

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№7 2021

Направления:

**05.13.01 – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**05.13.06 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
(технические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**05.13.18 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**05.13.19 – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

**Казань
2021**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №7 2021г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2021. – 132 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732)

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvp.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № E12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;

В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;

В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, К.Г. Николаев, В.С. Минкин, Р.Х. Шагимуллин, Е.С. Воробьев АНАЛОГИЯ ЯВЛЕНИЙ – КОРЕННОЙ ПРИЗНАК ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 7

05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Н.С. Алексеев О НОВЫХ ФУНКЦИЯХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И СТУДЕНТА 15

В.В. Баканов ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ТОКА 20

Н.А. Белобородова МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕКРЕТАРЯ (НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА ООО “ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УХТА”) 23

Н.А. Белобородова, М.В. Михитарова МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ БЛАГОПОЛУЧИЯ ГОРОДА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УХТЫ) 27

Д.С. Горбатенко БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕЛОСИПЕДОВ НА УЛИЦАХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ 31

С.Л. Марулин, Н.Г. Фетисова, А.П. Буйносов ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ГРЕБНЕ- И РЕЛЬСОСМАЗЫВАТЕЛЕЙ 34

А.О. Махорин СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗБИЕНИЯ МНОЖЕСТВА 37

В.П. Назаров, Н.О. Сапоженков, Р.В. Тянь ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ УАЗ-3163 В ХОЛОДНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ 40

Р.И. Нургалиев, А.А. Василец, В.И. Баязитова, А.Ж. Сахабутдинов, А.А. Кузнецов, А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков АЛГОРИТМ ПАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СВЕРХУЗКИХ РЕЗОНАНСНЫХ СТРУКТУР В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ 44

05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

В.И. Курир РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИНХРОННОГО ПОГРУЖНОГО ГИДРОГЕНЕРАТОРА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ МОЩНОСТЬЮ 270 КВТ 47

К.В. Марусич, А.В. Сокольников ПРОЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ ОДНОШНЕКОВОГО ЭКСТРУДЕРА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ АНТИКОРРОЗИЙНОГО ПОКРЫТИЯ 52

Д.А. Хвостов СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА 57

05.13.11 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

З.Ш. Абдураманов, Ю.П. Москалева, З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов РАСШИРЕНИЕ ТИПА ДАННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ВЫЧИСЛЕНИЯ БИТКОИН АДРЕСА 61

З.Ш. Абдураманов, Ю.П. Москалева, З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РИСОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ГЕОМЕТРИЕЙ ТИПА .LINE 65

05.13.11 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Ю.В. Павичевич СОЗДАНИЕ CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ WEB-СТУДИИ 68

05.13.18 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров, Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, И.Ф. Шайхутдинов МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛУОСИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ 72

Н.Н. Беспалов, Ю.В. Горячкин, К.Ю. Панькин, Д.С. Кондрашин МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ДИОДА ШТЫРЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ Д242 ПРЯМЫМ ТОКОМ 75

А.П. Буйносов, Е.С. Юдт, О.И. Тутынин ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ И ЭЛЕКТРОВОЗА ДЛЯ РАБОТЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ 79

М.В. Дворянчиков, Л.Д. Павлова РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧЕ 83

Д.К. Егорова, Т.Ф. Мамедова, Д.И. Курбатов О РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОГО АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ 87

Р.А. Козлитин, С.В. Шиганов КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ COVID-19 В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ 91

Д.В. Ложкин, П.В. Максимов, А.В. Николаев, А.А. Кротких АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА МЕТАНА В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ 97

А.С. Мальцев, П.В. Максимов МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ В КВАРЦЕВОМ МАЯТНИКОВОМ АКСЕЛЕРОМЕТРЕ 105

Е.Н. Минаев МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В РАСТВОРЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ 108

Т.И. Михалёва, К.М. Расулов О РЕШЕНИИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА КАРЛЕМАНА ДЛЯ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ВТОРОГО РОДА В КРУГОВЫХ ОБЛАСТЯХ 112

О.В. Соловьева, С.А. Соловьев, Р.С. Зарипова, А.В. Каляшина, А.В. Чупаев ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДО-НЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ЭЛЕМЕНТЕ СЕПАРАТОРА ПРИ НАЛИЧИИ УСПОКОИТЕЛЕЙ ПОТОКА НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 116

Ю.Е. Якубовский, С.В. Якубовская, Е.Ю. Иванова МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ 120

АННОТАЦИИ 124

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>B.N. Ivanov, R.N. Kostromin, K.G. Nikolaev, V.S. Minkin, R.Kh. Shagimullin, E.S. Vorobyev</i> THE ANALOGY OF PHENOMENA - A FUNDAMENTAL FEATURE OF NATURAL AND TECHNOGENIC PROCESSES AND RATIONAL TECHNOLOGIESS	7
---	---

05.13.01 — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

<i>N.S. Alekseyev</i> ABOUT NEW FUNCTIONS IN THE SOFTWARE COMPLEX OF REMOTE INTERACTION OF A TEACHER AND STUDENT	15
<i>V.V. Bakanov</i> OVERVIEW ANALYSIS OF OPTICAL CURRENT SENSORS	20
<i>N.A. Beloborodova</i> MODEL OF DIGITAL DOCUMENTATION OF THE SECRETARY'S ACTIVITIES (ON THE EXAMPLE OF THE BRANCH OF GAZPROM TRANSGAZ UKHTA)	23
<i>N.A. Beloborodova, M.V. Mikhitarova</i> MODEL FOR ASSESSING CITY WELL-BEING BASED ON FUZZY LOGIC (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF UKHTA)	27
<i>D.S. Gorbatenko</i> SAFE USE OF BIKES ON STREETS AND ROADS	31
<i>S.L. Marulin, N.G. Fetisova, A.P. Buinosov</i> IMPROVING THE RESOURCE OF BANGS OF WHEEL PAIRS OF LOCOMOTIVES DUE TO THE USE OF ROBES AND RAILS	34
<i>A.O. Makhorin</i> A SPECIALIZED ALGORITHM FOR SOLVING THE SET PARTITIONING PROBLEM	37
<i>V.P. Nazarov, N.O. Sapozhenkov, R.V. Tyan</i> DETERMINATION OF RATIONAL SERVICE TIMES OF UAZ-3163 IN COLD CLIMATE CONDITIONS	40
<i>R.I. Nurgaliev, A.A. Vasilets, V.I. Bayazitova, A.Zh. Sakhabutdinov, A.A. Kuznetsov, A.N. Pikulev, V.V. Sadchikov</i> ALGORITHM OF PAIRED PROBING OF SUPERNARROW RESONANCE STRUCTURES IN OPTICAL FIBER	44

05.13.06 — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

<i>V.I. Kurir</i> DESIGN PARAMETERS OF A SYNCHRONOUS SUBMERSIBLE PERMANENT MAGNET HYDROGENERATOR WITH A POWER OF 270 KW	47
<i>K.V. Marusich, A.V. Sokolnikov</i> SINGLE-SCREW EXTRUDER AUTOMATION PROJECT FOR ANTICORROSION COATING	52
<i>D.A. Khvostov</i> AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR MICROCLIMATE PARAMETERS	57

05.13.11 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

<i>Z.S. Abduramanov, Y.P. Moskaleva, Z.S. Seidametova, G.S. Seydametov</i> DATA TYPE EXTENSION FOR IMPLEMENTATION OF ALGORITHM FOR CALCULATING BITCOIN ADDRESS	61
<i>Z.S. Abduramanov, Y.P. Moskaleva, Z.S. Seidametova, G.S. Seydametov</i> DEVELOPMENT OF VIRTUAL REALITY OBJECTS DRAWING WITH GEOMETRY .LINE TYPE	65

05.13.11 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

<i>Yu.V. Pavichevich</i> DEVELOPING A CRM SYSTEM FOR WEB-STUDIO	68
---	----

05.13.18 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

<i>A.Yu. Barykin, R.R. Basyrov, R.M. Galiev, D.I. Nuretdinov, I.F. Shaikhutdinov</i> SIMULATION OF THE LOADED STATE OF A SEMI-AXLE OF A TRUCK	72
<i>N.N. Beshpalov, Yu.V. Goryachkin, K.Yu. Pankin, D.S. Kondrashin</i> MODELING AND RESEARCH OF THE PROCESS OF HEATING DIODE OF PIN-CONSTRUCTION D242 BY DIRECT CURRENT	75
<i>A.P. Buinosov, E.S. Yudt, O.I. Tutynin</i> CONSTRUCTION OF THE CHARACTERISTICS OF THE ENGINE AND ELECTRIC CARRIER FOR OPERATION ON THE RAILWAY WAYS OF NON-PUBLIC USE	79
<i>M.V. Dvoryanchikov, L.D. Pavlova</i> DEVELOPMENT OF NEURAL NETWORK FOR PREDICTIVE ANALYTICS OF METHANE RELEASE DURING UNDERGROUND COAL MINING	83
<i>D.K. Egorova, T.F. Mamedova, D.I. Kurbatov</i> ON THE IMPLEMENTATION OF ONE ALGORITHM FOR CLUSTERING MEDICAL IMAGES	87
<i>R.A. Kozlitin, S.V. Shiganov</i> COMPUTER SIMULATION OF THE DISTRIBUTION OF COVID-19 IN THE REPUBLIC OF KHAKASSIA	91
<i>D.V. Lozhkin, P.V. Maksimov, A.V. Nikolaev, A.A. Krotkikh</i> ANALYSIS OF METHODS FOR MODELING TRANSFER PROCESSES METHANE IN THE MINE WORKINGS	97
<i>A.S. Maltsev, P.V. Maksimov</i> SIMULATION OF A WELDED JOINT IN A QUARTZ PENDULUM ACCELEROMETER	105
<i>E.N. Minaev</i> MATHEMATICAL MODELING OF A STATIONARY ELECTRIC FIELD IN A ELECTROLYTE TO DETERMINE OF THE COEFFICIENTS OF BOUNDARY CONDITIONS	108
<i>T.I. Mikhaleva, K.M. Rasulov</i> ON THE SOLUTION OF BOUNDARY VALUE PROBLEM OF CARLEMAN TYPE FOR QUASIHARMONIC FUNCTIONS OF THE SECOND KIND IN CIRCULAR DOMAINS	112
<i>O.V. Soloveva, S.A. Solovev, R.S. Zaripova, A.V. Kalyashina, A.V. Chupaev</i> STUDY OF WATER-OIL EMULSION SEPARATION IN THE SEPARATOR ELEMENT WITH THE PRESENCE OF FLOW DAMPERS BASED ON NUMERICAL SIMULATION	116
<i>Yu.E. Yakubovsky, S.V. Yakubovskaya, E.Yu. Ivanova</i> MODELING OF THE PARAMETERS OF THE PROCESS OF PULLING POLYETHYLENE PIPES DURING THE RESTORATION OF STEEL PIPELINES	120
ABSTRACTS	124

05.13.06

¹Б.Н. Иванов д-р техн. наук, ²Р.Н. Костромин канд. техн. наук, ³К.Г. Николаев,
¹В.С. Минкин д-р хим. наук, ⁴Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук,
¹Е.С. Воробьев канд. техн. наук,

¹Казанский научно-исследовательский технологический университет,
²ООО «Миррико менеджмент»,
³ФГУП «ЦНИИ геологии нерудных полезных ископаемых»,
⁴Главный редактор журнала «Научно-технический вестник Поволжья»,
Казань, ivanovbn@rambler.ru, kostromin-rn@rambler.ru,
vorobiev@kstu.ru, shagimullin@ntvp.ru

АНАЛОГИЯ ЯВЛЕНИЙ – КОРЕННОЙ ПРИЗНАК ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Статья посвящена обоснованию и использованию глобальной аналогии различных явлений и их носителей, и подводит предварительный итог цикла исследований. Авторами опубликовано порядка 150 работ, структурообразующие положения и результаты изложены в [2-27].

Ключевые слова: *вещественно-волновая природа, дифференциация и интеграция явлений, химический и физический резонанс.*

По мнению авторов, многие связи прослежены слабо и утилитарно. Яркий пример – формула К. Маркса: *товар-деньги-товар*, низводящая человека к роли товара. Поэтому более этичной и полной представляется формула: *образование-наука-культура-труд-товар-деньги-товар-труд-культура-наука-образование*, отражающая цивилизованный путь развития Человечества в гармонической связи с *эволюцией Земли*. Причем именно образование и наука являются *Архимедовым рычагом* их эффективного сосуществования.

Развитие естественных отраслей знаний и промышленности тормозит излишняя эмпиричность потребителей. Последнее обстоятельство в немалой степени, обусловлено отсутствием у многих исследователей четкого понимания разницы между действием и его оценкой; их соотношением и взаимным влиянием. Хотя, понимание этой разницы позволяет рационально использовать переходы одних видов движения в другие и способствует раскрытию *принципиальных* закономерностей и природных и техногенных процессов. В том числе, к *открытию* новых форм проявления *Закона сохранения*.

В наиболее общем виде закон сохранения гласит: *ничто не возникает из ничего и ничто не исчезает в ничего*. Эта формулировка, несмотря на её неконкретность, наиболее правильно раскрывает причинно-следственную связь событий от *микро-* до *сверхмакросистем*.

Анализ результатов и положений собственных исследований и литературных данных позволил сформулировать следующие аксиоматические постулаты [4-14].

Противоречивость не только *неуничтожима* в целом, но и не может быть *абсолютного* перехода одного вида противоречий в другие.

Качество при переходе в новое качество частично сохраняет *количественно* основной структурный элемент (иначе нарушается принцип скачкообразности количественно-качественных изменений). Его уровень организации предопределен типом и условиями взаимодействий. Например, часть атомов исходного вещества в процессе химического превращения переходит в новую молекулу.

На базе сформулированных постулатов скорректирован ряд важных понятий:

Процесс – переход рассматриваемой системы из одного состояния в другое. Под *состоянием* следует понимать качество материального образования (вещества, поля) на данной стадии развития.

Время – объективный относительный параметр, характеризующий, прежде всего, очередность событий и их соотношение.

Поле – как и всякое материальное образование характеризуется наличием частиц с массой покоя.

Труд – действие; *работа* – оценка действия.

Энергия – в наиболее широком смысле *мера противоречивости*. Это понятие введено для характеристики *качества, количества и способов* движения, осуществляемого посредством вещества и поля. Термин *энергия* служит для оценки развития и взаимодействия материальных образований. При этом не система *обладает* энергией, а систему *характеризуют* энергией.

Основа всего сущего в материальном мире уже давно, благодаря открытию М.В. Ломоносовым *корпускулярно-волновой природы* (нами введен в употребление термин *вещественно-волновая природа* [8, 9, 13,14]) любого материального образования, найдена и почти раскрыта. Всё же есть немало нераскрытого и даже эзотерического. В частности, неисчерпаемость псевдоэлементарных частиц. Подобные факты заставляют исследовать переходы и их механизмы от псевдоэлементарных частиц к микромиру, субмакромиру, макромиру и сверхмакромиру.

Величина вклада волны в материальных образованиях колеблется в относительно широком интервале в зависимости от природы ингредиентов образований и конкретных условий материальных взаимодействий. Волна – и носитель вещества, и совокупность вещественных частиц и, даже, систем (в зависимости от уровня волны). *Общность и различие* физического и химического видов движения проявляется в этой взаимно инвертируемой паре носителей, величине и скорости их движения. [4, 8, 9, 13-16]

Распространенные в научной литературе интерпретации вещественно-волновой природы материальных образований и их взаимодействий не объясняют парадокс возможности одновременного проявления непрерывности и дискретности движения и наличия всеобщей дифференциации и интеграции явлений.

Представляется резонным дополнительно учитывать внутреннее и внешнее *ассоциирование ↔ диссоциирование* материальных образований и их взаимодействий и на псевдоэлементарном, и на сверхмакроматериальном уровне.

Вышеизложенное проиллюстрируем на примере электрона, протона и нейтрона, базируясь на наших постулатах о сохранении структурного элемента при переходе данного качества в новое, о невозможности абсолютного перехода одного вида противоречий в другой, о генетически первоочередной (в условиях Земли, ее недр, литосферы и атмосферы) связи *вещественно-волновой природы с гравитацией*.

Выразим массу электрона $m_{эл}$ следующим соотношением

$$m_{эл} = m_k \cdot x, \quad (1)$$

где m_k – масса некой k -й составляющей электрон частицы, x – их число.

Поскольку электрон условно имеет заряд «-1», то « x » может быть только нечетным числом, т.к. именно наличие непарных нескомпенсированных k -х частиц и будет давать «заряд». (В нашем понимании *заряд* – нескомпенсированные на поверхностях ассоциатов количества вещества и движения. Неслучайно электрическое, тепловое, магнитное виды движения в значительной мере обусловлены внутренним и внешним трением).

Аналогично составим соотношения для массы протона (2, 3) и нейтрона (4)

$$m_{пр} = l \cdot m_{эл}, \quad (2)$$

$$m_{пр} = y \cdot m_k, \quad (3)$$

$$m_n = m_{пр} + z \cdot m_k, \quad (4)$$

где y – число k -частиц в протоне, z – число k -частиц в нейтроне, $l=1836$ (по справочным данным), $m_{пр}$ и m_n – соответственно массы протона и нейтрона.

После несложных математических преобразований и вычислений (подробно см. [14, 19]) получим одно из достаточно корректных значений « x »: $x=5$.

Рассчитанная по этому значению масса протона составила $m_{\text{пр}} \approx 17221,6 \cdot 10^{-31}$ кг. Справочное значение массы протона – $\sim 16725,2 \cdot 10^{-31}$ кг. Отсюда невязка составляет $\Delta \approx ((17221,6 - 16725,2) \cdot 10^{-31} / 16725,2 \cdot 10^{-31}) \cdot 100\% \approx 2,97\% \approx 3\%$ относит.

Эта цифра совпадает с годовым колебанием частоты гравитационного поля Солнца, в котором находится Земля.

Именно асимметрия частот и амплитуд гравитационных колебаний обуславливает, по нашему мнению, *неполярные, полярные и химические* взаимодействия в ассоциативных системах. Уместно отметить, что Д.И. Менделеев Периодическую таблицу формировал по относительному весовому признаку.

Положение об ассоциативной природе *всех* материальных образований согласуется со всеми материальными формами проявления закона сохранения и объясняет многие нетрадиционные технологии в добыче нефти, нефтепереработке и нефтехимии, открывая пути к созданию новых.

Одним из возможных методов получения наглядных доказательств ассоциативной структуры является теплотметрическое измерение.

Тепловое движение – это уникальный вид движения. Оно одновременно и универсально (присуще практически всем материальным образованиям), и его невозможно выделить индивидуально. Причем тепловые и электрические свойства веществ – генетические родственники. Неслучайно один и тот же ряд металлов является наиболее тепло- и электропроводным, а электрическое поле чувствительно к изменениям теплового.

Для получения тепловизионных снимков использовали термограф ИРТИС-2000, представляющий собой прецизионный оптико-механический сканирующий прибор с инфракрасным приемником визуализации и измерения тепловых полей с построением кадровой разверткой инфракрасного изображения поверхности. Тепловизор позволяет выделять термоизображения поверхности зоны как в серой шкале, так и в цветовой непрерывной гамме.

Технические характеристики прибора:

- ИК-приемник (приемник инфракрасного излучения) – InSb;
- спектральный диапазон – 3–5 мкм;
- чувствительность при – 0.05°C;
- диапазон измерений – -40–+200°C;
- разрешение кадра – 256×256;
- время сканирования кадра – 1.5 сек.

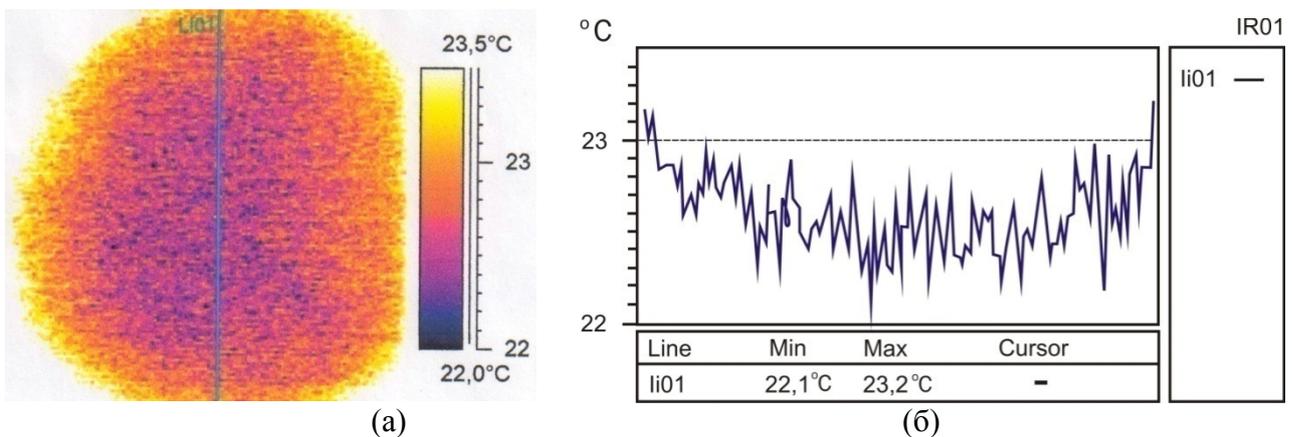


Рис. 1 – Термоизображения (а) поверхности воды и профили температур (б) по линии LI01 на термоизображении

Проведенные эксперименты с водой, спиртами, нефтью и нефтепродуктами (часть полученных результатов приведена на рис. 1, 2) показали, что поверхность как неподвижной, так и движущейся жидкости состоит из локальных зон с тепловыми интенсивностями, отличающимися друг от друга, и фоновой интенсивности.

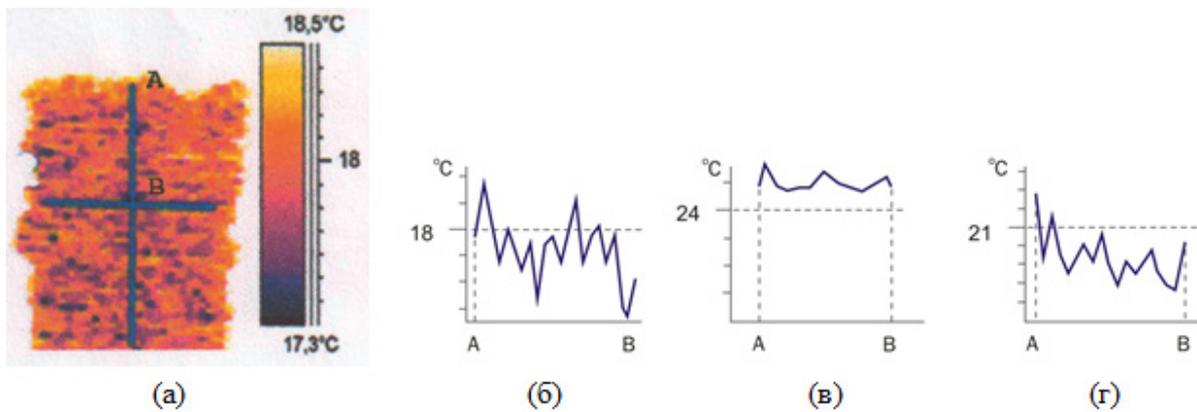


Рис. 2 – Термоизображения поверхности потока воды и профилей температур:

- а – термоизображение потока воды; б – профиль температур по линии АВ при скорости кадровой развертки меньшей скорости движения метки потока;
- в – профиль температур по линии АВ при скорости кадровой развертки, равной скорости движения метки потока; г – профиль температур по линии АВ при скорости кадровой развертки большей скорости движения метки потока

Как видно из рис. 2, на поверхности жидкостей разрушаются и вновь образуются ассоциаты с отличающейся интенсивностью теплового движения. Данное явление можно использовать для получения данных о скорости потока.

Время жизни подобных «меток» составляет 5–20 секунд, что говорит об их относительной устойчивости. Размер наиболее крупных наблюдаемых ассоциатов около 1 мм. Более мелкие ассоциаты, входящие в данные, имеют большую жизненную устойчивость. Деление идет до ассоциатов, которые разрушаются при переходе из жидкого состояния в парообразное, где деление может продолжаться на наноуровне (в зависимости от условий).

Полученные результаты позволяют выдвинуть ряд важных положений:

- *наночастицы* – микрочастицы, взаимодействия которых происходит на стыке *уровней дискретности и непрерывности* (их размеры – от 0,1 нм до 0,005 нм);
- *вещественно-волновая природа* – коренная характеристика материальных образований;
- *ассоциирование ↔ диссоциирование* – основная причина волнового движения; именно *ассоциирование ↔ диссоциирование* объясняет одновременное проявление неразрывности и дискретности;
- *вещество* можно рассматривать как структурно-ассоциированное (в результате тех или иных природных или техногенных действий) *поле*;
- *степень* ассоциирования (диссоциирования) – функция природы материальных образований и условий их существования и взаимодействий;
- *ассоциаты* склонны к самоорганизации;
- *ассоциирование ↔ диссоциирование* предопределяет взаимные переходы *полей*;
- *ассоциирование ↔ диссоциирование* четко отражает принцип дифференциации и интеграции явлений и представляется *результатирующей формой одновременного* проявления Закона сохранения и на микро-, и на макроуровнях.

