагаемая система автоматизированного проектирования технологической оснастки позволяет подобрать приспособление для новой детали по определенным свойствам (вид механической обработки, размер детали, базовые поверхности и т.д.).

Это реализовано в виде базы данных, включающей шифры приспособлений, их геометрические размеры и модели станков, параметрических чертежей типовых элементов приспособлений и параметрических сборок. Поиск по базе осуществляется по запросу (рис.1), который формируется в следующей последовательности: вид механической обработки, габариты обрабатываемой детали, точность изготовления, размер базовой поверхности. В результате выполнения запроса подбирается необходимое приспособление, его размеры экспортируются в параметрический чертеж, и на выходе имеем рабочий чертеж приспособления.

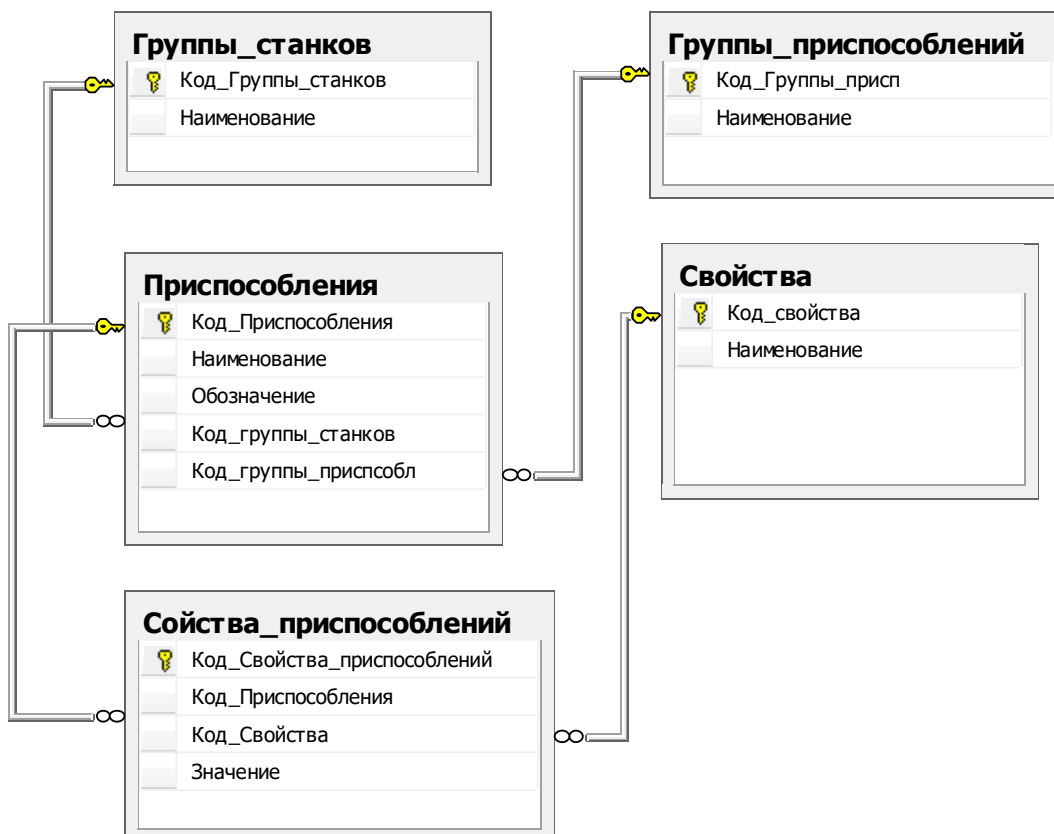


Рис.1. Структура базы данных для хранения свойств приспособлений машиностроительных производств

Представленная структура базы данных является упрощенной и служит лишь для описания принципа хранения свойств приспособлений

Эта структура используется при создании с участием автора системы автоматизированного проектирования и управления машиностроительным предприятием [1-7].

Список использованных источников

1. Немтинов, В.А. Информационная модель объекта сложной технической системы / В.А.Немтинов, В.Г. Мокрозуб, Ю.В. Немтинова, Е.С. Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 41-43.
2. Мокрозуб, В.Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В.Г. Мокрозуб, Е.Н. Малыгин, С.В.Карпушкин – Текст: непосредственный // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 364-373.
3. Мокрозуб, В.Г. Процедурные и информационно-логические модели планирования выпуска продукции и ремонтов технологического оборудования многоассортиментных производств / В.Г. Мокрозуб, С.Я. Егоров, В.А. Немтинов – Текст: непосредственный // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 2. – С. 72-76.
4. Мокрозуб, В.Г. Интеллектуализация механических расчетов в виртуальном кабинете «Конструирование технологического оборудования» / В.Г. Мокрозуб // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 2. – С. 34-40.
5. Мокрозуб, В.Г. Выбор типов аппаратов при проектировании многоассортиментных химических производств / В.Г. Мокрозуб, И.В. Фарахшина, Х.Ф.Х. Ал-Магсусии, К.А. Меркушова // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2020 – № 3. С. 203-207.
6. Мокрозуб, В.Г. Унификация представления задач технологического проектирования многоассортиментных химических производств / В.Г. Мокрозуб, С.В. Карпушкин, Е.Н. Малыгин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2019. № 6. С. 37-40.
7. Mokrozub, V.G. Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Т. 53. № 5-6. С. 326-331.

УДК 004.9

Мокрозуб В.Г.¹, Федорова Г.Н.¹, Алжанов А.С.²

¹ Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: mokrozubv@yandex.ru,

² Главное управление МЧС России по Тамбовской областит, Россия, г. Тамбов,
e-mail: aljanov200786@ yandex.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ НА КАЧЕСТВО ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Mokrozub V.G.¹, Fedorova G.N.¹, Alzhanov A.S.²

¹ Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: mokrozubv@yandex.ru

² The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations
of Russia in the Tambov region, Russia, Tambov
e-mail: aljanov200786@ yandex.ru

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF RAW MATERIAL QUALITY ON QUALITYFINISHED PRODUCTS

Аннотация. Описана структура информационной системы, позволяющей собрать статистику качества выпуска готовой продукции от качества сырья. Обработка собранных данных позволит при заданных показателях качества сырья подобрать технологические параметры производства таким образом, чтобы обеспечить получение продукта с заданными показателями качества.

Ключевые слова: сырье, показатели качества, готовая продукция.

Abstract. The structure of the information system is described, which allows collecting statistics on the quality of finished products from the quality of raw materials. Processing of the collected data will allow, with the specified indicators of the quality of raw materials, to select the technological parameters of production in such a way as to ensure the receipt of a product with the specified quality indicators.

Keywords: raw materials, quality indicators, finished products.

Качество готовой продукции химического предприятия зависит от качества сырья и технологических параметров производственного процесса. Для малотоннажных многоассортиментных производств характерно использование одного и того же сырья для нескольких видов продукции. Причем нормативные показатели качества сырья (концентрация, наличие примесей, внешний вид и др.) для разных видов продукции могут не отличаться, отличаться значительно или незначительно. Нормативные документы регламентируют показатели качества химических веществ в определенных пределах, от минимально до максимально допустимого. Это значит, что хотя используемое сырье и

будет удовлетворять стандарту, показатели качества продукта, полученного из этого сырья, могут значительно отличаться. В свою очередь потребители продукта могут ставить жесткие требования, как ко всему спектру показателей качества, так и к отдельным составляющим, определяемым уже их технологическими процессами. Так для одного и того же красителя кожевенная и текстильная промышленность ставят разные требования к показателям качества.

Из сказанного выше можно выделить ряд задач, которые особенно актуальны для действующего производства.

1) Произвести оценку показателей качества продукта, если известны технологические параметры его производства и показатели качества сырья. Решение этой задачи позволит направить сырье на производство продукта с максимальным получением прибыли или закупить такое сырье, которое позволит получить несколько разных продуктов. В последнем случае может быть поставлена многокритериальная задача оптимизации или же опять оптимизация по прибыли.

2) При заданных технологических параметрах производства продукта подобрать показатели качества сырья такие, чтобы обеспечить заданные показатели качества продукта. Эта задача актуальна для отдела снабжения, при поиске производителя продукции. Если заданные показатели качества продукта изменяются в определенных пределах, то возможен подбор сырья с оптимальным соотношением цены и качества сырья.

3) При заданных показателях качества сырья подобрать технологические параметры производства таким образом, чтобы обеспечить получение продукта с заданными показателями качества. Эта задача актуальна для технолога цеха, когда сырье уже закуплено и поступило в цех, и необходимо произвести продукт, удовлетворяющий требованиям нормативного документа на его производство, или продукт, удовлетворяющий требованиям конкретного потребителя.

Для всего завода решить перечисленные задачи очень сложно из-за большой их размерности. Число выпускаемых продуктов на предприятиях по производству красителей несколько сотен. Это значит надо составить несколько сотен математических моделей, описывающих зависимость показателей качества продукта от показателей качества сырья и параметров технологического процесса. Вероятнее всего, это будут стохастические математические модели, хотя бы на первом этапе.

В любом случае для составления математических моделей потребуются данные о показателях качества сырья и готовой продукции. Для целей сбора этих данных авторами разработана и внедрена в Тамбовском ОАО «Пигмент» автоматизированная система учета качества поступающего сырья и готовой продукции. Система представляет собой реляционную базу данных, структура которой представлена на рис. 1.

Кроме того представленная система позволяет вести остатки на складе готовой продукции по партиям с учетом показателей качества, выписывать приходные и расходные документы и др.

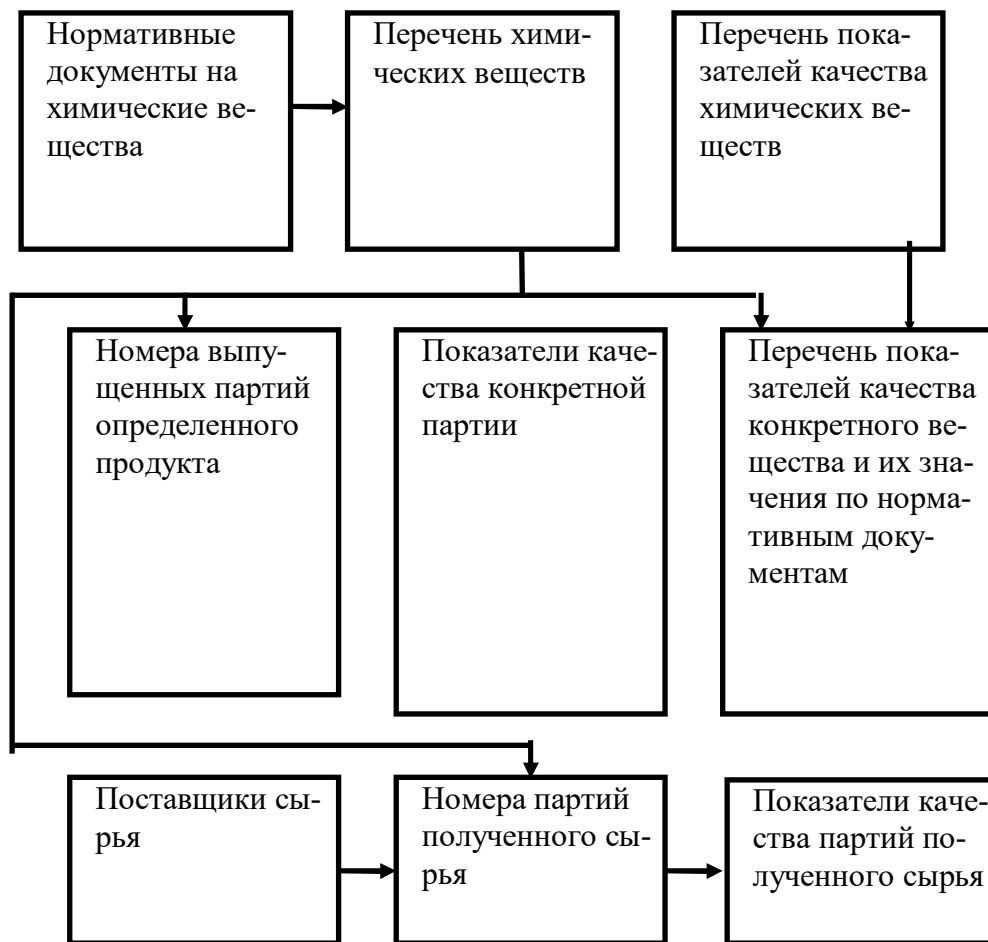


Рис. 1. Структура системы учета качества сырья

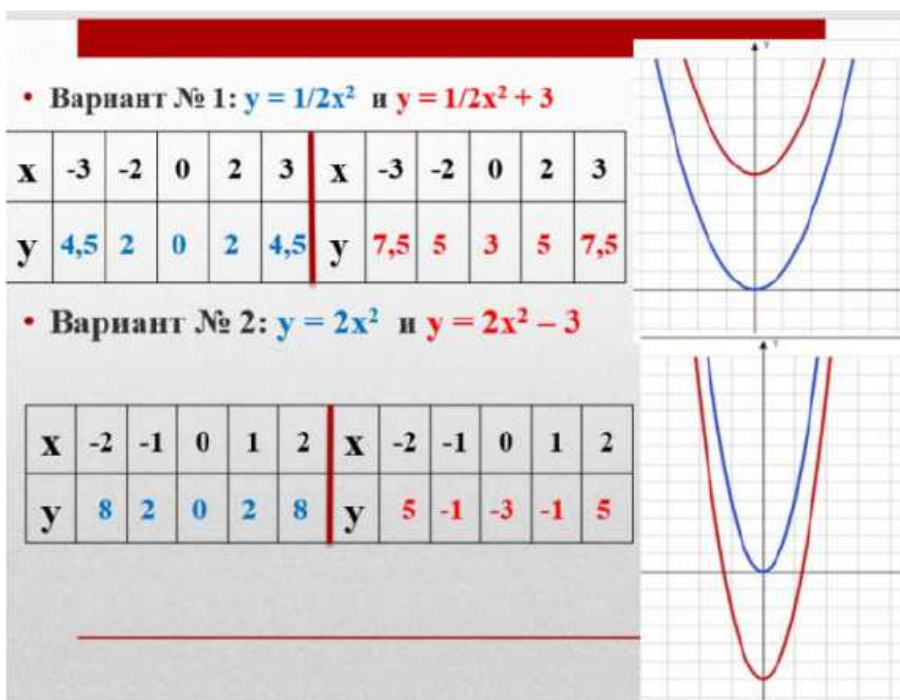
Представленный подход используется авторами для создания автоматизированной системы проектирования и управления химическими и машиностроительными производствами [1-5].

Список использованных источников

1. Mokrozub, V.G Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. – Т. 53. – № 5-6. – С. 326-331.
2. Немтинов, В.А. Информационная модель объекта сложной технической системы / В.А.Немтинов, В.Г. Мокрозуб, Ю.В.Немтинова, Е.С.Егоров // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 41-43.
3. Мокрозуб, В.Г. Процедурные и информационно-логические модели планирования выпуска продукции и ремонтов технологического оборудования многоассортиментных производств / В.Г.Мокрозуб, С.Я.Егоров, В.А.Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 2. – С. 72-76.
4. Мокрозуб, В.Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В.Г.Мокрозуб,Е.Н. Малыгин, С.В.Карпушкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 364-373.

Секция

ИНЖЕНЕРНАЯ ПЕДАГОГИКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБУЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ



УДК 378:013:005.963.1

Соловьев А.Н., Приходько В. М.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
(МАДИ), Россия, г. Москва
e-mail: soloviev@pre-admission.madi.ru

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И КОНЦЕПЦИЯ «НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ» VUCA

Solovyev A.N., Prikhodko V.M.

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University,
Russia, Moscow
e-mail: soloviev@pre-admission.madi.ru

ENGINEERING EDUCATION AND «UNCERTAINTY» CONCEPT VUCA

Аннотация. В работе рассматривается сложившаяся в современном мире ситуация «неопределенности», обсуждение которой в научной литературе принято отражать понятием VUCA (нестабильность – неопределенность – сложность – неоднозначность). Авторы считают, что сущность этого понятия двуедина: с одной стороны, оно относится к состоянию и перспективам развития некоторой сложной системы, а с другой – это характеристика понимания ситуации личностью. Приведены примеры систем из различных отраслей знания и их комбинаций, а также разобраны ситуации неопределенности в плане личных ожиданий. Обсуждается предложенное в литературе рассмотрение предвидения и понимания как антонимов нестабильности и неопределенности, а смелости и способность к адаптации, как антонимов сложности и неоднозначности. Рассматривается соотношение ситуации VUCA с концепцией «устойчивого развития» и общие тенденции по управлению ее компонентами. Особое внимание уделено анализу возможных путей обучения преодолению феномена «неопределенности» в системе инженерного образования. Обосновывается важность комплексного подхода к реализации подготовки студентов технических вузов: наряду с выработкой профессиональных компетенций необходимо формирование «мягких» психологических навыков.

Ключевые слова: инженерное образование, концепция неопределенности, устойчивое развитие, профессиональные компетенции, «мягкие» психологические навыки.

Abstract. The paper examines the current situation of «uncertainty» in the modern world, the discussion of which in the scientific literature is usually reflected by the concept of VUCA (instability – uncertainty – complexity – ambiguity). The authors believe that the essence of this concept is twofold: on the one hand, it refers to the state and prospects of development of some complex system, and on the other hand, it is a characteristic of understanding the situation by a person. Examples of systems from various branches of knowledge and their combinations given, as well as situations of uncertainty in terms of personal expectations analyzed.

The article discusses the consideration of foresight and understanding proposed in the literature as antonyms of instability and uncertainty, and courage and adaptability as antonyms of complexity and ambiguity. The correlation of the VUCA situation with the concept of «sustainable development» and general trends in the management of its components are considered. Special attention paid to the analysis of possible ways to overcome the phenomenon of «uncertainty» in the system of engineering education. The importance of an integrated approach to the implementation in the training of technical universities' students substantiated. It means that along with the development of professional competencies, it is necessary to form «soft» psychological skills.

Keywords: engineering education, «uncertainty» concept, sustainable development, professional competencies, «soft» psychological skills.

Введение

Многие ученые из разных отраслей знания считают, что обстановка в современном мире все больше соответствует понятию, которое выражается англоязычным акронимом «VUCA» от слов «Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity», то есть она является нестабильной, неопределенной, сложной и неоднозначной. Принято считать, что термин VUCA был впервые использован в 1988 году в США в контексте военного прогнозирования [1]. В настоящее время он обсуждается в социологии [2], педагогике [3], экологии [4] и т.д. как новый феномен. Надо признать, что «новизна» этого феномена относительна, так как, с одной стороны, вся эволюция природы и общества происходит в условиях нестабильности, неопределенности, и различных катаклизмов, а с другой – с момента становления Homo Sapiens людей пугала неопределенность будущего, сложность его прогнозирования. В свою очередь, общение людей может приводить к неоднозначности взаимопонимания (Ambiguity!). Описание всех признаков VUCAмы приводим в разделе 3. При этом каждая из перечисленных выше наук предлагает свои способы противодействия четырем названным неблагоприятным условиям. Нередко свои предложения исследователи называют тем же самым словом «VUCA» и стараются выделить общие для всех наук принципы этого противодействия.

С нашей точки зрения в последнем случае уместна будет иная трактовка указанного выше акронима, которую В. George [1] в своей статье от 2017 г. называет VUCA 2.0. Он оптимистично призывает расшифровывать VUCA, как «Vision, Understanding, Courage and Adaptability», то есть: «предвидение, понимание, смелость и способность к адаптации». Семантический анализ показывает, что именно эти четыре названных понятия могут служить основой для формирования устойчивого развития, которое характеризуется как процесс согласованных друг с другом изменений в экономике и социуме, направленных на удовлетворение человеческих потребностей и устремлений [4]. Кроме того, такая позитивная психологическая установка, безусловно, должна позволить людям снимать стресс, вызванный «угрожающими» формулировками о сложностях, ожидающих человечество в будущем. Подтверждение последнего тезиса о возможной негативной реакции личности на пессимистические перспективы мы находим в работе [2], где рассматриваются принципы равновесия системы психологических, пси-

хических и социальных компонентов здоровья и практические советы по поддержанию баланса между ними в условиях неопределенности на основе определений, данных Всемирной организацией здравоохранения.

Термин «неопределенность» иногда используется в русскоязычной психолого-педагогической литературе в более узком смысле. А именно, как характеристика состояния, в котором оказывается человек при перемене его статуса, например, когда выпускник вуза поступил на работу, или сотрудник сменил место работы. Часто, в этом случае, используемое слово «неопределённость» включает в себя все четыре категории VUCA. Например, в работе [3] это описано так: «столкновение с проблемами многозадачности, быстрой смены и/или противоречивого контекста процессов и необходимости при этом их успешного выполнения, поиска и принятия решений в условиях недостатка объективной информации, преодоления неопределенности, требующей высокой производительности в нестабильной обстановке». Таким образом, если речь идет о современных студентах, то при их подготовке необходимо не только формировать у них компетенции по будущей профессии, но и готовить их к будущей деятельности психологически. Действительно, образование всегда было одним из краеугольных камней социальной эволюции и экономического роста. В наши дни, когда на повестку дня выходят вопросы устойчивого развития, сектор образования еще больше повышает свою значимость для социального, политического и экономического развития в мире в ближайшем и средне обозримом будущем. Целью настоящей работы является обсуждение путей преодоления феномена «неопределенности» при реализации подготовки в системе инженерного образования, предложенных разными авторами.