Из изложенного вытекает: звезды, планеты, органические и неорганические системы, молекулы, атомы, ядра, протоны, электроны и т.д. – это *все ассоциаты*. (Примечание: молекулы в жидкофазных системах в их классическом определении *не существуют*).

Таким образом, *ассоциирование ↔ диссоциирование* можно определить как *Закон о формах существования и взаимных переходов материальных образований* [27].

Во второй половине XIX века было замечено, что углеводороды могут хемосорбироваться на «свежеобновленных» в результате трения поверхностях металлов. В статических условиях такие реакции маловероятны. Таким образом, *принципиальное* значение начинает принимать вопрос о механизме и способах передачи генерируемого трением движения в зону *трибохимического контакта*.

Применение *трибохимических резонансных* процессов повышает КПД экологичности и экономичности *механохимической технологии*, используя электрические и тепловые явления физической и химической природы.

Модифицировать поверхность минерального ингредиента можно осаждением на нее кластеров многозарядных катионов алюминия (III) и железа (III), что и происходит при внутрислоевом преобразовании нефтей. Интенсификации процессов способствуют локальные и глобальный резонансы.

Глобальный резонанс, сопровождающийся множеством локальных резонансов, целесообразно использовать для достижения состояния *полного подобия* (при котором стирается грань между физическим и химическим видами движения).

Для рациональных технологий обязателен учет внутреннего и внешнего ассоциирования ↔ диссоциирования взаимодействий во всех агрегатных состояниях.

В этой связи нужно отметить, что, по мнению авторов статьи, твердые аморфные вещества следует относить к *сверхмикрористаллическим* системам с деформированной *сингонией*. Данное обстоятельство необходимо учитывать при преобразовании нерудных ископаемых и коллекторов нефтяных пластов. Кроме того, большинство конденсированных и сложных жидкофазных систем являются кристаллоподобными – и физические и химические процессы в них начинаются на дефектной поверхности.

До сих пор превалирует формулировка, что тип связи (физический, физико-химический или химический) определяется степенью перекрытия электронных облаков, а само «облако» – квадрат вероятности нахождения электрона в данной точке в данный момент времени. Данная формулировка некорректна, поскольку в результате «перекрытия» математических характеристик новые материальные образования (атомы, молекулы и т.д.) образоваться не могут. Под электронной связью правильнее понимать совпадение по фазе химических резонансов волн.

Суть физического резонанса известна. С химическим резонансом дело обстоит сложнее. Сам термин, чуть ли не впервые, введен в обиход нами [23, 26].

Химический резонанс, являясь по уровню организации преимущественно полевым видом движения, представляет особый случай резонанса физического, увеличивающий (или нивелирующий) прочность и скорость образования химической связи. Прежде всего, за счет изменения частот и амплитуд колебаний электронов и ядер (а при *глобальном* резонансе – и их ингредиентов).

Взаимосвязь химического и физического резонансов аналогична связи химического и физического взаимодействий. Общность проявляется в едином носителе, а основное отличие – в величине носителя и скорости его движения [9-16, 19-21].

Упрощенно эту связь можно интерпретировать «шип-пазовым» взаимодействием локальных максимумов и минимумов количеств движения и веществ на поверхностях ассоциатов.

Химический резонанс (как и физический) может возникнуть в результате и химического, и физического взаимодействий (электромагнитного, светового, электрострикционного, трибологического действия, импульсного и мн. др.).

Наиболее рациональным направлением использования химического резонанса, по нашему мнению, представляются трибохимические ассоциативно-диссоциативные процессы механохимических технологий. Особенно при *внутрислоевом преобразовании* тяжелых и битумных нефтей [23-27].

Дискретность размеров ассоциатов ведет к дискретности тепловых, электрических, магнитных, гравитационных, химических свойств, что, по убеждению авторов статьи, объясняет различие свойств наночастиц одной природы, но разных размеров. В первую очередь, вследствие разницы в силе трения и удельной и общей поверхностей контакта. Вследствие чего меняется степень ассоциирования нестехиометрических соединений.

Для приближенного определения «знака трения» можно использовать сформулированное еще в середине XIX века *правило Козна* (положительно заряжается тот диэлектрик,

диэлектрическая проницаемость поверхностных слоев которого больше) и *правило Гезехуса* (положительные заряды приобретает то из двух вращающихся тел, плотность и твердость которого больше).

Различия нашей математической аппроксимацией энергии как *оценки количества движения* ($m \cdot w^2$) и распространенным соотношением $m \cdot w$ объясняется *некорректностью* применения последнего. Оно оценивает не количество, а импульс движения (*импульс же означает толчок, удар*). В связи с изложенным уместно отметить, что в знаменитой формуле А. Эйнштейна $E = m \cdot c^2$ не 2 а 3 переменных. Скорость света *не абсолют*, а одна из *бесчисленных возможных скоростей*, на которую влияют условия движения.

Для ускорения и рационализации исследований нами применялось *сопряженное качественно-количественное моделирование* [5, 10, 11, 14, 18, 20, 22], сочетающее *глобальность* качественного анализа с *информационной силой* количественного.

В качестве переходной связующей качественного к количественному моделированию использовалась формула Б.Н. Иванова, Р.Н. Костромина

$$y = e \cdot e^{e^{(Ax+B)}}$$

отражающая распространение волны в пространстве [10, 11, 14, 17-19, 25].

Широко используемая для характеристики химических, физико-химических и физических процессов формула Аррениуса $k_i = k_{i_0} \cdot e^{A/(RT)}$ некорректна для жидкофазных, конденсированных и твердых систем ввиду *коренного недостатка* – наличия в ней *универсальной газовой постоянной* [11, 14, 17, 18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вышеизложенный материал достаточно наглядно и корректно отражает и подтверждает наш постулат о *всеобщей аналогии* явлений как *коренного признака* природных и техногенных процессов и рациональных технологий их осуществления.

Поднятые в статье вопросы представляются *фундаментальными* для нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической технологий.

Положения и результаты проведенного цикла исследований побуждают вернуться к идее (более чем десятилетней давности [13, 14]) создания *диагностического стенда* по определению *резонансных частот* простых и сложных веществ и их смесей. Реализация проекта позволит, *практически априори*, определять режимы *прорывных рациональных технологий*.

Список литературы

1. *Иванов, Б.Н.* К вопросу о строении аддуктов мочевины с н-алканами / Б.Н. Иванов, Ш.Ш. Башкиров, Л.М. Козлов, А.С. Храмов // Журнал прикладной химии, - 1977.-Т. L- №.9.- С.2057-2061.
2. *Иванов, Б.Н.* Действие активных активаторов-растворителей на мочевины в процессе карбамидной депарафинизации / Б.Н. Иванов, Л.М. Козлов, Д.Л. Осокин, И.А. Сафин, А.И. Андреева // Журнал прикладной химии, - 1981.-Т. LIV-№5.-С.1127-1131.
3. *Иванов, Б.Н.* К вопросу о действии воды в процессе образования карбамидо-парафинового комплекса / Б.Н. Иванов // Журнал прикладной химии. - 1982. - Т. LV. - № 10. - С. 2337-2340
4. *Иванов, Б.Н.* Качественный подход к оценке реакционной способности материальных образований. Сообщения 1-4 // ВИНТИ, № 2335-B87, № 2336-B87, № 2337-B87, № 2338-B87. – 1987.
5. *Иванов, Б.Н.* Энергетическая модель процессов в каналах нефтеносного пласта / Б.Н. Иванов, В.П. Барабанов, В.С. Минкин, И.М. Старшов // Нефтяное хозяйство, №12. - 1989. - с.69. - Деп.ВНИИОЭНГе. 01.11.89, №1797 -нг
6. *Иванов, Б.Н.* Определение изменения энтальпии образования нефтей / Б.Н. Иванов, Я.И. Кравцов, А.В. Демин, Д.В. Прощекольников, Х.Э. Харлампики // Известия АН. Энергетика. - М.: 2001, №3.-С.120-127
7. *Иванов, Б.Н.* Ассоциативность нефтесодержащих систем / Б.Н. Иванов, В.С. Минкин, Х.Э. Харлампики, А.Р. Садыков // Химия и технология топлив и масел. - 2004. - № 4. - С. 28-31.
8. *Иванов, Б.Н.* Структурополагающие основы ассоциативных процессов нефтепереработки. Сообщения 1, 2 / Б.Н. Иванов, А.Р. Садыков, А.П. Суханов, П.П. Суханов // Нефтепереработка и нефтехимия.-М.: НИИИТЭнефтехим,- 2004.- №6. – С.23-27; 2004.- №9. – С.17-19.
9. *Иванов, Б.Н.* Онтология теоретических основ химической технологии: учебное пособие / Б.Н. Иванов – Казань: КГТУ, 2006. – 72с.
10. *Иванов, Б.Н.* К вопросу о характеристиках сложных жидкофазных органических систем и их математическом отображении. Часть 1 / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, А.В. Дацков // Вестник Казанского технологического университета, Казань, Отечество, 2006. - №1. с.217-222.
11. *Иванов, Б.Н.* К вопросу о характеристиках сложных жидкофазных органических систем и их математическом отображении. Часть 2 / Б.Н. Иванов, А.В. Дацков, М.И. Билалов, Р.Н. Костромин // Вестник Казанского технологического университета, Казань, Отечество, 2007. - №3-4, с. 161-171
12. *Иванов, Б.Н.* Исследование ассоциативной природы сложных жидкофазных органических систем тепловизионными методами / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, А.К. Мезиков, С.Ю. Горбунов, А.В. Дацков // Вестник Казанского технологического университета – Казань: Отечество, 2007. - №3-4 – с.135-142.
13. *Иванов, Б.Н.* Волновая природа процессов генезиса, добычи и подготовки нефти. Части 1-3 / Б.Н. Иванов // Вестник Казанского технологического университета - Казань: Отечество. - 2008. - №3 - С.97-115; №4 - С.100-120; №5 - С.138-157.
14. *Иванов, Б.Н.* Волновые процессы и технологии добычи и подготовки нефти / Б.Н. Иванов, А.И. Гурьянов, А.М. Гумеров, АН РТ. – Казань: ФЭН, 2009. - 400 с.
15. *Иванов, Б.Н.* Общий базис основных методов увеличения нефтеотдачи / Б.Н. Иванов, Е.Л. Древницкая, Н.А. Лебедев // Нефтяное хозяйство. - 2010. - № 3. - С.80-82.
16. *Иванов, Б.Н.* Вещественно-волновая природа материальных систем и их взаимодействий – фундамент нанотехнологии / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, И.С. Антипин // Труды XI международной научно-практической конференции “NANOTECH”. – Казань, издательство Казанского государственного технического университета 2010. – Т1. – С.91-96.

17. *Иванов, Б.Н.* Универсальное волновое уравнение. Обоснование применения. / Б.Н. Иванов, М.И. Билалов, Р.Н. Костромин // Энергетика Татарстана. – Казань, 2010. - №3. – С.63-67.
18. *Иванов, Б.Н.* Универсальное характеристическое уравнение нефтесодержащих систем. Некоторые аспекты практического приложения / Б.Н. Иванов, Е.Л. Древницкая, Р.Н. Костромин // Энергетика Татарстана. – Казань, 2012. – № 3. – С.64-69.
19. *Иванов, Б.Н.* Общий базис жидкофазных нефтяных и растительных ресурсов / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Е.В. Алексеев // Энергетика Татарстана, - 2014. -№2. – С.37-41.
20. *Kostromin, R.N.* The Conjugated Qualitative and Quantitative Approximation of Water, Salt, Sulfur, Asphaltene and Mechanical Ingredients of Oil-Containing Systems Interrelation./ R.N. Kostromin, B.N. Ivanov, M.S. Petrovnina, M.I. Safiullin. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2015. – Volume 6, Issue 6, 2015 (November – December).-Pp.1612-1616.
21. *Иванов, Б.Н.* Четвертая материальная форма проявления закона сохранения / Б.Н. Иванов, А.К. Мезиков // Энергетика Татарстана. - 2016. - № 2. - С. 62-67.
22. *Ivanov, B.N.* Application of Conjugate Qualitative-Quantitative Modeling to Describe Formation Processes at Oil Recovery / B.N. Ivanov, E.G. Garifullina, R.N. Kostromin, K.G. Nikolaev, D.R. Isakov // 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference. - SGEM 2018. - v.18 - Is. 1.4. - p.245-252.
23. *Николаев, К.Г.* Химический и физический резонанс в химических процессах и технологиях. Сообщение 1. Особенности и перспективы применения. / К.Г. Николаев, Б.Н. Иванов, Э.Р. Магдеев, Р.Х. Шагимуллин, В.С. Минкин // Научно-технический вестник Поволжья.- Казань. - 2019. - №1. – С.8-11.
24. *Иванов, Б.Н.* Алгоритм рационального преобразования высоковязких и битуминозных нефтей. Сообщение 1. Обоснование и постановка задач. / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Р.Х. Шагимуллин, В.С. Минкин // Научно-технический вестник Поволжья.- Казань. - 2019. - №8. – С.12-17.
25. *Иванов, Б.Н.* Алгоритм рационального преобразования высоковязких и битуминозных нефтей. Сообщение 2. Основные приемы и задачи. Сопряженное качественно-количественное моделирование / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Р.Х. Шагимуллин, В.С. Минкин // Научно-технический вестник Поволжья.- Казань. - 2019. - №12. – С.11-15.
26. *Иванов, Б.Н.* Химический и физический резонанс в химических процессах и технологиях. Сообщение 2. Трибологические процессы механохимической технологии. / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Р.Х. Шагимуллин // Научно-технический вестник Поволжья.- Казань. - 2020. - №6. – С.7-12.
27. *Иванов, Б.Н.* Методология и перспективы прорывных рациональных технологий преобразования и добычи высоковязких и битумных нефтей / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Е.С. Воробьев, А.К. Мезиков, Р.Х. Шагимуллин // Научно-технический вестник Поволжья.- Казань. - 2020. - №12. – С.11-16.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (05.13.01)**

05.13.01

Н.С. Алексеев канд. физ.-мат. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра «Математическая кибернетика»,
nickolay_alekseev@hotmail.com

**О НОВЫХ ФУНКЦИЯХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ
ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И СТУДЕНТА**

С 2016 года автор статьи, доцент кафедры «Математическая кибернетика» разрабатывал и с 2018 ввел в эксплуатацию систему дистанционного взаимодействия преподавателя и студентов при выполнении расчетно-графических работ (РГР), названную РГР-Дупло. Система основана на общедоступных сервисах компании Google. В связи с пандемией COVID-19 в МАИ активно внедрялись технологии дистанционного обучения LMS и MS Teams, и собственная разработка кафедры потребовала адаптации и развития. В статье описана новая подсистема «Цех проверки» указанной системы.

Ключевые слова: *дистанционное обучение, облачные сервисы, гугл-диск, гугл-скрипт.*

Введение

Программный комплекс «РГР-Дупло» [1, 2] был разработана и стал эксплуатироваться на кафедре «Математическая кибернетика» Московского авиационного института (МАИ).

Идея создания этой системы возникла, когда стали активно развиваться облачные технологии и компания Google предоставила для своих пользователей возможность использовать свой аналог электронных таблиц MS Excel – гугл-таблицы. Вначале эти таблицы использовались для ведения преподавателем списков своих студентов, учета посещаемости и успеваемости. Так как таблица хранится на гугл-диске, то это позволяет преподавателю при наличии интернета и простого оборудования (ноутбука, смартфона или планшетного компьютера) иметь постоянный доступ к указанной информации в любой аудитории. В дальнейшем эта таблица стала одной из подсистем описываемого программного комплекса (подсистема «Списки»). Вскоре стало понятно, что веб-сервисы, предлагаемые компанией Google, гораздо разнообразнее [3]: Google Drive (гугл-диск), Google Sheets (гугл-таблицы), Google Docs (гугл-документы), Google Sites (гугл-сайты). Важную роль для дальнейшего развития системы сыграло наличие сервиса Google Scripts (гугл-скрипт), позволяющего программировать определенные действия как внутри отдельных сервисов (аналогично макросам Microsoft), так и между ними.

Стало понятно, что перечисленные сервисы позволяют преподавателю гораздо больше, чем простое ведение списков. С помощью гугл-диска можно организовать дистанционный обмен между преподавателем и студентом домашними заданиями или иными видами работ (в МАИ часто эти задания называют расчетно-графическими работами – РГР).

Основная идея организации такого взаимодействия состоит в следующем. Студент выкладывает свою РГР в условное место – «дупло». Преподаватель ее оттуда забирает, проверяет и выкладывает обратно (см. рис.1). Название системы происходит из указанной ассоциации с условным местом, а словосочетание «расчетно-графическая работа» стоит воспринимать как один из возможных видов отчетности, которые могут быть переданы.

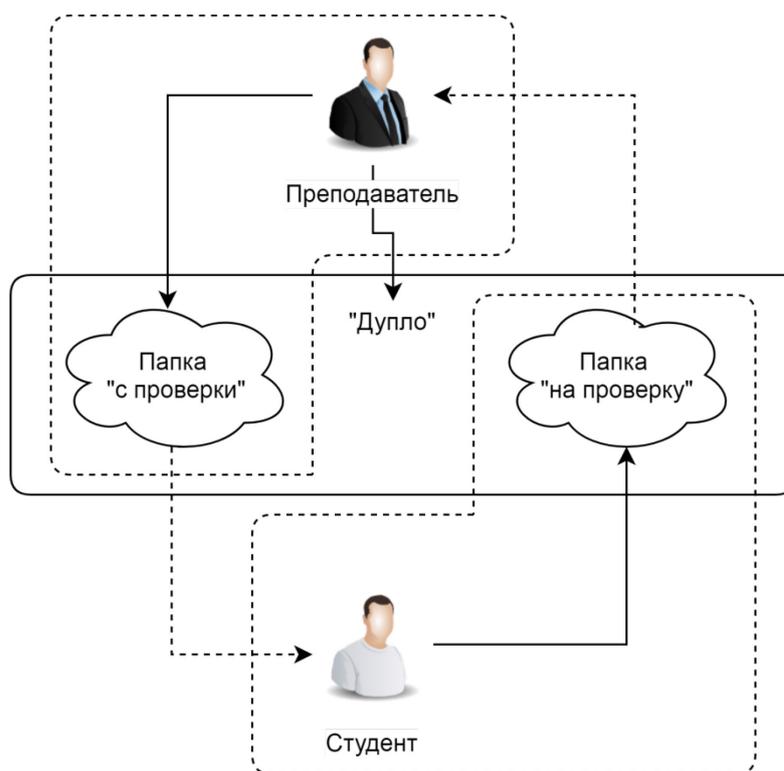


Рис.1 – Схема взаимодействия преподавателя и студента

В дальнейшем был разработан и введен в эксплуатацию программный комплекс, основанный на указанных веб-сервисах компании Google. Система состоит из двух гугл-сайтов и ряда подсистем, в том числе упоминавшейся ранее подсистемы «Списки». Сайт «Teaching Kitchen» («Преподавательская кухня») является инструментом преподавателя, через который он обращается к отдельным подсистемам. Все подсистемы реализованы в виде гугл-таблиц. Помимо встроенного функционала гугл-таблиц в подсистемах с помощью гугл-скриптов реализованы дополнительные возможности. Инструментом работы с системой для студента является сайт «РГР-Дупло». На этом сайте также размещены учебные материалы в виде гугл-презентаций и ссылки на учебники.

Подсистема «Цех проверки»

Система «РГР-Дупло» является индивидуальной для каждого преподавателя, она не использует какие-то мощные СУБД. Все данные системы хранятся на гугл-диске в виде специальным образом организованной файловой структуры, поэтому сохранение целостности информации во многом остается заботой преподавателя. Для уменьшения нагрузки на преподавателя была разработана подсистема «Цех проверки». Она позволяет автоматизировать некоторые долгие и рутинные операции, которые преподаватель ранее должен был делать вручную. Как и другие модули, описываемая подсистема реализована в виде гугл-таблицы, однако в ее состав также входит гугл-документ, который представляет собой упрощенный редактор. Этот редактор используется для предварительной обработки материалов, сдаваемых студентами на проверку.

Подсистема «Цех проверки» обеспечивает:

- загрузку студенческих работ из папки «На проверку» в редактор;
- предварительную обработку этих документов;
- ведение листа проверок;
- формирование (ведение) текущего состояния проверенной работы (дополнение ранее проверенной части работы задачами, проверенными в ходе текущего сеанса);
- формирование письма студенту с результатами проверенных задач или с ответом на заданный вопрос;
- отправку письма студенту;
- проставление результатов проверки в подсистему «Списки» и лист проверки;
- отправку проверенной работы и листа проведения проверки в папку «С проверки».

Алгоритм работы с подсистемой «Цех проверки»

Подсистема используется согласно следующему алгоритму (см. рис. 2):

- 1) студент выкладывает выполненную часть работы в папку «На проверку»;
- 2) при помощи формы «Дупло» сайта «РГР-Дупло» студент отправляет записку преподавателю о выполненной части работы
- 3) подсистема «Цех проверки» вызывает записку;
- 4) работа попадает в упрощенный редактор, где преподаватель выполняет предварительную проверку;
- 5) преподаватель отправляет работу на окончательную проверку, создание замечаний и выставление оценок в стороннее приложение DocHub;

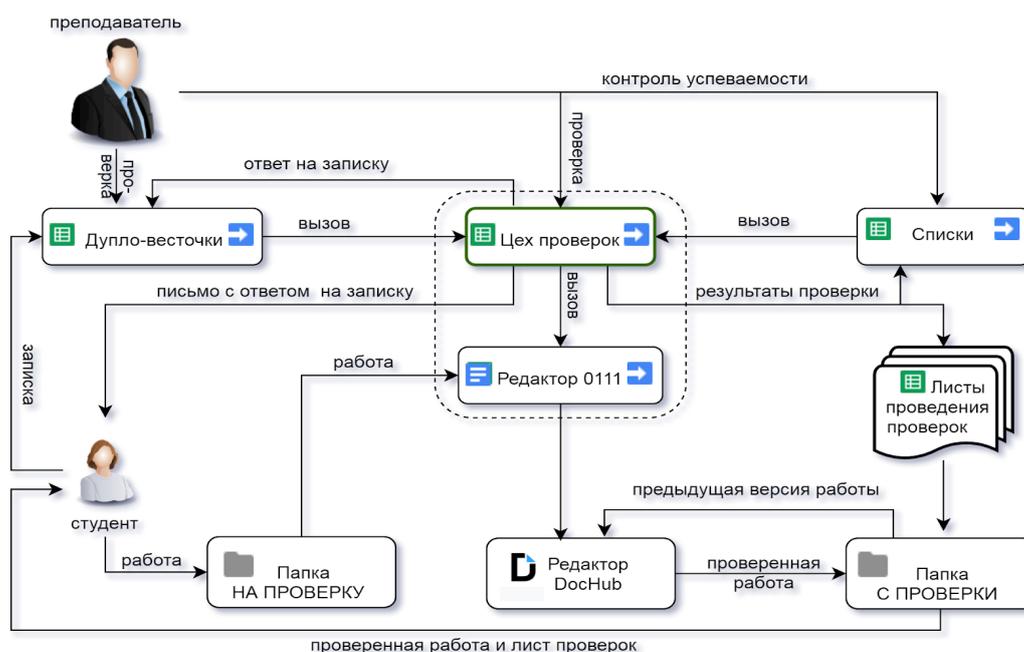


Рис.2 – Функциональная схема подсистемы «Цех проверки»

- 6) преподаватель одновременно выставляет оценки в подсистеме «Списки» и на «Лист проверки», отправляемый студенту в папку «с проверки» студента;
- 7) преподаватель выгружает проверенную работу из приложения DocHub в папку «с проверки» студента.

Упрощенный редактор содержит различные функции. В частности, функция «Аккуратная вставка» позволяет по фамилии и имени студента найти и загрузить из его папки на гугл-диске (папка «На проверку») его работу; пункт «Очистить» стирает всё содержимое файла, а следующий пункт «Очистить и аккуратно вставить» делает последовательно оба указанных действия.

Таблица подсистемы «Цех проверки» состоит из нескольких листов. На листе «Инфо» содержится информация о студенте. После выбора студента отображается отправленная им записка, адреса папок «С проверки» и «На проверку», адрес электронной почты, а также дата и время отправления записки.

«Лист проверок» является основным в описываемой подсистеме. Здесь преподаватель отмечает результаты проверки работы.

Над заголовками находится группа управляющих кнопок (рис. 3). Целью функций, реализующихся при нажатии этих кнопок, является максимальное сокращение количества «технических» действий преподавателя, например:

- иконка в форме ромба позволяет проставить дату в выбранную ячейку,
- символы в серых квадратах представляют собой систему оценивания (эти символы набрать на клавиатуре либо сложно, либо затруднительно; соответствующие кнопки делают возможным проставление оценки «одним касанием»);

- «Ф.И.» позволяет скопировать фамилию, имя, дату представления работы и ещё некоторые записи;
- «0111» вызывает упрощенный редактор, о котором сказано выше;
- «Errors» переходит на лист «Ошибки» в этой же таблице;
- «Load» загружает лист проверок;
- «Save» сохраняет информацию в индивидуальных листах проверок, которые находятся в папках студентов.