Ситуация VUCA и концепция «устойчивого развития»

Во введении мы выяснили, что акроним VUCA, с одной стороны, применяется как характеристика современного бурно изменяющегося мира, а с другой – объединяет научные исследования, посвященные разработке методов противодействия неопределенности и обучению этим методам. Последнее является актуальным для инженерной деятельности и подготовки студентов в технических вузах, обсуждаемых в настоящей статье.

В наши дни многие аспекты человеческой деятельности часто рассматривают через призму понятия «устойчивое развитие», что можно охарактеризовать одним словом «не навреди». В развернутом виде это означает в процессе экономических и социальных изменений, научно-технических преобразований обеспечивается сохранение природы, климата (экосистемы), здоровья людей, сбережение ресурсов и т.д. Например, ориентация на поддержание функционирования экосистем, которые обеспечивают значительную основу для благополучия человека, является неотъемлемой частью устойчивого развития [4]. Глубинные причины деградации экосистем, такие как глобальное изменение климата и постоянно растущие потребности человека, которые быстро меняют социально-экономические и политические ориентиры, часто не поддаются контролю в местном масштабе и требуют нового подхода к планированию и действиям в области управления экосистемам. Четыре слова, входящие в термин VUCA, в полной мере от-

носятся к текущему и будущему состоянию «устойчивого развития». Таким образом, широкое использование термина VUCA в настоящее время характеризует область знаний, которая сфокусирована на необходимости выработки способностей предвидения, планирования и принятия грамотных решений для продвижения к намеченной цели.

На первый взгляд, чтобы повысить предсказуемость будущего, нужно стремиться к увеличению объема знаний. Однако при этом игнорируется тот факт, что возрастающая сложность (усиление взаимосвязи социально-экономических и природных систем) по своей сути ограничивает познаваемость. Необходимо адаптивное управление, основанное на более или менее всестороннем анализе сложных ситуаций; которое представляют собой основу для систематической разработки стратегических решений с использованием концептуальных моделей. Эти модели должны включать как целевые показатели, так и факторы противодействия достижению этих показателей.

Системный подход

Мы считаем, что все компоненты VUCA (нестабильность, неопределенность, сложность и неоднозначность) можно считать относящимися к системе того или иного уровня. При этом под «системой» мы понимаем множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом. С одной стороны, это относится к реально существующим объединениям, а с другой – к моделям, созданным той или иной отраслью знаний для изучения объектов, действий, явлений.

Рассмотрим в качестве иллюстрации своего тезиса экосистемы, функционирование которых изучает экология. Заметим, что экосистемы обеспечивают основу благополучия человечества. Основные причины нарушения устойчивого развития, или деградации экосистем - это непредсказуемое изменение климата и постоянно растущие потребности человека в современном «обществе потребления». Мы видим яркий пример необходимости изучения нестабильности, неопределенности, сложности и неоднозначности, господствующих в экосистемах. В работе [4] было выявлено, что общим фактором преодоления VUCA при исследовании ряда экосистем, была необходимость «совместного управления небольших природоохранных объектов для решения крупномасштабных задач», то есть обосновано применение управленческого подхода, характерного для теории систем. Обсудим с этой точки зрения компоненты VUCA более подробно по очереди.

1. Нестабильность (волатильность) - это первый компонент аббревиатуры VUCA. В разных отраслях знания он относится к различным ситуациям. Например, социологи, изучая модели общественных явлений, под этим могут понимать изменение общественного мнения в силу меняющейся ситуации или агитации и т.д. В экономике волатильность часто связывают с деятельностью брокеров на биржах или с изменением спроса и предложения. В сельском хозяйстве – с природными катаклизмами. В промышленности – с нестабильностью поставок и качества исходных компонентов. Вместе с тем промышленность, сельское хозяйство, экономическое положение страны и ее граждан логично рассматривать как подсистемы более сложной системы – глобального

экономического пространства, которое для успешного функционирования нуждается в совместном исследовании всех подсистем и их будущего.

2. Неопределенность понимается как отсутствие доступной информации о будущих событиях, обстановке, отношениях с партнерами по бизнесу и т.д. В этом смысле неопределенность может возникнуть в сложных системах, в которых могут происходить непредвиденные взаимодействия. Другое понимание неопределенности относится к ситуации, когда информация доступна, но исследователь (прогнозист, лидер и т.д.) не понимает ее причинно-следственную связь с текущей или будущей ситуацией. Яркий пример неопределенности – долгосрочный прогноз погоды. Этот пример хорошо иллюстрирует адаптивное преодоление неопределенности. Совершенствование моделей изменения погодных условий и повышение возможностей компьютеров позволяют удлинять сроки и точность прогнозов.

3. Сложность – это компонент VUCA, который относится к взаимосвязи и взаимозависимости множества элементов в системе, он понятен на интуитивном уровне. Различные исследователи теории систем дают разные определения понятия «сложной» системы, не сформулированы общие признаки отнесения той или иной системы к «сложной». Например, отнесение системы к сложной может определяться наличием большого количества объектов и связей между ними, существенных с точки зрения решаемых задач [5]. Усложнение системы – это включение в модель большего числа учитываемых факторов.

4. Двусмысленностью или неоднозначностью называется по-русски четвертый компонент понятия VUCA, в зависимости от перевода английского слова «ambiguity» на русский язык. Этот фактор возникает только в системах, где происходит обмен информацией. Может означать как не понимание смысла полученной информации, так и различное толкование какого-либо полученного сообщения. С этой точки зрения компонент важен для исследования семантики слов, четкости определений и переводов с одного языка на другой.

VUCA-2.0 и общие тренды преодоления «неопределенности»

Если перевести «оптимистичную» трактовку (то есть VUCA-2.0 - предвидение, понимание, смелость и способность к адаптации) в практическую плоскость, то первые два слова характеризуют грамотное планирование. Естественно, что всякое планирование должно начинаться с анализа текущего состояния, указания целей и постановки задач. При этом необходимо:

- предвидеть проблемы, которые могут возникнуть,
- понимать последствия возникающих проблем и намечать действия по их устранению,
- оценивать взаимозависимость поставленных задач, по мере их выполнения,
- подготовиться к новым возникающим реалиям,
- оценить имеющиеся ресурсы и возможности.

По сути дела, перечисленные пять пунктов универсальны и могут быть использованы в обучении студентов. С другой стороны, для их реализации необходимы хорошо

развитое мышление и глубокие знания из различных областей, позволяющие не только оценить технические, социальные, политические, рыночные и экономические реалии существующей среды, но и предвидеть последствия намечаемых изменений.

Вторая часть VUCA -2.0 (смелость и способность к адаптации) в этом случае характеризуют личность, которая может осуществить все перечисленное, то есть будущего лидера, руководителя коллектива, предприятия или относится к психологической характеристики индивидуума, планирующего свое будущее. Это связано с тем, что каждому, в процессе реализации намеченного пути, будут встречаться неудачи, неисполненные или неисполнимые задачи. Психологическая устойчивость личности означает не только понимание того, что каждая неудача не является катастрофой, но и позволяет вырабатывать способность извлечь из этой встречи уроки, то есть проявить смелость и способность к адаптации. Можно предположить, что по достижении студенческого возраста индивидуум уже получал «жизненные уроки». Однако задача высшего образования состоит в том, чтобы отразить в учебном процессе реалии инженерной деятельности. Наиболее адекватными для решения этой задачи можно назвать проектный метод обучения (PBL) или систему CDIO. Психологическая устойчивость должна стать движущей силой выживания либо возглавляемой лидером системы, либо перспективы карьерного и личностного роста в сложном мире. Возникают вопросы: как можно выявить эффективного лидера, с одной стороны, а с другой - как подготовить такого лидера или сформировать эффективную личность.

Первый вопрос может возникнуть, например, при назначении на должность. В этом случае перечисленные качества лидера могут быть измерены путем детального выявления следующих его когнитивных качеств, проявленных на предыдущем месте работы или на предыдущей должности:

- уровень знаний предмета деятельности,
- умения всесторонне анализировать ситуацию и планировать,
- владение передовыми методами управления процессами и ресурсами.

На некоторых предприятиях принято проводить для сторонних претендентов психологическое тестирование на стрессоустойчивость: умение ликвидировать системные сбои и грамотно реагировать на возникающие неудачи. Более сложным представляется вопрос о подготовке лидеров. Мы остановимся на инженерном образовании.

Ситуация VUCA и инженерное образование

В этом параграфе обсуждаются два взаимосвязанных рассмотренных выше направления, которые необходимо учитывать при подготовке студентов. Первое из них связано с профессиональной подготовкой, а второе – с психологической.

В настоящее время в Российской Федерации образовательная деятельность вузов регулируется Федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС), содержание которых регулярно обновляется, результаты обучения формулируются в терминах компетенций. Кроме того, считается, что образовательные стандарты должны соответствовать профессиональным отраслевым стандартам. Полезно упомянуть еще и рамочные принципы оценки качества, выработанные Европейской сетью

по аккредитации инженерного образования (ENAE), которая в 2017 году установила восемь базовых учебных достижений (<https://www.enaee.eu/eur-ace-system/>). Назовем только два из них, относящихся к обсуждаемому предмету (интерпретация авторов). Процесс обучения должен позволять выпускникам магистратуры демонстрировать способность:

- интегрировать знания в сложных ситуациях, вырабатывать решения задач в ситуациях с неполной или ограниченной информацией, которые учитывают социальные, этические, экологические последствия принятых решений;

- управлять сложными техническими видами профессиональной деятельности (выполнения проектов), которые могут потребовать новых стратегических подходов, и возлагать на себя ответственность за принятые решения. Под стратегическими подходами понимается интеграция существующих процедур и правил или выработка новых.

Последние по времени версии ФГОС дают определенную свободу вузам, реализующим образовательные программы в рамках этих стандартов. Как и на каком этапе освоения учебной программы лучше всего развить у студента способность принимать правильные решения в нужное время в условиях VUCA?

Несколько концептуальных и методологических рекомендаций для развития компетенций студентов-инженеров в контексте VUCA даны в статье [6], где авторы предлагают свой метод: «Design Based Research (DBR)» – «Исследование, основанное на дизайне», сущность которого состоит в анализе, проектировании, оценке и итеративном совершенствовании учебного плана для того, чтобы научить студентов принимать решения в неопределенных ситуациях. При этом изучается коллективное поведение студенческих команд при столкновении с подобными ситуациями. Изучаются такие объекты, как:

- мотивационные факторы учащегося,
- результаты обучения принятию решений,
- разнообразие учебных ситуаций, которые необходимо создавать на протяжении всей учебной программы для укрепления уровня владения ими.

Два важных принципа DBR. Первый – это взаимодействие между исследователями, педагогами и слушателями. Студенты также участвуют в изучении процесса преподавания и учебной деятельности. Второй принцип – это «итеративность», который для постоянного совершенствования метода предлагает гибкий процесс анализа, проектирования, оценки результатов и пересмотра модели.

Высказанный выше тезис о необходимости формирования психологической готовности студентов к будущей практической деятельности рассмотрен, например, в работе [3]. Готовность выпускников вуза означает, с одной стороны, умение выбирать альтернативные пути и методы решения насущных проблем в изменяющихся условиях трудовой жизни (профессионализм), а с другой – терпимость (толерантность) к неопределенности жизненных ситуаций (психологическая готовность). В цитируемой статье «представлены результаты анализа нетерпимости к неопределенности жизненных ситуаций, а также толерантности к неопределенности, которая заключается в способности спокойно переносить различного рода обстоятельства в профессиональной деятельности».

Авторы утверждают, что «проведенный анализ позволил сделать вывод, что в период раннего профессионального становления толерантность к неопределенности не является стабильной, но она является значимой характеристикой будущих специалистов с высшим образованием, поскольку они достаточно высоко ценят свою способность управлять собственной жизнью».

В работе [7] предлагается строить образовательный процесс таким образом, чтобы он «способствовал развитию учебных и творческих способностей студентов, профессионально значимых личностных качеств и ценностных ориентаций, критического мышления, готовности к рациональному планированию, рефлексии, успешной адаптации к неопределенности в трудовой деятельности, ответственности принятия решений». В работе [8] (как и во многих других) поднимается вопрос о влиянии выработки «мягких» навыков как «семян», из которых должны вырасти лидерские качества. В свою очередь содержание работы [9] корреспондирует с мнением, высказанным в работе [3] о важности формирования правильной самооценки будущих инженеров для преодоления трудностей при будущем трудоустройстве. По мнению авторов работы [10], преодолению общей неопределенности будет способствовать сформированная в процессе обучения ответственность будущих инженеров.

Выводы.

Ситуацию VUCA (нестабильность, неопределенность, сложность и неоднозначность) можно рассматривать с нескольких точек зрения. А именно, с глобальной точки зрения, которая распространяет эту обстановку на все области человеческой деятельности. При этом сторонники такой позиции настаивают на обострении в наши дни этих негативных для устойчивого развития (или даже для выживания человечества) явлений. Надо понимать, что в данном случае необходимо коллективное противодействие этим явлениям в соответствии с определённой стратегией, выработанной (по возможности) на основе научных исследований. На передний план выходит роль лидеров этого коллективного противодействия в той или иной области деятельности.

Другая трактовка персонифицирована, она рассматривает поведение личности, встретившейся с необходимостью планирования своих действий в условиях VUCA на пути достижения поставленных целей (в частности, карьерного роста).

В обоих случаях человек (рассматриваемый как лидер или как индивидуум) эффективнее справится с вызовами, если он обладает широкими и глубокими знаниями, обеспечивающими ему способность предвидения, планирования и принятия грамотных решений для продвижения к намеченной цели. С другой стороны, он должен обладать определёнными психологическими качествами, так называемой «толерантностью к неопределенности». Таким образом, в условиях высшего образования необходимо вырабатывать такие компетентности как умение критического анализа имеющихся фактов, поиска необходимой информации, сопоставления информации из различных областей знания, планирования деятельности. В отношении инженерного образования речь может идти о дополнительных знаниях в экономике, экологии и других областях, имеющих отношение к «устойчивому развитию». При этом для формирования психологической устойчивости не меньшее значение приобретает межличностное общение в пси-

хологически здоровом коллективе, умение работы в команде. Последнее требует отдельного подхода при реализации учебного процесса в формате дистанционного обучения [11-15].

Работа выполнена в рамках реализации в Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) инновационного образовательного проекта «Эффективная модель подготовки преподавателей технических дисциплин с целью получения сертификата «Международный преподаватель инженерного вуза – ING-PAED IGIP» (приказ Минобрнауки России от 25 декабря 2020 г. № 1580).

Список использованных источников

1. George B. VUCA 2.0: A Strategy for Steady Leadership in an Unsteady World // Forbes Magazine, published 17 February 2017, <https://www.forbes.com/sites/hbsworkingknowledge/2017/02/17/vuca-2-0-a-strategy-for-steady-leadership-in-an-unsteady-world/?sh=7ca2a69013d8> (дата обращения: 02.04.2022).
2. Samofalov D. A., Kharchenko E. V. Philosophy of Mental Health in the Face of Uncertainty // Humanity in the Era of Uncertainty, European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2021. Vol. 119. P. 275-280. DOI:<https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.12.02.34>
3. Kolyvanova L., Chekanushkina E., Stelmakh Y. The Readiness of Future Specialists for Professional Activity under Conditions of Uncertainty // Humanity in the Era of Uncertainty, European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2021. Vol.119. P.763-768. DOI: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.12.02.95>
4. Schick A., Hobson P.R., Ibisch P.L. Conservation and Sustainable Development in a Volatility, Uncertainty, Complexity, and Ambiguity World: the Need for a Systemic and Ecosystem-Based Approach // Ecosystem Health and Sustainability. 2017. Vol. 3(4):e01267. DOI: [10.1002/ehs2.1267](https://doi.org/10.1002/ehs2.1267)
- 5.Корикова А.М., Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие. — 2. Томск: Изд. Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2008. 264с. ISBN 978-5-86889-478-7.
6. Rouvrais S., LeBris S.G., Stewart M. Engineering Students Ready for a VUCA World? A Design Based Research on Decisionship // Proceedings of the 14th International CDIO Conference, Kanazawa, Japan, June 28 – July 2 2018.
7. Чеканушкина Е. Н., Кольванова Л. А., Марченкова Л. А. Современный аспект компетентностного подхода к подготовке будущих специалистов // Известия Самарского научного центра РАН Российская академия наук. Социальные, гуманитарные и биологические науки. 2020. Т. 22(75). С. 110-116.
8. Kumar S., Hsiao J.K. Engineers Learn «Soft Skills the Hard Way»: Planting a Seed of Leadership in Engineering Classes // Leadership and Management in Engineering. 2007. Vol.7. No.1, P. 18–23. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1532-6748\(2007\)7:1\(18\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1532-6748(2007)7:1(18)).
9. Бондарева Л.В., Потемкина Т.В., Саулембекова Г.С. Влияние «мягких» навыков на готовность к самостоятельному трудоустройству: опыт самооценки будущих инже-

неров // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 12. С. 59–74. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-12-59-74.

10. Мартынов В.Г., Шейнбаум В.С. Ответственность – ключевая компетенция инженера XXI века // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 2. С. 107–118. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-2-107-118

11. Соловьев А.Н., Приходько В.М. Работа студентов «в команде» в условиях дистанционного обучения// Управление устойчивым развитием. 2021. №6 (37) С. 105-109. ISSN 2499-992X.

12. Алешковский И.А., Гаспаришвили А.Т., Крухмалева О.В., Нарбут Н.П., Савина Н.Е. Студенты вузов России о дистанционном обучении: оценка и возможности // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 10. С. 86-100. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-10-86-100>.

13. Bernhard Standl, Thomas Kühn, Nadine Schlomske — Bodenstein Student-Collaboration in Online Computer Science Courses – An Explorative Case Study. <https://doi.org/10.3991/ijer.v11i5.22413>(дата обращения: 02.04.2022).

14. Филатова М.Н., Щедровицкий П.Г., Шейнбаум В.С. Онтология компетенции «умение работать в команде» и подходы к её развитию в инженерном вузе // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 6. С. 71–82. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1396/1146>(дата обращения: 02.04.2022).

15. Makarenko E. I., Petrova L. G., Solovyev A. N., Abrakov S. L. Practical Skills Development of Automotive Engineers in Time of the Covid-19 Pandemic // Humanity in the Era of Uncertainty, European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2021. Vol.119. P. 801-809. DOI: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.12.02.100>.

УДК 378:004

Карстина С.Г., Маханов К.М.

Карагандинский университет им. академика Е.А.Букетова,
Казахстан, г. Караганда
e-mail: skarstina@mail.ru

СТРАТЕГИИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Karstina S.G., Makhanov K.M.

Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov,
Kazakhstan, Karaganda
e-mail: skarstina@mail.ru

FEEDBACK STRATEGIES FOR QUALITY TRAINING OF ENGINEERING STUDENTS

Аннотация. В работе рассматривается роль обратной связи в повышении качества подготовки студентов инженерных специальностей с позиций развития у обучающихся практических навыков, выбора дизайна обучения с учетом имеющихся доступных ресурсов и инфраструктуры, укрепления связи между вузом и компаниями, расширения инновационности образовательных программ. В рамках поставленной задачи рассмотрены пути повышения эффективности обратной связи, критерии и индикаторы оценки ее эффективности, уровни организации обратной связи на примере опыта Карагандинского университета им. академика Е.А. Букетова по организации практических занятий при изучении основ технологии интернета вещей. На основании представленных материалов сделан вывод о необходимости регулярного мониторинга качества подготовки специалистов и корректировки образовательных программ на основе результатов обратной связи со всеми заинтересованными сторонами.

Ключевые слова: индикаторы качества, инженерное образование, качество подготовки, компетенция, критерии оценки, навык, образовательная программа, обратная связь.

Abstract. The paper considers the role of feedback in improving the quality of engineering students' training from the perspective of students' practical skills development, selection of training design taking into account available resources and infrastructure, strengthening the connection between university and companies, expanding the innovativeness of educational programmes. As a part of the task, the ways to improve feedback efficiency, criteria and indicators for assessing its effectiveness, levels of feedback organization on the example of the experience of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov in organizing practical lessons in the study of the basics of the Internet of Things technology were consi-

dered. Based on the materials presented, the conclusion was made that it is necessary to regularly monitor the quality of specialists' training and adjust educational programmes based on the results of feedback from all stakeholders.

Keywords: quality indicators, engineering education, quality of training, competence, assessment criteria, skill, educational programme, feedback.

Образовательные программы подготовки современных инженеров должны обеспечивать тесную связь между теорией и практикой, интеграцию знаний, навыков и профессиональных установок, развитие у студентов как профессиональных, так и надпрофессиональных навыков и компетенций [1-5]. Решая эту задачу вузы должны обеспечить взаимосвязь между тремя основными компонентами качественной подготовки специалистов: качество результата, качество процесса, качество условий (таблица 1) [1, 3, 6].