The screenshot shows a spreadsheet application window titled 'Цех проверки' (Check Shop). The interface includes a menu bar (Файл, Правка, Вид, Вставка), a toolbar with navigation and editing tools, and a spreadsheet grid. The grid has columns labeled A through N and rows 1 through 13. Row 1 contains navigation buttons: a triangle, a diamond, a plus sign, a plus sign with a cross, a plus sign with a minus, a minus sign with a plus, a minus sign, a vertical bar, a dot, 'Errors', 'Load', and 'Save'. Row 2 contains text: 'М80-108Б', a blue bar, 'вар. 10', 'Ф.И.', '0111', '13.05.', a folder icon, an envelope icon, and a red error message 'Не сохранилось'. Row 3 is a header for tasks: 'Дата', 'Зад. А', 'Зад. Б', 'Зад. 1', 'Зад. 2', 'Зад. 3', 'Зад. 4', 'Зад. 5', 'Зад. 6', 'Зад. 7', 'Зад. 8', 'Зад. 9', 'Зад. 10', and 'прог'. Row 4 contains plus signs in columns B through M. Row 5 contains dates: '03.03.21', '03.03.21', '17.03.21', '17.03.21', '01.04.21', '14.04.21', '14.04.21', '28.04.21', '17.03.21', '28.04.21', '13.05.21', and '20.05.21'. Rows 6-12 contain dates in column A: '03.03.21', '17.03.21', '27.03.21', '17.04.21', '28.04.21', '04.05.21', and '13.05.21'. Row 13 contains a plus sign in column M.

Рис. 3 – Управляющие кнопки «Листа проверок»

После проверки работы преподаватель должен перейти на лист «Письмо» (рис. 4), где он отвечает на записку студента и излагает итоги проверки студенту. Преподаватель может воспользоваться либо черновиком ответа, т.е. одним из стандартных ответов, либо набрать развернутый ответ. Шаблоны ответов берутся из справочника с листа «Лекала» (см. далее).

Лист «Ошибки» содержит шаблоны ответов на возможные ошибки студентов в ходе выполнения заданий, а также с помощью заголовков позволяет скопировать нужный текст, либо вернуться на «Лист проверок» по гиперссылке.

На листе «Лекала» собраны справочники, которые используются в этой системе. Они разделены по столбцам, всего их три:

- в первом находятся шаблоны ответов,
- во втором – наименования групп,
- в третьем – список студентов.

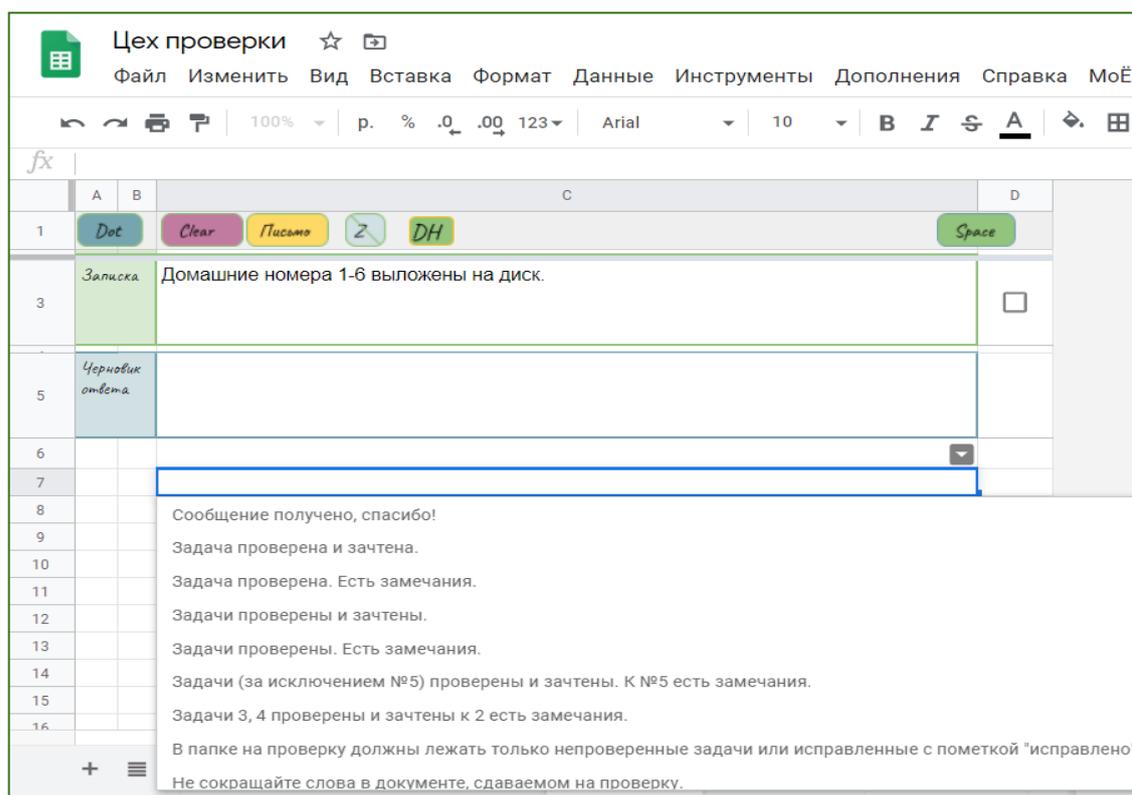


Рис. 4 – Лист «Письмо» таблицы «Цех проверки»

Заключение

Подсистема «Цех проверки» находится в эксплуатации в течении трех семестров и хорошо себя зарекомендовала.

Настоящая статья не содержит полного описания возможностей системы «РГР-Дупло». Дополнительные сведения можно получить непосредственно на сайте <https://sites.google.com/site/rgrduplo>.

Список литературы

1. Алексеев Н.С. Система дистанционного взаимодействия преподавателя и студентов на основе технологий Google. Автоматизированное рабочее место преподавателя. // Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования». М.: Издательский дом МЭИ, 2018. с. 467-471.
2. Алексеев Н.С. Автоматизированное рабочее место преподавателя на основе технологий google // Информационные и телекоммуникационные технологии. 2019. No 42. С. 32-37.
3. Overview of Google Apps Script, <https://developers.google.com/apps-script>.

05.13.01

В.В. Баканов

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ,
институт Радиоэлектроники, фотоники и цифровых технологий,
кафедра Радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, romosanto@gmail.com

ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ТОКА

В работе представлен обзорный анализ методов контроля тока используя оптоволоконные технологии. Рассмотрены оптоволоконные датчики тока из реестра патентов и альтернативный датчик тока построенный на основе решетки Брэгга. Проанализированы технические характеристики и конструктивные особенности устройств. На основании анализа сформирована матрица поиска.

Ключевые слова: *оптоволокно, решетка Брэгга, эффект Фарадея, магнитострикция.*

Развитие оптоволоконных технологий позволяет использовать их не только в волоконно-оптических линиях связи, а также и в других сферах, таких как медицина, производство и т.д. Но особое место занимают датчики тока, построенные на базе оптоволоконных технологий.

Посмотрев в реестре патентов полезные модели волоконно-оптических датчиков тока подобрали 32 устройства из которых 12 взяты из «Роспатент». На базе патентов можно разделить оптоволоконные датчики на три типа по методу контроля: основанные на эффекте Фарадея, оптоволоконные датчики на эффекте магнитострикции, комбинированный.

Первый тип волоконно-оптических датчиков содержит в своей конструкции оптоволокно, намотанное на проводник тем самым, представляя катушку. При пропускании поляризованного света через оптоволокно осуществляется поворот плоскости световой волны внутри магнитного поля на угол α , таким образом проявляется эффект Фарадея, на базе этого эффекта зная угол поворота, напряженность магнитного поля определяем силу тока в проводнике.

Яркий пример датчика основанного на базе эффекта Фарадея является патент RU 108633 U1 «Волоконно-оптический чувствительный элемент измерительного преобразователя тока стационарного исполнения» «рис. 1».

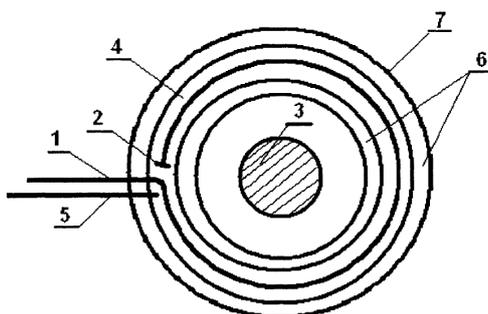


Рис. 1 – Волоконно-оптический чувствительный элемент измерительного преобразователя тока стационарного исполнения

Устройство из одного охватывающего проводника с измеряемым током витка оптического волокна, где оптическое волокно 1 с отражающим зеркалом 2 на конце, проводник 3 с измеряемым током, диэлектрик с высокой теплопроводностью 4, устройство измерения температуры 5, диэлектрический теплоизолятор 6, теплоотражающий материал 7 [1].

Этот тип датчиков из-за применяемого оптоволоконна не намагничивается, но чувствителен к изменению температуры, и чтобы уменьшить погрешность из-за перегрева покрывают теплоизолятором или погружают в теплоизолятор по возможности.

Второй тип волоконно-оптических датчиков на эффекте магнитоупругости. Этот эффект предложен в авторском свидетельстве СССР №1383267 «рис.2» и представляет собой оптическое волокно, намотанное на цилиндр из магнитоупругого материала, внутри которого расположен проводник с током. Для измерения тока через проводник пропускают когерентный свет, через проводник проходит переменный ток и цилиндр начинает сжиматься и разжиматься тоже самое происходит с оптическим волокном, эти колебания приводят к изменению длины волны внутри оптоволокна.

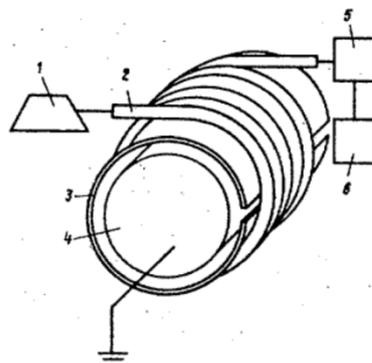


Рис. 2 – Волоконно-оптический датчик переменного электрического и магнитного полей

Датчик содержит источник 1 когерентного излучения, чувствительный элемент из волоконного световода 2, цилиндр 3 с щелевидным разрезом вдоль образующей и навитым на него световодом 2, внутри которого расположен с воздушным зазором заземленный цилиндр 4 из электропроводного материала, фотодетектор 5 и блок 6 обработки сигнала [2].

Третий тип рассматривается в статье журнала «Инженерный вестник Дона». Комбинированный метод по сравнению с первым и вторым типом обладает повышенной точностью это обеспечивает применение решетки Брэгга в конструкции, большой диапазон рабочей температуры за счет отвода тепла через магнитоупругий материал.

В статье представлена структурная схема «рис.3», которая включает в себя широкополосный лазер, который подает сигнал через оптоволокно на оптоволоконный датчик тока построенный на эффекте магнитоупругости. На оптоволоконный датчик подается переменное напряжение, из-за эффекта магнитоупругости происходит сжатие-растяжение стержня из никеля и происходит синхронная деформация Брэгговской решетки. При сжатии-растяжении происходит изменение длины волны сигнала, изменения считывает приемник, далее данные отправляются на персональный компьютер, где методом преобразований получаем величину переменного тока.[3]



Рис. 3 – Структурная схема

На базе трех типов оптоволоконных датчиков тока провели анализ технических и конструктивных особенностей, результаты занесли в таблицу.

Таблица

№	Шифр	Название патента	Простота конструкции	Диапазон переменного тока	Точность измерения	Большой диапазон рабочей температура	Принцип работы на эффекте Фарадея	Принцип работы на эффекте магнитострикции	Контроль на базе длины волны	Решетка Брэгга в конструкции
1.	RU 108633U1	Волоконно-оптический чувствительный элемент измерительного Преобразователя тока стационарного исполнения	--	+	-	+	+	-	-	-
2.	SU1383267A1	Волоконно-оптический датчик переменного электрического и магнитного полей.	+-	+	+	-	+	-	-	-
3.		Волоконно-оптический датчик тока на основе эффекта магнитострикции	++	+	+	+	-	+	+	+

В результате анализа волоконно-оптические датчики из-за высокой чувствительности к изменению температур требуется дополнительно охлаждать или отводить тепло от оптоволоконна, за счет применения магнитострикционного материала в конструкции повышается теплоотвод,

Контроль за счет изменения угла наклона поляризованного света не обладает высокой точностью по сравнению с контролем на базе длины волны света проходящего через решетку Брэгга.

В заключении «Волоконно-оптический датчик тока на основе эффекта магнитострикции» обладает высокой точностью, простотой в изготовлении, малой чувствительностью к температуре по сравнению с другими оптоволоконными датчиками тока.

Список литературы

1. *Анисимов Д.Ю., Вицинский С.А., Мокеев А.С.* Патент 108633. Российская Федерация. МПК G01 15/24 Волоконно-оптический чувствительный элемент измерительного преобразователя тока стационарного исполнения: № 2010137763/28; заявл. 09.09.2010; опубл. 20.09.2011.- 17с.
2. *Григорянц В.В., Гуцин С.В., Креймерман Г.Е., Меш М.Я., Проколов В.В., Хазин М.З.* Патент 1383267. Союз советских социалистических республик. G02 В 6/00, G 01 R 33/032. Волоконно-оптический датчик переменного электрического и магнитного полей: №4093481/24-21, заявл. 25.07.86; опубл. 23.03.88. -2 с.
3. *Баканов В.В., Нуреев И.И., Кузнецов А.А., Липатников К.А.* / Оптоволоконный датчик тока на основе брэгговской решетки// Инженерный вестник Дона. — 2021. — №6 — С.13 — URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_19__6_Bakanov_Nureev.pdf_871a815329.pdf (Дата обращения 12.05.2021). — Текст: электронный.

05.13.01

Н.А. Белобородова канд. экон. наук

Ухтинский государственный технический университет,
факультет экономики, управления и информационных технологий,
кафедра документоведения, истории и философии,
Ухта, velbest@mail.ru

МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕКРЕТАРЯ (НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА ООО “ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УХТА”)

В работе представлены результаты исследования по проблеме цифровизации управления организацией. На примере цифрового документирования функций секретаря филиала ООО “Газпром трансгаз Ухта”, изучена и обобщена практика применения цифровых технологий в деятельности сотрудников организации.

Ключевые слова: *цифровые технологии, цифровой документ, цифровой сервис, цифровая среда, цифровое документирование.*

Статья посвящена исследованию проблемы цифровизации управленческой деятельности в организации, в частности, рассматривается и обобщается практика использования цифровых технологий по документированию управленческих функций в деятельности секретаря филиала ООО “Газпром трансгаз Ухта”.

Модель цифрового документирования деятельности секретаря организации основана на методах системного анализа, которые определяют методику исследования, задачи исследования:

- формулирование проблемы исследования;
- определение актуальности и новизны исследования;
- постановку цели и задачи исследования;
- определение объекта, предмета исследования;
- определение признаков и основных характеристик объекта исследования.

Необходимость учета изменений в управлении организацией в связи с внедрением цифровых технологий, необходимость изучения практики цифровизации отдельных функций управления, обусловили *актуальность* данного исследования.

Новизна данного исследования определяется постановкой *новой задачи управления* – разработка моделей и методов цифровизации деятельности сотрудников организации, в целях повышения эффективности управления.

Целью исследования является изучение и анализ особенностей деятельности секретаря филиала ООО “Газпром трансгаз Ухта” при использовании цифровых технологий.

Объектом исследования в работе являются технологии цифрового и электронного документирования в деятельности секретаря организации.

Предметом исследования является система цифровых и электронных документов в работе секретаря в филиале ООО “Газпром трансгаз Ухта”.

Исследование имеет теоретическую и практическую направленность.

В ходе исследования формируется система определений и терминов, характеризующих область исследования – *“цифровой документ”, “цифровая среда”, “цифровой сервис”, др.*, применительно к деятельности секретаря организации.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что показаны методы, приемы, операции использования цифровых технологий на примере функций секретаря организации по работе с документами.

Необходимо отметить, что в настоящее время в документировании управленческих функций сотрудников организаций наблюдается процесс трансформации

автоматизированных и электронных документов в цифровые формы. Понятие и определение “цифровой документ”, “цифровой документооборот” не имеют в настоящее время четкого определения в нормативных документах. Анализ материалов научных и научно-практических конференций по проблемам управления документами в цифровой экономике, например, в [1,2], позволил автору работы определить основные признаки и характеристики *цифрового документа*.

Цифровым документом называется электронный документ, который, как правило,

- не имеет аналогов в бумажном виде;
- создается в *цифровой среде*;
- его движение (документооборот) осуществляется также в цифровой среде (“*цифровой документооборот*”);

- дополняется различными *цифровыми сервисами* (сервис электронной почты, сервис электронной доставки и пересылки документов внутри организации, сервис контроля полномочий, сервис оперативного обмена и хранения данных, сервис долговременного хранения данных, сервисы управления цифровой/электронной подписью, криптографические сервисы, др.)

- при необходимости снабжается цифровой/электронной подписью;

- все больше уходит в Интернет и формируется средствами HTML, PHP, др. технологий;

- имеет различные *формы* – роботизированный документ, мобильный документ, интеллектуальный документ, др.

Рассмотрим структуру, состав и основные характеристики *цифровой среды* организации на примере ООО “Газпром трансгаз Ухта”, для работы с цифровыми и электронными документами.

Цифровая среда организована на основе сайта, представляет собой информационно-справочную систему (далее, ИСС). ИСС предназначена для организации доступа пользователей к документам и приложениям, размещенным в корпоративной сети ООО “Газпром трансгаз Ухта”. Для каждого пользователя ИСС организуется собственное окружение. Документы и приложения предоставляются персонализировано, в соответствии с правами пользователя на тот или иной информационный объект. Это обеспечивается индивидуальным регистрационным именем и паролем пользователя, которые обязательно запрашиваются при каждом подключении к ИСС.

Доступ к документам и приложениям ИСС осуществляется посредством разветвленной системы меню (рисунок 1), основу которой составляет “Главное меню”.



Рис. 1 – Главное меню цифровой среды ИСС

Под каждым из пунктов главного меню содержится обособленная группа пунктов соответствующей тематики (подменю). Пункты в главном меню имеют определенное назначение, и включают подпункты: Общая информация, Оргструктура, Направления деятельности, Сервис, Поиск, Помощь. Например, пункт “Общая информация” содержит подменю с пунктами для доступа к документам и приложениям общего назначения, например, такими, как “Служба новостей”, “Курсы валют”, “СЕКИРА”, “Документооборот”, “Договоры”, “Списки официальных адресов почты E-MAIL” – электронных адресов отделов и филиалов ООО “Газпром трансгаз Ухта”, “Просмотр приказов, распоряжений, решений”, др.

Например, пункт “Оргструктура”. Содержит подменю с пунктами для доступа к документам и приложениям, созданным в том подразделении, к которому работник организационно принадлежит, либо к документам и приложениям, предназначенным для использования только работником и (или) сотрудниками подразделения.

Пункт “Направления деятельности” содержит подменю с пунктами для доступа к документам и приложениям, которые не являются общедоступными. Права на их использование работнику предоставлены по специальным распоряжениям по характеру деятельности.

Собственные документы сотрудника и приложения будут доступны для него, по-прежнему, в разделе “Оргструктура”, но для прочих пользователей, которые являются сотрудниками других подразделений, те же самые документы и приложения могут быть предоставлены в разделе “Направления деятельности”.

ИСС сопровождается различными *цифровыми сервисами* – например, в своей работе секретарь организации активно использует *цифровые сервисы ИСС* – телефонные справочники, систему Консультант Плюс, систему СЕКИРА, систему поддержки работы пользователей (ИУС ПТ), систему Договора, систему Командировки, систему Документационное обеспечение и др. сервисы.

Основным приложением в ИСС для секретаря организации является автоматизированная система (АС) “Документооборот”, которая также размещена в цифровой среде ИСС (рисунок 2).

В электронной регистрационной карточке организации встроены средства для работы с документами такие, как формирование карточки регистрации документов, просмотра зарегистрированных документов, функции по обработке документов, др.

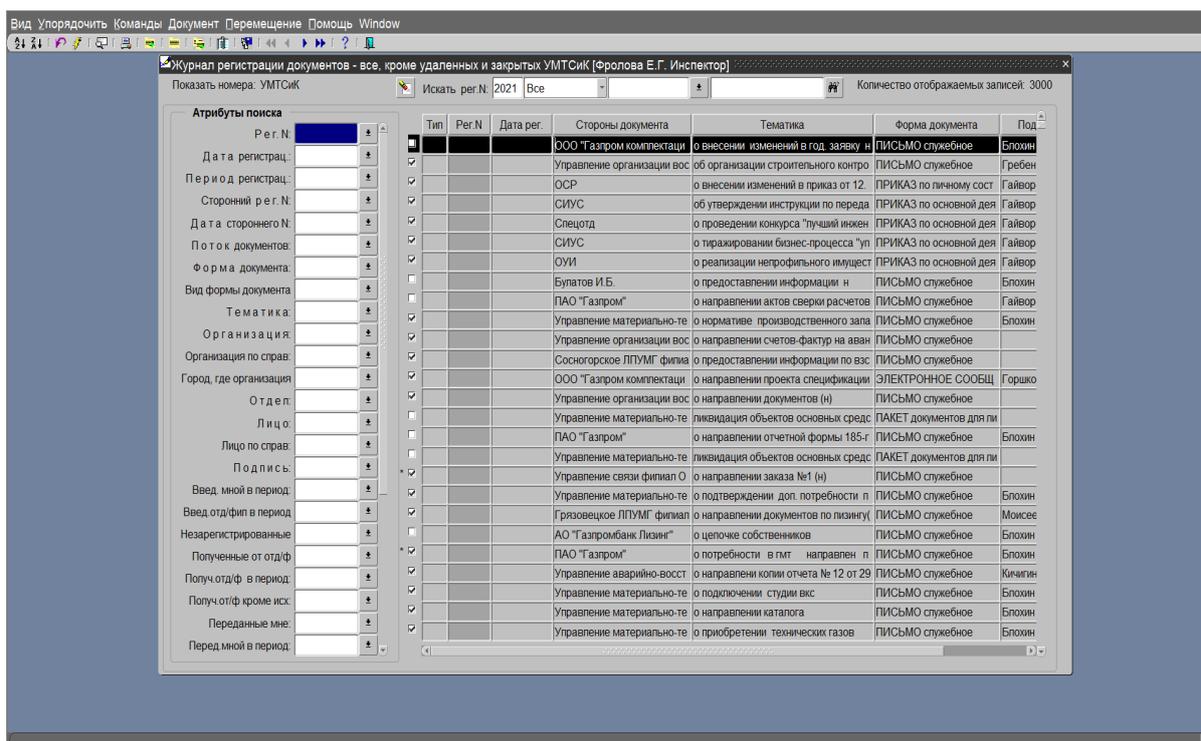


Рис. 2 – Цифровой сервис ИСС АС “Документооборот” – регистрационная карточка

Функции данного сервиса обеспечивают регистрацию документов в журнале регистрации, рассылку документов в соответствии со списком рассылки, работу со связанными документами, поиск документов, др., то есть – операции и этапы документооборота (“*цифровой документооборот*”).

В цифровой среде ИСС организации секретарем производится работа с организационными и распорядительными документами, информационно-справочными документами, с ресурсами “Почта России”, др. виды работ, согласно функциям и видам деятельности данного сотрудника.

Таким образом, результаты изучения практики применения цифровых технологий в управлении организацией позволили сформулировать *модель цифрового документирования* деятельности сотрудников организации (на примере деятельности секретаря); исследование модели показало, что:

- цифровая среда может быть создана на основе информационно-справочной системы, размещена на сайте и в корпоративной сети организации;
- доступ к выполнению сотрудниками своих функций обеспечивается на основе разветвленного меню ИСС;
- доступ сотрудников к функциям ИСС и приложениям ИСС строго персонифицирован;
- функции ИСС позволяют сотрудникам организации выполнять операции по созданию документов, сохранению документов, копированию, рассылке и др., виды работ с цифровыми и электронными документами;
- функции сотрудников организации выполняются с использованием различных цифровых сервисов ИСС.

Список литературы

1. Управление документами в цифровой экономике: Материалы научно-практич.конф. Москва, 5 декабря 2018 г. / Под общ. ред. М.В. Ларина. М.: РГГУ, 2018. 161 с.
2. *Суровцева Н.Г.* Роботизированная документация: проблемы управления // Управление документами в цифровой экономике: Материалы научно-практич. конф. 5 декабря 2018 г. М.: РГГУ, 2019. С. 23-30.
2. Официальный сайт ООО Газпром трансгаз Ухта // [Электронный ресурс]: <http://>– Доступ: Загл. с экрана. – Дата обращения: 25.01.2021.
3. Инструкция по работе с документами в ООО «Газпром трансгаз Ухта» [Текст]: [утверждена 28 октября 2015 г.]. – 41 с.

05.13.01

Н.А. Белобородова канд. экон. наук, М.В. Михитарова канд. филос. наук

Ухтинский государственный технический университет,
факультет экономики, управления и информационных технологий,
кафедра документоведения, истории и философии,
Ухта, velbest@mail.ru

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ БЛАГОПОЛУЧИЯ ГОРОДА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УХТЫ)

В работе представлены результаты исследования по проблеме оценки состояния социального и экономического развития северного города. На примере города Ухты (Республика Коми) разработана модель оценки состояния развития города на основе показателя “благополучие” города.

Ключевые слова: *нечеткая логика, нечеткие множества, “благополучие” в развитии города.*

Разработка модели оценки “благополучия” города основана на системном подходе и системном анализе, которые задают следующую логику исследования:

- определение цели и задачи исследования;
- обоснование методов исследования;
- формирование модели исследования; анализ модели.

Цель исследования – данное исследование выполняется в рамках решения актуальной научно-технической проблемы совершенствования управления развитием города на базе интеллектуальных технологий.

Задачи исследования. В соответствии с поставленной целью, в рамках данного исследования разрабатывается модель и методы оценки состояния социального и экономического развития города на основе показателя “благополучие” города.

Объектом исследования в работе являются методы оценки состояния развития города, позволяющие определить и рассчитать “благополучие” города.

“Благополучие” как интегральный показатель оценки состояния социального и экономического развития города, является качественным показателем, поэтому данное исследование направлено на изучение методов оценки качественных характеристик состояния развития города.

В данной работе изучены методы нечеткой логики и нечетких множеств в целях применения данного аппарата для решения задачи оценки “благополучия” города.

Предметом исследования является аппарат нечеткой логики и нечетких множеств для оценки состояния и динамики развития “благополучия” города.

Исследование выполняется на примере города Ухты; город Ухта размещается на территории муниципального образования “Городской округ Ухта” (далее МОГО, МО ГО “Ухта”), Республика Коми.

Основанием для формирования модели оценки “благополучия” города Ухты, являются требования Стратегии социально-экономического развития Республики Коми (далее – Стратегия республики, Стратегия развития, Стратегия) на период до 2035 года [1].

Анализ основных положений Стратегии республики позволил установить ключевые показатели социального и экономического развития города Ухты в современных условиях и на перспективу, это: развитие отраслей производства, имеющих наибольшие показатели в динамике за анализируемый период и обеспечивающих наибольший эффект по занятости населения, сокращению безработицы, росту доходов населения и снижению уровня бедности, а также максимальный вклад в бюджетный потенциал.

Анализ данных Стратегии также показал необходимость разработки методов оценки динамики развития городов и поселений республики.

Их применение в управлении даст возможность местным властям объективно оценить состояние развития города, сформировать информационную базу для принятия оптимальных управленческих решений по вопросам текущей ситуации и приоритетам перспективного развития территории города и муниципального образования в целом.

В процессе расчетов качественного показателя “благополучие” города, использовались данные муниципальной статистики о состоянии экономики и социальной сферы (МО) “Городской округ “Ухта” (далее МО ГО “Ухта”) за 2016-2020 гг.. Это такие показатели, как оборот розничной торговли, продукция сельского хозяйства, инвестиции, доходы местного бюджета, миграция населения, занятость работоспособного населения, среднемесячная заработная плата работников организаций, оборот организаций, количество убыточных предприятий, состояние здравоохранения, др.

Методика оценки благополучия города разработана на основе методов нечеткой логики, используется многокритериальный выбор альтернатив методом максиминной свертки [подробно в 2].

Данный метод позволяет оценить качественные характеристики исследуемого объекта, в частности, “благополучие” города, при этом критерии и показатели, используемые в оценках, могут быть измерены в самых различных единицах.

В систему критериев оценки включены показатели развития экономики и социальной сферы МО ГО “Ухта”.

Для определения состояния благополучия города использовались данные муниципальной статистики за 2016-2020 гг.[3], таблица 1. Оценке подлежат: покупательская способность населения (оборот розничной торговли за год), обеспеченность продукцией сельского хозяйства (произведенная в течение года продукция сельского хозяйства), инвестиции на территории города (за год), поступления в муниципальный бюджет (доходы муниципального бюджета), производство товаров и услуг на территории города Ухты за год, средняя заработная плата работников организаций по городу (за год).

Таблица 1 Данные муниципальной статистики за 2016-2020 гг. для оценки благополучия города Ухты

Розн. торг.	Сельское хоз.	Инвестиции	Бюджет	Произв. тов. и услуг	Ср. зар. плата
1	2	3	4	5	6
6171,416	216,00	50541,759	3582,972	266412,863	58575,700
9177,803	231,00	51179,100	3655,637	324597,300	62300,000
13502,180	256,00	34825,592	3761,751	335561,452	62675,60
14542,110	442,00	27028,767	4087,431	372899,226	65852,50
14274,000	247,00	18500,700	4181,000	341241,240	70629,00

Для контрольного примера используются следующие критерии (показатели) оценки благополучия города, таблица 2.

Рассмотрим математическую постановку задачи оценки благополучия города в терминах теории множеств с использованием многокритериального выбора альтернатив методом максиминной свертки [2].

Таблица 2 Система критериев оценки благополучия города для контрольного примера

№ п/п	Критерий (показатель)	Оценка
1	2	3
1	Покупательская способность населения (оборот розничной торговли)	млн. руб.
2	Обеспеченность продукцией сельского хозяйства	млн. руб.
3	Инвестиции	млн. руб.
4	Поступления в муниципальный бюджет	млн. руб.
5	Производство товаров и услуг на территории города	млн. руб.
6	Средняя заработная плата работников организаций	тыс. руб.

Здесь альтернативы – оценки благополучия города по годам, в 2016 г., 2017 г., 2018 г., 2019 г., 2020 г.; оценки благополучия города определяются по заданным критериям, в данном случае на примере данных МО ГО “Ухта”. Из множества альтернатив необходимо определить “лучшую” альтернативу, “самый благополучный” год, его характеристики.

Пусть имеется множество альтернатив $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ и множество критериев оценки $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, при этом оценки альтернатив по каждому i -му критерию представлены нечеткими множествами.

Правило выбора лучшей альтернативы можно представить как пересечение нечетких множеств, соответствующих критериям. Иногда пересечение выполняется как умножение, но обычно этой операции соответствует взятие минимума [подробно метод описан в 2]:

$$\mu_D(a_j) = \min \mu_{C_i}(a_j)$$

где $j=1, \dots, m, i=1, \dots, n$.

Лучшей считается альтернатива a^* , имеющая наибольшее значение функции принадлежности:

$$\mu_D(a^*) = \max \mu_D(a_j)$$

где $j=1, \dots, m$.

Определим постановку задачи:

на основе многокритериального выбора альтернатив методом максиминной свертки, необходимо определить “лучшую” альтернативу, где альтернативы – оценки благополучия города Ухты за пять лет, за 2016-2020 гг.; благополучие города оценивается в соответствии с заданными критериями.

Расчеты проводятся в следующей последовательности.

Осуществляется построение функций принадлежности, соответствующих понятию “благополучный” год в развитии экономики и социальной сферы города Ухты.

Определяются конкретные значения функции принадлежности по критериям благополучия F_1, \dots, F_n , соответствующие альтернативам.

Производится свертка имеющейся информации в целях выявления лучшей альтернативы.

Пусть оценивается благополучие города Ухты на основе социально-экономических показателей развития за пять лет (таблица 1); оценивается благополучие города в соответствии с критериями (таблица 2), результат расчета оценок приведен в таблице 3.

Таблица 3 Расчет оценок благополучия города Ухты

Альтернативы	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
1	2	3	4	5	6	7
A_1	6171,41	216,00	50541,75	3582,97	266412,86	58575,70
A_2	9177,80	231,00	51179,10	3655,63	324597,30	62300,00
A_3	13502,18	256,00	34825,59	3761,75	335561,45	62675,60
A_4	14542,11	442,00	27028,76	4087,43	372899,22	65852,50
A_5	14274,01	247,00	18500,06	4181,35	341241,14	70629,50

В целях выявления лучшей альтернативы, производим свертку информации, далее выполняем операции пересечения и объединения множеств. Применяя операцию пересечения и объединения множеств [2], в результате получаем:

$$\max \mu_B(a_j) = \max \{0; 0.6; 0.6; 0.54, 0\}$$

где $j=1, \dots, m$.

Как показали результаты расчетов, оптимальными альтернативами являются A_2 и A_3 , которым соответствуют значения 0.6. Можно отметить, что по показателям развития экономики города и социальной сферы, благополучие города (МО ГО “Ухта”) улучшалось по сравнению с 2016г. в 2017г. и в 2018г., но в 2019 году этот показатель продемонстрировал снижение – до 0,54, а в 2020 году опустился до уровня 2016 года.

Результаты исследования.

Модель оценки благополучия города включает три основных элемента:

1. методы оценки благополучия города на основе нечеткой логики (многокритериальный выбор альтернатив максиминной сверткой);
2. методику оценки благополучия города;
3. систему критериев оценки, позволяющую измерить и оценить благополучие города как качественной характеристику развития экономики и социальной сферы города; МО ГО “Ухта”.

Выполнена оценка “благополучия” в развитии города на контрольном примере, который рассчитан по данным муниципальной статистики города Ухты за 2016-2020 гг.

В дальнейшем предполагается дополнить оценки благополучия города Ухты показателями динамики безработицы, динамики численности населения (естественными приростом/убылью жителей, миграцией населения); другими показателями развития социальной сферы города, такими, как заболеваемость населения, преступность и др., а также показателями загрязнения окружающей среды, т.д. Также необходимо сопоставить оценки благополучия, рассчитанные по различным городам Республики Коми и за десятилетие.

Список литературы

1. URL: <http://docs.cntd.ru/document/553237768> (дата обращения 1 июня 2021г.)
2. *Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н.* Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – с. 149– 206.
3. URL: <http://komi.old.gks.ru/> (дата обращения 20 ноября 2020г.)

05.13.01

Д.С. Горбатенко

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра «Системный анализ и управление»,
Москва, mai_kaf604@mail.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕЛОСИПЕДОВ НА УЛИЦАХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

В статье рассматривается проблематика аварийности с участием велосипедов. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, как с участием велосипедов, так и по вине велосипедистов. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности с участием велосипедов и по вине велосипедистов.

Ключевые слова: безопасность движения, дорожно-транспортное происшествие, велосипед, велосипедист, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

Оспаривать популярность и полезность езды на велосипеде невозможно, это и благотворным образом влияет на здоровье, и не загрязняет окружающую среду. Плюс к этому управление велосипедом не требует какого-либо специального обучения, управлять могут даже дети, не требуется получать водительское удостоверение, и перспектива передвигаться без всяких пробок. Вот только при этом не следует забывать о том, что велосипедист является полноправным участником движения и, если не будет соблюдать правила дорожного движения (ПДД), может стать как участником, так и виновником дорожно-транспортного происшествия (ДТП).

Оказавшись на проезжей части, как и водитель автотранспорта, велосипедисту необходимо знать и соблюдать ПДД. Нарушение ПДД, неверно выбранный режим движения, невнимательность, могут привести к ДТП. Пересекать проезжую часть по пешеходному переходу велосипедист должен пешком, ведя велосипед в руках. Если, пересекая проезжую часть по переходу, человек едет на велосипеде, он заведомо нарушает ПДД, что приводит к аварийной ситуации.

Согласно ПДД, дети до 7 лет могут передвигаться на велосипедах только в сопровождении взрослых и зоны движения только тротуары и пешеходные и дорожки. Дети в возрасте от 7 до 14 лет могут передвигаться по пешеходным зонам, велопешеходным и велосипедным дорожкам, пешеходным дорожкам, тротуарам. А начиная с 14 лет велосипедисту, велосипед из прогулочного средства превращается в транспортное, и велосипедисту разрешается передвигаться в других местах, а именно: по велосипедной полосе или дорожке, велопешеходной дорожке; по правому краю автомобильной дороги; по обочине; по тротуару, пешеходной дорожке. При этом появляется список правил, которые необходимо неукоснительно соблюдать.

Рассмотрим структуру дорожно-транспортной аварийности с участием велосипедов на территории Московской области за 2015-2020 гг. [1].

Число ДТП с участием велосипедов на территории области невелико, но стабильно, и составляет в среднем 6-7 % от общего числа ДТП с пострадавшими. В среднем 70 % ДТП из них происходит, что естественно, в населенных пунктах.

В среднем в 70 % ДТП установлено нарушение ПДД самими велосипедистами. Самыми распространенными нарушениями ПДД, приведшими к ДТП, со стороны велосипедистов являлись «несоблюдение очередности проезда» (в среднем в половине ДТП), «пересечение велосипедистом проезжей части по пешеходному переходу» (в среднем в 30 % ДТП), и «нарушение правил перестроения» (в среднем в 13 % ДТП).

Только в среднем в 40 % ДТП нарушению ПДД способствовали недостатки транспортно-эксплуатационного состояния улиц и дорог. В среднем в 20 % ДТП нарушения ПДД водителями, приведшие к ДТП, фиксировались вблизи объектов торговли, являющихся объектами тяготения людей и транспорта. За редким исключением нарушению ПДД не способствовали какие-либо факторы, негативно влияющие на режим движения. В среднем в 90 % ДТП нарушение ПДД велосипедистами происходило в ясную погоду и при сухом состоянии проезжей части. В среднем в 65 % ДТП происходило в светлое время суток.

Среди велосипедистов, нарушивших ПДД, приведшие к ДТП, мужчины составляют подавляющее большинство (в среднем 90 %). Самой распространенной среди велосипедистов - нарушителей ПДД является возрастная группа до 16 лет (в среднем в 30 % ДТП), и возрастная группа от 16-20 лет (в среднем в 15 % ДТП). В среднем в 90 % ДТП велосипедисты – нарушители ПДД являлись гражданами России, из них все являлись местными жителями (г. Москва и Московская область). В среднем 10 % из них помимо нарушения ПДД, приведшего к ДТП, еще и находились в состоянии алкогольного или наркотического опьянения [1].

Проведенный анализ статистического материала об аварийности с участием велосипедов позволяет сделать следующие выводы:

- основной причиной ДТП с участием велосипедов являются нарушения ПДД, допущенные самими велосипедистами;
- поскольку среди велосипедистов, нарушивших ПДД, приведших к ДТП, преобладают люди в возрасте до 20 лет (по факту – дети и подростки), можно предположить, что причиной ДТП стало не пренебрежение ими требований ПДД, а банальное их незнание.

Поэтому, основными направлениями профилактики безопасности эксплуатации велотранспорта на улицах и дорогах являются:

- усиление ответственности за нарушение требований ПДД велосипедистами;
- пропаганда безопасного поведения велосипедистов на улицах и автодорогах;
- совершенствование организации движения велосипедов;
- совершенствование расследования ДТП и требований учета ДТП.

Самым действенным фактором предотвращения ДТП, по-прежнему, являются функции надзора и контроля за движением, осуществляемые главным образом силами инспекторов дорожно-патрульной службы (ДПС), являющихся средством предупреждения нарушений ПДД, и функционированием комплексов автоматической фотовидеофиксации нарушений ПДД, являющихся средством фиксации нарушений. При этом функции надзора и контроля за движением, естественно, не могут эффективно осуществляться без соответствующего уровня ответственности за нарушение ПДД, который должен состоять не только из высоких денежных сумм, но и обеспечиваться надежной системой неотвратимости наказания (например, ограничение или запрет выполнения каких-либо действий до исполнения, ограничение пользования имуществом до исполнения, задержание водительского удостоверения до исполнения и т.п.) [2].

Важную роль играет профилактическая работа по предупреждению детского дорожно-транспортного травматизма, проводимая Государственной инспекцией безопасности дорожного движения (ГИБДД) и сотрудниками образования в школьных и дошкольных образовательных учреждениях. Она выражается в виде тематических передач в средствах массовой информации, проведения лекций, бесед, демонстрации наглядных материалов, создания уголков безопасности в образовательных учреждениях. Здесь необходимо добиться от родителей понимания своей роли в формировании транспортной культуры детей и своей высокой степени ответственности за самостоятельное поведение детей вне школы, в том числе двигаясь на велосипедах [3].

Для создания инфраструктуры для движения велотранспорта необходимо выбрать предпочтительный вариант велосипедного движения, а именно: по проезжей части или вне ее; совмещать или нет с другими участниками движения (автомобильными средствами и пешеходами) велополосу; использовать велосипедные дорожки с

односторонним или двухсторонним движением. Естественно, вариант организации велосипедного движения выбирается с учетом градостроительных, транспортных и эксплуатационных особенностей.

Велотранспортная инфраструктура должна формироваться так, чтобы представлять собой единую систему, связывающую основные места начала поездок и места назначения, быть непрерывной, однородной по условиям передвижения. Маршруты должны иметь минимальное количество участков с изменением направлений движения. Велосипеды не должны задерживаться на пересечениях с автомобилотранспортными потоками. Должно быть обеспечено освещение, интеграция с окружающим пространством, доступ к объектам торговли и сервиса, качество покрытия, минимальные уклоны, исключение сложных маневров, минимизацию потребности спешиваться, и обеспечение минимальных помех со стороны автомобилотранспортных средств и пешеходов, так и помех пешеходам со стороны велосипедистов. Главный принцип при организации велосипедного движения это обеспечение безопасности - должен быть обеспечен минимальный риск возникновения ДТП с участием велосипедистов, и, как следствие, обеспечен минимальный риск ранения или гибели людей [4].

В соответствии с требованиями существующих правил учета ДТП наездом на велосипедиста является происшествие, при котором ТС наехало на велосипедиста или он сам натолкнулся на движущееся ТС. В современных реалиях наблюдается целесообразность корректировки учета данного вида происшествий. Термин «наезд на велосипедиста» можно оставить для происшествий, произошедших во внутри дворовых территориях или на пересечениях велодорожек и проезжей части. Для происшествий с участием велосипедов, движущихся по проезжей части (в том числе при ее пересечении), уместна трактовка данного события как «столкновение». Это даст возможность адресной профилактики безопасности дорожного движения.

Заключение. Предупреждение аварийных ситуаций при езде на велосипеде является важным моментом, позволяющим сохранить жизнь и здоровье. Автомобиль имеет намного большие размеры и скорость, чем велосипед, поэтому велосипедист всегда находится в менее выгодном положении, чем автомобиль.

Своевременное реагирование на сложившуюся ситуацию поможет избежать ДТП и сохранить жизнь и здоровье.

Список литературы

1. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории Московской области за 2015-20 г. М. УГИБДД ГУ МВД России по Московской области, 2015-20;
2. Кузнецов В.В., Горбатенко Д.С., Порташников О.М. Математическое моделирование как основа разработки программ мероприятий по повышению безопасности движения на улично-дорожной сети. М.: Безопасность дорожного движения: сборник научных трудов, ФКУ «НЦ БДД МВД России», Выпуск № 18, 2019 г., с. 110-114;
3. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения. М. Транспорт, 2008, -106 с.;
4. Малыхин К.И. Велосипед и безопасность в городе: развитие транспортной инфраструктуры//Городские исследования и практики. Т.3. № 2, 2018, с. 70-84.

05.13.01

С.Л. Марулин, Н.Г. Фетисова, А.П. Буйносов д-р техн. наук

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, Ogurci-15@mail.ru, NFetisova@usurt.ru, byinosov@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ГРЕБНЕ- И РЕЛЬСОСМАЗЫВАТЕЛЕЙ

Рассматривается один из способов повышения ресурса бандажей колесных пар локомотивов за счет применения гребне- и рельсосмазывателей. Приведены преимущества и недостатки различных систем лубрикации. Предложена новая конструкция гребнесмазывателя.

Ключевые слова: *локомотив, колесная пара, бандаж, гребень, рельс, смазывание, ресурс, повышение.*

Проблеме износа колес подвижного состава и бокового износа рельсов посветили труды многие ученые и практики. Проводились натурные наблюдения и на их основе устанавливались определенные зависимости, а также строились выводы о том, как на интенсивность износа влияют какие-либо факторы. Причины появления износа бандажей колесных пар, так же волнуют многих ученых и специалистов-железнодорожников [1–4].

Проблема износа гребней колесных пар требует комплексного подхода: изменение профиля гребней; применение смазки; изменение ширины колеи в кривых или конусности поверхности катания колес.

Заметим, что многочисленные исследования в этом направлении не учитывают характер траектории условной точки Б, принадлежащей набегавшему на рельс гребню колеса (рис. 1, а).

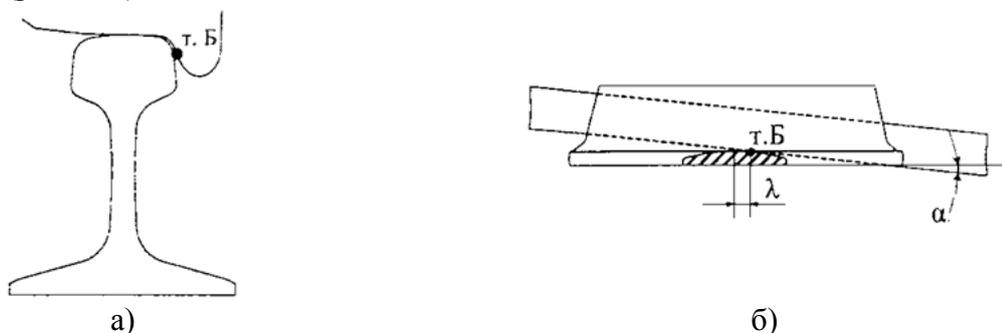


Рис. 1 – Схема набегания гребня колесной пары на головку рельса:
а) вид сбоку; б) вид сверху.

Для обоснования характера взаимодействия условной точки Б, находящейся на гребне колесной пары с рельсом, нами систематизированы фундаментальные исследования процесса движения круга (колеса) и его свойства, ранее не учитывавшийся в расчетах и проектировании локомотивов.

Результаты исследований свидетельствуют, что для снижения износа пары «колесо–рельс» необходимо исключить касание гребней бандажей о боковую грань головки рельса. Для этого необходимо обеспечить жесткое перпендикулярное положение колесной пары относительно продольной оси рельсовой колеи.

Практическое решение этой проблемы кроется в модернизации буксовых поводков КМБ, что свидетельствует затронутой проблеме в области конструкции экипажной части локомотива. Для этого предлагается заменить резиновую втулку в буксовом поводке на полиамид блочный (капролон) (рис. 2).



Рис. 2 – Модернизация буксового поводка

Смазка контактирующих поверхностей – основное средство предотвращения микрорезания [5]. В то же время используемый смазочный материал, должен выдерживать нагрузки в зоне контакта. Однако минусом данного способа лубрикации является требование специальной нитки для передвижных рельсосмазывателей.

Второй способ лубрикации получил широкое распространение на зарубежных железных дорогах. Для такого способа характерно использовать на локомотивах бортовой лубрикатор. При прохождении поезда в кривых малого радиуса выявлено, что поперечное давление, появляющееся от локомотива при смазке гребня, уменьшается с 29 т до 14 т, что составляет аж 48 %. Смазка гребня предотвращает подъем колеса на рельс, а это причина возможного схода. Использование гребнесмазывателей этого типа сокращает потребление энергии на тягу на 30 %.

В настоящее время существует ряд конструкций гребнесмазывателей: гребнесмазыватели, использующие в качестве смазывающего элемента твердый графитсодержащий стержень. В отдельных конструкциях смазывание может осуществляться путем соприкосновения стержня с внутренней гранью рельса или с поверхностью гребня бандажа колесной пары; гребнесмазыватели, в которых нанесение смазки выполняется путем распыскивания жидкой смазки через форсунки непосредственно на поверхность гребня; гребнесмазыватели, использующие для нанесения жидкой вязкой смазки на колесо – лубрикатор.

Обработав всю имеющую у нас информацию, было определено, что из всего парка локомотивов с рабочей системой АГС-8, находится всего лишь 56 %. Кроме того, надо сказать, что электровозов оборудованных системой АГС-8 достаточно, причина в том, что на многих локомотивах данное оборудование либо неисправно, либо в рабочем состоянии, но не настроено для оптимальной работы.

Изучив и проанализировав существующие на данный момент конструкции, можно предложить следующую конструкцию гребнесмазывателя, в которой учтены недостатки существующих аналогов. Данная конструкция является автоматической и обеспечивает смазывание гребня при вписывании в кривую [6]. Конструкция такого гребнесмазывателя состоит из следующих основных элементов: колесо-лубрикатор, оно является основным органом нанесения смазки на поверхность гребня; регулятор подачи масла – это система клапанов центробежного действия, а также устройство, позволяющее регулировать количество подаваемой смазки; механизм крепления гребнесмазывателя; бачок для смазки.

Возможность применения таких гребнесмазывателей основана на том, что 1-ая и 3-я оси колесных пар тепловоза в буксовых узлах имеют возможность сдвигаться перпендикулярно оси пути на 1,5 мм [6].

Крепление гребнесмазывателя имеет особое значение. Оно должно учитывать перемещение тележки в результате работы рессорного подвешивания. Поэтому гребнесмазыватель нужно закреплять таким образом, чтобы центры колеса-лубрикатора и колеса колесной пары находились на одной горизонтальной оси или на угол, обеспечивающий стабильную работу гребнесмазывателя.

Применение гребнесмазывателей является вопросом, важность которого нельзя недооценивать. Смазывание поверхности гребня приводит к меньшему его износу, а также к уменьшению сопротивления движению локомотива. Исследования ученых показывают, что

применение эффективных гребнесмазывателей позволяет экономить 8–10 % мощности локомотивов.

При участии ООО Коллоидно-графитовые препараты (г. Воскресенск) для лубрикации рельсов разработана была смазка МС-27, которая обеспечивает высокую износостойкость покрытия при однократном ее нанесении на рельсы. Использование МС-27 позволяет получить эластичное покрытие, ввиду содержания нефтеполимерного адгезива и структурообразователя. Ширина полосы смазывания составляет 10–15 мм на высоте 5 мм от поверхности катания рельса.