Таблица 1. Основные компоненты качества образования

Качество условий	Качество процесса	Качество результата
материально-техническая база и учебно-методическое обеспечение		знания, личностное развитие, компетентность обучающихся, конкурентоспособность и трудоустройство выпускников, динамика их карьерного роста, профессиональная компетентность преподавателя, имидж учебного заведения
обучающиеся		
преподаватели		
менеджеры	менеджмент образовательного процесса	
система внутренней и внешней оценки	содержание образовательных программ и технологии образовательного процесса	

При этом, на качество результата влияют качество условий и качество процесса, а качество процесса, в свою очередь, зависит от качества условий и оказывает влияние на качество результатов. Так, например, качество подготовки студентов можно оценить по качеству его знаний, практических навыков и компетенций, которые определяют его конкурентоспособность и перспективы трудоустройства. Все последующие достижения студента, его карьерный рост будут свидетельствовать о качестве результата, который, в свою очередь, связан с качеством образования и качеством процесса [3,6]. В соответствии с этим в настоящей работе рассматривается роль обратной связи в повышении качества подготовки студентов, обучающихся по инженерным специальностям. Данная проблема рассматривается с позиций влияния обратной связи на развитие у обучающихся по инженерным специальностям практических навыков, выбор дизайна обучения с учетом имеющихся доступных ресурсов и инфраструктуры, укрепления связи между университетами и компаниями, расширения инновационности образовательных программ.

При рассмотрении поставленной задачи важно определить уровни, критерии оценки, показатели и индикаторы качества, что позволит обеспечить их мониторинг и своевременно разработать меры по их улучшению. С этой целью используются различные виды обратной связи между всеми заинтересованными сторонами, например, трёхсторонние стратегии опросов с одновременным участием преподавателей, обучающихся и работодателей. При этом, совокупность критериев и показателей эффективности обратной связи должна обеспечивать полноту и надежность результатов, быть простой, репрезентативной, целесообразной, универсальной и адаптируемой [1-10]. Так, например, обратная связь от студентов, преподавателей, работодателей, государственных органов, общественности позволяет оценить эффективность оказываемых образовательных услуг. Обратная связь от работодателей важна для обновления содержания, методов и технологий обучения, оценки уровня поддержки учебных заведений при согласовании программ стажировок, практик, трудоустройства [1-7]. Обратная связь от студентов может рассматриваться как показатель ценности и эффективности учебной деятельности. Обратная связь от преподавателей, руководителей практик и стажировок, наставников от компаний позволяет студентам получать информацию о том, насколько хорошо они усваивают учебный материал и продвигаются в учебе, оценивать учебный процесс и вносить предложения по улучшению. При этом, несвоевременность обратной связи и ограниченность ресурсов для ее организации приводит к неудовлетворенности студентов качеством обучения. В связи с этим, для того, чтобы иметь эффективную обратную связь для качественной подготовки студентов инженерных специальностей необходимо:

- регулярно проводить анализ мнения всех заинтересованных сторон и выявлять факторы, которые способствуют его улучшению;
- применять современные подходы к пониманию моделей, показателей, критериев обеспечения качества подготовки на институциональном уровне;
- сформировать внутри вуза инфраструктуру внутреннего аудита и комплексной оценки достижений;
- улучшить каналы коммуникации между всеми участниками, культуру обратной связи со всеми заинтересованными сторонами, добиться роста ее влияния;
- внедрить опыт принятия решений на основе согласования и учета всех обоснованных точек зрения.

При этом, обратная связь должна соответствовать следующим критериям: 1) быть конструктивной, 2) быть своевременной, четкой, конкретной, понятной и действенной, 3) быть согласованной с целями и результатами обучения, критериями оценки, 4) быть мотивирующей к формированию позитивных убеждений студента, самооценки и самокоррекции. Обратная связь в процессе обучения может быть организована на уровне формулируемых студентам заданий, в процессе их выполнения и контроля, в том числе самоконтроля, в процессе анализа результатов обучения. Таким образом, на каждом уровне обучения обратная связь будет вносить свой вклад в процесс обучения и преподавания, выявлять пути для улучшения стратегии обучения, учебного процесса, методики преподавания, содержания учебной программы, обеспечивать оценку прогресса

студентов и информирование их о допущенных ошибках, способствовать закреплению сильных и устранению слабых сторон, постоянному профессиональному развитию и саморазвитию выпускников [11, 12].

Реализацию перечисленных уровней организации обратной связи рассмотрим, опираясь на современное представление о том, что инженерное дело - это навык, а инженерное образование - развитие навыков. При таком подходе образовательные программы вузов по инженерным специальностям должны обеспечивать развитие навыков у студентов. С учетом этого, следует обратить внимание на пять аспектов, влияющих на развитие навыков: 1) личная мотивация студента в приобретении конкретных навыков, 2) оптимальное соотношение теоретической подготовки и практических занятий, 3) эффективная обратная связь при практической отработке новых навыков, 4) реалистичные ожидания в овладении навыком, включая сроки овладения, 5) благоприятная среда, мотивирующая студентов к преодолению препятствий [13].

Для практической реализации перечисленных аспектов могут быть использованы различные педагогические подходы, основанные на методах активного обучения, включая групповое, проблемно-, практико- и проектно-ориентированное обучение. Планируя возможности для практической отработки навыков студентами важно следовать следующим рекомендациям: 1) студенты должны иметь возможность многократных дополнительных попыток для выполнения заданий и контрольных работ, 2) преподаватели должны использовать различные инструменты, обеспечивающие быструю обратную связь, 3) практические занятия должны вести к улучшению результатов, установлению связи между конкретным знанием и его применением, 4) ожидания в отношении процесса развития навыков должны быть реалистичными, 5) оценка прогресса студентов в развитии навыков должна быть непрерывной на протяжении всего периода обучения [14].

В качестве примера рассмотрим опыт Карагандинского университета им. академика Е.А. Букетова по организации практических занятий при изучении основ технологии интернета вещей. Задания практических занятий включают разработку, проектирование, программирование и тестовую настройку цифрового устройства, предназначенного для обеспечения приема/передачи данных телеметрий. Устройство оснащено 4 модулями для организации беспроводной связи (GSM, Wi-Fi, RFID, LoRA), коммутируемыми ключами (оптопара, мосфет). При выполнении заданий студенты самостоятельно выбирают интерфейс, осваивают схемотехническую логику управления модулем посредством транзисторных ключей и специфику AT команд, представляющих собой набор специализированных смысловых сокращений, предназначенных для взаимодействия (обмена данными) конкретного модуля с управляющим микроконтроллером, основы проектирования печатных плат с учетом правил распределения сигналов, требований по сохранению целостности сигналов, учатся работать с технической документацией каждого, отдельно взятого компонента, знакомятся с особенностями их строения и принципом работы, учатся создавать модели визуализации компонентов. Все задания предполагают их многократное повторение студентами. Используемые при этом виды обратной связи между преподавателем и студентами способствуют разви-

тию и закреплению приобретаемых навыков. Прогресс студентов и приобретаемые навыки оцениваются на каждом этапе работы с учетом полноты выполненных заданий. В частности, для процедуры оценивания навыков студентов используются такие показатели, как:

- уровень работы с микроконтроллером (МК): если студент работает на уровне операций с регистрами, то это свидетельствует о понимании архитектуры данного МК; если студент работает на уровне использования высокоуровневых библиотек, то это свидетельствует о знании архитектуры МК и наличии высоких навыков программирования;
- программа для настройки режимов работы микроконтроллера (тактовая частота, подключение соответствующих портов и т.д.);
- настройка взаимодействия с модулями беспроводной связи. Критериями качества приобретенных студентом навыков является реагирование модуля связи на AT команды и передача данных;
- использование функции прерывания или FREERTOS (операционная система реального времени).

В качестве инструмента получения обратной связи от обучающихся могут быть использованы анкеты для оценки: 1) собственных профессиональных навыков и компетенций, 2) удовлетворенности содержанием практических занятий, 3) соответствия содержания практических занятий планам по трудоустройству, 4) вовлеченности работодателей в учебный процесс, 5) понимания целей и результатов обучения и их соответствия ожиданиям, 6) перспектив трудоустройства после завершения обучения. Обратная связь от работодателей должна позволить выявить недостатки в подготовке студентов, проблемы адаптации на предприятии выпускников в связи с недостатком навыков.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Современные подходы к подготовке инженерных кадров должны обеспечивать регулярный мониторинг качества и корректировку образовательных программ на основе результатов обратной связи со всеми заинтересованными сторонами.
2. Для повышения эффективности обратной связи необходимо определить уровни, критерии оценки, показатели и индикаторы качества на институциональном уровне. Это позволит регулярно проводить мониторинг качества подготовки специалистов и своевременно определять меры по улучшению.

Список использованных источников

1. Karstina, S.G. Educators Training in the Context of Socio-Economic and Technological Trends of Kazakhstan / S.G. Karstina // In: Auer, M.E., Rüttemann, T. (eds) Educating Engineers for Future Industrial Revolutions. ICL 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021. -V. 1329. - P.87-94.
2. Karstina, S.G. The Role of Inter-institutional Cooperation in Engineering Training/ S.G.Karstina // In: Auer, M.E., Hortsch, H., Michler, O., Köhler, T. (eds) Mobility for Smart

Cities and Regional Development - Challenges for Higher Education. ICL 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, 2022. -V.389. - P.88-95.

3. Тасбулатова, Ш.У. Институциональная система обеспечения качества в высшем образовании: развитие и совершенствование / Ш.У. Тасбулатова, С.Г. Карстина // Высшая школа Казахстана. -2021. -Т 35, №3. -С.14-19.

4. Давыдова, Л.Н. Различные подходы к определению качества образования / Л.Н. Давыдова // Качество. Инновации. Образование. - 2005. – № 2. – С. 5–8.

5. Karstina, S.G. Engineering Training in The Context of Digital Transformation / S.G.Karstina // 2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2022. - P. 1062-1068.

6. Карстина, С.Г. Вклад казахстанско-немецкого сотрудничества в создание инструментария оценки программ профессионального образования / С.Г. Карстина, О.Н. Цехиель, К. Мачадо // Высшее образование в России. - 2021. - Т. 30. No 1. - С. 132-143. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-1-132-143.

7. Карстина, С.Г. Современные формы взаимодействия в условиях цифровой среды при подготовке студентов инженерных специальностей / С.Г. Карстина // Управление устойчивым развитием. - 2021. -Т.37, №6. -С. 98-104.

8. Карстина, С.Г. Влияние цифровых трансформаций на подготовку инженерных кадров / С.Г. Карстина, К.М. Маханов, О.Л. Коваленко // Управление устойчивым развитием. -2020. Т.30, No5. - С.94-99.

9. Study on The Implementation of Internal Quality Assurance System on Standard Content, Process and Assessment During Corona Virus Disease-19 / K. Kayatarno [and others] // Advances in Social Science, Education and Humanities Research, Proceedings of the 2nd Annual Conference on Education and Social Science (ACCESS 2020), 2020. -V.556. - P.368-370.

10. Safonov, A.S. Post-Digital World, Pandemic and Higher Education / A.S. Safonov, A.V. Mayakovskaya // International Journal of Higher Education. -2020. - V.9, No.8. -P.90-94.

11. Mashaan, N. The Role of Feedback in Teaching and Learning: an overview / N. Mashaan // Proceeding: Asian Scholars Network International Conference: International Multidisciplinary Conference on Education, Management and Technology (IMCEMT2020). -P.1-4.

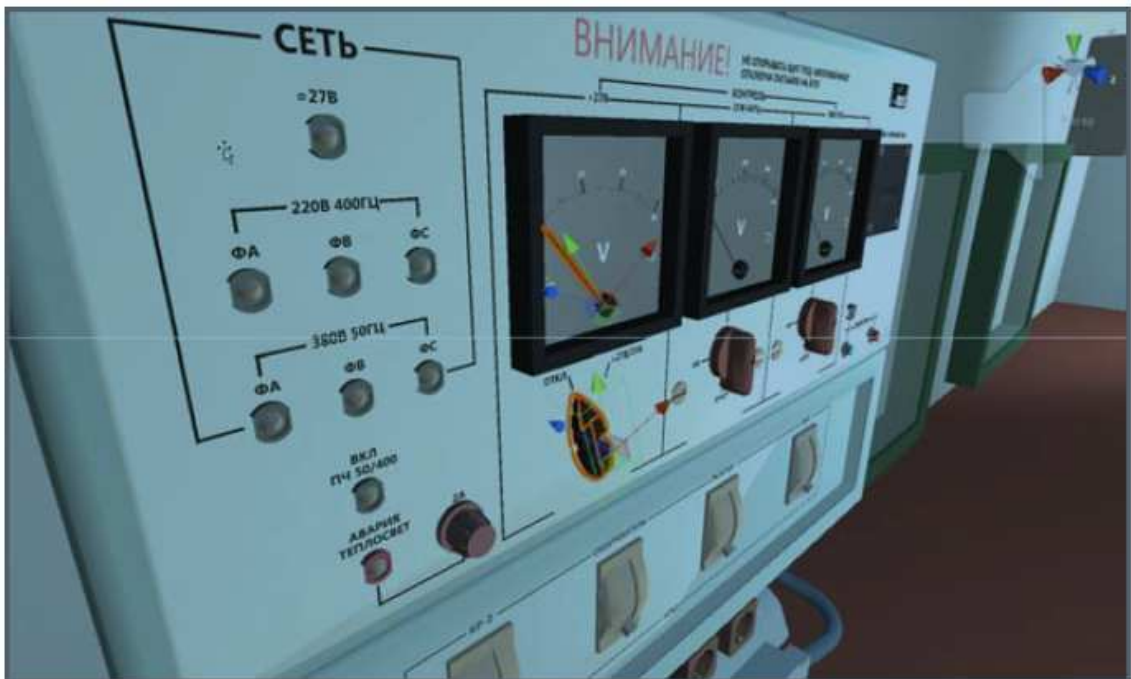
12. Leveraging the Force of Formative Assessment & Feedback for Effective Engineering Education / J. Qadir [and others], 2020. Electronic resource: <https://doi.org/10.35542/osf.io/a4d5q/>.

13. Segeč, P. New educational strategy in engineering education — Case study / P. Segeč, M. Drozdová, L. Mikuš // 13th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2015. -P.1-6.

14. Higgs, B. Redefining Engineering Education as Skill Training / B. Higgs // AIJR Proceedings, 2022. - P.37-41.

Секция

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ



УДК 544.272

Дегтярев А.А.¹, Павлинов Р.Ю.², Здерева А.В.¹, Ростова Д.П.¹, Ахтукова М.В.¹

¹Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
ad.dycost@gmail.com

²АО «Пигмент», Россия, г. Тамбов

ИЗУЧЕНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ИОНОВ В ОЛЕУМЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Degtyarev A.A.¹, Pavlinov R.Yu.², Zdereva A.V.¹, Rostova D.P.¹, Ahtukova M.V.¹

¹Tambov State Technical University, Russia, Tambov
ad.dycost@gmail.com

²JSC Pigment Russia, Tambov

STUDY OF ION CONVERSION IN OLEUM BY MOLECULAR DYNAMICS METHOD

Аннотация. В работе исследована динамика поведения серного ангидрида в растворе серной кислоты. Определены возможные пути превращений молекулы серного ангидрида. В качестве метода исследования использовалась модель QM/MM.

Ключевые слова: молекулярная динамика, олеум, QM/MM.

Abstract. The dynamics of the behavior of sulfuric anhydride in a solution of sulfuric acid has been investigated. Possible ways of transformations of the sulfuric anhydride molecule have been determined. The QM/MM model was used as a research method.

Keywords: molecular dynamics, oleum, QM/MM.

Раствор серного ангидрида в серной кислоте (олеум) представляет из себя сложную систему, состоящую из молекул SO₃, H₂SO₄, различных пиросерных кислот и ди-, три-, полимеров серного ангидрида [0]. Определение состава такой смеси и взаимопревращений в ней поможет лучше понимать механизмы процессов сульфирования и соответственно более точно управлять ими.

В данной работе мы изучаем динамику поведения систем, включающих молекулу серного ангидрида в окружении молекул серной кислоты. В качестве таких систем были взяты:

- 1) молекула серного ангидрида и неявно заданный растворитель (COSMO [2]);
- 2-3) молекула серного ангидрида и явно заданный растворитель, 200 молекул серной кислоты, четыре ближайшие описываются квантовой механикой, остальные с помощью молекулярной механики (модель QM/MM), системы различаются положением части, описываемой молекулярной механикой, которая задавалась случайным образом.

Начальная геометрия части, описываемой квантовой механикой являлась предварительно оптимизированным наиболее стабильным конформером, взятым из работы [3].

Моделирование проводилось в пакете ORCA [4], силовое поле для молекулярной механики было сгенерировано в ORCA командой ``orca_mm -makeff``, часть описываемая квантовой механикой считалась на уровне теории функционала плотности wB97x [5] с учетом поправок Гримме по методике D3BJ [6] и в базисе aug-cc-pVDZ [7]. Температура поддерживалась на уровне 298 К.

Графики изменения потенциальной энергии для исследуемых систем представлены на рис. . 6-. 6.

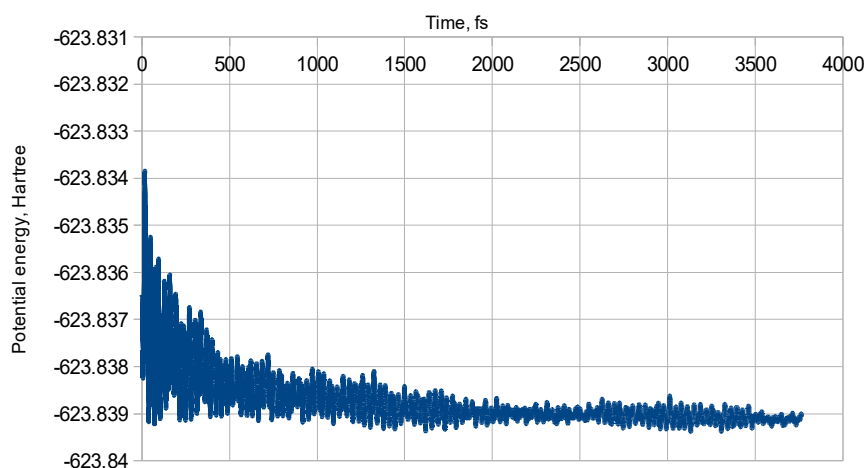


Рис 1. Изменение потенциальной энергии в системе 1

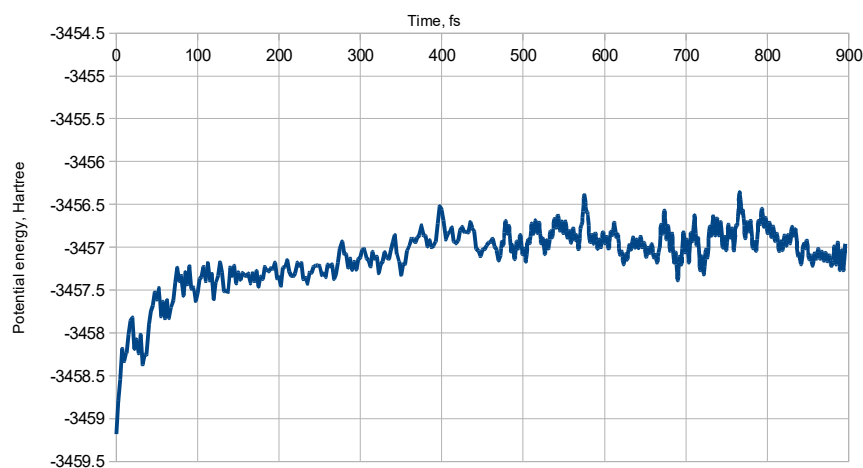


Рис.2. Изменение потенциальной энергии в системе 2

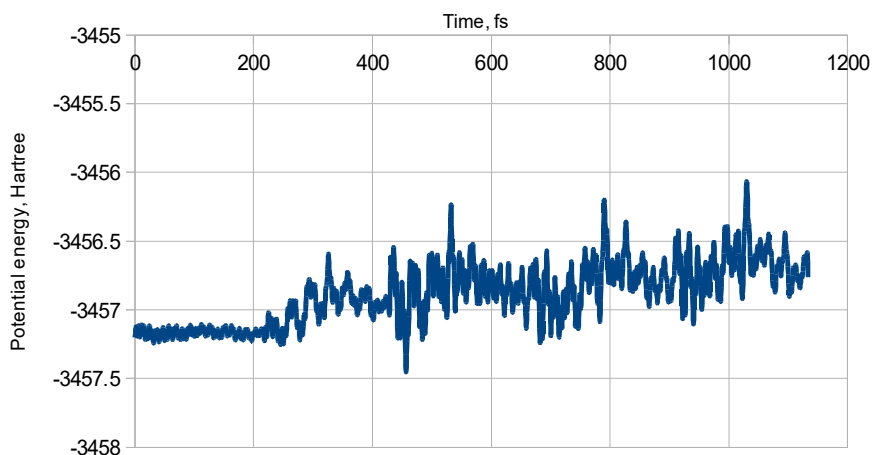


Рис.3. Изменение потенциальной энергии в системе 3

Т.к. в системе 1 в явном виде нет ничего кроме молекулы серного ангидрида, никаких структур в ней не образовывалось, по графику рис. . 6 можно оценить время релаксации как 1.8 пс.