Конечно, присутствуют и недостатки смазки, например, по сравнению со смазкой СР-КУ, которая достаточно широко используется на Забайкальской дороге. Достаточно немаленький опыт эксплуатации смазки показал, что смазку на рельсы необходимо наносить не более 350 мл на километр. При превышении этого количества лишнее выдавливается на поверхность катания или сбрасывается вниз.

Смазочный материал наносится на рельс в виде полосы шириной 3–5 мм на высоте 12–14 мм от уровня головки рельса, (рис. 3, а). После прохода поезда смазочный материал должен распределяться по полосе шириной 15–40 мм без выдавливания на поверхность катания, (рис. 3, б). Важный момент здесь – уровень нанесения смазки. При таком уровне практически исключается вынос смазки на круг катания рельса [7].



Рис. 3 – Норматив качества нанесения рельсовой смазки:

а) сразу после нанесения; б) после прохода поезда.

Поверхность катания определяется исходя из данных путевого дефектоскопа. Именно чистая полоса шириной 20 мм ровно по середине рельса позволяет производить дефектоскопирование и практически исключает буксовку колесных пар. Если посмотреть на новый рельс после незначительной эксплуатации, то можно увидеть примерно такую же полосу.

Еще один наболевший вопрос – приведение систем лубрикации и рельсовых смазок к единым требованиям.

Список литературы

1. Буйносов А.П., Козаков Д.Ю. Анализ процессов эксплуатационного износа гребней бандажей колесных пар электровозов // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2012. № 3. С. 79-84.
2. Буйносов А.П., Головатый А.Т., Исаев И.П., Горский А.В. Система ремонта локомотивов на конкретных участках обращения // *Железнодорожный транспорт*. 1992. № 7. С. 40-44.
3. Буйносов А.П. Разработка и аппаратная реализация прибора для измерения геометрических параметров бандажей колесных пар // *Транспорт Урала*. 2010. № 3 (26). С. 64-68.
4. Буйносов А.П., Худояров Д.Л., Пышный И.М. Выбор профиля поверхности катания бандажей колесных пар промышленных тепловозов // *Транспорт Урала*. 2011. № 1 (28). С. 64-69.
5. Буйносов А.П., Умылин И.В. Оптимизация процесса обточки бандажей колесных пар локомотивов // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2015. № 3. С. 101-104.
6. Буйносов А.П. Влияние условий эксплуатации на износ бандажей // *Локомотив*. 1995. № 1. С. 33-34.
7. Буйносов А.П., Наговицын В.С. Система бесконтактного измерения бандажей // *Локомотив*. 1995. № 12. С. 27-28.

05.13.01

А.О. Махорин канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра прикладной информатики,
mao@gnu.org

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗБИЕНИЯ МНОЖЕСТВА

В данной статье предложен специализированный алгоритм для решения задачи разбиения множества (ЗРМ), возникающей во многих приложениях при моделировании многозначных отображений. Предлагаемый алгоритм основан на неявном перечислении решений, но в отличие от стандартного метода ветвей и границ здесь учитывается специфика структуры решаемой задачи, что позволяет организовать поиск оптимального решения более эффективным образом.

Ключевые слова: комбинаторная оптимизация, задача о разбиении множества, целочисленное линейное программирование, алгоритм неявного перебора.

Задача разбиения множества (ЗРМ) является классической теоретико-множественной задачей комбинаторного характера и представляет собой частный случай задачи покрытия множества (ЗПМ) и задачи упаковки множества (ЗУМ) с дополнительными ограничениями-равенствами [1].

Практическая значимость ЗРМ обусловлена тем, что разбиение множества позволяет естественным образом моделировать многозначные отображения, которые возникают в многочисленных приложениях, связанных с решением задач оптимального назначения или распределения ресурсов. Формальная постановка ЗРМ в терминах (0,1)-программирования имеет следующий вид:

$$\text{минимизировать } \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$\text{при ограничениях } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i = 1, \quad i = 1, \dots, m,$$

где $a_{ij}, x_j \in \{0, 1\}$, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$, c_j – произвольные коэффициенты.

Используя векторно-матричные обозначения, ЗРМ можно записать следующим образом:

$$\text{минимизировать } c^T x$$

$$\text{при ограничениях } Ax = b,$$

$$x \in \{0, 1\}^n,$$

где A – двоичная матрица размера $m \times n$, c – произвольный вектор размера n , x – двоичный вектор размера n , b – вектор размера m , все компоненты которого равны единице.

Предлагаемый алгоритм основан на неявном перечислении решений [2], но в отличие от стандартного метода ветвей и границ здесь учитывается специфика структуры решаемой задачи, что позволяет организовать поиск оптимального решения более эффективным образом.

Рассмотрим ЛП-релаксацию исходной задачи:

$$\text{минимизировать } c^T x$$

$$\text{при ограничениях } Ax = b,$$

$$x \geq 0.$$

Заметим, что ограничения $x \leq 1$ следуют из ограничений-равенств $Ax = b$, а значит, они являются избыточными и поэтому не включаются в рассматриваемую ЛП-релаксацию.

Допустим, что найдено оптимальное базисное решение ЛП-релаксации $x^* = (x_B^*, x_N^*)$, где x_B^* – подвектор базисных переменных, x_N^* – подвектор небазисных переменных. Это разбиение переменных однозначно определяет соответствующие разбиения $A = (B | N)$ и $c = (c_B, c_N)$. Исключая базисные переменные x_B , исходную задачу можно переформулировать следующим образом:

$$\begin{aligned} & \text{минимизировать} && d^T x_N + d_0 \\ & \text{при ограничениях} && x_B^* = B^{-1}(b - Nx_N), \\ & && x_k \in \{0, 1\}, \quad x_k \in x_N, \end{aligned}$$

где

$$d^T x_N + d_0 = c_N^T x_N + c_B^T B^{-1}(b - Nx_N) = c^T x,$$

откуда

$$d_0 = c_B^T B^{-1}b, \quad d = (c_N^T - c_B^T B^{-1}N)^T = c_N - N^T B^{-T} c_B.$$

Полученная преобразованная задача эквивалентна исходной задаче, имеет $n - m$

переменных, причем все коэффициенты $d = (d_j)$ неотрицательны, так как эти коэффициенты суть относительные оценки небазисных переменных в оптимальном решении ЛП-релаксации. Заметим, что полученную преобразованную задачу можно рассматривать, как задачу целочисленного программирования с дизъюнктивными ограничениями специального типа.

Пусть S – множество всех решений преобразованной задачи. Определим разбиение

$$S = \bigcup_{j=0}^n S_j, \quad S_j = \{x_j \in S \mid \sum_{k=1}^{n-m} (x_N)_k = j\}.$$

Понятно, что перечисление всех решений из S эквивалентно последовательному перечислению всех решений из S_0, S_1, \dots, S_{n-m} .

$$d(x_N, y_N) = \sum_{j \in N} |x_j - y_j|$$

Пусть $d(x_N, y_N)$ есть расстояние между векторами из S . Тогда мы можем

выполнить перечисление всех решений следующим образом: сначала берем $x_N = 0$ (оптимальное решение ЛП-релаксации), затем перечисляем все решения, для которых $d = 1$ (относительно $x_N = 0$), $d = 2$, и так далее, вплоть до $d = n - m$.

Искомое решение определяется двоичными значениями $n - m$ переменных $(x_N)_j$. На k -м этапе перечисления решений для S_k мы имеем частичное решение, где только для $n - m - k$ переменных $(x_N)_j$ уже известны их двоичные значения. Введем обозначение x^* для наилучшего допустимого решения, найденного к текущему моменту в процессе перечисления.

Схематически перечисление решений включает следующие шаги.

1. Взять S_k в качестве начального частичного решения.
2. Выполнить анализ текущего частичного решения (см. ниже).
3. Если текущее частичное решение является полным, то перейти к шагу 5.
4. Выбрать очередную компоненту $(x_N)_j$, для которой значение еще не задано, задать значение этой переменной и вернуться к шагу 2.

5. Если очередная только что заданная переменная $(x_N)_j$ имеет значение 0, то положить ее равной 1 и перейти к шагу 2.

6. Отменить задание значения переменной $(x_N)_j$. Если частичное решение соответствует S_k , то СТОП – все решения перечислены. В противном случае вернуться к шагу 3.

Анализ текущего частичного решения на шаге 2 позволяет сразу отбросить недопустимые и неоптимальные решения и тем самым существенно сократить количество решений, подлежащих перечислению, в процессе поиска окончательного (оптимального) полного решения.

Пусть S_k соответствует частичное решение $(x_N)_j, j \in J_k$, где J_k – соответствующее множество индексов. Если для этого решения выполняется условие

$$\sum_{j \in J_k} N_j (x_N)_j > b,$$

то имеет место

$$Nx_N > b \text{ для любого } x_N \in S_k.$$

Однако, ограничение $Nx_N + Bx_B = b$ влечет $Nx_N \leq b$, а значит, в данном случае частичное решение является недопустимым и поэтому может быть отброшено. Аналогично, если для указанного частичного решения выполняется условие

$$\sum_{j \in J_k} d_j (x_N)_j \geq z^*$$

где z^* – наилучшее значение целевой функции, найденное на предыдущих этапах поиска, то $dx_N \geq z^*$ для любого $x_N \in S_k$, а значит, соответствующее частичное решение также можно отбросить, поскольку оно не может улучшить значение целевой функции.

Предлагаемый алгоритм был апробирован автором при решении некоторых практических задач. Первая группа задач относилась к проектированию беспроводных сенсорных сетей (БСС), где задача разбиения множества используется как модель многозначного отображения при выборе оптимальных ролей узлов сети [3, 4]. В задачах второй группы отыскание оптимального разбиения множества использовалось для минимизации интернет-трафика с целью повышения отказоустойчивости веб-приложения, предназначенного для оперативного получения результатов дистанционного зондирования [5]. В обоих случаях алгоритм показал весьма удовлетворительную эффективность.

Список литературы

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. Пер. с англ.– М.: Мир, 1982.
2. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. Пер. с англ.– М.: Мир, 1984.
3. Махорин А.О., Падалко С.Н., Терентьев М.Н. Математическая модель многошлюзовой беспроводной самоорганизующейся сети произвольной топологии в аэрокосмической системе//Вестник компьютерных и информационных технологий.– М.: Издательский дом "Спектр", 3, 2015.
4. Гинзбург И.Б., Падалко С.Н., Терентьев М.Н. Концепция систем дистанционного мониторинга процессов производства и испытаний аэрокосмической техники на основе многошлюзовой беспроводной сенсорной сети с автономным веб-приложением.– Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 4, 2015.
5. Гинзбург И.Б. Автономные отказоустойчивые веб-приложения для систем обеспечения доступа к данным дистанционного зондирования Земли.– М.: Труды МАИ, 84, 2015.

05.13.01

¹В.П. Назаров, ²Н.О. Сапоженков, ²Р.В. Тяп¹Югорский государственный университет,
Институт нефти и газа,
Ханты-Мансийск, ing@ugrasu.ru,²Тюменский индустриальный университет,
Институт Транспорта,
кафедра сервиса автомобилей и технологических машин,
Тюмень, satm_tsogu@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ УАЗ-3163 В ХОЛОДНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Реализация задач по оптимизации затрат на поддержание работоспособности подвижного состава основывается на анализе закономерностей формирования стоимости, затрат на эксплуатацию и технического состояния основных узлов и сопряжений. В рамках проведённых исследований установлено, что снижение рыночной стоимости автомобиля в зависимости от времени эксплуатации описывается экспоненциальной моделью. Показано, что срок замены подвижного состава определяется на основе эксплуатационного расхода топлива, среднегодового пробега и температуры окружающего воздуха.

Ключевые слова: системный анализ, экспоненциальная модель, срок эксплуатации, численные значения показателей эксплуатационных свойств, эффективность эксплуатации.

Вариация условий и интенсивности эксплуатации подвижного состава в автотранспортных предприятиях (АТП) нефтегазодобывающего комплекса увеличивает поток требований на текущий ремонт (ТР), что не позволяет в полной мере обеспечить требуемую эффективность его работы [1–4]. Влияние указанных факторов подтверждает необходимость совершенствования стратегий замены транспортных и транспортно-технологических машин на основе решения задач по оптимизации критериев предупреждения потенциальных затрат, что предопределяет актуальность выбранного направления исследований.

Для проведения экспериментальных исследований был выбран автомобиль УАЗ-3163, ввиду его универсальности, распространённости и популярности при организации процессов нефтегазодобычи (Рис.1).

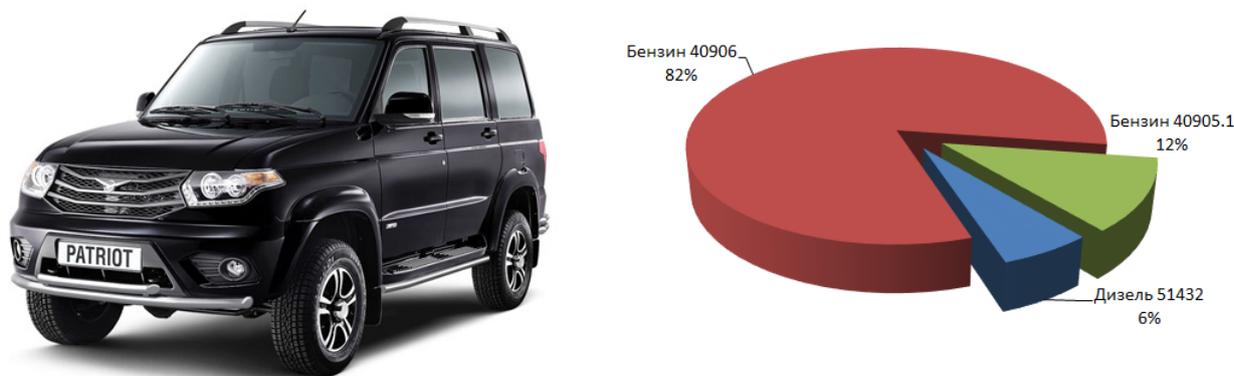


Рис.1 – Статистика продаж УАЗ-3163 по типам ДВС

В 2020 году УАЗ обновил ставший уже классическим ДВС ЗМЗ-40906, запустив продажи УАЗ-3163 с ЗМЗ-409051. Отличительными чертами модернизированного ДВС являются более совершенная конструкция, улучшенная внешняя скоростная характеристика, повышенная мощность, крутящий момент, топливная экономичность, а также усовершенствована конструкция поршней, за счёт чего степень сжатия увеличилась с 9,1 до 9,8. Однако, при этом возросла отпускная цена новых автомобилей и завод-изготовитель сменил рекомендации по использованию топлива на более высокооктановое – АИ95. На текущий момент в продаже доступны обе комплектации, поэтому, принимая во внимание интенсивную эксплуатацию и необходимость регулярного обновления данного вида подвижного состава в АТП нефтегазодобывающего комплекса, требуется провести обстоятельный расчёт численных характеристик показателей эксплуатационных свойств обеих комплектаций с целью выявления наименее затратной из них, что позволит повысить эффективность эксплуатации автомобилей на АТП в холодных климатических условиях. Изменение стоимости автомобиля на вторичном рынке в зависимости от продолжительности эксплуатации или наработки предложено аппроксимировать с помощью экспоненциальной модели следующего вида:

$$C_p = a \cdot e^{-bl}$$

где C_p – стоимость автомобиля на вторичном рынке средняя, руб.;

a – стоимость нового автомобиля, руб.;

b – коэффициент, учитывающий динамику изменения стоимости автомобиля на вторичном рынке, руб.;

l – наработка автомобиля, км.

Исходные данные для расчёта оптимального срока эксплуатации УАЗ-3163 с бензиновыми ДВС приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта срока эксплуатации УАЗ-3163

Исходные данные	ЗМЗ-40906 (МКПП)	ЗМЗ-409051 (МКПП)
Стоимость нового автомобиля, тыс. руб.	1160	1276
Расход топлива, л/100км	14	13,5
Стоимость топлива, руб. ·л.	43	47
Среднемесячный пробег, км	2500	
Коэффициент ускоренной амортизации	0,66	

Комплектации с обновленными ДВС только появились на рынке, поэтому сформировать и проанализировать базу статистических данных по изменению рыночной стоимости не представляется возможным. Вместе с тем, эксплуатационные параметры обновлённой версии изменились незначительно, что предполагает аналогичное назначение и конъюнктуру потенциальных пользователей при формировании спроса, поэтому для определения коэффициентов модели могут быть использованы данные по продажам автомобилей с ЗМЗ-40906. Использование программных средств при анализе популярных сайтов по продаже автомобилей позволило установить вид и уравнение экспоненциальной модели изменения рыночной стоимости УАЗ-3163 (рис. 2).

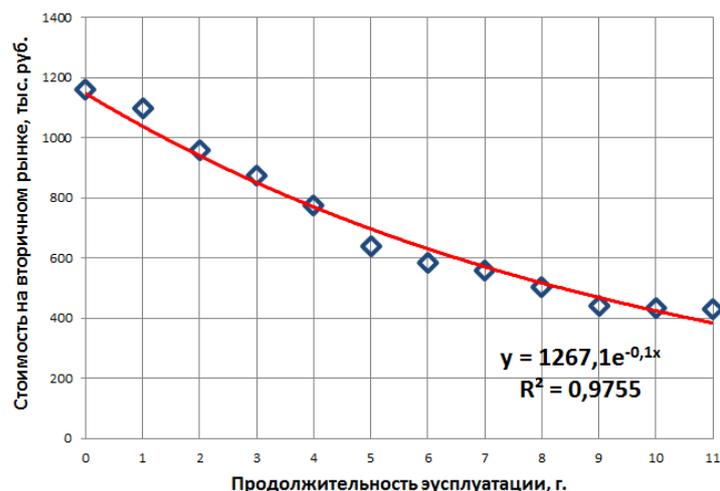


Рис. 2 – Влияние времени эксплуатации на остаточную стоимость УАЗ-3163

Для установления параметров модели изменения удельных затрат на ТР были проанализированы данные корпоративных баз по ТО и ТР подвижного состава за 10 лет. Таким образом, на основе обработки данных по затратам эксплуатируемых на протяжении этого времени УАЗ-3163 были установлены параметры модели (Рис. 3).

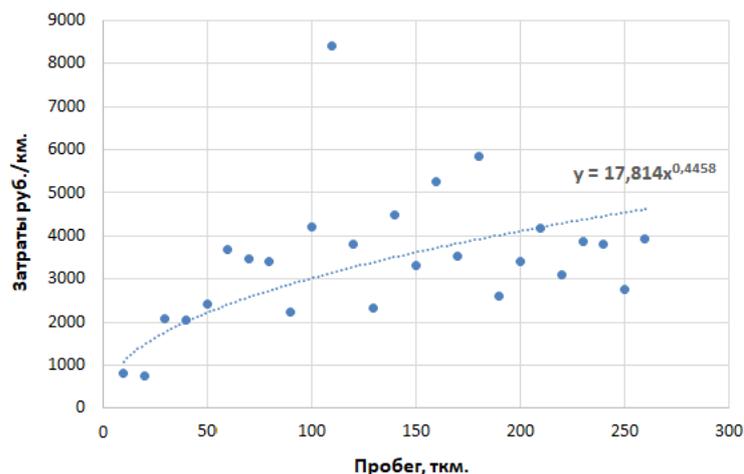


Рис. 3 – Изменение удельных затрат на ТР УАЗ-3163

Определение суммарных затрат на эксплуатацию УАЗ-3163 на основе технико-экономического метода представлено на рис. 4.

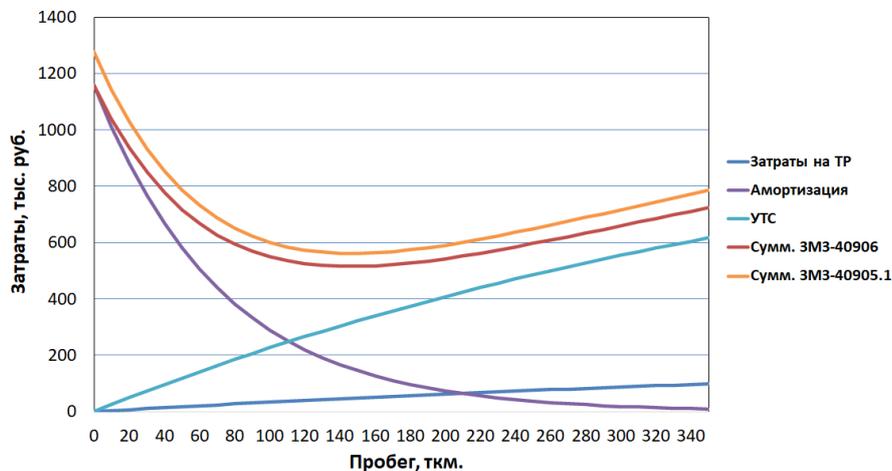


Рис. 4 – Определение суммарных затрат на эксплуатацию УАЗ-3163

В ходе сравнительной оценки численных значений показателей эксплуатации установлено, что экономический эффект от использования автомобиля УАЗ-3163 с бензиновым ДВС ЗМЗ-40906 достигается за счёт сравнительно низкой исходной стоимости и применения топлива с октановым числом АИ92 (Таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительная оценка значений показателей эксплуатации

Показатели эксплуатации.	ЗМЗ-40906	ЗМЗ-40905.1	Разница, Δ	Разница, %
Срок эксплуатации, г.	5,3	5,3	0,0	0,0
Пробег, тыс. км.	160	160	0,0	0,0
Суммарные затраты, тыс. руб.	515,07	561,79	-46,7	8,3
Затраты на топливо, тыс. руб.	963,2	1015,2	-52,0	5,1
Затраты на ТО тыс. руб.	103,9	103,9	0,0	0,0
Затраты на ТР тыс. руб.	50,816	45,184	5,6	-12,5
Амортизация тыс. руб.	126,48	139,13	-12,6	9,1
Потеря в стоимости, тыс. руб.	339,83	373,82	-34,0	9,1
Стоимость экспл., тыс. руб./год	306,19	323,64	-17,5	5,4
Удельные затраты на ТР, руб./км.	0,3176	0,3176	0,0	0,0
Удельные затраты на ТО, руб./км.	0,649	0,649	0,0	0,0
Удельные затраты на топливо, руб./км.	6,02	6,345	-0,3	5,1
Удельные затраты на амортизацию, тыс. руб	3,22	3,51	-0,3	8,3
Удельная стоимость эксплуатации, руб./км.	10,21	10,82	-0,6	5,7
Экономический эффект, тыс. руб.	17,4528			

При этом улучшенная топливная экономичность ЗМЗ-40905.1 не компенсирует разницу в стоимости топлив между рекомендованными заводом-изготовителем АИ92 и АИ95.

Таким образом, при одинаковой стоимости ТО едином характере изменения стоимости на вторичном рынке экономический эффект от использования УАЗ-3163 с бензиновым ДВС ЗМЗ-40906 достигается за счёт пониженной исходной стоимости и относительно низкой стоимости потребляемого топлива, что не компенсируется обновлениями в конструкции ДВС 40905.1 из-за увеличения степени сжатия, и для холодных климатических условий эксплуатации составит 17452,82 руб. на один автомобиль УАЗ-3163 в год.

Список литературы

1. Конев В.В. Оптимизация тепловой подготовки гидропривода строительно-дорожных машин [Текст] / В. В. Конев, Ш. М. Мерданов // Материалы Национальной научно-практической конференции: Нефть и газ: технологии и инновации. – 2020. – С. 194-196.
2. Захаров Н.С. Моделирование процессов формирования уровня заряженности автомобильных аккумуляторных батарей в зимний период [Текст] / Н. С. Захаров, Н. О. Сапоженков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 3 (51). – С. 232-237.
3. Захаров Н.С. Определение оптимальной периодичности заряда автомобильных аккумуляторных батарей в зимний период / Н. С. Захаров, Н. О. Сапоженков // Материалы Международной научно-технической конференции: Транспортные и транспортно-технологические системы. – 2016. – С. 134-139.
4. Захаров Н.С. Изменение зарядного тока автомобильных аккумуляторных батарей в зимний период [Текст] / Н. С. Захаров, Н. О. Сапоженков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 12-2. – С. 167-173.

05.13.01

**Р.И. Нурғалиев, А.А. Василец, В.И. Баязитова,
А.Ж. Сахабутдинов, А.А. Кузнецов, А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, OGMorozov@kai.ru

АЛГОРИТМ ПАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СВЕРХУЗКИХ РЕЗОНАНСНЫХ СТРУКТУР В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

В работе представлены результаты синтеза алгоритма зондирования сверхузких резонансных структур (СРС) в оптическом волокне (ОВ) с помощью симметричного двухполосного парного векторного анализатора. На примере волоконных брэгговских решеток с фазовым сдвигом (ВБР-ФС) показано, что реализация алгоритма позволяет осуществить характеристику амплитудно-частотных характеристик их окна прозрачности с разрешающей способностью в 1-10 фемтометров. Данная характеристика определяется модуляционным разносом пары частот зондирующего излучения на 0,12-1,2 МГц, что дополнительно позволяет проводить прием и обработку информационных сигналов в узкой полосе и на промежуточной частоте, имеющей максимальное значение до 100 МГц (ширина окна прозрачности ВБР-ФС на полувысоте) с повышением чувствительности и отношения сигнал/шум измерений.