Для систем 2-3 начальная конфигурация включала из ассоциат $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ (рис. . 6), который просуществовал до ~45 фс в системе 2 и до ~900 фс в системе 3.

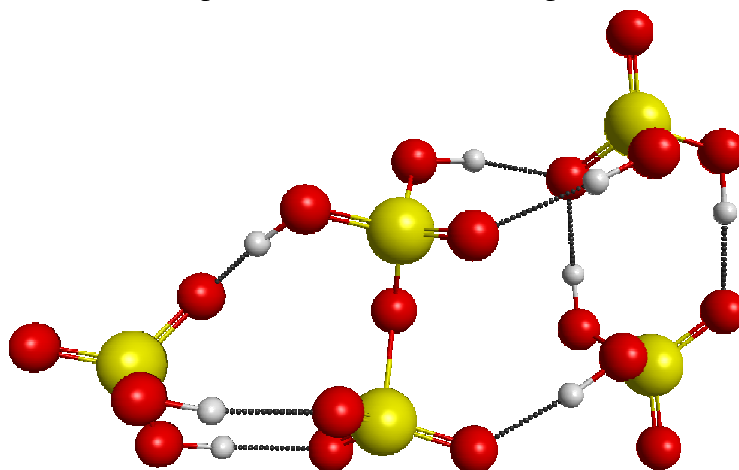


Рис.4. Начальная конфигурация части, описываемой квантовой механикой для систем 2-3

Система 2 проходила через следующие ансамбли:

- $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ (0÷45 фс);
- $\text{H}_3\text{SO}_4^+ + \text{HS}_2\text{O}_7^-$ (45÷90 фс, рис. . 6);
- $\text{H}_3\text{SO}_4^+ + \text{HSO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$ (90÷900 фс, рис. . 6).

Система 3 проходила через следующие ансамбли:

- $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ (0÷900 фс);
- $\text{H}_3\text{S}_2\text{O}_7^+ + \text{HSO}_4^-$ (900÷1100 фс, рис. . 6);

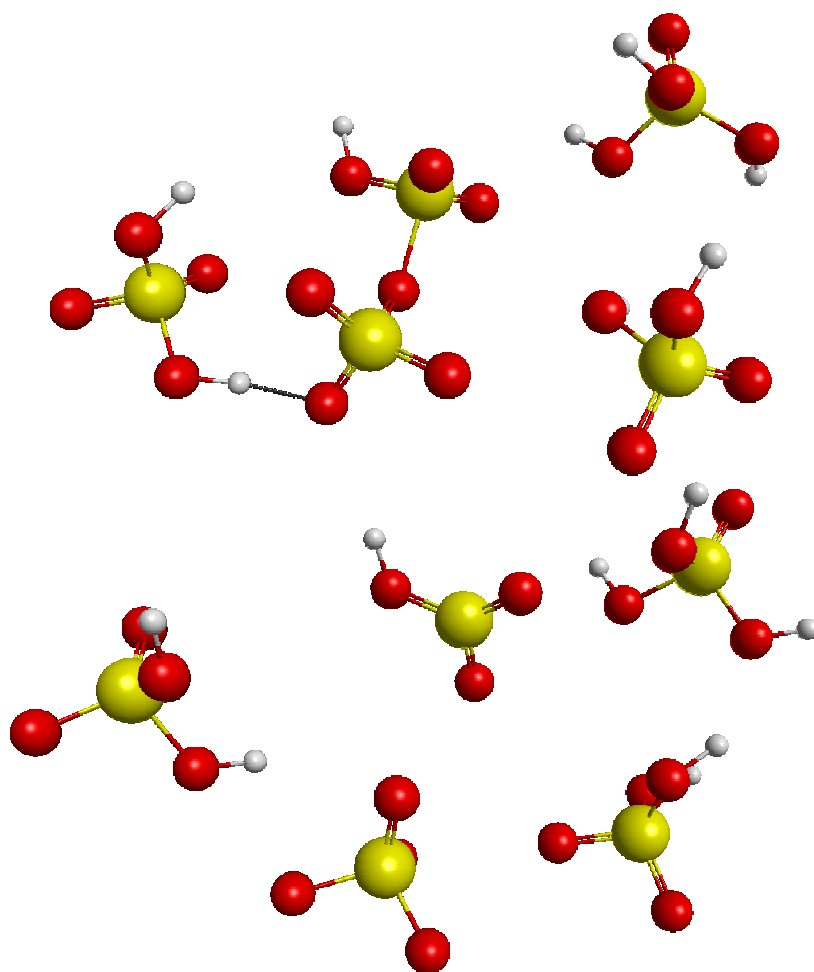


Рис.5. Конфигурация системы 2, описываемой квантовой механикой через 60 и 800 фс.

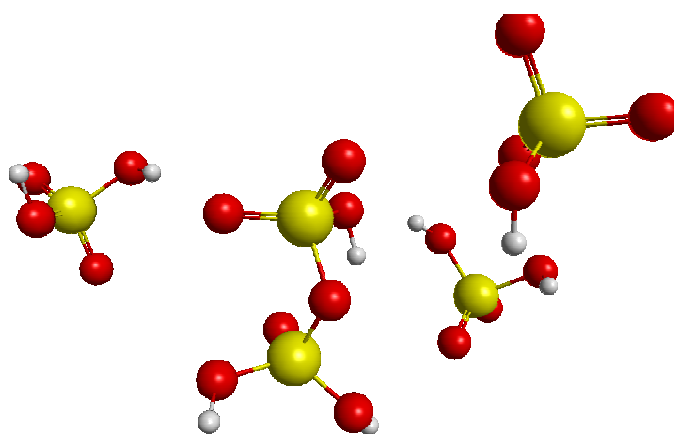


Рис. 6. Конфигурация системы 3, описываемой квантовой механикой, 1.1 пс.

Таким образом, можно сделать вывод, что ассоциаты $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ при комнатной температуре не должны наблюдаться, но возможно наблюдение широкого спектра частиц:

- катионов: H_3SO_4^+ , HSO_3^+ , $\text{H}_3\text{S}_2\text{O}_7^+$;
- анионов: HSO_4^- , HS_2O_7^- , SO_4^{2-} .

Список использованных источников

1. Brown W.H. Introduction to Organic Chemistry / W.H. Brown, T. Poon. – Wiley. 2017. – 696 p.
2. Klamt A. COSMO: A New Approach to Dielectric Screening in Solvents with Explicit Expressions for the Screening Energy and its Gradient / A. Klamt, G. Schüürmann // J. Chem. Soc. Perkin Trans. – 1993. – Vol. 2. – P. 799-805. – DOI:10.1039/P29930000799.
3. Дегтярев А.А. Моделирование влияния растворителя на возможность образования катиона HSO_3^+ / А.А. Дегтярев, Д.П. Ростова // Бутлеровские сообщения. – 2020. – Т.62, №4. – С. 51-56. – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-62-4-51.
4. Neese F. Software update: the ORCA program system. Version 4.0 / F. Neese // WIREs ComputMol Sci. – 2017. – Vol. 8, No 1. – P. e1327. – DOI: 10.1002/wcms.1327.
5. Najibi A. The Nonlocal Kernel in van der Waals Density Functionals as an Additive Correction: An Extensive Analysis with Special Emphasis on the B97M-V and ω B97M-V Approaches / A. Najibi A., L. Goerigk // J. Chem. Theory Comput. – 2018. – Vol. 14. – P. 5725-5738. – DOI: 10.1021/acs.jctc.8b00842.
6. Grimme S. Effect of the damping function in dispersion corrected density functional theory / S. Grimme, S. Ehrlich, L. Goerigk // J. Comput. Chem. – 2011. – Vol. 32. – P. 1456-1465. – DOI: 10.1002/jcc.21759.
7. Kendall R.A. Electron affinities of the first-row atoms revisited. Systematic basis sets and wave functions / R.A. Kendall, T.H. Dunning, R.J. Harrison // J. Chem. Phys. – 1992. – Vol. 96. – P. 6796-6806. – DOI: 10.1063/1.462569.

УДК 544.723

Дегтярев А.А., Здерева А.В., Ростова Д.П., Кровякова Е.И., Швец М.Е.
Тамбовский государственный технический университет (Россия, г. Тамбов
ad.dycost@gmail.com

МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМОЛЫ ГФ-021

Degtyarev A.A., Zdereva A.V., Rostova D.P., Krovyakova E.I., Shvets M.E.
Tambov State Technical University (Russia, Tambov
ad.dycost@gmail.com

THE MECHANISM OF INFLUENCE OF CARBON NANOTUBES ON MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RESIN GF-021

Аннотация. В работе исследован механизм сорбции смолы ГФ-021 на УНТ Таунит. Определено, что модификация лакокрасочного материала углеродными нанотрубками способствует увеличению прочности покрытия за счет образованных пространственных структур.

Ключевые слова: смола ГФ-021, РМ7, углеродные нанотрубки.

Abstract. The mechanism of sorption of GF-021 resin on CNT Taunite is investigated. It is determined that the modification of the paint and varnish material with carbon nanotubes contributes to an increase in the strength of the coating due to the formed spatial structures.

Keywords: resin GF-021, РМ7, carbon nanotubes.

Углеродные нанотрубки (УНТ) являются одним из новых модификаторов для различных лакокрасочных материалов (ЛКМ), однако природа их влияния на свойства ЛКМ является недостаточно изученной.

В данной работе целью ставилось изучение механизма сорбции лакокрасочного материала на примере смолы ГФ-021 на УНТ Таунит [0].

Смола ГФ-021 представляет собой сополимер фталевого ангидрида и льняного масла. Для моделирования молекулы смолы будем использовать одно звено сополимера, который состоит из остатков фталевого ангидрида, глицерина и линоленовой кислоты, являющейся основной кислотой льняного масла [2]. Был выбран самый стабильный конформер, из представленных в работе [3] (рис. 8).

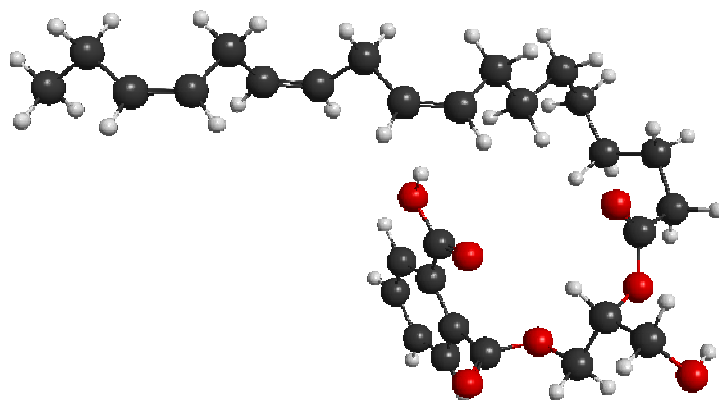


Рис.7. Наиболее стабильный конформер глифталевой смолы

УНТ моделировалась куском поверхности 2.5×2.5 нм, вырезанным из трубки с диаметром 10 нм и хиральностью 3:7 [4], геометрия поверхности была заморожена.

В качестве расчетного метода использовался РМ7 [5], все расчеты проводились в программном комплексе МОРАС [6].

Рассчитанные комплексы сорбат-сорбент приведены на рис. 8.

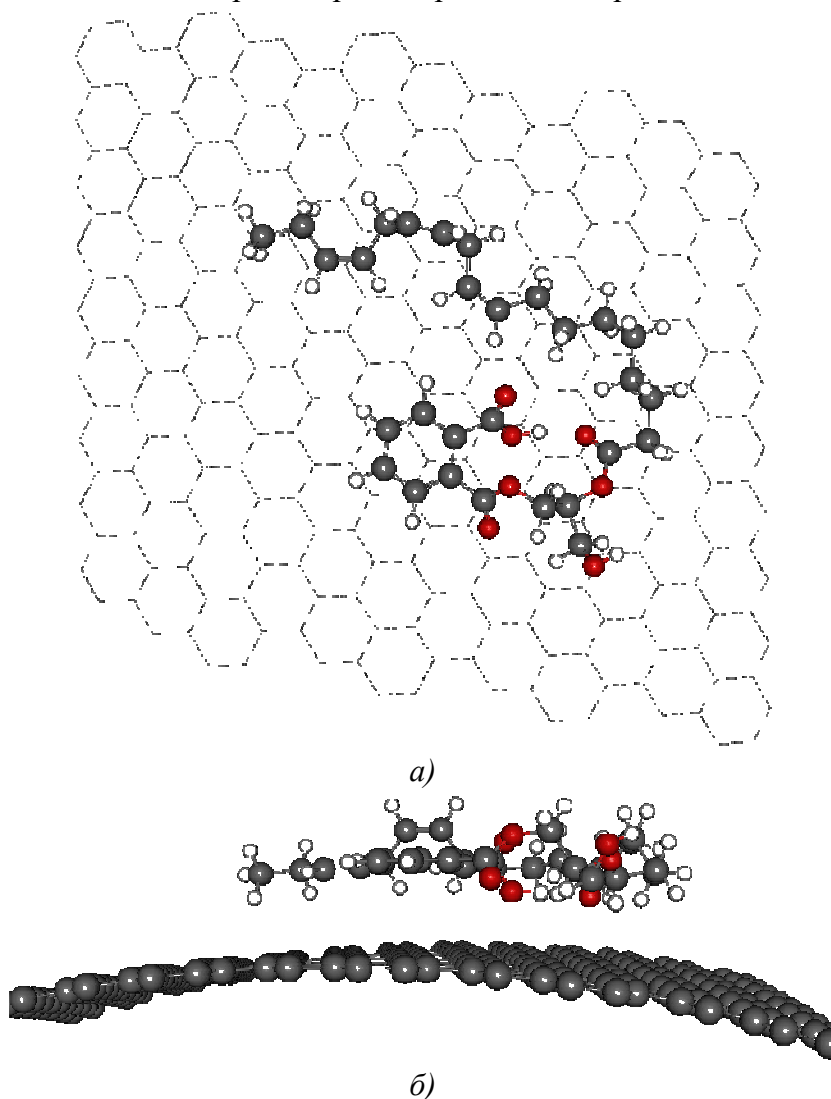


Рис.8. Сорбция одного звена сополимера на поверхности УНТ, вид сверху (а) и сбоку (б)

Энтальпия взаимодействия сорбат-сорбент оказалась равна -335.6 кДж/моль, что при молекулярной массе звена 500.63 г/моль дает -670.36 кДж/кг.

Из рис. 8-8 видно, что для свободного сополимера нет стерических затруднений при соединении звеньев, а для сорбированного на поверхности к данному звену может присоединиться только одно, т.к. карбоксильная группа при бензольном кольце оказывается заблокированной.

Таким образом, при сорбции на УНТ одной молекулы олигомера смолы, присоединение будет за один конец. Молекулярная энтальпия при этом не изменится, массу определим из условия что олигомер обладает длиной около 8 звеньев, обычной для фталевых лаков. Тогда молекулярная масса олигомера ~ 4000 г/моль и энтальпия взаимодействия с поверхностью -83.9 кДж/кг.

Основываясь на вышеприведенных результатах можно предположить, что молекула олигомера будет крепиться к УНТ одним концом, энергия связи достаточна, чтобы удержать олигомер при комнатной температуре и в малоподвижных средах (таких как алкидный лак) и при высыхании лака такое состояние зафиксируется. Т.к. обычно концентрация УНТ в ЛКМ невелика [3], вероятно, вся их поверхность занята сорбированными молекулами олигомера. В то же время энергия взаимодействия УНТ с олигомером достаточно велика, чтобы предотвратить их слипание.

Таким образом механизм увеличения прочности лакокрасочного покрытия на примере ГФ-021 представляется следующим: УНТ равномерно распределены по ЛКМ и прочно соединены с ним, за счет того, что УНТ имеют достаточную жесткость и большую протяженность, они образуют в ЛКМ пространственные структуры, увеличивающие прочность покрытия.

Список использованных источников

1. Ткачев А.Г. Углеродный наноматериал «Таунит» - структура, свойства, производство и применение / Ткачев А.Г. // Перспективные материалы – 2007. – №3. – С. 5-9.
2. Пелипенко Т.В. Состав и свойства льняного масла как ингредиента косметических средств / Т.В. Пелипенко, А.П. Гюлушанян, Е.А.Калиенко, А.А. Мирзоян // Научный журнал КубГАУ. 2014. №103. – С. 687-697.
3. Исаев Д.А. Конформационный анализ олигомеров глифталевой смолы / Д.А. Исаев, А.А. Дегтярев, А.В. Здререва, Д.П. Ростова, Д.А. Мигунова Д.А. // Современная наука: теория, методология, практика. Материалы III-ей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (13-14 апреля 2021г.), – Тамбов, 2021. – С. 133-135.
4. Структура и свойства водных дисперсий додецилсульфата натрия с углеродными нанотрубками / О.С. Зуева, О.Н. Макшакова, Б.З. Идиятуллин [и др.] // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2016. – № 5. – С. 1208-1215.
5. Stewart J.J.P. Optimization of parameters for semiempirical methods VI: more modifications to the NDDO approximations and re-optimization of parameters / J.J.P. Stewart // J. Mol. Modeling. – 2013. – Vol. 19. – P. 1-32. – DOI: 10.1007/s00894-012-1667-x.
6. Stewart J.J.P. MOPAC2016 / J.J.P. Stewart. – Colorado Springs, 2016. – URL: <http://openmopac.net>.

Секция

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ



УДК 681.784.88

Гречуха Д.Д.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: grechuha.darya@yandex.ru

СПОСОБ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ГЛАУКОМЫ ГЛАЗ

Grechukha D.D.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: grechuha.darya@yandex.ru

METHOD FOR EARLY DIAGNOSIS EYE GLAUCOMA

Аннотация. Разработан метод скрининг-контроля глаукомы глаз, отличающийся тем, что используется совмещенная видео-тепловизионная система глаукомы глаз, работающая в синхронном режиме, так же тем, что определяемые координаты положения глаз на видео изображении используются для выделения глаз на тепловизионном изображении.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, тепловизионное изображение, тепловизор.

Abstract. A method for screening control of glaucoma of the eyes has been developed, characterized in that a combined video-thermal imaging system for glaucoma of the eyes is used, operating in synchronous mode, as well as in the fact that the determined coordinates of the position of the eyes in the video image are used to highlight the eyes in the thermal image.

Keywords: primary open-angle glaucoma, thermal image, thermal imager.

Глаукома – одно из самых грозных заболеваний глаз, приводящих к потере зрения. Согласно имеющимся данным, глаукомой страдают около 3 % населения, а у 15% незрячих людей во всем в мире глаукома послужила причиной слепоты.

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью контролировать и оценивать прогрессирование стадии первичной глаукомы на ранней стадии в автоматическом режиме.

Ценностное предложение. AS IS. Резко упало зрение, перед глазами появились черные точки. Обратился в больницу, врач диагностировал позднюю стадию глаукомы. Через короткий промежуток времени (6-12 месяцев) полная потеря зрения.

TO BE. Проводится медосмотр в начальных классах школы с использованием разрабатываемой системой скрининга. Происходит обнаружение школьников с подозрением на глаукому, их отправляют на полное обследование к врачу, процесс лечения начинается на ранней стадии глаукомы, что позволит контролировать процесс заболевания.

Известен способ диагностики первичной открытоугольной глаукомы у пациентов путем оценки температуры поверхности глаза. Данный способ включает тепловизионные измерения, проводимые для определения температуры переднего отдела глаза в 5 точках, расположенных на горизонтальной прямой, пересекающей поверхность глаза.

На рис.1 представлена геометрия системы скрининга глаукомы глаз. Видеотепловизионная система, располагающаяся на удалении полтора метра и на высоте 1 метр, будет захватывать область обследуемого 60x40 см.

Известно, что средний рост школьников 2 и 3 класса по данным Всемирной организации здравоохранения составляет $123 \pm 10,5$ см. Поэтому достаточно видеотепловизионную систему расположить на стойке высотой в 1 метр, тогда система захватит область от 1 метра до 1 метра 40 см. С учетом того, что необходимо анализировать только область лица, система сможет произвести скрининг школьников 2-3 класса любого роста.

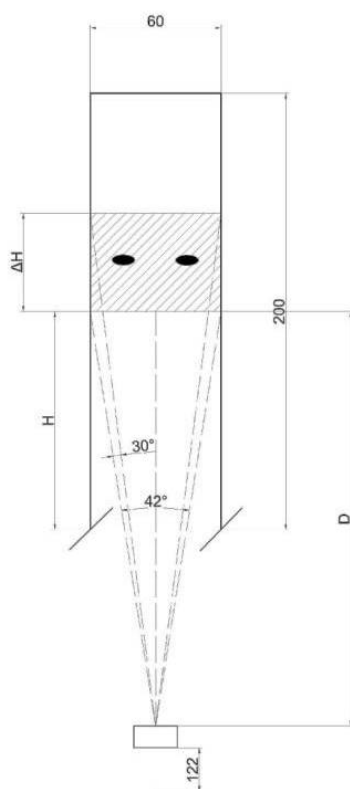


Рис.1. Геометрия системы скрининга глаукомы

При матрице тепловизора 320x240 пикселей на глаз по горизонтали приходится 11 пикселей, что достаточно для реализации выбранного способа диагностики (5 пикселей).