Ключевые слова: радиофотонный векторный анализатор; сверхузкие резонансные структуры в оптическом волокне; волоконная брэгговская решетка с фазовым сдвигом; метод модуляционного преобразования Ильина-Морозова; двухполосный парный зондирующий сигнал.

Введение. К разновидностям СРС в ОВ относятся ВБР-ФС с шириной ширины окна прозрачности на полувысоте 50-100 МГц. Если спектральная характеристика ВБР описывается, как правило, гауссовым контуром, то окно прозрачности ВБР-ФС – лоренцевским.

Спектральную характеристику окна прозрачности можно описать как:

$$T(\lambda) = \gamma^4 / \left\{ \Delta\beta^2 \left[\begin{array}{l} \Delta\beta^2 \cosh^2(\gamma L) + \gamma^2 \sinh^2(\gamma L) \\ -2\kappa^2 \cosh(\gamma L) + \kappa^4 \end{array} \right] \right\}, \quad (1)$$

где κ – коэффициент связи мод; $\Delta\beta$ – параметр расстройки, который представляет собой разность между постоянными распространения мод и волновым числом решетки; L – длина решетки; $\gamma^2 = \kappa^2 - \Delta\beta^2$ [1].

В данной статье рассмотрим метод, близкий к методам [2, 3], который основан на предположении, что можно сформировать два парных колебания с фиксированной разностной частотой из колебания перестраиваемого зондирующего радиосигнала, разнесенные в оптическом диапазоне на различные склоны окна прозрачности ВБР-ФС [4, 5]. Далее при векторном анализе вычисляется только амплитуда огибающей биений на фиксированной разностной частоте. Фазовая спектральная характеристика вычисляется из амплитудной.

Теоретическое обоснование метода. На рис. 1 показано симметричное относительно несущей частоты f_0 двухполосное парное зондирующее излучение, на рис. 2 – расположение зондирующего излучения внутри окна прозрачности ВБР-ФС относительно его центральной частоты f_p .

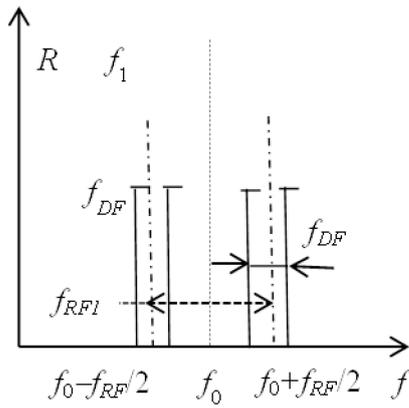


Рис. 1 – Зондирующее излучение

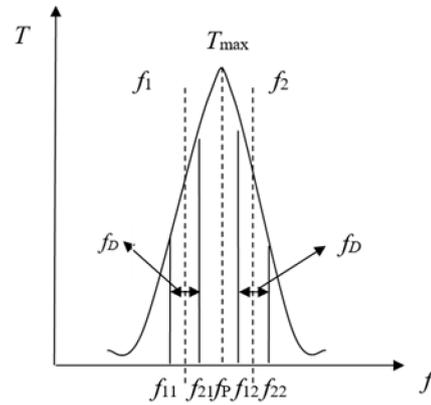


Рис. 2 – Зондирование окна прозрачности ВБР-ФС

Первая пара зондирующих сигналов образована составляющими на частотах f_{11} и f_{21} с разностной частотой f_D , вторая – составляющими на частотах f_{12} и f_{22} и также с разностной частотой f_D . Разность между средними частотами f_1 и f_2 равна зондирующей частоте радиосигнала.

Амплитуда огибающей первой пары сигналов на первой разностной частоте определяется как

$$U_{P1} = \sqrt{A_{11\text{ВЫХ}}^2 + A_{12\text{ВЫХ}}^2 + 2A_{11\text{ВЫХ}}A_{12\text{ВЫХ}} \cos[(\varphi_{12\text{ВЫХ}} - \varphi_{11\text{ВЫХ}})]}, \quad (2)$$

амплитуда второй на второй разностной частоте – как

$$U_{P2} = \sqrt{A_{21\text{ВЫХ}}^2 + A_{22\text{ВЫХ}}^2 + 2A_{21\text{ВЫХ}}A_{22\text{ВЫХ}} \cos[(\varphi_{22\text{ВЫХ}} - \varphi_{21\text{ВЫХ}})]}. \quad (3)$$

Величина, связывающая измеренные амплитуды и параметр разностной частоты, определяется как сумма (2) и (3)

$$f \rightarrow \Delta U = (U_{P1} + U_{P2}) / 2, \quad (4)$$

и соответствуют рис. 2.

Структурная схема устройства и алгоритм для реализации способа. Рассмотрим работу радиофотонного векторного анализатора на основе метода с двухполосным модуляционным преобразованием по методу Ильина-Морозова и парным зондированием на фиксированной разностной частоте. Структурная схема в части модуляционного радиофотонного преобразования соответствует рис. 3.

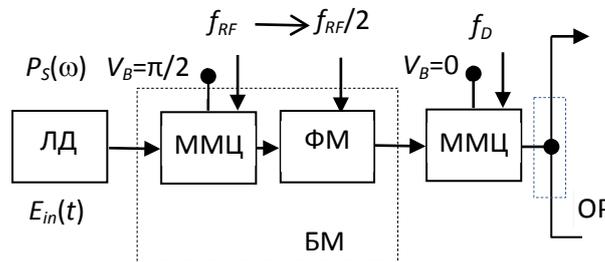


Рис. 3 – Система формирования двухполосного парного зондирующего излучения

Для зондирования ВБР-ФС модулируют излучение лазерного источника ЛД радиочастотой, лежащей в спектре ее окна прозрачности. Модуляция осуществляется в блоке модуляции БМ по методу Ильина-Морозова на основе амплитудно-фазовой последовательной модуляции (ММЦ-ФМ) с поданием несущей и формировании боковых частот 1-го порядка с разностной частотой равной частоте радиосигнала. Полученный двухполосный сигнал модулируют фиксированной разностной частотой в нулевой точке

второго ММЦ, так что их средняя частота или частота оптической несущей, соответствует центральной частоте полосы пропускания решетки. Первая пара сигналов сформирована из первого и второго сигналов, вторая – из третьего и четвертого (рис. 2). При этом разностные частоты пар f_D одинаковы, а разность между средними частотами первой и второй пар равна частоте зондирования. Затем передают сгенерированные пары сигналов к ВБР-ФС по оптическому волокну через оптический разветвитель ОР и на опорный канал. В сгенерированных парах сигналов, проходящих через окно прозрачности ВБР-ФС, происходит изменение амплитуд отдельных составляющих в зависимости от их расстройки от центральной частоты, определяемой зондирующей частотой. Далее с помощью фотоприемника принимают прошедшие через окно прозрачности ВБР-ФС пары сигналов.

На выходе фотоприемника образуются сигналы, соответствующие биениям сигналов первой и второй пар, которые выделяются избирательным фильтром, настроенным на частоту f_D . Далее в амплитудном детекторе 8 соответственно определяется амплитуда огибающих первой U_{P1} и второй U_{P2} пар.

Измерение спектральной характеристики по сумме амплитуд огибающих биений между сигналами первой и второй пары $U_{P1}+U_{P2}$, прошедших через окно прозрачности ВБР-ФС, производят в контроллере определения измеряемой частоты по (4).

По полученным значениям и заложенным в контроллере зависимостям от обобщенной расстройки полосы пропускания однозначно определяют амплитудную спектральную характеристику исследуемого окна прозрачности ВБР-ФС.

При измерениях контролируют уходы температуры в системе по признаку неравенства (2) и (3). При нормальных условиях средняя частота сгенерированных четырех сигналов будет соответствовать расстройке «0», средняя частота первой пары будет расположена с расстройкой «-1», средняя частота второй пары с расстройкой «+1». Амплитуды их огибающих будут равны. При частотном смещении полосы пропускания окна прозрачности ВБР-ФС в зависимости от изменений параметра климатических условий положение компонент сгенерированной пары сигналов относительно полосы пропускания будет меняться, будут меняться амплитуды огибающих биений пар и будут меняться разности между амплитудами огибающих биений первой и второй пар, прошедших через решетку, что внесет свои погрешности в измерения. В этом случае должна осуществляться перестройка решетки и/или лазера на единую центральную частоту.

Заключение. Таким образом, по полученной средней сумме между амплитудами огибающих биений первой и второй пар, прошедших через ВБР-ФС можно осуществить характеризацию амплитудно-частотных характеристик их окна прозрачности с разрешающей способностью в 1-10 фемтометров. Данная характеристика определяется модуляционным разносом пары частот зондирующего излучения на 0,12-1,2 МГц, что дополнительно позволяет проводить прием и обработку информационных сигналов в узкой полосе и на промежуточной частоте, имеющей максимальное значение до 100 МГц (ширина окна прозрачности ВБР-ФС на полувысоте) с повышением чувствительности и отношения сигнал/шум.

Список литературы

1. Agrawal G.P. Nonlinear Fiber Optics. Academic Press, Boston, MA, 1989.
2. Губайдуллин Р.Р. и др. Алгоритм зондирования высокочастотных волоконно-оптических структур // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 6. С. 16-19.
3. Заболотный В.А. и др. Алгоритм формирования двухчастотного зондирующего излучения для мониторинга симметричных высокочастотных волоконно-оптических структур // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 6. С. 20-23.
4. Айбатов Д.Л., Морозов О.Г., Садеев Т.С. Преобразование спектра оптического излучения в двухканальном модуляторе Маха-Цендера и ROF-фильтр на его основе // Нелинейный мир. 2010. Т. 8. № 5. С. 302-309.
5. Sadeev T.S., Morozov O.G. Investigation and analysis of electro-optical devices in implementation of microwave photonic filters // Proc. of SPIE. 2012. V. 8410. P. 841007.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (05.13.06)**

05.13.06

В.И. Курир

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ,
институт автоматизации и электронного приборостроения,
кафедра электрооборудования,
Казань, kurir_valerian@mail.ru

**РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИНХРОННОГО ПОГРУЖНОГО
ГИДРОГЕНЕРАТОРА
НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ МОЩНОСТЬЮ 270 КВТ**

В статье приведены основные параметры спроектированного погружного (капсульного) синхронного гидрогенератора с возбуждением от постоянных магнитов – геометрические размеры и основные энергетические характеристики проектируемого генератора.

Ключевые слова: *погружной (капсульный) гидрогенератор с возбуждением от постоянных магнитов.*

К малой энергетике относят бесплотинные электростанции МГЭС, мощность которых не превышает 30 МВт, а мощность единичного агрегата составляет менее 10 мВт, мини-ГЭС, мощность которых не превышает 1000 кВт, и микро-ГЭС, мощность которых не превышает 100кВт.

Ниже приведён пример наиболее оптимального варианта мини-ГЭС, которая может располагаться в черте города, и не требует сооружения большой плотины.

HYDROMATRIX [Andritz VA Tech Hydro GmbH, Австрия] – это мини – ГЭС, содержит турбину и генератор, расположенные на одном валу (рис. 1, 2). Турбина пропеллерная, осевая. Вода поступает в сужающийся канал, проходит через неподвижные лопатки, попадает на турбину, вращает её и выходит через горизонтальную отсасывающую трубу. В конструкции HYDROMATRIX направляющий аппарат с лопатками не предусмотрен. Генератор переменного тока синхронный с возбуждением от постоянных магнитов (ПМ), либо асинхронный. Мощность HYDROMATRIX [1], задана производителями в диапазоне от 100 кВт до 700 кВт. Приведём технические данные рассматриваемой нами установки. Напор воды перед плотиной – 5.86 м. Диаметр рабочего колеса турбины – 1.32 м. Скорость вращения турбины – 250 об/мин. Напряжение на выходе генератора – 690 В. Мощность на выходе – 270 кВт.



Рис. 1 – Генератор с турбиной HYDROMATRIX

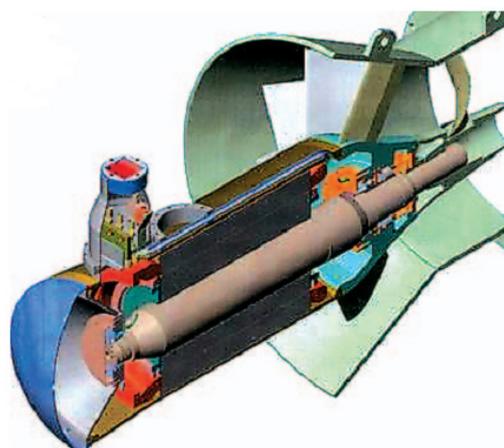


Рис. 2 – Генератор HYDROMATRIX (в разрезе)

Автором спроектирован гидрогенератор с возбуждением от постоянных магнитов, соответствующий заданным энергетическим параметрам. При проектировании генератора использованы следующие источники [2 – 5].

Результаты проектировочного расчета приведены ниже.

1. Исходные данные:

$$P_{\text{ном}} = 270 \text{ кВт}, I_{\text{ном}} = 251.022 \text{ А}, \cos\varphi = 0.9, U_{\text{ном}} = 398.37 \text{ В} \text{ —}$$

– мощность гидрогенератора, номинальный ток, коэффициент мощности, номинальное напряжение на его выводах; число фаз – 3, частота тока $f = 50$ Гц.

2. Активные части: $D_a = 1050$ мм, $D_i = 850$ мм (диаметры статора и ротора); $L_i = 410$ мм; $\delta = 2.75$ мм (длина статора с учетом вентиляционных каналов и величина воздушного зазора).

3. Постоянные магниты. Выбраны магниты с призматическими магнитами на основе неодим – железо – бора (NdFeB). Их характеристики: $B = 1.3$ Тл, $H_c = 900$ кА/м. Ротор генератора типа «звездочка», намагниченность ПМ – радиальная.

4. Схема обмотки – двухслойная ($a = 2$).

5. Число пазов статора $Z_1 = 2pmq = 24 \cdot 3 \cdot 2 = 144$.

6. Шаг обмотки $y = 5$ (1 → 6) – из первого в шестой паз.

7. Обмоточный коэффициент $k_{\text{обм}} = 0.933$.

8. Расчетный коэффициент полюсного перекрытия $\alpha_i = 0.8$.

9. Коэффициенты: $k_E = 1,2$ и $k_\Phi = 1,11$.

10. Линейная нагрузка – принято $A = 45000$ А/м.

11. Индукция в воздушном зазоре принято: $B = 0.95$ Тл.

12. Скорость вращения ротора задана: $n = 250$ об/мин.

13. Диаметр вала, согласно рекомендациям [4], принят равным 0.25 м.

14. Объем магнитов принят: $V = 0.017518$ м³, высота полюса – магнита принята: $h_M = 0.02$ м.

15. Скос пазов статора

$$k_{\text{СК}} = 0.955$$

16. Число последовательно соединенных витков в фазе (принято $W = 72$).

17. Число проводников в пазе – 6:

$$u_{\text{П}} = \frac{w \cdot a}{p \cdot q} = \frac{72 \cdot 2}{12 \cdot 2} = 6.$$

Сечение элементарных проводников в пазе

$$\sum q_{эл} = 3 \times 12.18 = 36.54 \text{ мм}^2$$

18. Плотность тока $j = 3.44 \text{ А/мм}^2$.

Сечение паза статора приведено на рис. 3. Здесь 1 – элементарные проводники с нанесенной изоляцией, 2 – стекло–слюдинитовая лента ЛС, 3 – лента стеклянная ЛЭС, 4, 5, 6 – стеклотекстолит СТ-1.

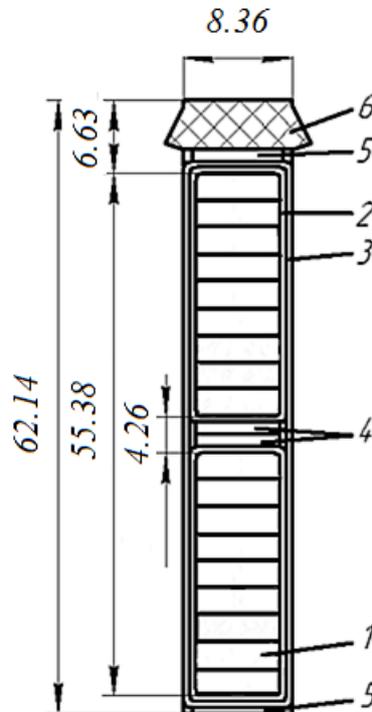


Рис. 3 – Сечение паза

19. Сопротивление фазы статора в период нагрузки $r = 0.02748 \text{ Ом}$.

20. Масса обмоточного провода $G_{MI} = 183.077 \text{ кг}$.

21. Магнитный поток при холостом ходе

$$\Phi_{\delta 0} = \frac{E_0}{4k_{\phi} f W k_{ск} k_{об}} = 0.033566 \text{ Вб}$$

22. Магнитная индукция в зазоре при холостом ходе

$$B_{\delta 0} = \frac{\Phi_{\delta 0}}{\alpha_i \cdot \tau \cdot l_{\delta}} = 0.8588 \text{ Тл}$$

23. Магнитная индукция в зазоре при нагрузке

$$B_{\delta H} = 0.8588 \cdot 1.08 = 0.9275 \text{ Тл}$$

24. Магнитная индукция в зубцах при холостом ходе

$$B_{Z10} = 1.5119 \text{ Тл}$$

25. Магнитная индукция в зубцах при нагрузке

$$B_{Z1H} = 1.63295 \text{ Тл}$$

26. Индуктивное сопротивление рассеяния

$$X_{\sigma} = 0.26723 \text{ Ом}$$

27. Индуктивное сопротивление продольной реакции якоря

$$X_{ad} = 0.15496 \text{ Ом}$$

28. Индуктивное сопротивление поперечной реакции якоря

$$X_{aq} = 0.0025 \text{ Ом.}$$

Обратимся к диаграмме напряжений явнополюсной синхронной машины без учета насыщения (рис. 4).

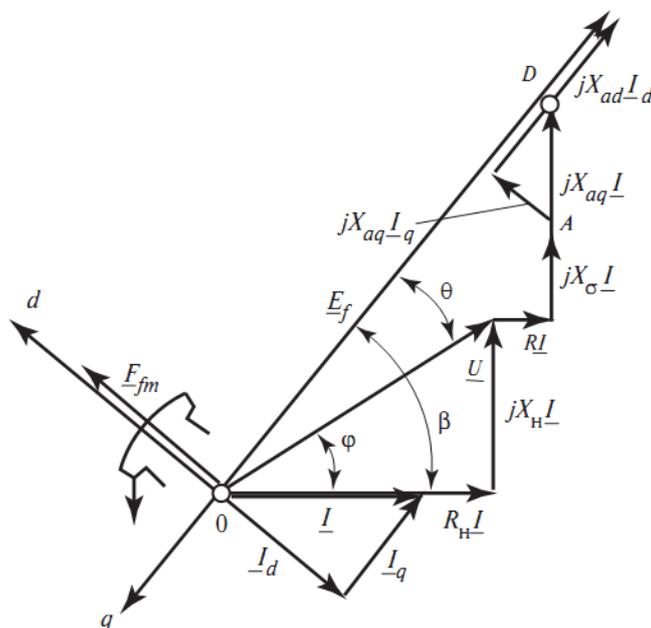


Рис. 4 – Диаграмма напряжений явнополюсной синхронной машины без учета насыщения

Согласно векторной диаграмме величины углов β , θ , φ , компоненты тока I_d, I_q , полное индуктивное сопротивление обмотки статора по поперечной оси X_q , связаны соотношениями:

$$\cos \beta = \frac{U_{\text{нф}} \cdot \cos \varphi + R_{\text{ф}} \cdot I_{\text{нф}}}{\sqrt{(U_{\text{нф}} \cdot \cos \varphi + R_{\text{ф}} \cdot I_{\text{нф}})^2 + (U_{\text{нф}} \sin \varphi + X_q \cdot I_{\text{нф}})^2}},$$

$$\theta = \beta - \varphi, \quad I_d = I_{\text{нф}} \cdot \sin \beta, \quad I_q = I_{\text{нф}} \cdot \cos \beta, \quad X_q = X_{\sigma} + X_{aq}.$$

Согласно диаграмме напряжений (рис.4) ЭДС возбуждения генератора, созданная магнитами, равна

$$E_f = U \cos \theta + R I_q + X_q I_q + X_{ad} I_d = 478.561 \text{ В.}$$

Первоначально заданная ЭДС возбуждения генератора, созданная магнитами, равна

$$E_f = k_E U_{\text{нф}} = 1.2 \cdot 398.3717 = 478.046 \text{ В.}$$

29. Суммарная НС на пару полюсов постоянных магнитов, необходимая для проведения потока через магнитную цепь

$$F_{10} = 4807.244 \text{ А.}$$

30. МДС постоянного магнита на два полюса

$$F_{\text{МО}} = 22978.43 \text{ А.}$$

31. Коэрцитивная МДС (максимально допустимая) на пару магнитов

$$F_c = 2 \cdot 0.02 \cdot 900000 = 36000 \text{ А.}$$

32. Коэффициент рассеяния магнитов

$$\delta_0 = 1.562$$

33. Потери в меди для трех фаз (обмотка)

$$P_M = 5194.63 \text{ Вт.}$$

34. Потери в зубцах статора

$$P_{z1} = 1706.728 \text{ Вт.}$$

35. Потери в ярме (спинке) статора

$$P_{a1} = 835.73 \text{ Вт.}$$

36. Добавочные потери

$$P_{\text{доб}} = 1350 \text{ Вт.}$$

37. Механические потери

$$P_{\text{мех}} = 760.455 \text{ Вт.}$$

38. КПД генератора

$$\eta = 1 - \frac{\sum P}{P_H + \sum P} = 1 - \frac{9847.544}{270000 + 9847.544} = 0.9648.$$

Выводы. Сравнительный анализ основных параметров генераторов с электромагнитным возбуждением и генераторов с возбуждением от постоянных магнитов позволяет сделать вывод, что в гидрогенераторах HYDROMATRIX отсутствует значимое различие между двумя способами возбуждения гидрогенераторов.

Список литературы

1. HYDROMATRIX® Innovative hydropower solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.andritz.com/resource/blob/31692/f484084e0869b431e2362b1e82bef5b2/hy-hydromatrix-en-data.pdf> (Дата обращения: 02.05.2021).
2. Балагуров Е.А., Галтеев Е.Ф. Электрические генераторы с постоянными магнитами. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 280 с.
3. Балагуров Е.А. Проектирование специальных машин переменного тока: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.
4. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы: Учебное пособие для вузов. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац ин-т», Севастополь: Севаст. нац. Техн. ун-т, 2003. – 400 с.
5. Копылов И.П., Клоков Б.Ф., Морозкин В.П., Токарев Б.Ф. Проектирование электрических машин: Учебник для вузов. – М.: Издат-во Юрайт, 2016. – 761 с.
6. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1982. – 272 с.

05.13.06

К.В. Марусич канд. техн. наук, А.В. Сокольников

Оренбургский государственный университет,
Аэрокосмический институт,
кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов,
Оренбург, mkv82@mail.ru, terlikon85@mail.ru

ПРОЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ ОДНОШНЕКОВОГО ЭКСТРУДЕРА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ АНТИКОРРОЗИЙНОГО ПОКРЫТИЯ

В работе представлен проект автоматизации экструдера для нанесения антикоррозионного покрытия. Рассмотрен процесс экструзии в одношнековом экструдере. Предложен алгоритм управления экструдером.

Ключевые слова: *экструдер, температура, антикоррозионное покрытие.*

В настоящее время Российская Федерация управляет самой длинной и широкой сетью нефтегазовых трубопроводов в мире и надёжно обеспечивает себя и многие зарубежные страны энергетическими ресурсами [1, 2]. В этой связи предприятия должны проводить систематические работы по диагностике, обслуживанию и ремонту трубопроводов в соответствии с федеральными нормами и нормативами в области безопасности труда. Поэтому особое внимание тут уделяют разработке антикоррозионных покрытий, приспособленных к большой разнице температур и устойчивых к агрессивным воздействиям окружающей среды [3, 4]. Одним из таких направлений является технология производства экструдированного изоляционного полиэтилена.

Технологический процесс экструзии (рис. 1) происходящий в экструдере зависит не только от хорошо слаженной работы оператора, но и от правильно заданных значений для регулирования всеми зонами нагрева.

Если перегреть или переохладить какую-нибудь зону в экструдере (рис. 2), то может возникнуть пробка гранул полиэтилена или плохое расплавление и произойдет выход из строя экструдера [5 - 7]. Одним из способов решения этой задачи, является автоматизация всего процесса получения антикоррозионного покрытия.

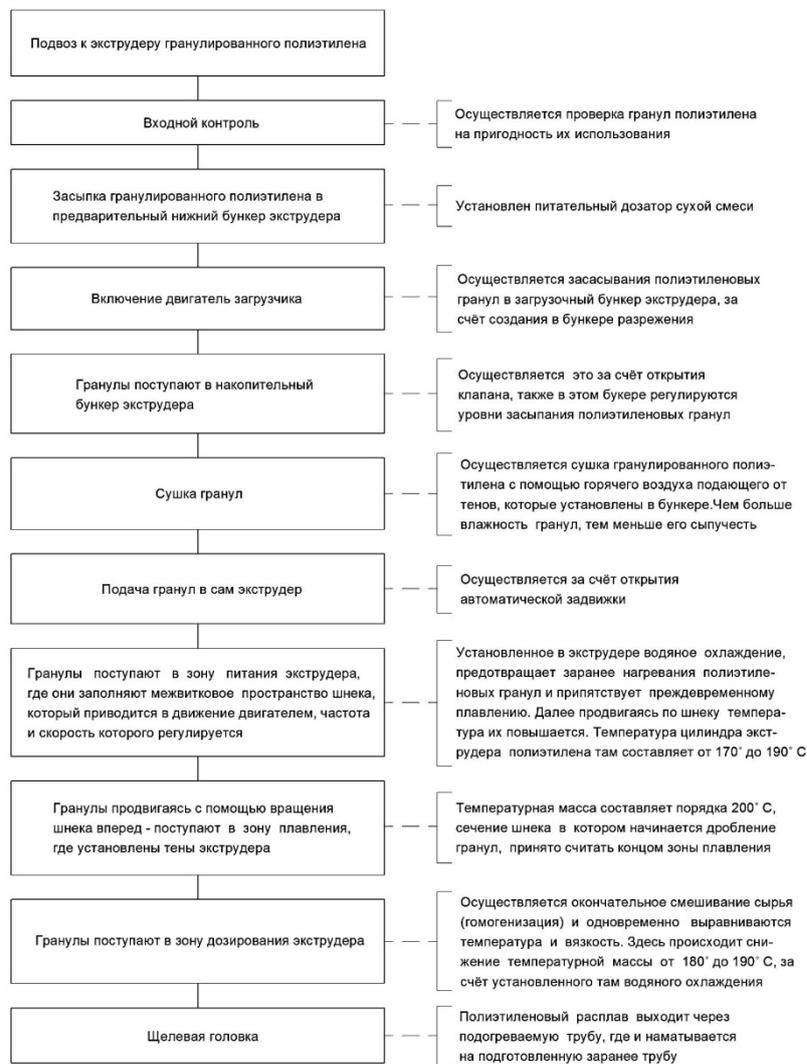


Рис. 1 – Технологический процесс экструзии в одношнековом экструдере

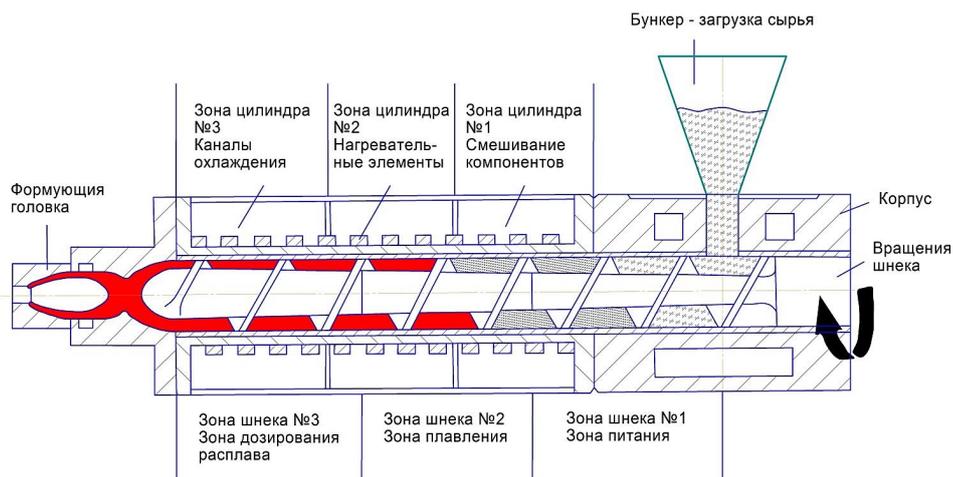


Рис. 2 – Условная схема движения сырья в одношнековом экструдере

На рис. 3 представлен проект автоматизации одношнекового экструдера для нанесения антикоррозийного покрытия. В процессе модернизации было установлено 32 подсистемы для управления процессом экструзии.

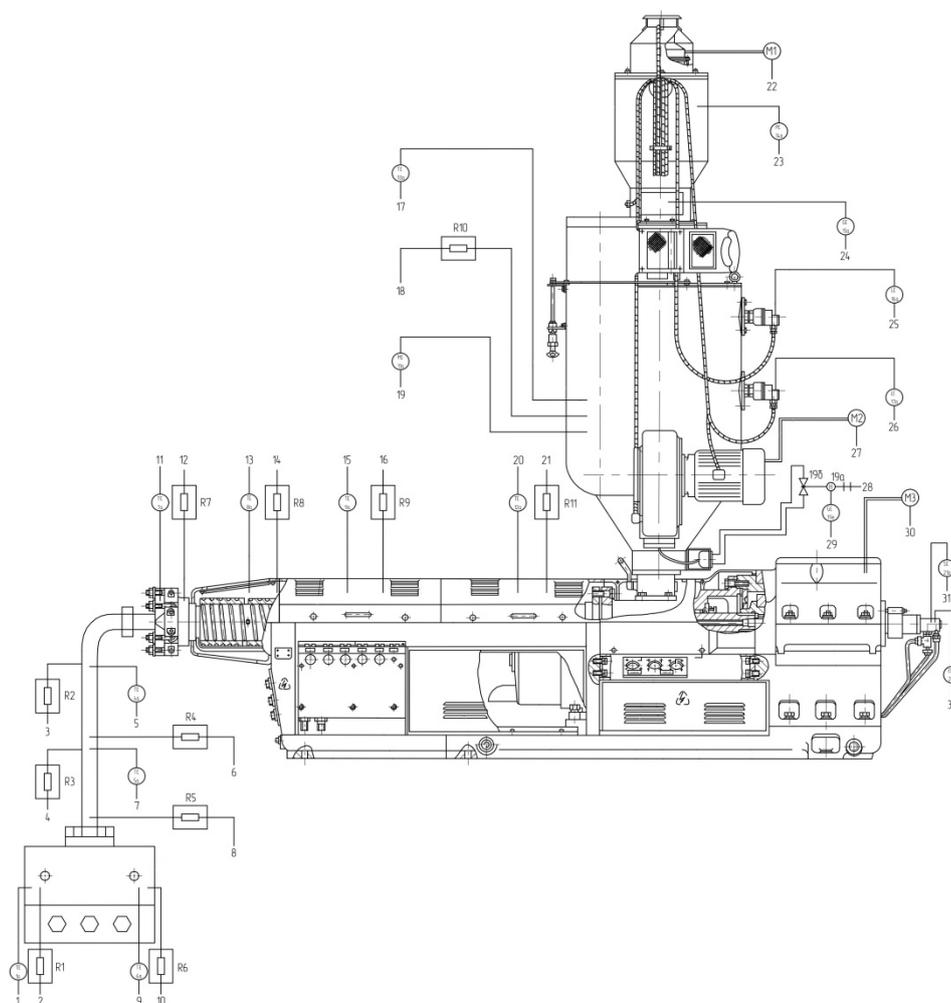


Рис. 3 – Одношнековый экструдер для нанесения антикоррозионного покрытия после автоматизации

Подсистемы 1, 2, 9 и 10 - предназначены для регулирования температуры в экструдере на выходе полиэтилена, через щелевую головку. Подсистемы 3 - 8 для регулирования температуры в экструдере на выходе полиэтилена, перед щелевой головкой в подогреваемой трубе. Подсистемы 11 и 12 для регулирования температуры в экструдере на выходе полиэтилена во фланце. Подсистемы 13 и 14 для регулирования в экструдере температуры полиэтилена в зоне дозирования. Подсистемы 15 и 16 для регулирования в экструдере температуры полиэтилена в зоне плавления. Подсистемы 17 и 18 для регулирования температуры гранул полиэтилена в накопительном бункере в процессе сушки. Подсистема 19 для контроля влажности гранул полиэтилена в накопительном бункере экструдера. Подсистемы 20 и 21 для регулирования в экструдере температуры полиэтилена в зоне питания. Подсистема 22 для управления двигателем в бункере загрузчика экструдера. Подсистема 23 для контроля давления в бункере загрузчика экструдера. Подсистема 24 для контроля процесса просыпания гранул полиэтилена из бункера в накопительный бункер. Подсистемы 25 и 26 для регулирования уровня гранулированного полиэтилена в накопительном бункере. Подсистема 27 для управления работой двигателя в накопительном бункере. Подсистемы 28 и 29 для открытия и закрытия задвижки экструдера. Подсистемы 30 - 32 для управления работой главного двигателя, который вращает шнек экструдера.

На рис. 4 представлен алгоритм управления одношнековым экструдером для нанесения антикоррозийного покрытия.

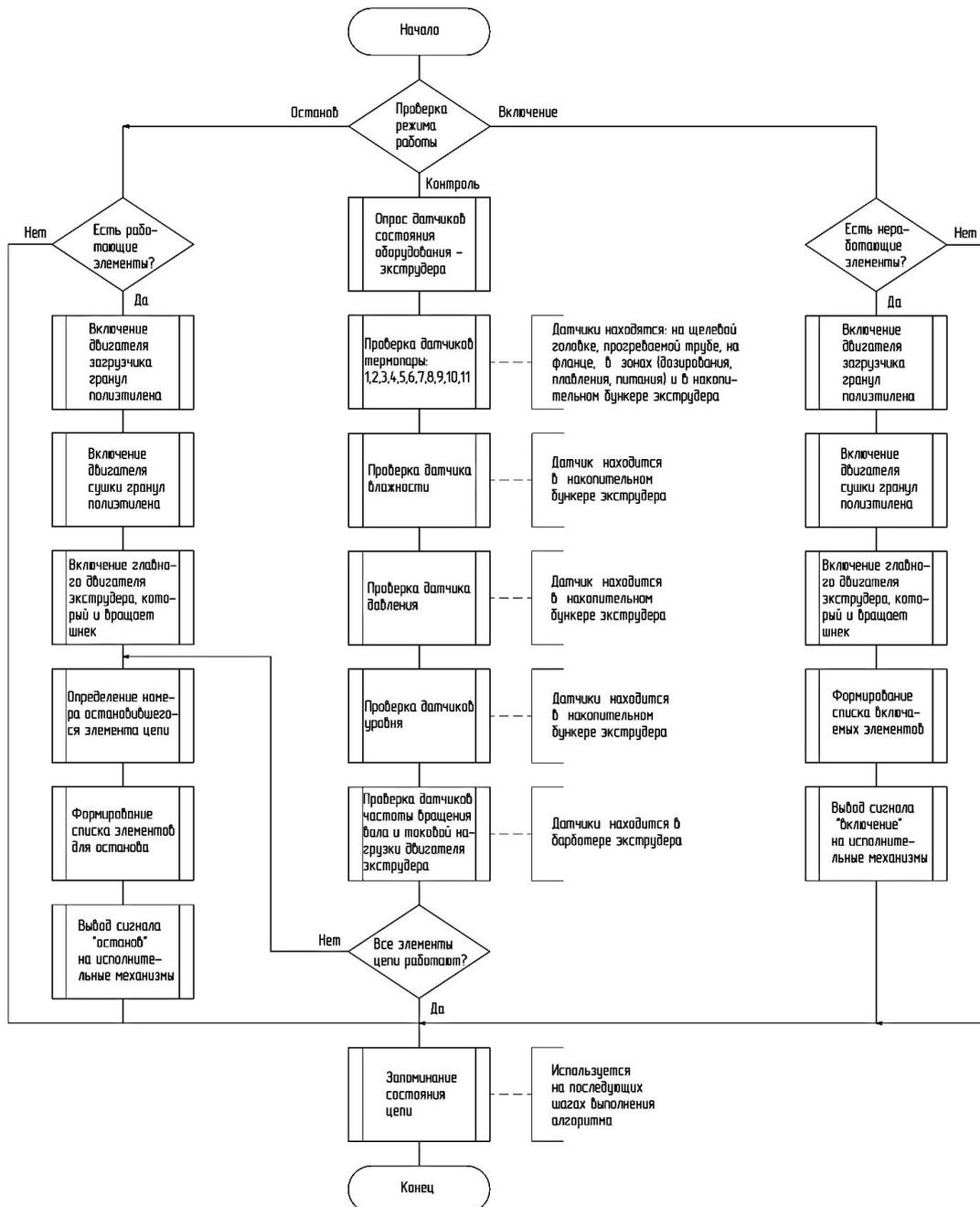


Рис. 4 – Алгоритм управления одношнековым экструдером

Планируемые результаты после автоматизации:

- установка датчиков верхнего и нижнего уровня, позволит гарантировано обеспечить контроль процесса экструзии на всех этапах работы одношнекового экструдера;
- установка вспомогательного электродвигателя (мощностью 6,5 кВт) с вентилятором, позволит сократить время подготовительного процесса сушки исходного сырья;
- установка масляного гидронасоса (расходом 0,4 м³/час), позволит достигнуть полного давления нагнетания и плавной работы внутри всей смазывающей системы редуктора и его подвижных частей в целом;
- установка воздуховсасывающего устройства (мощностью 6,5 кВт), позволит намного быстрее проводить процесс загрузки исходного сырья в загрузочный бункер, а также своевременно отсеивать излишнюю пребывающую пыль в виде мелких частичек.

Список литературы

1. *Мастобаев Б.Н.* Развитие системы нефтепродуктообеспечения России / Н.Г. Муталлапов, А.Д. Коробков. - СПб.: Недра, 2006. - 320 с.
2. *Бушуев В.В.* Энергетика России: постстратегический взгляд на 50 лет вперед / В.В. Бушуев, А.И. Громов, А.М. Белогорьев, А.М. Мастепанов. - М.: ИАЦ «Энергия», 2016. - 96 с.
3. *Глазов Н.П.* Особенности противокоррозионной защиты стальных подземных трубопроводов // Защита металлов. - 2004. - Т. 40. - № 5. - С. 522-528.
4. *Низьев С.Г.* О противокоррозионной защите магистральных и промысловых трубопроводов современными полимерными покрытиями // Территория Нефтегаз. - 2009. - №9. - С. 56-60.
5. *Готовко Н.* Анализ работы современного одношнекового экструдера / Н. Готовко, В. Швабауэр // Полимерные трубы. - 2008. - № 3(21). - С. 26-30.
6. *Рауендаль К.* Экструзия полимеров. - СПб.: Профессия, 2010. - 768 с.
7. *Carley I. E.* Theory of Extrusion / I. E. Carley, R. A. Strub, R. S. Mallouk, I. M. Mc-Kelvey // Industrial and Engineering (Chemistry). - 2013. - Vol. 45 - P. 971-992.

05.13.06

Д.А. Хвостов

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем,
Абакан, daniil.xv@mail.ru

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА

В работе представлены результаты создания системы регулирования параметров микроклимата в омишанике, дано описание системы автоматического управления, учитывающей особенности распределения тепловой энергии в помещении. Получена структурная схема системы управления, математическая модель для расчёта тепловых параметров.

Ключевые слова: системы автоматического управления, теплофизические процессы, математическое моделирование

Система автоматического управления параметрами микроклимата позволит в зимний период времени поддерживать для пчелиных семей оптимальные условия, от которых будет зависеть дальнейшее развитие пчёл и их продуктивность в сезон медосбора.

Контроль над параметрами помещения будет производиться за счёт регулируемой вентиляции и нагревательного элемента. При избыточной влажности или температуре необходимо принудительно понижать данные параметры скоростью циркуляции воздуха.

С точки зрения температурного анализа помещение представлено в виде композиции из трёх сегментов, которые выделяются по высоте. За счёт температурных потоков расслоение температуры может быть достаточно существенным в зависимости от рассматриваемого слоя. Такое деление позволит контролировать параметры микроклимата на каждом ярусе. Это даёт возможность корректировать воздействие так, чтобы на каждом уровне поддерживались оптимальные условия для зимовки.

Рациональнее всего расположить основную массу датчиков на среднем слое, а дополнительным вентилятором производить циркуляцию воздуха для устранения расслоений температурных потоков. Также установить датчики на разных слоях для корректировки работы вентилятора и предупреждения ошибок.

По причине большого количества ульев оптимальным решением будет установка датчиков в центре каждого ряда, а также на ближайšie к вентиляционным трубам ульи.

Из чертежа можно заметить, что центральные ряды совмещены, поэтому получение показаний температурных датчиков на таком незначительном расстоянии не будут различаться. В таком случае следует поместить датчик на той же высоте, что и другие, но расположить его между рядами (Рис 1).

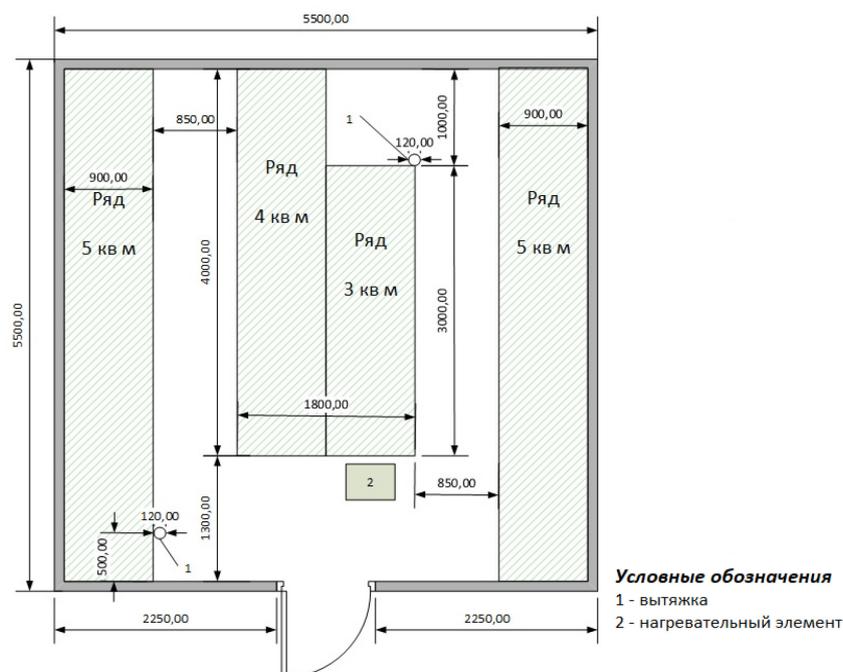


Рис. 1 – Чертёж помещения, предназначенного для зимовки пчелиных семей

Из вариантов, представленных в таблице 1, оптимальным будет температурный датчик ds18b20. Во-первых, его погрешность минимальна среди подобных датчиков температуры и есть возможность регулирования точности измерений от $\pm 0.5^\circ\text{C}$ до $\pm 0.0625^\circ\text{C}$. Во-вторых, датчик имеет свой уникальный 64-битный адрес, благодаря которому можно подключать целую группу датчиков к одной линии.

Для измерения влажности лучшим вариантом является датчик НТУ21, так как его погрешность влажности минимальна среди аналогичных устройств, а также есть универсальный интерфейс I2C для передачи данных.

Таблица – Сравнительная характеристика датчиков температуры и влажности.

Название датчика	DHT11	DHT21	ds18b20	Lm35	НТУ21
Температурный диапазон	От 0°C до 50°C	От -40°C до 80°C	От -55°C до 125°C	От -55°C до 150°C	От -40°C до 105°C
Погрешность (температура)	$\pm 2^\circ\text{C}$	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	$\pm 0.0625^\circ\text{C}$	$\pm 1^\circ\text{C}$	$\pm 0.4^\circ\text{C}$
Измерение влажности	+	+	-	-	+
Погрешность (влажность)	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$	-	-	$\pm 2\%$

Система автоматического управления параметрами микроклимата будет основана на комбинированном принципе, который совмещает в себе управление по отклонению и возмущению. Данный принцип используется в тех случаях, когда на систему действует множество различных возмущений, при этом некоторое их количество, оказывающих наибольшее влияние, измеримо. При этом нейтрализация известной и основной части возмущения осуществляет принцип компенсации, для остальных возмущений используется управление по отклонению.

Уравнение теплофизических процессов, которое будет использовано для осуществления приближённых расчётов при формировании корректирующих управляющих воздействий, при этом выглядит следующим образом:

$$\frac{\delta}{\delta x}(k(x)) \cdot \frac{\delta \varphi(x, t)}{\delta x} + F(x, t) = c(x) \cdot \rho(x) \cdot \frac{\delta \varphi(x, t)}{\delta x}$$

где

$\varphi(x, t)$ – температура вдоль выделенного слоя;

$k(x)$ – коэффициент теплопроводности, который может отличаться в зависимости от состава воздуха;

$c(x)$ – удельная теплоемкость;

$\rho(x)$ – погонная плотность;

$F(x, t)$ – плотность тепловых источников.

Система управления представлена на Рис. 2. Управляющее устройство включает в себя: задающее устройство (ЗУ), которое вырабатывает воздействия, чувствительные элементы (ЧЭ), предназначенные для измерения возмущения (f) и управляемой переменной (y); усилительно-преобразовательное устройство (УПУ), которое управляет воздействием на основе входных параметров; сравнивающие устройства (СУ), которые определяют отклонение; исполнительные устройства (ИУ), которые взаимодействуют на объекты управления (ОУ).

Система рассчитана на работу по двум параметрам, поэтому она зеркально отражена по горизонтали. То есть блок из элементов ИУ1, ОУ1, ЧЭ1, ЧЭ2, СУ1 будет отслеживать и корректировать температуру, а зеркально отражённый ему по горизонтали – влажность. При этом ЧЭ1 и ЧЭ3 предназначены для работы по возмущению и компенсации потери от измеримых возмущений. А элементы ЧЭ2 и ЧЭ4 работают по отклонению. Данные чувствительные элементы будут отслеживать параметры помещения при выходе за границы допустимых значений.

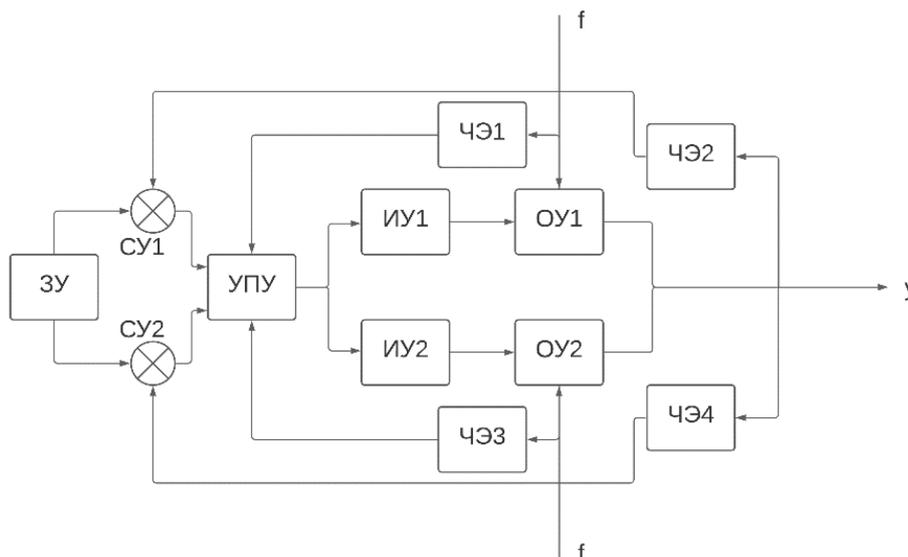


Рис. 2 – Блок–схема системы автоматического управления

Таким образом определяется как система будет отслеживать параметры помещения в реальном времени для формирования корректирующих воздействий по цепям обратных связей и оповещения о переходе таких параметров, как температура и влажность за границы допустимых значений. Существенным аспектом разработанной системы является динамическая коррекция параметров состояния объекта управления на основе численного расчёта математической модели, учитывающий особенности распределения тепловой энергии в слоях атмосферы рассматриваемого помещения, что позволяет поддерживать стабильность требуемого по технологическим условиям распределения температуры. Также подобный подход позволяет решить задачу восстановления температурного баланса внутри помещения при каких-либо возмущающих воздействиях.

Список литературы

1. *Ким Д.П.* Теория автоматизации управления. Т.1. Линейные системы. / М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.
2. *Цыпкин Я.З.* Основы теории автоматических систем. / Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1977. – 560 с.
3. Методы классической и современной теории автоматического управления [текст]: учебник в 5-ти тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н. Д. Егупова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
4. *Пупков К.А.* Статистические методы анализа, синтеза и идентификации систем автоматического управления / К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Трофимов.– М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998
5. *Самарский А.А.* Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М.: Научный мир, 2000. – 316с.
6. *Тихонов А.Н.* Уравнения математической физики: учебн. пособие. – 6-е изд., испр. и доп. / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 798 с.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ
И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (05.13.11)**

05.13.11

З.Ш. Абдураманов, Ю.П. Москалева, З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов

ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
факультет экономики, менеджмента и информационных технологий,
кафедра прикладной информатики,
Симферополь, abduramanov.z.s@gmail.com, yulmosk@gmail.com,
z.seydametova@gmail.com, s.girey.s@gmail.com

**РАСШИРЕНИЕ ТИПА ДАННЫХ
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ВЫЧИСЛЕНИЯ БИТКОИН АДРЕСА**

В статье, используя библиотеки базовой криптографии и средства языка программирования Swift 4, решается задача формирования Адреса Блокчейн Кошелька. Методом расширения добавлены методы поддержки биткоин преобразований. Для обеспечения алгоритмического решения задачи получения Адреса методами классической криптографии в работе рассмотрена задача подключения в Swift виштой в iOS криптографической библиотеки CommonCrypto.