Человек, в нашем случае школьник, подходит к рамке, становится по центру, моргает. С помощью фотокамеры производится непрерывная фотосъемка и выделение области глаз, определяется момент закрытия и открытия глаз, с помощью тепловизора производится измерение температуры глаз в выделенных областях. После прохождения

группы школьников, определяется средняя температура глаз для группы и выделяются школьники, у которых температура глаз ниже среднего в группе. Этим школьникам отправляем в поликлинику на углубленный медосмотр с подозрением на глаукому.

Преимущества: 1. Низкая стоимость. 2. Автоматическое выделение области глаз по фото и проецирование её на тепловизионное изображение. 3. Быстрота проведения скрининга - 1 минута на человека.

Список использованных источников

1. Михина А.В., Строев В.М. Видео-тепловизионная система скрининга кожного покрова человека/ Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 2020, С. 322-324.

УДК 61.002.5

Окулов Д.Д.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: okul.d@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФЕТАЛЬНЫХ МОНИТОРОВ

Okulov D.D.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: okul.d@yandex.ru

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FETAL MONITORS

Аннотация. В работе проиллюстрирован принцип функционирования фетальных мониторов, приоритетное развитие технологий в будущем на примере разработки фетального монитора «Илифия».

Ключевые слова: фетальный монитор, кардиотокография, мониторинг, дистанционное наблюдение, частота сердечных сокращений.

Abstract. This work considers the principle of functioning of fetal monitors, the priority development of technologies in the future for the design of the «Ilithia» fetal monitor.

Keywords: fetal monitor, CTG, remote monitoring, heart rate.

Фетальные мониторы – ультразвуковые приборы, предназначенные для измерения частоты сердечных сокращений (ЧСС) плода доплеровским методом. Работа фетальных мониторов основана на доплеровском эффекте. К животу женщины фиксируют специальный датчик в области сердца ребенка, после чего датчик излучает ультразвуковую волну, и принимает зеркально отраженную от плода и матери волну, далее при помощи специального блока вычленяется сигнал сердца ребенка. После измерений ритм сердечной мышцы регистрируется на бумаге или в архиве, где в дальнейшем подвергается математическим расчетам [1-4].

Приборы различаются по функционалу и способу сканирования. Чаще всего используется кардиотокография (КТГ) с не инвазивным измерением, в таком случае датчики прикрепляются к коже живота беременной женщины. Такая процедура абсолютно безболезненна и не вызывает стресса. Датчики измерения бывают как проводными, так и беспроводными. Беспроводные работают без батареи и питаются от самого фетального монитора, при условии нахождения датчика не дальше 40 метров от прибора, точность измерения кардинально не меняются по сравнению с проводными датчиками, оставаясь в пределах допустимой погрешности.

Инвазивные КТГ подразумевают крепление ультразвуковых излучателей непосредственно к самой матке беременной женщины. Данный тип исследования применяется в

крайне редких случаях, например при кесаревом сечении. Инвазивное исследование хоть и является более точным, чем не инвазивное, но есть вероятность осложнений при обследовании.

Среди новинок выделяется прибор, разработанный российской компанией «Юсонтек» под наименованием «Илифия» (рис. 1).



Рис. 1. Фетальный монитор «Илифия»

Прибор для оперативной диагностики «Илифия» способен контролировать не только одноплодную беременность, но и двуплодную, измеряя всевозможные параметры (двигательную активность, сердечные сокращения и так далее). Монитор анализирует результаты и дистанционно передает их врачу, позволяя отследить состояние беременной женщины на любом расстоянии от доктора круглосуточно. При осложнениях и возникновении нежелательных симптомов, прибор помогает врачу оперативно предпринять нужные действия.

Новая модель монитора с сенсорным экраном позволяет представлять параметры мониторинга (кардиоотограммы) как в цифровом, так и в графическом виде. Прибор также оснащен встроенным модемом 3G для передачи данных по мобильной связи, без использования смартфона в качестве коммуникатора.

Монитор уже испытали в научном центре акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В. И. Кулакова. Специалист, проводивший клинические исследования, отметил, что данный прибор эффективен для внутриутробного наблюдения за плодом у женщин из групп высокого риска вне медицинских учреждений. Кроме того, есть ещё одно актуальное преимущество – имеется возможность соблюдать важное для беременных женщин социальную дистанцию при неблагоприятных условиях извне, к примеру из-за пандемии, но при этом получая профессиональную диагностику, не уступающую посещению врачей в клинике.

Список использованных источников

1. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation //Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.
2. Фролова М. С., Фролова Т. А., Толстухин И. А. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода//Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58).С.139-145.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. 2013. Том 19. № 3. С. 553-561.
4. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation //Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

УДК 616-008.63-079

Ильин Г. П.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: gregilyn@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ ГЛИКЕМИИ

Цун G.P.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: gregilyn@mail.ru

TECHNOLOGY DEVELOPMENT PROSPECTS OF CONTINUOUS GLYCEMIA MONITORING

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные технологические решения современных устройств для НМГ и перспективные направления дальнейших разработок в этой области.

Ключевые слова: непрерывное мониторирование гликемии, датчик, глюкоза, диагностика, глюкометр.

Abstract. This article discusses the main technological solutions of modern devices for CGM and promising areas for further developments in this area.

Keywords: CGM, sensor, glucose, diagnostics, glucometer.

Контроль уровня глюкозы за последние десятилетия стал одной из самых распространённых диагностических процедур. Кроме того, по данным ВОЗ, более 410 миллионов человек по всему миру страдают разнообразными формами сахарного диабета и их число постоянно растёт. Доступные глюкометры, исполняемые в форм-факторе компактного устройства, имеют один существенный минус – постоянную необходимость нарушения кожного покрова. Однако, подобного недостатка лишены современные датчики непрерывного мониторирования гликемии (НМГ), задающие новые тренды в сегменте диагностики углеводного обмена человека [1-3].

НМГ – метод контроля изменений концентрации глюкозы в крови, при котором результаты фиксируются с очень небольшими интервалами (не более 5 мин) на протяжении длительного промежутка времени. Из всего спектра устройств НМГ, наиболее удобными для ежедневного ношения являются датчик регистрации глюкозы в межклеточном пространстве (рис. 1).

Одними из главных разработчиков и производителей данного типа датчиков являются компании Abbott (США) и Medtronic (Ирландия). Так, главная модель Abbott – система Free Style Libre – представляет комплексное решение, обеспечивающее максимальную информативность как для пациента, так и для врача. Лёгкий (5 г) амперомет-

рический электрохимический датчик устанавливается на поверхность кожи, сенсорная часть, представляющая из себя тонкую иглу, углубляется в дерму на 7 мм, после чего возможно производить замеры уровня глюкозы. Результаты отображаются на устройстве-ридере, считывающим информацию с трансмиттера датчика. Замена датчика происходит каждые 14 дней.

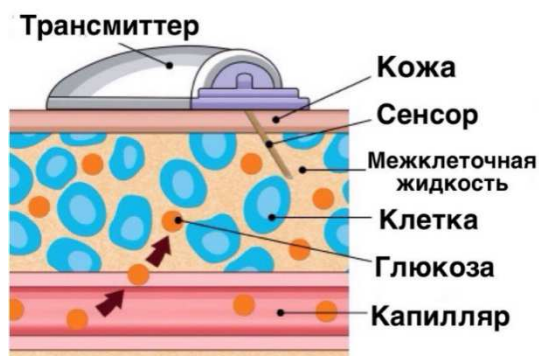


Рис. 1. Упрощённая схема датчика НМГ

Кроме самой регистрации уровня глюкозы, некоторые системы уже предоставляют также и решения по его регуляции. Так например, в интегрированной системе НМГ Guardian Connect от Medtronic кроме сенсора, производящего замеры, также может присутствовать совместимая инсулиновая помпа, которая выполняет дозированную подачу инсулина. Таким образом, можно оперативно получать данные о патологических состояниях пациента (гипогликемия) и сразу же их купировать.

Главные производители сейчас также стремятся включить в новейшие системы НМГ контроль сопутствующих параметров (кетоны, лактаты). Ключевыми направлениями развития данной технологии являются увеличение надёжности и срока работы датчиков, а также повышение точности анализа, сводящее необходимость использования пациентом классических глюкометров к минимуму. Кроме повышения качества диагностики, подобные системы позволяют собирать огромное количество данных для научного анализа, расширяя возможности в борьбе с сахарным диабетом и значительно увеличивая качество жизни пациентов.

Список использованных источников

1. Фролова Т. А., Фролова М. С. Информационные модели для оценки медицинского устройства //Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы IV Международной научно-практической конференции в 3 т.; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4.Т.3, с.123-128.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation //Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

УДК 57.089

Гончарова Т.К., Строев В.М., Попов И.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: streltsova.ttanya@yandex.ru

СКАНИРУЮЩИЙ ПИРОМЕТР

Goncharova T.K., Popov I.A., Stroeve V.M.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: streltsova.ttanya@yandex.ru

SCANNING PYROMETER

Аннотация. Произведено экспериментальное исследование с помощью тепловизионной системы и предложено совершенствования в повышении быстродействия измерения температуры объекта измерения.

Ключевые слова: сканирующий пирометр; система позиционирования; фотоаппарат с дистанционным управлением спуском; приемо-передающие Wi-Fi блоки; трехмерное температурное поле; матрица цифровых результатов измерений.

Abstract. An experimental study was carried out using a thermal imaging system and improvements were proposed in increasing the speed of measuring the temperature of the measuring object.

Keywords: scanning pyrometer; positioning system; remote-controlled camera; Wi-Fi receiving and transmitting blocks; 3D temperature field; matrix of digital measurement results.

Сканирующий пирометр, на рис. 1, состоит из мини-ЭВМ (8) с приемо-передающими Wi-Fi блоками (15, 18, 19, 20), блока отображения информации (9) об объекте измерения температуры (10), неподвижной платформы (12), на которой расположены подвижная платформа (16), связанная с системой позиционирования платформы (7) и подвижная платформа (17), связанная с системой позиционирования платформы (11). На подвижной платформе (16) установлены оптико-электронный блок измерения температуры (1) с приемо-передающим блоком Wi-Fi (4), источник света (2) с приемным блоком Wi-Fi (13) и датчик цвета (3) с приемо-передающим блоком Wi-Fi (14), на подвижной платформе (17) установлен фотоаппарат с дистанционным управлением спуском (5) с приемо-передающим блоком Wi-Fi (6). Первый выход мини-ЭВМ соединен с входом системы позиционирования платформы (7), второй выход мини-ЭВМ соединен со входом системы позиционирования платформы (11), третий выход мини-ЭВМ соединен со входом блока отображения информации (9), также приемопередатчик Wi-Fi (15) связан с приемопередатчиком Wi-Fi (4), подключенному к оптико-электронному блоку измерения температуры (1), передатчик Wi-Fi (18) связан с

приемником Wi-Fi (13), подключенному к источнику света (2), приемо-передатчик Wi-Fi (19) связан с приемо-передатчиком Wi-Fi (14), подключенному к датчику цвета (3), приемо-передатчик Wi-Fi (20) связан с приемо-передатчиком Wi-Fi (6), подключенному к фотоаппарату с дистанционным управлением спуском (5). Пунктирными линиями обозначены оптические связи оптического блока измерения температуры (1), источника света (2), датчика цвета (3) и фотоаппарата с дистанционным управлением спуском (5) с объектом измерения температуры (10).

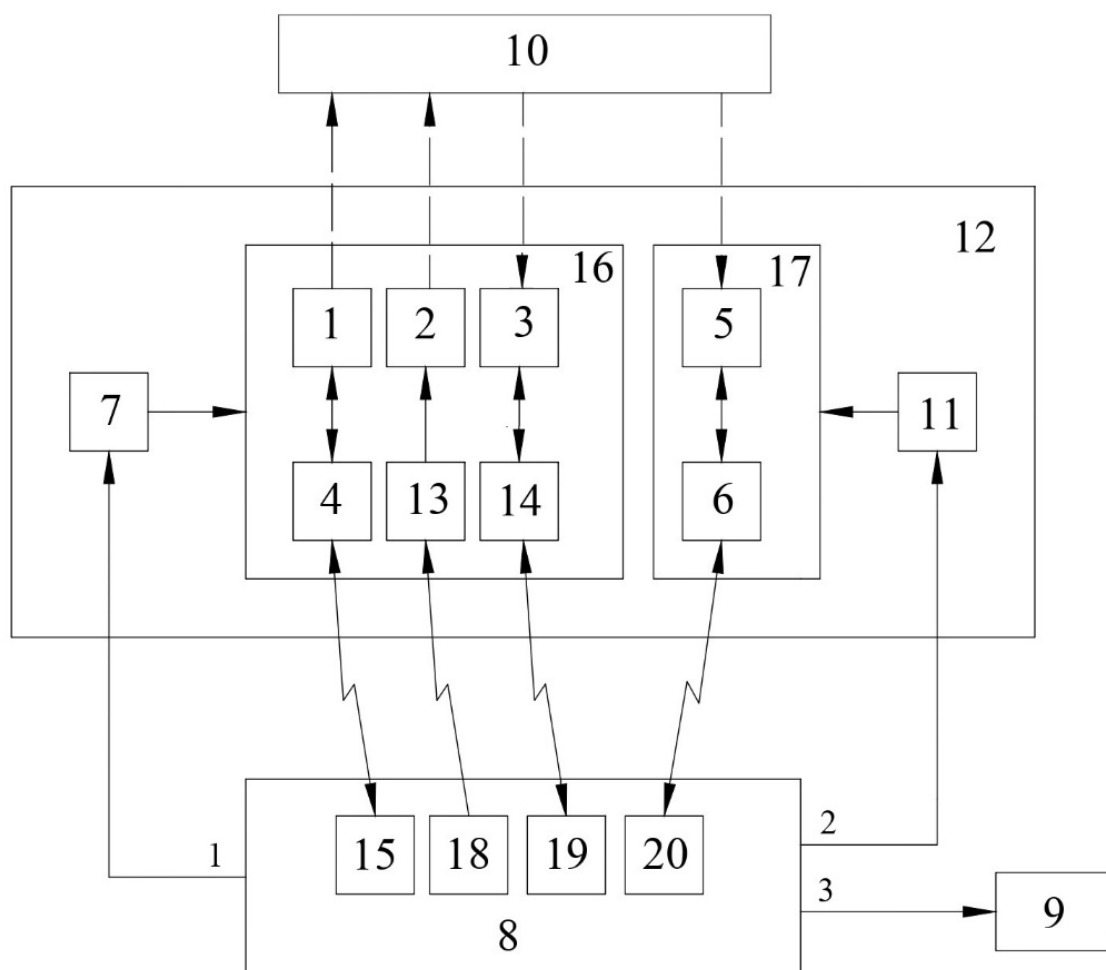


Рис. 1. Структурная схема сканирующего пирометра

Сканирующий пирометр работает следующим образом.

Системы позиционирования платформ (7, 11), приводы которых выполнены в виде двух двигателей, имеют каждая две степени свободы по двум сферическим направлениям (вертикальному и горизонтальному), что позволяет обеспечить наведение подвижных платформ (16, 17) в любую точку по всей площади объекта измерения температуры (10). Управление подвижными платформами (16, 17) через системы позиционирования (7, 11) осуществляет мини-ЭВМ (8). Приемо-передающие блоки Wi-Fi осуществляют удаленную связь мини-ЭВМ и блоков (1, 2, 3, 5).

Включается программа начальной пространственной настройки пирометра, обеспечивающая изменение направления подвижных платформ (16, 17), так чтобы оптиче-

ские оси блоков (1, 2, 3, 5) были направлены перпендикулярно к центру плоскости объекта измерения температуры (10). Для этого последовательно задаются четыре угловых направления. Для каждого из них производятся следующие действия: мини-ЭВМ передает сигнал включения источнику света, на объекте формируется световое пятно с необходимой интенсивностью, подается сигнал «спуск» для фотоаппарата с дистанционным управлением спуском и считывание в мини-ЭВМ изображения объекта с световым пятном. Мини-ЭВМ на каждом из четырех изображений определяет положение, форму и площадь светового пятна. По этим данным вычисляется направление оптических осей блоков (1, 2, 3, 5), соответствующие перпендикулярно к центру плоскости объекта измерения температуры. Осуществляется наведение подвижных платформ (16, 17) в вычисленном направлении.

Включается программа сканирования объекта измерения температуры (10), обеспечивающая изменение углового положения подвижной платформы (16) для выбора точки измерения. Подвижная платформа (17) остается неподвижной. Для каждой точки измерения под управлением мини-ЭВМ производятся следующие действия: считывание температуры с оптико-электронного блока измерения температуры, включение источника света, на объекте формируется световое пятно с необходимой интенсивностью, определение датчиком цвета поверхности объекта измерения температуры и вычисление в мини-ЭВМ коэффициента излучения поверхности объекта измерения температуры в интерактивном режиме, подача сигнала «спуск» для фотоаппарата с дистанционным управлением спуском и считывание в мини-ЭВМ изображения объекта с световым пятном. Мини-ЭВМ на изображении определяет положение, форму и площадь светового пятна. Значение площади светового пятна используются для коррекции результата измерения температуры, с целью исключить зависимость результата измерения от угла наблюдения.

Результаты измерений выводятся на блок отображения информации, в виде трехмерного температурного поля, матрицы цифровых результатов измерений.

Неподвижность подвижной платформы (16) во время реализации программы сканирования объекта измерения температуры обеспечивает простоту определения положения, формы и площади светового пятна.

Список использованных источников

1. Сканирующий пирометр: пат. 2778041 Российская Федерация G01J 5/10 G01J 5/8. № 2021133088; заяв. 15.11.2021; опубл. 12.08.2022, бюл. № 23. 3с.

УДК 615.8: 616.72-002.775

Гришина А.В., Фролова Т.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: alinkagri2002@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАГНИТОТЕРАПИИ

Grishina A.V., Frolova T.A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: alinkagri2002@gmail.com

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MAGNETOTHERAPY

Аннотация. Проведен анализ терапевтической интерференции в медицине с использованием магнитотерапии. Определены перспективы развития гемоманнитотерапии и воздействия магнитного поля на кровь.

Ключевые слова: магнитотерапия, гемоманнитотерапия, физиотерапия.

Abstract. The problem of therapeutic interference in medicine with the use of magnetotherapy has been studied. Special prospects for the development of hemomagnetotherapy and the study of the effect of a magnetic field on the blood.

Keywords: magnetotherapy, hemomagnetotherapy, physiotherapy.

Сегодня в медицине динамично обсуждается проблема интерференции, под которой понимают взаимодействие и влияние лечебных средств относительно друг друга. Интерес к терапевтической интерференции обусловлен тем, что лечение во многих случаях носит комплексный характер. Актуальность данной проблемы стала нарастать, когда обнаружили, что при комплексном применении лечебных средств наблюдается не только усиливающий эффект взаимодействия, но и его ослабление. Эта проблема важна для исследования совмещенных методов терапии, что в полной мере относится к лечению магнитным полем [1-3].

Магнитное поле значительно улучшает активность антикоагулянтов, гипотензивных, противовоспалительных и обезболивающих средств. Вследствие чего соответствующая реакция после их применения совместно с магнитным полем наступает активнее и при меньших дозировках.

Стоит учитывать, что действие холинергических средств существенно ослабляется на фоне магнитотерапии. Магнитное поле заметно искажает фармакокинетику многих лекарственных средств. К примеру, использование постоянного магнитного поля (>100 мТл) в 2 – 3 раза увеличивает длительность действия нейротропных и снотворных средств, а высокоинтенсивное магнитное поле (>1500 мТл при частоте 0,5 Гц) оказывает обратное действие. Магнитотерапия почти в два раза усиливает поступление препарата в зоны воздействия. Это стало почвой в исследованиях использования магнитного

поля для управления фармакокинетикой и фармакодинамикой лекарственных препаратов. Опасными считаются только постоянные магнитные поля интенсивностью выше 5 Тл и переменные с плотностью магнитных потоков 50-5000 мТл (при частоте 50-60 Гц) или 1–10 Тл (при частоте 3 Гц).

Есть возможность привести подобные данные также в отношении других физических способов воздействия. Так, магнитное поле повышает чувствительность определенных тканей к лучевой терапии и вместе с тем положительно влияет на способность иммунной системы отвечать на действие антигенов и течение компенсаторно-приспособительных процессов при новообразованиях. В зависимости от интенсивности и времени применения магнитного поля, могут как повышать, так и снижать эффективность рефлексотерапии.

В перспективе достаточно активно будет изучаться преобразующее действие магнитного поля различных параметров, что станет основой оптимизации комплексного лечения благодаря магнитотерапии.

Одним из перспективных направлений изучения является гемагнитотерапия.

Кровь – это специфический акцептор энергии физических факторов, что и является основой гемофизиотерапии и гемагнитотерапии.

В 1985 году стала теоретически доказана возможность применения магнитного поля для воздействия на кровь с целью лечебного профилактики. В наше время существует множество информации об изменении свойств крови под воздействием магнитного поля (скорость оседания эритроцитов, агрегация, функциональная активность клеток, активность примембранных белков, структура мембран).

Клиническое изучение гемагнитотерапии наступило в то же время.

Гемагнитотерапия осуществляется в двух вариантах: первый – экстракорпоральный, а именно дозированное действие на кровь, протекающую в экстракорпоральном контуре, выполняющем прямую оксигенацию и выведение из крови углекислого газа. Второй вариант – чрескожный (надсосудистый). Омагничивание крови в таком случае производится в области проекции поверхностно расположенных кровеносных сосудов (большая подкожная или срединная локтевая вена; сосудисто-нервный пучок в бедренном треугольнике; наружные сонные артерии). Гемагнитотерапия начала благополучно применяться для лечения экзотоксикозов и эндотоксикозов. В конечном итоге ученые положительно относятся к данному методу физиотерапии при часто встречающихся клинических формах атеросклероза (атеросклероз аорты, ишемическая болезнь сердца, атеросклероз артерий головного мозга, атеросклероз кишечника, атеросклероз нижних конечностей) и некоторых хирургических болезнях. Тем не менее стоит еще детальнее изучить биофизические возможные механизмы взаимосвязи магнитного поля и крови, а также влияние омагниченной крови на работу организма, показания и противопоказания для гемагнитотерапии и её сочетание с иными лечебными средствами.

Многие аспекты магнитотерапии остаются не изученными, что и определяет цель поиска и исследования перспективных направлений развития в данной области.

Список использованных источников

1. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

УДК 519.876.5

Шнякина Я. И.¹, Аветисян А. Р.²

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: scorpio0751@gmail.com

²e-mail: awetini@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ НАРКОЗНО-ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УЧЕБНОЙ И ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКАХ

Shnyakina Ya. I.¹, Avetisyan A. R.²

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

¹e-mail: scorpio0751@gmail.com

²e-mail: awetini@gmail.com

PROSPECTS FOR THE USE OF VIRTUAL MODELS OF ANESTHESIA MACHINES IN EDUCATIONAL AND ENGINEERING PRACTICES

Аннотация. Произведён обзор виртуальной модели наркозно-дыхательного аппарата на примере Dräger Fabius GS Premium с целью анализа перспектив использования подобных платформ в учебной и инженерной практиках.

Ключевые слова: наркозно-дыхательный аппарат, виртуальная модель, пневматическая схема, тренажёр, Dräger.

Abstract. A review of the virtual model of the anesthesia machine was made using the example of Dräger Fabius GS Premium in order to analyze the prospects for using such platforms in educational and engineering practices.

Keywords: anesthesia machine, virtual model, pneumatic diagram, trainer, Dräger.

Наркозно-дыхательные аппараты являются сложным видом медицинских изделий и требуют от будущих специалистов в данной области особого подхода к изучению принципов устройства и функционирования. В связи с этим актуальным является использование виртуальных моделей наркозно-дыхательных аппаратов и анестезиологических рабочих станций в учебной и инженерной практиках [1-6].

Примером такой платформы является специальный тренажёр от компании Dräger, разработанный для наркозного аппарата Fabius GS Premium. В нём доступны такие разделы, как: обзор продукта, управляемое моделирование, диаграмма потока газа, опции и аксессуары, а также информация о товаре.

Вкладка с обзором продукта позволяет получить информацию о конкретной части наркозного аппарата на переднем и заднем планах с помощью наведения курсора на исследуемую область (рис. 1); узнать об основных сокращениях и символах, исполь-

зубных в интерфейсе; ознакомиться с используемыми режимами вентиляции; получить сведения о мониторинге давления/объёма дыхания и кислорода.



Рис. 1. Обзор элементов наркозно-дыхательного аппарата

Таким образом, использование подобных функций виртуальных моделей наркозно-дыхательных аппаратов на стадии обучения предоставляет доступ к оборудованию при отсутствии возможности знакомства с ним в реальной практике, а также увеличивает уровень заинтересованности в учебном процессе у студентов. Это является мощным информационным обучающим ресурсом для повышения компетенций в соответствующей области.

Различные интерактивные пневматические схемы способствует лучшему усвоению информации о строении и функционировании отдельных блоков аппарата или системы, а также их взаимодействии, что является важной составляющей в работе инженера.

Список использованных источников

1. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
4. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
5. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
6. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106-111.

УДК61:620.22-022.532

Лычагина В.О., Ширкина Е.С., Шаталова И.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: lychagina1609@rambler.ru

НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ. АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ НАНОРОБОТЫ

Lychagina V.O., Shirkina E.S., Shatalova I.A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: lychagina1609@rambler.ru

NANOTECHNOLOGY IN MEDICINE. ANTIBACTERIAL NANOROBOTS

Аннотация. Рассматриваются понятие наномедицины, новейшие разработки в сфере медицинской робототехники, антибактериальные роботы их строение, применение и перспективы развития.

Ключевые слова: наномедицина, золотые провoda, нанороботы, мембрана, клетки крови.

Abstract. The concept of nanomedicine, the latest developments in the field of medical robotics, antibacterial robots, their structure, application and development prospects are considered.

Keywords: nanomedicine, gold wires, nanorobots, membrane, blood cells.

Наномедицина – это раздел в нанотехнологии, который занимается изучением и воздействием объектов наномира на медико-биологические объекты, а также занимается созданием нанолекарств, разработкой медицинских нанороботов и созданием медицинских наноматериалов.

Одной из удивительных разработок в сфере нанороботов стала разработка инженеров Калифорнийского университета. Они разработали так называемых антибактериальных нанороботов, которые могут перемещаться в крови человека и удалять бактерии вместе с токсинами.

Антибактериальные нанороботы представляют собой длинный золотой провод, покрытый мембраной-гибридом, которая создана из мембран тромбоцитов и эритроцитов. Такое покрытие помогает роботам выполнять функции двух разных клеток: тромбоцитов и эритроцитов.

Тромбоциты, борются с патогенами, эритроциты в свою очередь, поглощают и нейтрализуют продуцируемые этими бактериями токсины. Делают они это имитируя бактерию и ее токсины, привлекают ее, затем захватывают в свою нано-сетку и выводят из организма.

Покрытие также защищает нанороботы от процесса, известного как «биологическое обрастание», когда белки собираются на поверхность чужеродных объектов и не позволяют им нормально работать.

Поскольку нанороботы используют естественную реакцию бактерий, нанороботы потенциально могут быть использованы вместо антибиотиков широкого спектра действия и могут оказать огромное влияние в нашей борьбе с ростом заболеваний, с которыми не могут справиться антибиотики.

Антибактериальными нанороботами можно управлять с помощью направленного ультразвука, это дает им возможность перемещаться в крови без каких-либо дополнительных химических или аппаратных составляющих. Скоростью их перемещения в крови под воздействием ультразвука – 35 микрометров в секунду. Это позволяет очень быстро выводить из организма бактерии и их токсины.

Следующим шагом ученых будет изменение составляющих робота. Например, золотые провода планируется заменить органическими материалами.

Уже сейчас медики используют в своей практике наноробот респироцит размером менее 100 микрометров, который выполняет функции кровяного эритроцита, но способный «перевозить» в 256 раз больше кислорода. Запустив респироцит в тот участок организма, где много кислорода, наноробот начнет переносить его к нуждающимся в кислороде клеткам.

Применение нанороботов зависит в основном от материалов, которые будут использоваться при создании медицинских роботов, и здесь ученым может пригодиться богатый опыт производства имплантантов, совместимых с живым организмом [1-4]. Правда, пока особых успехов в этой сфере нанотехнологий нет.

Очевидно, пока это совершенно новая отрасль медицины, и ученым придется еще решить немало различных задач. На данный момент – это только первые шаги в наномедицине, и, возможно, в будущем мы увидим совершенно новые типы медицинских нанороботов. И то, что сегодня может звучать фантастически, - уже завтра может стать обычной практикой.

Список использованных источников

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.

3. Фролов С.В., Фролова М.С. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. С. 112-117.

4. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.

УДК004.896

Лычагина В.О., Фролова Т.А., Шаталова И.А., Ширкина Е.С.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: lychagina1609@rambler.ru

ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ БИМЕДИЦИНСКОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Lychagina V.O., Frolova T.A., Shatalova I.A., Shirkina E.S.
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: lychagina1609@rambler.ru

INNOVATIONS IN THE FIELD OF BIOMEDICAL ROBOTICS

Аннотация. Рассматривается понятие биомедицинской робототехники, новейшие разработки в сфере медицинской робототехники, а также перспективы развития данной области.

Ключевые слова: биомедицинская робототехника, нано провода, экзоскелет, врач, будущее, инновации.

Abstract. The concept of biomedical robotics, the latest developments in the field of medical robotics, as well as the prospects for the development of this field are considered.

Keywords: biomedical robotics, nano wires, exoskeleton, doctor, future, innovation.

Медицинская робототехника – одна из самых новых и стремительно развивающихся областей в современной медицине. На данном этапе развития отрасль здравоохранения находится на переломном этапе в области биомедицинской робототехники. За последние 40 лет роботы все чаще стали проникать в медицину. Каждый день внедряются инновации [1-3], которые неизбежно толкают нас в будущее.

Многие считают, что автономный робот вскоре может стать постоянным членом медицинского персонала любой больницы, выполняющим всевозможные обязанности, такие как измерение жизненно важных показателей пациента, чтение истории болезни или даже проведение операции.

На данном этапе развития можно выделить самые выдающиеся и инновационные медицинские устройства, которые уже меняют нашу жизнь. Самым популярным на сегодня является робот daVinci, который уже применяется в хирургии. Используя систему DaVinci, некоторые виды операций можно выполнять с помощью нескольких крошечных разрезов, с максимальной точностью, что означает уменьшение кровотечения, более быстрое заживление ран и снижение риска заражения.

Еще одним роботом, получившим признание стал капсульный эндоскоп. Эндоскопия – не очень приятная процедура, которая благодаря боту может остаться в прошлом. Капсульный эндоскоп, представляет собой камеру размером с таблетку, которая прохо-

дит по пищеварительному тракту и дает возможность фотографировать и собирать данные, которые после можно отправить непосредственно на процессор для диагностики.

Роботизированная биопсия еще одна очень важная разработка в области медицины. Эта недавно разработанная роботизированная система, создаваемая проектной группой "MURAB". Это минимально инвазивный метод ранней диагностики рака, при котором датчик с роботизированным управлением направляется к месту биопсии с помощью новой комбинированной техники МРТ с ультразвуком. После датчик сканирует заданную цель, для получения общих данных о тканях. Затем хирург может выбрать из созданного 3D-изображения именно то место, откуда он хочет взять биопсию.

Не менее важной разработкой являются экзоскелеты, которые дают возможность парализованным людям снова «встать на ноги». Экзоскелет повторяет биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях. Они также могут быть полезны для исправления пороков развития или, скажем, для реабилитации после травмы головного или спинного мозга, предоставляя слабым мышцам необходимую опору для выполнения движений.

Одной из самых новых и интересных разработок являются антибактериальные нанороботы. Антибактериальные нанороботы – это крошечные машины, изготовленные из золотых нано проводов (bling-bling), покрытые кровяными тельцами: эритроцитами и тромбоцитами, которые удаляют бактериальные инфекции непосредственно из крови пациента. Они делают это, в основном имитируя бактерию и цель ее токсина, а затем заманивают их в свою сетку из нано проволоки, при приближении бактерии. Их можно даже направлять по телу пациента с помощью целенаправленного ультразвука, чтобы ускорить процесс очистки и лечить локализованные инфекции.

Роботы-медсестры, дезинфицирующие роботы, микро-роботы для целевой терапии, роботы-компаньоны, роботы теле-присутствия также помогают облегчить жизнь и работу врача, благодаря широкому спектру своих возможностей.

Развитие медицины в сфере робототехники не стоит на месте, а стремительно шагает вперед. В виду активного развития робототехники, не для кого не удивительно, появление новых и более усовершенствованных роботов.

Список использованных источников

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролов С.В., Фролова М.С. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. С. 112-117.

УДК 519.622.2

Ширкина Е.С., Лычагина В.О., Шаталова И.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: shirkina_ek@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНФЕКЦИОННОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ

Shirkina E.S., Lychagina V.O., Shatalova I.A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: shirkina_ek@mail.ru

MATHEMATICAL MODEL OF AN INFECTIOUS DISEASE

Аннотация: В данной работе рассмотрена базовая математическая модель инфекционного заболевания, в которой отражены наиболее существенные закономерности анализируемых процессов. Данная модель используется для исследования динамики иммунного ответа при инфекционных заболеваниях.

Ключевые слова: модель, инфекционные заболевания, иммунная защита, антиген, антитело, формы заболевания.

Abstract. In this paper, the basic mathematical model of an infectious disease is considered, which reflects the most significant patterns of the analyzed processes. This model is used to study the dynamics of the immune response in infectious diseases.

Keywords: model, infectious diseases, immune protection, antigen, antibody, forms of the disease.

Инфекционные заболевания — группа заболеваний, вызываемых проникновением в организм патогенных микроорганизмов, вирусов и прионов.

Особая опасность инфекционных заболеваний состоит в том, что за короткое время ими может быть поражено много людей. Поэтому большое внимание уделяется построению и изучению моделей данных заболеваний для предотвращения массового заражения и возможностью изучения природы иммунного ответа на инфекции.

Для решения задачи осуществляется выбор критерия качества, соответствующего медицинскому критерию средней скорости повреждения организма, отражающего цель управления. На основании полученного для построенной задачи оптимального управления с разрывной правой частью и запаздывающим аргументом необходимого условия оптимальности разработана модель, с помощью которой построены эффективные программы лечения инфекционных заболеваний.

Для изучения наиболее общих закономерностей функционирования иммунной системы организма человека рассмотрим математическую модель инфекционного заболевания, предложенную Г.И. Марчуком в 1975 году.

Данная модель описывает фундаментальные механизмы иммунной защиты, сформулированные в клонально-селекционной теории Ф. Бернета (рис. 1).



Рис. 1. Простейший механизм иммунной реакции

Инфекционное заболевание рассматривается как конфликт между иммунной системой организма и популяцией возбудителей болезни. В качестве фазовых переменных модели выделены следующие наиболее существенные характеристики заболевания:

1. Концентрация антигенов в поражённой части органа.
2. Концентрация плазматических клеток. Это популяция продуцентов и носителей антител (иммунокомпетентные клетки).
3. Концентрация антител в крови. Это субстраты иммунной системы, которые нейтрализуют антигены (иммуноглобулины, рецепторы иммунокомпетентных клеток).
4. Относительная характеристика поражённого органа $m(t)$, которую можно интерпретировать как долю разрушенных антигеном клеток органа-мишени. Это обобщённая характеристика того повреждения, которое антиген наносит органу-мишени, $m(t) = 1 - M(t)/M^*$, где $M(t)$ – количество клеток органа-мишени в момент времени t , а M^* – количество клеток в норме.

Предложенная модель допускает четыре качественно отличающихся друг от друга типа решений. Каждый тип решения представляет собой форму протекания заболевания: субклиническая, острая с выздоровлением, хроническая, летальный исход.

Вид решения определяется начальными условиями и значениями параметров модели, которые получили название иммунологического статуса организма.

Субклиническая форма (рис. 2) характеризуется устойчивым выводом антигенов из организма, так как в этом случае они не могут преодолеть иммунологический барьер. В данном случае орган практически не поражается, а концентрация антигенов с течением времени стремится к нулю.

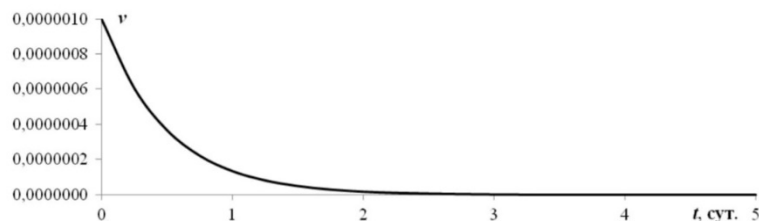


Рис. 2. Субклиническая форма поражения иммунной системы

Острая форма (рис. 3) характеризуется интенсивным ростом концентрации антигенов, ярко выраженной иммунной реакцией и резким в силу этого падением числа возбудителей болезни до значений, близких к нулю, что и понимается как выздоровление.

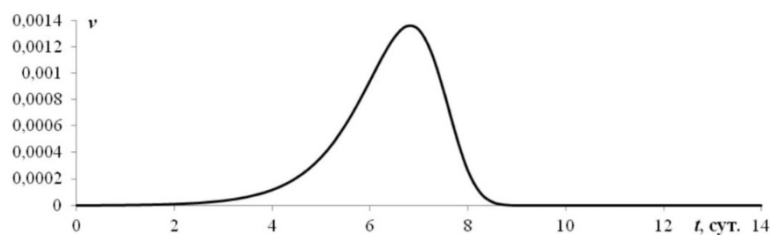


Рис. 3. Острая форма поражения иммунной системы

Для хронической формы (рис. 4) при слабом поражении органа характерно присутствие в организме ненулевой популяции антигенов с незначительной динамикой. Такая форма связана с недостаточно эффективной работой иммунной системы.

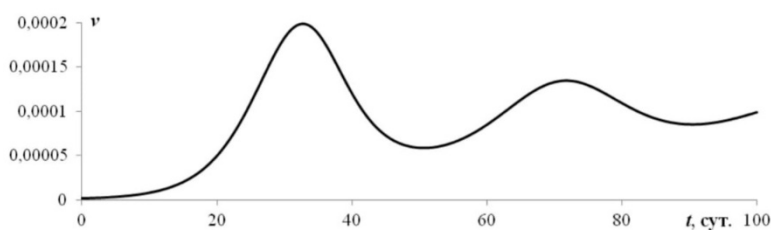


Рис. 4. Хроническая форма поражения иммунной системы

Летальный исход (рис. 5) связан с сильным поражением органа, который уже не в состоянии обеспечить нормальную жизнедеятельность организма. Такая форма может быть обусловлена малым коэффициентом стимуляции иммунной системы или большим запаздыванием.

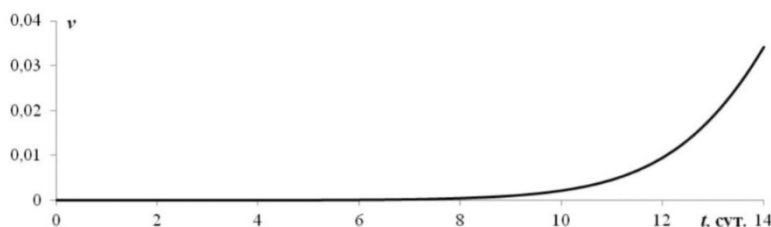


Рис. 5. Летальная форма поражения иммунной системы

Таким образом, базовая математическая модель инфекционного заболевания позволила классифицировать возможные формы болезни по наборам параметров, выделить их основные черты и сформулировать некоторые выводы о природе возникновения и характере протекания этих форм.

Список использованных источников

1. Белых, Л.Н. Анализ математических моделей в иммунологии. М.: Наука, 1988. 192 с.
2. Дасгут, Д. Искусственные иммунные системы и их применение. М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2006. 344 с.
3. Болодурина, И.П. Моделирование оптимальных стратегий лечения с учетом энергетических затрат противoinфекционной защиты // Математическая теория систем: материалы международной конференции. М.: ИСА РАН, 2009. С. 142–149.

УДК 004.932.2

Аветисян А. Р.¹, Шнякина Я. И.²

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: scorpio0751@gmail.com

²e-mail: awetini@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ПРИ ВИДЕОЭНДОСКОПИИ

Avetisyan A. R.¹, Shnyakina Ya. I.²

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

¹e-mail: scorpio0751@gmail.com

²e-mail: awetini@gmail.com

APPLICATION OF THE IMAGE SEGMENTATION METHOD TO HIGHLIGHT THE DEVIATION IN VIDEOENDOSCOPY

Аннотация. Рассмотрена перспектива применения метода сегментации изображения для выделения отклонения или пораженного участка при проведении видеоэндоскопии с целью повышения точности и качества диагностического результата.

Ключевые слова: видеоэндоскопия, сегментация изображения, отклонение, эндоскопическое оборудование, диагностика, технологии.

Abstract. The prospect of using the image segmentation method to highlight the deviation or an affected area during videoendoscopy is considered, in order to improve the accuracy and quality of the diagnostic result.

Keywords: videoendoscopy, image segmentation, deviation, endoscopic equipment, diagnostics, technology.

Технологии в медицинской технике стремительно развиваются, так как сфера здравоохранения является одной из важнейших в нашей жизни. Различные методы визуализации, функциональной диагностики требуют технического и интеллектуального усовершенствования для повышения точности исследований [1-4]. Эндоскопическое оборудование также развивается и встает вопрос о применении методов анализа и автоматического определения отклонений при диагностике. Так как такую возможность предоставляют исключительно видеоэндоскопы (приборы на волоконной оптике не имеют системы обработки и вывода изображения на монитор), рассмотрим на их примере один из способов реализации данной идеи. Подходящий метод выделения области с отклонением или пораженного участка – сегментация изображения.