Ключевые слова: *secp256k1 открытый ключ, Swift, адрес блокчейн кошелька.*

Настоящая статья посвящена решению задачи формирования Адреса блокчейн-кошелька по открытому ключу для запроса баланса Bitcoin Main или Ethereum MainNet в зависимости от типа криптовалюты. Правильным и традиционным iOS-решением является установка и использование надежных и проверенных библиотек. Однако стремительный прогресс технологии блокчейн и переход iOS-разработки с традиционного языка разработки Objective C на Swift ставят задачи, нуждающиеся в алгоритмической поддержке.

Обзоры исследований по ключевым проблемам биткоин-систем, таких как логистические, экономические аспекты, а также вопросы безопасности при проведении транзакций, представлены в работах [1], [2], [3].

Практическая реализация биткоин-счетов и биткоин-кошельков отображена во множестве патентов. Например, в патентной заявке [4] рассматривается пользовательская система транзакции криптовалюты с помощью токенов. В патенте [5] предложена система сервиса «горячего» кошелька, включающая сервер управления и серверы аутентификации, которые конфигурируются независимо друг от друга.

Пусть формат исходных данных задан в следующем виде: [0x04, X [32], Y [32]]. Это открытый ключ криптографии на эллиптической кривой secp256k1 в несжатом формате. Кривая secp256k1 представляет собой кривую $y^2 = x^3 + 7$, над полем простых чисел F_p ($p > 3$), где $p = 2^{256} - 2^{32} - 2^9 - 2^8 - 2^7 - 2^6 - 2^4 - 1$.

Открытый ключ – это точка эллиптической кривой (X[32], Y[32]), где X[32] – координата X, занимающая 32 байта; Y[32] – координата Y, занимающая 32 байта; 0x04 – это маркер несжатого (uncompressed) представления открытого ключа.

Эллиптические кривые симметричны относительно оси Oх, что позволяет определить естественный сжатый (compressed) формат, при котором достаточно задать координату X и знак (координата Y вычисляется из уравнения кривой с точностью до знака). Для указания знака используются маркеры 0x02, 0x03.

Рассмотрим следующую задачу: используя библиотеки базовой криптографии CommonCrypto и средства языка программирования Swift 4 предложить расширения и

утилиты для реализации алгоритма вычисления биткоин Адреса из несжатого (uncompressed) открытого ключа.

В алгоритме вычисления Адреса используются хеш функции SHA-256, RIPEMD-160 и кодировка Base58. Для iOS используется библиотека криптографических методов CommonCrypto библиотека. Для разработки на Objective C методы библиотеки становятся доступными после добавления заголовка библиотеки. В случае реализации на языке программирования Swift подключение CommonCrypto перестает быть тривиальным. Рассмотрим следующую последовательность шагов в интегрированной среде разработки Xcode:

1. Создаем в проекте новый .h файл с именем [ИмяПриложения]-Bridging-Header.h
2. В Build Settings находим Objective-C Bridging Header и добавляем имя созданного файла [ИмяПриложения]-Bridging-Header.h

3. В созданный файл добавляем заголовочный файл библиотеки CommonCrypto

После выполнения этих шагов SHA-256 легко обеспечивается утилитой, представленной на листинге 1.

Листинг 1. Утилита func sha256

```
func sha256(_ data: Data) -> Data? {
    guard let res = NSMutableData(length: Int(CC_SHA256_DIGEST_LENGTH)) else { return
nil }
    CC_SHA256((data as NSData).bytes, CC_LONG(data.count),
res.mutableBytes.assumingMemoryBound(to: UInt8.self))
    return res as Data
}
```

RIPEMD-160 – это криптографическая хеш-функция, распространенная в 1990-х годах. Самым простым вариантом использования этой функции является подключение библиотеки.

Последней базовой криптографией алгоритма вычисления Адреса является кодировка Base58. Base58 отличается от Base64 тем, что из обращения убраны символы 0, O, l, I, так как их легко перепутать.

Для сопровождения алгоритма Адреса расширим тип данных Data (листинг 2). Это расширение обеспечивает перевод бинарных данных в шестнадцатеричную строку.

Листинг 2. Расширение типа данных Data

```
extension Data {
    func hexEncodedString() -> String {
        return map { String(format: "%02hhx", $0) }.joined()
    }
}
```

Метод для обратной трансформации – из шестнадцатеричной строки в бинарные данные – может быть реализован следующим образом (лист. 3).

Листинг 3. Трансформация 16-ричной строки в бинарные данные

```
public func dataWithHexString(hex: String) -> Data {
    var hex = hex
    var data = Data()
    while(hex.count > 0) {
        let c: String = hex.substring(to: hex.index(hex.startIndex, offsetBy: 2))
        hex = hex.substring(from: hex.index(hex.startIndex, offsetBy: 2))
        var ch: UInt32 = 0
        Scanner(string: c).scanHexInt32(&ch)
        var char = UInt8(ch)
        data.append(&char, count: 1)
    }
    return data
}
```

Рассмотрим пошаговую реализацию алгоритма вычисления Адреса.

Шаг 1. Возьмем открытый ключ в формате шестнадцатеричной строки длины 130 шестнадцатеричных цифр (65 байт)

```
let hexPublicKey =
```

```
"0450863AD64A87AE8A2FE83C1AF1A8403CB53F53E486D8511DAD8A04887E5B23522CD470243453A299FA9E77237716103ABC11A1DF38855ED6F2EE187E9C582BA6"
```

Шаг 2. Применим к открытому ключу утилиту sha256

```
guard let binaryHash = sha256(binaryPublicKey) else {  
    return
```

```
}
```

```
let binaryHashToHex = binaryHash.hexEncodedString()
```

```
//Шаг 2
```

```
05E565044A1BAFB00A7CD460083DC4BE10EBC9D26D77A43C4D47F5E48F2C12F1
```

```
print("Шаг 2 \ \(binaryHashToHex.uppercased())")
```

Шаг 3. Применим хеширование RIPEMD-160

```
let binaryRipemd160 = RIPEMD160.hash(message: binaryHash)
```

```
let binaryRipemd160ToHex = binaryRipemd160.hexEncodedString()
```

```
//Шаг 3 1F84B0737B783BEE4E93627C9E0D1931F753D648
```

```
print("Шаг 3 \ (binaryRipemd160ToHex.uppercased())")
```

Шаг 4. Добавим версионный байт Main Network 0x00 к началу строки предыдущего шага

```
let hexExtendedRipemd160 = "00" + binaryRipemd160.hexEncodedString()
```

```
//Шаг 4 001F84B0737B783BEE4E93627C9E0D1931F753D648
```

```
print("Шаг 4 \ (hexExtendedRipemd160.uppercased())")
```

Шаг 5. К расширенному результату RIPEMD-160 снова применим утилиту SHA256

```
let binaryExtendedRipemd = dataWithHexString(hex: hexExtendedRipemd160)
```

```
guard let binaryOneSha = sha256(binaryExtendedRipemd) else {  
    return
```

```
}
```

```
let binaryOneShaToHex = binaryOneSha.hexEncodedString()
```

```
//Шаг 5
```

```
239164C4AD4AB7DA4EDD32A7CAECE3F3DD22DFCC3017FABA2959B302A63DB317
```

```
print("Шаг 5 \ (binaryOneShaToHex.uppercased())")
```

Шаг 6. Еще одно применение утилиты SHA256

```
guard let binaryTwoSha = sha256(binaryOneSha) else {  
    return
```

```
}
```

```
let binaryTwoShaToHex = binaryTwoSha.hexEncodedString()
```

```
//Шаг
```

```
6 A3E1FAF166543E65FED2FC3D3FAD5C5155DE99A85151C16150E0A10ED79FFE38
```

```
print("Шаг 6 \ (binaryTwoShaToHex.uppercased())")
```

Шаг 7. Выделение проверочной суммы

```
let checkHex = binaryTwoShaToHex.substring(to:  
binaryTwoShaToHex.index(binaryTwoShaToHex.startIndex, offsetBy: 8))
```

```
//Шаг 7 A3E1FAF1
```

```
print("Шаг 7 \ (checkHex)")
```

Шаг 8. Конструирование 25-байтного бинарного Адреса

```
let addCheckToRipemd = hexRipemd160 + checkHex
```

```
//Шаг 8 001F84B0737B783BEE4E93627C9E0D1931F753D648A3E1FAF1
```

```
print("Шаг 8 \ (addCheckToRipemd)")
```

Шаг 9. Запись бинарного Адреса в кодировке Base58

```
let binaryForBase58 = dataWithHexString(hex: addCheckToRipemd)
```

```
let address = String(base58Encoding: binaryForBase58)
```

```
//Шаг 9 13seuMnL53QwZBfYpvk61CgqmnfnWc4ahv  
print("Address \address")
```

Представленные фрагменты кода пошаговой реализации позволяют преобразовать открытый несжатый (uncompressed) ключ (в качестве примера задавался ключ в формате шестнадцатеричной строки длины 130 шестнадцатеричных цифр – 65 байт) в Адрес Блокчейн Кошелька.

Список литературы

1. *Yli-Huomo J., Ko D., Choi S., Park S., Smolander K.* Where is current research on blockchain technology? – a systematic review // *PloS one*, 11(10), 2016.
2. *Ober M., Katzenbeisser S., Hamacher K.* Structure and anonymity of the bitcoin transaction graph // *Future Internet*, 5(2), 2013. – P. 237–250.
3. *Biryukov A., Khovratovich D., Pustogarov I.* Deanonymisation of clients in Bitcoin P2P network // *Proceedings of the 2014 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, ACM, 2014. – P. 15-29.
4. *Feeney P.J.* System and method for user authentication using crypto-currency transactions as access tokens. Filing Cabinet LLC, 2016. U.S. Patent Application 14/958,427.
5. *Yang D., Kou L., Liu A.* Data analytic and security mechanism for implementing a hot wallet service. Modernity Financial Holdings, Ltd., 2017. U.S. Patent 9,672,499.

05.13.11

З.Ш. Абдураманов, Ю.П. Москалева, З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов

ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
факультет экономики, менеджмента и информационных технологий,
кафедра прикладной информатики,
Симферополь, abduramanov.z.s@gmail.com, yulmosk@gmail.com,
z.seydametova@gmail.com, s.girey.s@gmail.com

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РИСОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ГЕОМЕТРИЕЙ ТИПА .LINE

В приложениях дополненной реальности возможно соединение реального и виртуального миров. В статье представлена программная реализация в трехмерном пространстве виртуальной реальности прорисовка AR-объектов с геометрией типа .line на мобильных устройствах. Для программного рисования AR-объектов использован язык Swift 4. Полученная «дополненная реальность» может быть снята на видео и сохранена в видеоформате.

Ключевые слова: *дополненная реальность, SCNGeometry, технология ARKit, контекстно-зависимая AR.*

Мобильные устройства и приложения позволяют соединять окружающий мир и цифровую информацию. «Живые» иллюстрации реализуются при помощи приложений дополненной реальности (AR), предлагая интуитивно понятные способы предоставления пользователям контекстной и локально-специфической информации. Одним из широко используемых подходов при разработке мобильных приложений дополненной реальности является, например, применение визуальных маркеров или совмещение реальной сцены с дополненной реальностью. Таким образом, имеется необходимость создания мобильных AR-приложений, а также реализации задачи управления AR-сценами.

В статьях [1] – [4] представлены реализованные приложения дополненной реальности, которые используются в образовании или для управления транспортом, обсуждены вопросы по соединению возможностей дополненной реальности с некоторыми предметными областями. В статьях [5], [6] проанализированы технологии и алгоритмы дополненной реальности.

Рассмотрим задачу управления рисунками дополненной реальности, в частности, задачу программной реализации рисования AR-объектов с геометрией типа .line на языке Swift 4.

Для решения задачи программной прорисовки объектов с геометрией типа .line рассмотрим класс Stroke открытого проекта и проанализируем его возможности. Stroke – это набор точек трехмерного пространства с заданной Drawing Tool толщиной линии, с якорем и узлом для прикрепления к дополненной реальности и двумерной точки касания экрана. Специфика свойств класса определяется сущностями приложения Just a Line.

Из методов класса открытыми являются методы `func add(point: SCNVector3) -> Bool { ... }` и `func resetMemory() { ... }`, а также дополнительный метод, представленный в листинге 1.

Листинг 1. Дополнительный метод

```
extension Stroke: NSCopying {
    func copy(with zone: NSZone? = nil) -> Any {
        let strokeCopy = Stroke()
        strokeCopy.points = self.points.map { SCNVector3($0.x, $0.y, $0.z) }
        strokeCopy.lineWidth = self.lineWidth
        strokeCopy.node = self.node?.copy() as? SCNNode
        strokeCopy.anchor = self.anchor?.copy() as? ARAnchor
    }
}
```

```

strokeCopy.touchStart = self.touchStart
strokeCopy.pointsSides = self.pointsSides
strokeCopy.pointsLengths = self.pointsLengths
return strokeCopy } }

```

Для прорисовки линии «на лету» к объекту Stroke добавляется геометрия LineGeometry (листинг 2).

Листинг 2. Добавление геометрии LineGeometry

```

let line = LineGeometry(vectors: stroke.positionsVec3, sides: stroke.pointsSides, width:
stroke.lineWidth, lengths: stroke.pointsLengths, endCapPosition: stroke.lineLength)
stroke.node?.geometry = line

```

Для программного рисования с использованием LineGeometry, рассмотрим подробнее метод add (листинг 3)

Листинг 3. Метод add

```

func add(point: SCNVector3) -> Bool {
    guard let lastPoint = self.points.last, point.distance(to: lastPoint) >= self.lineWidth / 10 ||
self.points.isEmpty else { return false }
    let filteredPoint = biquadFilter.update(point)
    self.lineLength += lastPoint.distance(to: filteredPoint)
    self.points.append(filteredPoint)
    let subdividedPointIndex = self.points.count - 3
    if subdividedPointIndex > 0 {
        let index = subdividedPointIndex + 1
        if self.calculateAngle(index: index) < 0.05 {
            self.points.remove(at: index)
        } else {
            self.subdivideSection(index: subdividedPointIndex, maxAngle: 0.3, iteration:
0)
        }
    }
    self.prepareLine()
    return true }

```

Добавление точки к рисунку через касание экрана использует библиотеки оптимизации количества точек через пересчет углов изменения линии и подготовку данных для прорисовки на лету.

Анализ метода add и использования дополнительного метода copy позволяют решить задачу программного рисования Stroke.

Для создания многообразия предметов дополненной реальности в библиотеке AR предусмотрены различные геометрии. Простая реализация геометрии .line представлена на листинге 4.

Листинг 4. Реализация геометрии .line

```

func lineFrom(vector vector1: SCNVector3, toVector vector2: SCNVector3) -> SCNGeometry {
    let indices: [Int32] = [0, 1]
    let source = SCNGeometrySource(vertices: [vector1, vector2])
    let element = SCNGeometryElement(indices: indices, primitiveType: .line)
    return SCNGeometry(sources: [source], elements: [element])
}

```

Геометрия реализует прямую линию, соединяющую две трехмерные точки. Этот простой способ не решает задачу управления шириной линии и не подходит для красивого рисования. Гибкое решение геометрии типа .line – это открытый код экспериментального проекта Google «Just a Line».

В классе ARScene объявим дополнительный массив линий testStrokes

```

private var strokes = [Stroke]()
private var testStrokes = [Stroke]()

```

Следующим шагом создадим два actions: action для эмуляции сохранения рисунка, полученного рисованием и action для программного рисования.

Для эмуляции сохранения был использован дополнительный метод `copy()`. Прежде чем реализовывать метод `drawTapped`, необходимо расширить возможности класса `Stroke` новым методом (листинг 5).

Листинг 5. Расширение класса `Stroke` новым методом

```
func prepareForDraw() -> Bool {
    // cleanup vertices that are redundant (remove points that have very low angle change - less
0.05)
    let subdividedPointIndex = self.points.count - 3
    if subdividedPointIndex > 0 {
        let index = subdividedPointIndex + 1
        if self.calculateAngle(index: index) < 0.05 {
            self.points.remove(at: index)
        } else {
            self.subdivideSection(index: subdividedPointIndex, maxAngle: 0.3, iteration:
0)
        }
    }
    self.prepareLine()
    return true
}
```

С использованием нового метода выполним программное рисование (листинг 6).

Листинг 6. Программное рисование

```
@IBAction func drawTapped(_ sender: UIButton) {
    if let testStroke = self.testStrokes.first, testStroke.prepareForDraw() {
        let line = LineGeometry(vectors: testStroke.positionsVec3, sides: testStroke.pointsSides,
width: testStroke.lineWidth, lengths: testStroke.pointsLengths, endCapPosition:
testStroke.lineLength)
        testStroke.node?.geometry = line
        if let node = testStroke.node {
            self.sceneView.scene.rootNode.addChildNode(node)
        }
    }
}
```

Сохраненный рисунок готовится к прорисовке при помощи нового открытого метода, к которому добавляется геометрия `.line` и объект прикрепляется к дополненной реальности.

Представлена программная реализация рисования на мобильных устройствах AR-объектов с геометрией типа `.line`. Кодирование рисования в трехмерном пространстве с виртуальной реальностью имплементировано на языке Swift 4. Впоследствии нарисованная «дополненная реальность» может быть заснята и сохранена как видео.

Список литературы

1. *Ablyayev M., Abliakimova A., Seidametova Z.* Design of Mobile Augmented Reality System for Early Literacy // ICT in Education, Research, and Industrial Applications. Proc. 15 th Int. Conf. ICTERI 2019. Volume I: Main Conference. 2019, CEURWS.org – P. 274-285.
2. *Москалева Ю.П., Сейдаметова, З.С.* Управление рисунками дополненной реальности // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере, № 2(24), 2019. – С. 5-15.
3. *Maskrey M., Wang W.* Interacting with augmented reality // Pro iPhone Development with Swift 4. – Apress, Berkeley, CA, 2018. – P. 419-446).
4. *Elston J.S., Stachura M., Dixon C.* Augmented reality to display flight data and locate and control an aerial vehicle in real time // U.S. Patent Application 15/345473. – Black Swift Technologies LLC, 2017.
5. *Благовещенский И.А., Демьянков Н.А.* Технологии и алгоритмы для создания дополненной реальности // Моделирование и анализ информационных систем, № 20(2), 2015. – С.129-138.
6. *Ивашенцев А.* Поворот в будущее: трудный путь дополненной реальности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goo.gl/52Vy61>

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И
КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (05.13.11)**

05.13.11

Ю.В. Павичевич

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем

СОЗДАНИЕ CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ WEB-СТУДИИ

Занятость сотрудников в web-студии никак не отслеживается. Для решения этой проблемы создается CRM-система с установленными требованиями к функционалу. Для создания используется Vue.js.

Ключевые слова: *CRM-системы, web-приложение, разработка.*

Еженедельно в web-студии происходит собрание офиса, где работники отчитываются о состоянии порученных им задач (выполнено или в процессе). Контекстная диаграмма бизнес-процесса «Создание web-сайтов» показана на рисунке 1.

Задачи в веб-студии распределяются в устной форме, из-за чего сотрудники могут перепутать сроки выполнения задач, а из-за устной формы отчёта некоторые задачи могут поручаться повторно другим сотрудникам. Занятость сотрудников никак не отслеживается.

Из этого следует, что из-за отсутствия грамотного проектного менеджмента существуют две проблемы – неорганизованная работа персонала и путаница в задачах и сроках. Одну задачу могут дать нескольким работникам, причем один из них может быть занят, помимо этого, другими задачами, тогда как у второго это будет единственной задачей. Поэтому решено автоматизировать управление персоналом и проектами с помощью CRM-системы [3]. Данная система должна помочь организовать работу персонала, равномерно загрузив каждого сотрудника задачами по его профилю работы, позволит наблюдать сроки каждой задачи, ее прогресс, а также обеспечит своевременную передачу файлов проекта между отделами и сотрудниками.

Автоматизация будет производиться с помощью разработки собственной CRM-системы под определенную web-студию.

Система должна соответствовать следующим требованиям:

- 1) разграничение прав пользователей,
- 2) электронный документооборот со своими шаблонами,
- 3) счета и курсы валют,
- 4) постановка задач пользователям.

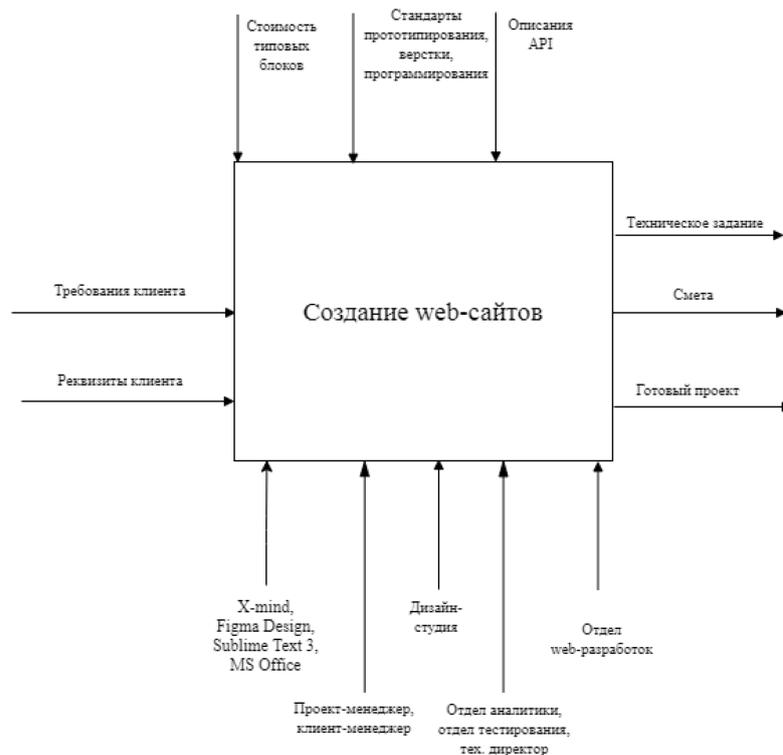


Рис. 1 – Контекстная диаграмма бизнес-процесса «Создание web-сайтов»

Таким образом, технология бизнес-процесса «Создание web-сайтов» остаётся неизменной. Контекстная диаграмма бизнес-процесса «Создание web-сайтов» изменится в соответствии с дополнением нового программного обеспечения.

Так как система планируется web-приложением, то для разработки будут использоваться Node.js (программная платформа), Visual Studio Code как среда разработки, фреймворк Vue.js, а также следующая сборка плагинов и конфигураций:

- Babel (транспайлер, переписывающий код современного стандарта Javascript на более поздний для совместимости с устаревшими версиями браузеров);
- Progressive Web App (PWA) Support (используют современные веб-возможности для доставки приложений пользователям, особенно на мобильных устройствах что позволяет прогружать контент при низкой скорости соединения);
- Router – организация маршрутов;
- Vuex – управления состоянием.

В результате разработки получатся файлы layouts (слои), шаблоны страниц и ряд файлов со скриптами. На рисунке 2 приведено окно входа в систему.

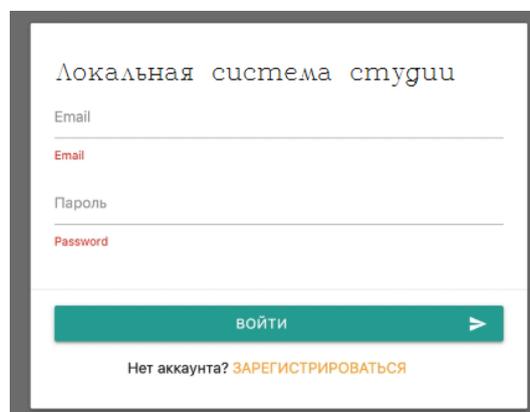


Рис. 2 – Вход в систему

Листинг кода 1 – Вход в систему

```
<script>
import { email, required, minLength } from 'vuelidate/lib/validators'
import messages from '@/utils/messages'
import localizeFilter from '@/filters/localize.filter'
export default {
  name: 'login',
  metaInfo() {
    return {
      title: this.$title('Login')
    }
  },
  data: () => ({
    email: "",
    password: ""
  }),
  validations: {
    email: { email, required },
    password: { required, minLength: minLength(6) }
  },
  mounted() {
    if (messages[this.$route.query.message]) {
      this.$message(localizeFilter(messages[this.$route.query.message]))
    }
  },
  methods: {
    async submitHandler() {
      if (this.$v.$invalid) {
        this.$v.$touch()
        return
      }
      const formData = {
        email: this.email,
        password: this.password
      }
      try {
        await this.$store.dispatch('login', formData)
        this.$router.push('/')
      } catch (e) {}
    }
  }
}
</script>
```

Также наиболее примечательно окно счёта и курса валют. Так как студия работает с компаниями по всему миру, оплата принимается в долларах и рублях. На окне счёта можно создать несколько валютных счетов и наблюдать за изменением курса всех имеющихся валют (рисунок 3).

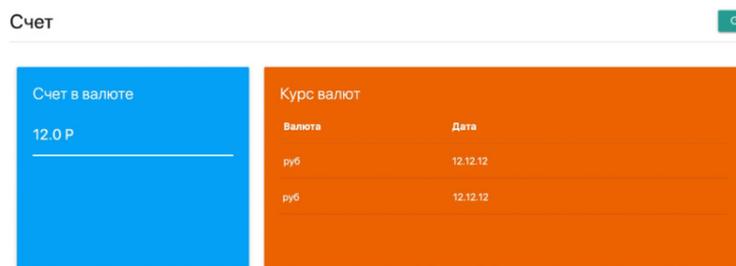


Рис. 3 – Окно счёта

В результате разработки своей