Сегментацией изображения является его разделение на отдельные пиксели или группы пикселей по конкретным параметрам (каждому пикселю назначается метка) для

возможности компьютерного анализа. Наиболее эффективным для изображения при эндоскопии будет разделение по цвету, так как другие варианты выделения по интенсивности или с помощью метода кластеризации не дадут точности анализа в связи с большим количеством деталей. При наложении сетки с определенным шагом (в зависимости от разрешения изображения) происходит разделение на сегменты и, с помощью функции для определения границ отличающегося по цвету сегмента, выделяется участок слизистой с вероятным отклонением. На рисунке 1 приведена схематичная реализация данного метода.

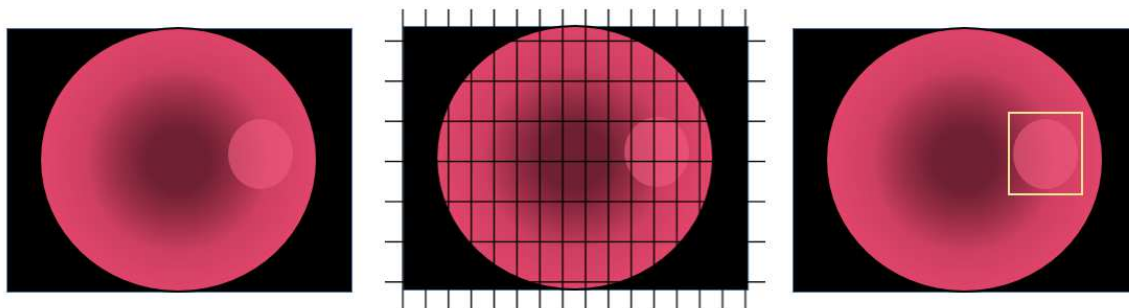


Рис. 1. Выделение области при помощи сегментации на примере изображения с видеэндоскопии

Следующей задачей стоит математическое описание функции для реализации, проверки и совершенствования рассмотренного решения в программной среде MATLAB или VisualStudio.

Таким образом, применение метода сегментации изображения для выделения отклонений при видеэндоскопии поможет специалисту в принятии решений и положительно скажется на точности и достоверности постановки диагноза.

Список использованных источников

1. Фролов, С. В. Приборы, системы и комплексы медико-биологического назначения [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 10 ч. / С. В. Фролов, Т. А. Фролова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017.
2. Фролов, С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.
3. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106-111.
4. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.

УДК 57.089

Касулина О.А., Фролов С.В., Мелехина А.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: Olya.kasulina@yandex.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ ИНКУБАТОРОВ

Kasulina O.A., Phrolov S.V., Melechina A.A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: Olya.kasulina@yandex.ru

NEW INCUBATOR FUNCTIONS

Аннотация. Приведены новые и более усовершенствованные функции инкубаторов для повышения качества оказания медицинской помощи.

Ключевые слова: отделение реанимации и интенсивной терапии новорожденных; режим «Кенгуру»; интегрированная функция аудиостимуляции.

Abstract. New and more advanced functions of incubators for improving the quality of medical care are given.

Keywords: intensive care unit for newborns; kangaroo mode; integrated audio stimulation function.

Отделение реанимации интенсивной терапии новорожденных является узким профилем в медицине, для которого главным фактором является максимально экстренное и быстрое оказание медицинской помощи[1-5].

Новые функции кувезов способствуют благоприятному выхаживанию новорожденных и соответствию желаемых потребностей.

Одним из представителей инновационных внедрений является инкубатор-трансформер Babyleo TN500, который

- обеспечивает оптимальную терморегуляцию для новорожденных, как при открытом или закрытом режимах ухода,
- благодаря сочетанию трех синхронизированных источников тепла, обеспечивает условия для роста и развития.

Помимо основных функций включает в себя:

1. Режим «Кенгуру» или Семейный вид.

Данная конструкция, имеет большой диапазон регулировки высоты, обеспечивающая родителям удобный доступ к ребенку, непрерывный мониторинг состояния новорожденного. Режим «кенгуру» следит за температурой тела новорожденного на руках у родителей и автоматически изменяет её в инкубаторе для комфортного возвращения в

теплую среду. Колпак инкубатора и его компоненты разработаны для обеспечения максимально низкого уровня шума при работе (менее 47 дБ).

°С	Влажность	Охлаждение
38,5 – 39,0	75 – 85	Не охлаждать
37,8 – 38,0	75 – 85	Не охлаждать
37,8	70 – 75	2 раза по 5 мин.
37,8	65	2 раза по 5 мин.
37,8	50 – 55	2 раза по 10 мин.
37,7	50 – 55	3 раза по 10 мин.
37,4	70	2 раза по 5 мин.

Рис.1 Режим «Кенгуру».

2. Кнопка быстрого спуска купола.

Для удобства медицинского персонала, а так же для предотвращения огромной потери тепла используется клавиша быстрого спуска купола, после проведения реанимационных мероприятий, манипуляций.

3. Бесшумная работа.

Разработанный с учетом современных рекомендаций к выхаживанию малышей, Babyleo TN500 работает очень тихо, обеспечивая мониторинг освещенности и шума под колпаком инкубатора. Благодаря этому вы можете получать информацию о таких стресс-факторах, как яркий свет и шум, и принимать необходимые меры. При мониторинге температуры врач может сделать вывод о нарушениях. Это дополнительная клиническая диагностика. Интегрированная функция аудиостимуляции позволяет воспроизводить сердцебиение или голос матери, чтобы успокоить ребенка и стабилизировать его состояние.

Данные функции системы взаимодействуют сложным образом, качество ухода за новорожденным и его здоровое развитие являются неотъемлемым показателем эффективной работы.

Список использованных источников

1. Фролов, С.В., Фролова, М.С., Потлов, А.Ю. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

2. Фролов, С.В., Фролова, М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения// Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.

3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. 2013. Том 19. № 3. С. 553-561.

4. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation //Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

5. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation //Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

УДК 57.089

Азимуратова А.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: calamity991@gmail.com

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЦЕССА ГЕМОДИАЛИЗА

Azimuratova A.A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: calamity991@gmail.com

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM ON THE EXAMPLE OF THE PROCESS OF HEMODIALYSIS

Аннотация. Система поддержки принятия решений врача представляет собой комплекс алгоритмов и баз данных заболеваний, что позволяет при заданных входных параметрах определить наиболее конкретный и возможный круг заболеваний, а так же дать доктору рекомендации по подбору лечения и профилактики.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений врача, гемодиализ.

Abstract. The doctor's decision support system is a complex of algorithms and databases, as well as directories and statistics of diseases, which allows, with given input parameters, to determine the most specific and possible range of diseases, as well as give the doctor recommendations on the selection of treatment and prevention.

Keywords: physician decision support system, hemodialysis.

Биотехнические системы (БТС) медицинского назначения – это неотъемлемая часть современной медицины [1-4]. Они помогают контролировать процессы и состояние организма, управлять и стабилизировать эти состояния. В сложившейся ситуации врачу необходима система, которая будет в значительной степени оптимальна для получения клинических данных, интерпретации этих данных, а так же поддержки принятия решений при назначений терапевтических средств.

Проблемой таких систем является ограниченность ресурсов, как временных, так и материальных. Поэтому существует необходимость в разработке биотехнической системы с оптимальным набором технических средств для постановки диагноза и лечения пациента.

Гемодиализ – процедура очищения крови через полупроницаемую пористую мембрану с помощью аппарата «искусственная почка».

Диагностика перед процедурой гемодиализа включает в себя методы медицинской визуализации и лабораторные методы.

Система поддержки принятия решений врача представляет собой комплекс алгоритмов и баз данных, а так же справочники и статистику заболеваний, что позволяет

при заданных входных параметрах определить наиболее конкретный и возможный круг заболеваний, а так же дать доктору рекомендации по подбору лечения и профилактики.

Рассмотрим подсистему лечебного воздействия, которая осуществляет регулирующее воздействие на пациента (рис. 1).

Все данные диагностики проходят через систему поддержки принятия решений (СППР) врача и интерпретируются там. Результаты поступают к врачу, который на основе этих данных и своего опыта ставит диагноз.

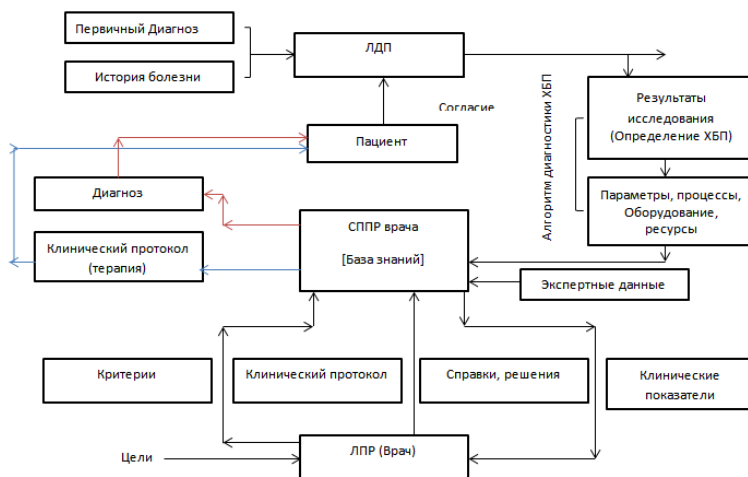


Рис.1. Структурная схема БТС лечебного воздействия на примере гемодиализа

БТС должна содержать анализ показателей, полученных во время проведения стандартных и специальных методов обследования, визуализацию медицинскими техническими средствами, лабораторные исследования.

Список использованных источников

1. Фролова Т. А., Фролова М. С. Информационные модели для оценки медицинского устройства //Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы IV Международной научно-практической конференции: изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4.Т.3, с.123-128.

2. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation //Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

3. М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода//Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58).С.139-145.

4. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

3. М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода//Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58).С.139-145.

4. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

УДК 57.089

Родина Е.Н., Фролов С.В.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: elizawetanika@yandex.ru

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СППР ВРАЧА АНЕСТЕЗИОЛОГА-
РЕАНИМАТОЛОГА НА ПРИМЕРЕ ЛЕЧЕНИЯ
КАРДИОГЕННОГО ОТЕКА ЛЕГКИХ**

Rodina E.N., Frolov S.V.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: elizawetanika@yandex.ru

**DEVELOPMENT OF A DSS ALGORITHM FOR A DOCTOR ANESTHESIOLOGIST-RESUSITANT ON THE EXAMPLE OF TREATMENT
CARDIOGENIC PULMONARY EDEMA**

Аннотация. Система поддержки принятия решений врача представляет собой комплекс алгоритмов и баз данных, а так же справочники и статистику заболеваний, что позволяет при заданных входных параметрах определить наиболее конкретный и возможный круг заболеваний, а так же дать доктору рекомендации по подбору лечения и профилактики.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений врача, кардиогенный отек легких.

Abstract. The doctor's decision support system is a complex of algorithms and databases, as well as directories and statistics of diseases, which allows, with given input parameters, to determine the most specific and possible range of diseases, as well as give the doctor recommendations on the selection of treatment and prevention.

Keywords: physician decision support system, cardiogenic pulmonary edema.

Кардиогенный отек легких – это патологическое состояние, которое характеризуется перфузией жидкости из легочных сосудов в интерстициальное пространство и альвеолы. Является следствием острой сердечной недостаточности. Диагноз выставляется на основании клинической картины и анамнестических данных.

Проектирование данной системы включает в себя несколько стадий:

- Анализ показателей, которые свидетельствуют о данном заболевании для подбора диагностических средств;
- Анализ диагностических решений;
- Анализ лечебных воздействий с применением технических средств медицинского назначения.

Рассмотрим подсистему лечебного воздействия, которая осуществляет регулирующее воздействие на пациента (рис. 1).

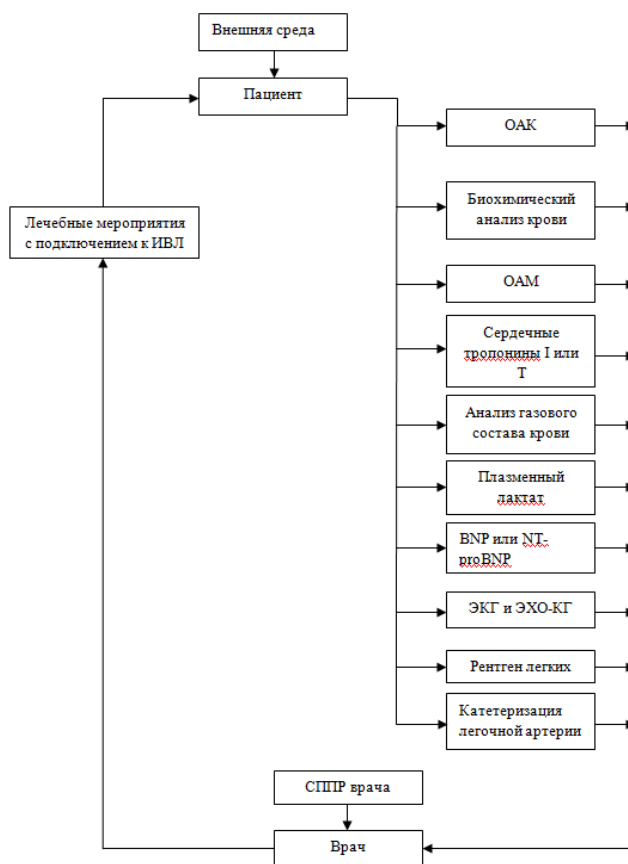


Рис. 1. Структурная схема БТС лечебного воздействия на примере лечения кардиогенного отека легких

Система поддержки принятия решения врача представляет собой программное обеспечение, основанное на статистических данных, базах медицинских знаний, принципах нечеткой логики. В основе системы поддержки принятия решения врача лежит алгоритм принятия решения. Алгоритм принятия решений (рис. 2) включает в себя несколько блоков.

1 этап: происходит ввод данных, получаемых врачом от пациента путем проведения исследований и опроса пациента.

2 этап: составление таблицы связей на основе признаков и соответствующих им заболеваний. Путем последовательного считывания информации по определенному алгоритму, происходит определение области возможных патологий.

3 этап: происходит обработка признаков и патологий, включенных в таблицу, определяется область возможного решения.

4 этап: производится расчет коэффициента уверенности в принятом решении K_i . Данный коэффициент зависит от сопоставления результатов и данных, полученных во время предыдущих исследований.

5 этап: происходит сравнение полученного коэффициента уверенности с пороговым значением K_j . Если коэффициент уверенности больше порогового значения, то происходит проверка достижимости уверенности K_{jb} , на основе сравнения с классици-

кационным пороговым значением. Если коэффициент уверенности больше, то решение является принятым и происходит выход из алгоритма. Если коэффициент уверенности является меньше порогового значения, то происходит переход к сбору дополнительной информации по признакам, что позволяет увеличить количество данных, сформировав дополнительные признаки и расширив область принятия решения, либо увеличить вес коэффициента уверенности. Происходит расширение таблицы связей. После принятия решений происходит подбор необходимых параметров и подключение к ИВЛ. Далее задается время наблюдения T_n .

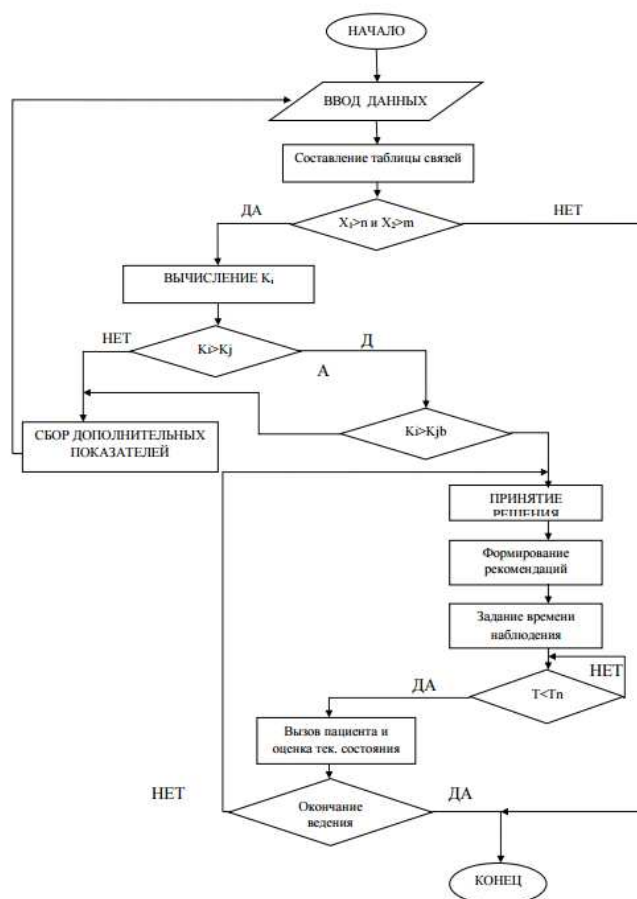


Рис. 2. Алгоритм принятия решений врачом

По истечении времени T организуется повторное обследование пациента с целью оценки его состояния. По результатам этой оценки решается вопрос о дальнейшем ведении пациента.

Список использованных источников

1. Фролов, С.В. Моделирование динамических процессов в биотехнических системах [Электронный ресурс. Мультимедиа]: Учебное пособие/ С.В. Фролов, А.Ю. Потлов, С.В. Синдеев – Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 113с.

УДК 57.089

Филимонова А.П.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: filimonova.n.68@gmail.com

ПРОБЛЕМА ОСНАЩЕНИЯ КОСМЕТОЛОГИЧЕСКОГО КАБИНЕТА

Filimonova A.P.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: filimonova.n.68@gmail.com

THE PROBLEM OF EQUIPPING A COSMETOLOGY ROOM

Аннотация. В данной работе рассмотрен процесс оснащения косметологического кабинета на примере подбора УЗ-ванн. Данный процесс включает в себя технические средства, которые будут соответствовать потребностям современного уровня медицины.

Ключевые слова: косметологический кабинет, стандарт оснащения, современное наполнение кабинета врача-косметолога.

Abstract. This paper discusses the process of using a beauty parlor for the selection of ultrasound baths. This process includes technical means that correspond to the modern level of medicine.

Keywords: cosmetology room, equipment standard, modern content of the cosmetologist's office.

Оснащение косметологического кабинета является сложным и трудоемким процессом. Косметологический кабинет должен включать в себя технические средства, которые будут соответствовать потребностям современного уровня медицины [1].

Стандарт оснащения косметологического кабинета в соответствии с Приложением №2 Приказа Минздрава России от 21 февраля 200 г. № 114Н «стандарт оснащения косметологического кабинета» включает в себя следующие наименования: мебель медицинская; дерматоскоп; рабочее место врача; лампа бестеневая с увеличительной лупой; устройство ультразвуковой очистки и дезинфекции инструментов и изделий (ванна); стерилизатор воздушный, суховоздушный; бактерицидный облучатель/очиститель воздуха/устройство для обеззараживания и (или) фильтрации воздуха и (или) дезинфекции поверхностей; аппарат для распаривания лица; холодильник для хранения медикаментов; стойка для внутривенных вливаний.

Рассмотрим оснащения косметологического кабинета на примере устройства ультразвуковой очистки и дезинфекции инструментов и изделий (ванна) [2-3].

Медицинские ультразвуковые ванны - специальное оборудование широкого спектра применения. Используется для очистки и дезинфекции линз, оптических приборов, хирургических инструментов. Метод очистки в УЗ ванне позволяет быстро и качественно очистить предметы от загрязнений и подготовить их к последующей стерилизации.

Основными производителями УЗ-ванн являются: ООО «Ферропласт Медикал» (Россия), Предприятие ПСБ-Галс (Россия), АО «Елатомский приборный завод» (Россия).

Для условий косметологического кабинета подойдет ультразвуковые ванны ВУ-09-«Я-ФП»-02, ПСБ-18060-05, УЗО10-01-Медэл соответственно. Их технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики УЗ-ванн

Название характеристики	Значение		
	Бренд	Ферропласт Медикал	Предприятие ПСБ-Галс
Страна производства	Россия	Россия	Россия
Гарантия, мес	12	12	-
Регистрационное удостоверение	ФСР 2007/00817	Нет	ФСР 2011/10977
Материал корпуса	Нержавеющая сталь	-	Медицинский пластик
Наличие подогрева	Без подогрева	-	Без подогрева
Объем камеры, л	1,7	18	10
Система слива жидкости	Есть	Есть	Нет
Стоимость, руб	29 790, 00	105 500, 00	70 600, 00

Основываясь на цене вышеперечисленных ультразвуковых ванн, выберем для косметологического кабинета самый доступный вариант: Ультразвуковая ванна ВУ-09-«Я-ФП»-02 фирмы ООО «Ферропласт Медикал».

Список использованных источников

1. Фролов, С.В., Фролова, М.С., Потлов, А.Ю. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов, С.В., Фролова, М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения// Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. 2013. Том 19. № 3. С. 553-561.

УДК 687.55

Крапивина В.В.¹, Фролова Т.А.²

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

¹e-mail: victoria98_98a@mail.ru

²e-mail: frolova2000@gmail.com

АППАРАТНАЯ КОСМЕТОЛОГИЯ С УЧЕТОМ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Krapivina V.V.¹, Frolova T.A.²

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

¹e-mail: victoria98_98a@mail.ru

²e-mail: frolova2000@gmail.com

HARDWARE COSMETOLOGY WITH INNOVATIVE SOLUTIONS

Аннотация. Аппаратная косметология — направление эстетической медицины, объединяющее высокотехнологичные методы омоложения и коррекции косметических недостатков. В основе аппаратных методов лежит дозированное воздействие на кожу определенных физических факторов: лазера, ультразвука, радиоволн, электромагнитного поля. Методы аппаратной косметологии безопасны. Щадящие процедуры проходят без нарушения целостности кожи, восстановление идет быстро, результат сохраняется на долгие годы.

Ключевые слова: косметология, аппаратные методы лечения, кожа, эстетика, медицина.

Abstract. Hardware cosmetology is a branch of aesthetic medicine that combines high-tech methods of rejuvenation and correction of cosmetic imperfections. The hardware methods are based on the dosed effect on the skin of certain physical factors: laser, ultrasound, radio waves, electromagnetic field. Methods of hardware cosmetology are safe. Gentle procedures are carried out without violating the integrity of the skin, the recovery is fast, the result is preserved for many years.

Keywords: cosmetology, apparatus methods of treatment, skin, aesthetics, medicine.

Кожа – это не только самый большой, но и очень уязвимый орган. На нее воздействует огромное количество внешних и внутренних агрессивных факторов. Количество выявляемых ежегодно заболеваний кожи исчисляется миллионами. Так, в России впервые обращаются к дерматологам с различными проблемами порядка 6 млн человек в год.

Таблица 1. Сравнение инновационных разработок в косметологии

Наименование метода Хар-ка	Косметологический прибор для ухода за кожей с высокоинтенсивной сфокусированной ультразвуковой волной (HIFU)	Способ лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB)	Устройство для ухода за кожей с применением электричества	Устройство для стимуляции роста волос и/или предотвращения выпадения волос
Краткое описание	В устройстве HIFU фокусируется энергия высокой интенсивности на целевую фокусную точку тела посредством линейно-го/вращательного движения преобразователя ультразвуковых волн, который преобразует электрическую энергию в энергию механических колебаний в пределах диапазона ультразвуковых частот	Устройства могут быть использованы для омоложения кожи, обработки морщинок и срезания волос. Мощность и длительность импульса лазера и размер фокального пятна выбирают таким образом, чтобы явление лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB) воздействовало на кожу для стимуляции возобновления развития тканей кожи.	Устройство содержит кожный электрод для контакта с участком кожи пациента. Устройства обеспечивают усиление действия присутствующих вжном креме активных ингредиентов под действием электрического тока	Устройство включает множество дисков. Каждый из дисков включает матрицу стимулирующих элементов – игл. Каждое прокалывание кожи волосистой части головы включает отложение ионов металла в коже. Метод стимуляции по выбору: механическая, вибрационная, ионная, тепловая, инвазивная стимуляция.
Достоинства	портативность устройства	– анализ изображения, для определения уровня изменения цвета – индефикация неоднородности тканей	упрощение процесса наложения крема.	– стимуляцию роста новых волос – поддержание текущего объема волос, – универсальность
Недостатки	отсутствие возможности высокоинтенсивной сфокусированной ультразвуковой волной в домашних условиях.	– трудность оценки эффективности LIOB-обработки – возможность повреждения	- правильность дозирования - нерациональное использование крема	- безболезненность - кровотечение - появление синяков

Среди достоинств инновационных аппаратных методик в аппаратной косметологии можно выделить быстрое и эффективное решение эстетических и косметических проблем, проявляющихся на волосах и кожных покровах.

Рассмотрены четыре инновационные разработки для аппаратной косметологии: прибор для ухода за кожей с высокоинтенсивной сфокусированной ультразвуковой волной (HIFU), устройство лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB), устройство для ухода за кожей с применением электричества, устройство для стимуляции роста волос.

В ходе работы был проведен анализ сравнения последних инновационных разработок в косметологии, полученные данные приведены в табл. 1.

Каждое вышеперечисленное устройство имеет различное физическое воздействие на организм. Ультразвуковой и радио-волновой лифтинг активно используют при на-

чальных признаках гравитационного птоза. Лазерные методы позволяют улучшить цвет кожи и микрорельеф, восстановить гидратацию и эластичность кожных покровов.

Вопросы точной и оперативной диагностики выходят на первый план [1-4]. Уменьшить субъективность оценок, повысить точность диагностики, расширить базу знаний врачей-дерматологов помогают различные современные инструменты для диагностики и новые медицинские аппаратные технологии.

Список использованных источников

1. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
2. Фролов С.В., Фролова М.С. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники //Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. С. 112-117.
3. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем //Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
4. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем //Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
5. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

УДК 616.853

Сакоссенге Э. К. В., Фролова Т. А., Гончарова Т. К.
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов
e-mail: eduardosacossengue1995@gmail.com

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭПИЛЕПСИИ

Sacossengue. E.C.V., Frolova. T. A., Goncharova T.K.,
Tambov State Technical University, Russia, Tambov
e-mail: eduardosacossengue1995@gmail.com

TECHNOLOGICAL DEVICES FOR EPILEPSY CONTROL

Аннотация. Произведено экспериментальное исследование с помощью несколько носимых устройств, приложений и имплантатов, которые могут помочь предсказывать эпилептические припадки или создавать системы экстренного оповещения.

Ключевые слова: технологические устройства для контроля эпилепсии; браслеты для выявления эпилептических припадков, портативные ЭЭГ-устройства, наушники для оценки риска эпилептических припадков: Mjn-SERAS; специальные приложения: SeizAlarm, EpiWatch, приложение DCA Epilepsy, EpiDiary, Epycare.

Abstract. Pilot research has been done with several wearable devices, apps and implants that can help predict epileptic seizures or create emergency alert systems.

Keywords: technological devices for the control of epilepsy; seizure detection bracelets, portable EEG devices, seizure risk assessment headphones: Mjn-SERAS; special apps: Seiz Alarm, EpiWatch, DCA app Epilepsy, EpiDiary, Epycare.

Эпилепсия — одно из самых распространенных неинфекционных неврологических заболеваний в мире; имеет распространенность около 70 миллионов человек. [1 – 3].

Новые технологические устройства очень помогают в нашей повседневной жизни, благодаря этим достижениям они также используются для контроля некоторых заболеваний, таких как эпилепсия.

В последние годы появилось несколько носимых устройств, приложений и имплантатов, которые могут помочь предсказывать эпилептические припадки или создавать системы экстренного оповещения. Некоторые из этих технологии, которые служат для контроля эпилепсия:

Браслеты для выявления эпилептических припадков: Это устройство представляет собой носимое устройство в виде смарт-часов, которое можно приспособить к запястью или лодыжке и которое способно обнаруживать эпилептические припадки путем измерения электрокожной активности пользователя, оно имеет электродермальный датчик, гироскоп, акселерометр и термометр. что они могут совместно обнаруживать физиоло-

гические симптомы по пульсу; в тот момент, когда устройство обнаруживает ненормальную активность, оно отправляет сигнал тревоги обслуживающему персоналу, чтобы помочь, предотвратить или смягчить последствия критической ситуации.

Портативные ЭЭГ-устройства: Это портативный электроэнцефалографический прибор, позволяющий постоянно контролировать активность больных эпилепсией.

Наушники для оценки риска эпилептических припадков: Mjn-SERAS — это медицинское устройство, которое посылает предупреждающий сигнал как пациенту, так и его доверенным лицам, когда риск эпилептического припадка высок. mjn-SERAS записывает электрическую активность мозга в режиме реального времени через персонализированный слуховой проход, который находится незаметно за ухом.

Mjn-SERAS — это медицинское устройство, которое посылает предупреждающий сигнал как пациенту, так и его доверенным лицам, когда риск эпилептического припадка высок. mjn-SERAS записывает электрическую активность мозга в режиме реального времени через персонализированный слуховой проход, который находится незаметно за ухом.

Специальные приложения:

SeizAlarm: это приложение, доступное только для iOS, предназначено для уведомления нескольких доверенных лиц, когда у пациента случается эпилептический припадок.

Ежедневный контроль эпилепсии: это решение направлено на мониторинг заболевания, чтобы такие данные, как дата, время кризиса, сигнал тревоги для приема лекарств и т. д.

EpiWatch: это приложение работает через умные часы Apple и является частью исследования с участием исследователей из больницы Джона Хопкинса.

Приложение DCA Epilepsy: это приложение, разработанное студентом Университета Аликанте (UA), которое позволяет выявлять ночные эпилептические припадки у детей с приобретенной черепно-мозговой травмой (ЛПИ).

Abraço: это браслет, разработанный учеными из Массачусетского технологического института (MIT), который служит для мониторинга судорог, который также имеет датчик, который измеряет объем крови, другой, который записывает электродермальную активность, акселерометр, который фиксирует движение, и батарею, которая также записывает периферическая температура кожи.

EpiDiary - Мой дневник эпилепсии: его цель - облегчить мониторинг заболевания и поделиться всеми данными в режиме реального времени с членами семьи и медицинскими работниками.

Eruscare : это проект приложения, который родился на IHealthHackathon и получил награду UCBEpilepsySelf-CareAward.

Список использованных источников

1. Frolov S.V., Lyadov M.A., Loskutov S.A. Automated Information System for Monitoring Health of Schoolchildren // Biomedical Engineering. – 2015. Vol. 49(1), – pp. 1-6.

УДК 339.13

Фролов С.В., Фролова Т.А.

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

e-mail: frolova2000@gmail.com

ТЕНДЕНЦИИ ИНДУСТРИИ МЕДИЦИНСКИХ УСТРОЙСТВ

Frolov S. V., Frolova T. A.

Tambov State Technical University, Russia, Tambov

e-mail: frolova2000@gmail.com

MEDICAL DEVICE INDUSTRY TRENDS

Аннотация. Рассмотрены основные проблемы и возможности для производителей медицинских устройств и приборов.

Ключевые слова: медицинские устройства, диагностика, искусственный интеллект, медицинские технологии.

Abstract. The main problems and opportunities for manufacturers of medical devices and devices are considered.

Keywords: medical devices, diagnostics, artificial intelligence, medical technologies.

Поскольку мы приближаемся к концу 2022 года, естественно заглянуть вперед и спросить, каковы перспективы отрасли медицинского оборудования. В этом году это может быть особенно актуально. После пандемии COVID-19 мы стали свидетелями изменений, сбоев и даже некоторых достижений в разработке продуктов для здравоохранения и медико-биологических наук.

Вот четыре возможных тенденции рынка медицинского оборудования, на которые мы обращаем внимание.

Тенденция № 1 в области медицинских устройств: продолжение проблем в глобальной цепочке поставок

Неудивительно, что нехватка глобальных цепочек поставок возглавляет список. Глобальная нехватка полупроводников затрагивает почти все отрасли. Некоторые называют состояние цепочки поставок «чипагеддоном» или «чипокалипсисом» — и это не преувеличение. Многие эксперты считают, что намерстывание отставания спроса, вероятно, продлится до 2022 и 2023 годов.

Как и все остальное, цепочка поставок медицинского оборудования сталкивается с теми же проблемами. И это выходит даже за рамки полупроводников — сырье и товары по всем направлениям испытывают значительно увеличенные сроки поставки, а также нехватку деталей и материалов. Для многих производителей медицинского обо-

рудования это больше, чем прорыв. Некоторые ожидают серьезного финансового удара — в лучшем случае. Многие признают это как угрозу самому их выживанию как бизнеса.

Планирование значительно увеличенных сроков поставки, определение запасных частей и даже перепроектирование с учетом доступности поставок — все это требует большей прозрачности и гибкости. Крайне важно иметь возможность быстро определить, какие детали подвергаются наибольшему риску, и по возможности изменить ситуацию, чтобы обеспечить необходимые поставки для вывода на рынок столь необходимых медицинских продуктов.

Тенденция № 2 в области медицинских устройств: Ускорение и эволюция устройств для диагностики в местах оказания медицинской помощи.

Пандемия COVID-19, особенно в отношении диагностических инструментов, подтолкнула нас к новым территориям и быстрее. В результате возникли две тенденции в области технологий в области медико-биологических наук: ускорение разработки стандартных диагностических инструментов для оказания медицинской помощи и выход за их пределы. Компании медико-биологической отрасли задаются вопросом: «Как мы можем получить больше видов тестирования и результатов там, где они больше всего нужны?» И «Как мы можем сделать это быстрее?»

Пандемия оказала сильное давление на производителей устройств для тестирования в местах оказания медицинской помощи, чтобы они не только увеличили производство, но и ускорили весь процесс разработки продукта. Это своего рода скороварка, в которой инновации часто становятся новыми стандартами. Скорость выхода на рынок всегда важна. Но когда стало еще важнее быстро реагировать на быстрое распространение COVID-19, производителям диагностического оборудования пришлось искать новые способы ускорения проектирования, разработки и тестирования.

Это означает, что медико-биологическим компаниям нужны партнеры, которые понимают давление времени выхода на рынок, сложности и требования к разработке диагностических инструментов для этой новой реальности.

Тенденция № 3 в области медицинских устройств: восстановление числа плановых процедур (и медицинских устройств и оборудования, необходимых для них).

Во время пандемии COVID-19 плановые операции были приостановлены. Вместе с ними снизился спрос на медицинское оборудование, используемое в этих процедурах. Теперь эти выборные процедуры снова начинают набирать обороты, и многие медицинские компании, зависящие от процедур, сообщают о более высоком, чем ожидалось, росте продаж в результате восстановления второстепенных процедур.

Для производителей медицинского оборудования это означает восстановление спроса на медицинское оборудование, например, роботизированные хирургические системы. Это хорошая новость, но она также создает некоторые проблемы. Это влияние жесткой глобальной цепочки поставок. Производительность также может быть проблемой — просто наличие места или человеко-часов для эффективного расширения производства.

Конечно, обратной стороной возвращения к более высоким уровням производства является способность наращивать инновации. Многие производители медицинского оборудования планируют увеличить расходы на исследования и разработки в следующем году. По мере расширения деятельности по разработке новых продуктов может также возникнуть необходимость в аутсорсинге проектирования, разработки тестов, прототипирования и других услуг по разработке продуктов.

Тенденция № 4 в области медицинских устройств: непрерывная интеграция искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения и Интернета вещей (IoT) и связанная с этим кибербезопасность медицинских устройств

Ожидается, что объем рынка искусственного интеллекта в здравоохранении вырастет в десятки раз за период 2021 - 2028 г.г.. Значительным фактором роста являются медицинские технологии, такие как диагностика и роботизированная хирургия. У тех, кто способен найти эффективные способы интеграции передовых вычислений и средств связи в будущий портфель продуктов для здравоохранения и медико-биологических наук, открываются прекрасные возможности.

Даже если вы не хотите интегрировать ИИ в текущие продукты, это тенденция в области медицинских устройств, на которую следует обратить внимание. Использование таких методов, как машинное обучение, может ускорить процесс разработки продукта. И удача любит подготовленных. Чем лучше производитель готов вмешаться, когда придет время, включая понимание меняющихся правил, тем больше у него шансов на успех во все более цифровой среде.

Конечно, со всеми этими технологиями возрастает важность кибербезопасности для медицинских устройств. И есть две стороны вопроса кибербезопасности. Во-первых, разработка продукта и его производство — то, как партнер контролирует и защищает информацию клиента. Кроме того, существует защита подключенных продуктов от киберугроз, когда они используются на рынке. OEM-производителям в сфере здравоохранения необходимо убедиться, что они работают с партнерами, которые не только понимают, но и заранее подготовлены к требованиям кибербезопасности современной индустрии медицинского оборудования.

Стоит отметить, что риску подвергается не только новое, более совершенное оборудование. Кибербезопасность может стать еще более серьезной проблемой для устаревших продуктов, уже находящихся в эксплуатации. Безопасность каждого медицинского устройства, доступ к которому возможен в цифровом виде, должна быть приоритетом. Потому что речь идет не только о защите данных — в конце концов, мы защищаем людей, чья жизнь зависит от устройств.

Независимо от того, на каких тенденциях в области медицинского оборудования вы больше всего сосредоточены, одним из ключей к успеху будет создание прочных партнерских отношений, которые помогут извлечь из них выгоду. Умный аутсорсинг — будь то на ранних этапах проектирования и разработки, производства или поддержки после того, как ваши продукты появятся на рынке, — может добавить опыт, возможности и возможности для более быстрого продвижения и более конкурентоспособного выхода на рынок.

УДК 57.089

Одеджоби О.Э.

Нигерия, г. Огбоможо
e-mail: benty50@yahoo.com

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ЭХО-МЕТОДЫ

Odedjobi O.E

Nigeria, Ogbomojo
e-mail: benty50@yahoo.com

ULTRASONIC ECHOMETHOD

Аннотация. Произведено экспериментальное исследование с помощью ультразвуковых эхолокаторов для определения размеров различных тканей.

Ключевые слова: ультразвуковые эхо-методы; ультразвуковые эхолокаторы; эхоэнцефалоскоп; эхография.

Abstract. An experimental study was carried out using ultrasonic echolocators to determine the size of various tissues.

Keywords: ultrasonic echo methods; ultrasonic echolocators; echoencephaloscope; echography.

Ультразвук в медицинской практике находит исключительно широкое применение. Он используется в диагностике (энцефалография, кардиография, остеоденситометрия и др.), лечении (дробление камней, фонофорез, акупунктура и др.), приготовлении лекарств, очистка и стерилизации инструмента и препаратов [1-3].

В ультразвуковой диагностике используется как отражение волн (эхо) от неподвижных объектов (частота волны не изменяется), так и отражение от подвижных объектов (частота волны изменяется – эффект Доплера). Поэтому ультразвуковые диагностические методы делятся на эхографические и доплерографические.

Одномерные ультразвуковые эхолокаторы нашли широкое применение, например в диагностике гематом при черепно-мозговых травмах. С помощью эхоэнцефалоскопа измеряют и сравнивают расстояния от левой и правой височных костей до поверхности раздела двух полушарий.

Одномерная эхография удобна и для выявления внутрибрюшинно и иного кровотечения при травмах живота. Известно, что в норме листки брюшины в боковых отделах живота плотно соприкасаются, а при скоплении крови или иной жидкости в брюшинной полости между ними появляется расстояние, легко фиксируемое одномерными эхолокаторами.

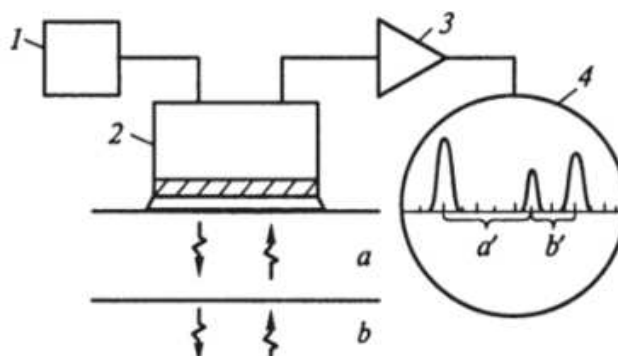


Рис. 1. Принцип одномерной эхолокации

1 - генератор импульсов; 2 - эхозонд; 3 - усилитель; 4 - экран осциллографа; a и b - толщины слоев тканей, a' и b' - соответствующие расстояния между импульсами на экране рий мозга, по смещению которой судят о наличии и величине гематом или других патологических нарушениях. Поскольку поглощение ультразвука тканью мозга достаточно велико и растет с увеличением частоты, для эхоэнцефалографии используют сравнительно низкие ультразвуковые частоты - от 0,8 до 1,8 М Гц. В этом диапазоне частот при средней скорости ультразвука 1500 м/с длины ультразвуковых волн составят 1,5—0,8 мм, а поскольку точность измерений не может превысить половины длины волны, то смещение границы между полушариями можно определить с точностью до 1...1.5 мм. При эхоэнцефалографии более высокая точность, как правило, и не требуется.

В настоящее время разработано много моделей ультразвуковых эхолокаторов для определения размеров различных тканей, значительно ускоривших процесс диагностики у людей и определения упитанности животных. Ультразвуковые локаторы безвредны, их использование не связано с болевыми ощущениями и не требует соблюдения условий стерильности.

Эхо-методы успешно применяют в маммографии для определения изменений в молочных железах женщин и диагностики патологий вымени. На эхограмме хорошо идентифицируются пики, свидетельствующие об отражении ультразвука от известных внутренних структур - подвешивающих связок, стенок молочных протоков. По эхограмме можно определить асимметрию молочных желез, связанную с патологическими изменениями в них. Метод позволяет также обнаружить опухоли, очаги кальцификации, а также инородные тела в молочной железе.

Список использованных источников

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролов С.В., Фролова М.С. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники //Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. С. 112-117.

Научное электронное издание

**ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН**

**Материалы VIII Международной
научно-практической конференции**

Выпуск 8

Компьютерное макетирование Е. Е. Румянцевой
Обложка, упаковка, тиражирование Т. Ю. Зотовой

ISBN 978-5-8265-2529-6



Подписано к использованию 21.11.2022.

Тираж 100 шт. Заказ № 91

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Телефон (4752) 63-81-08.

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru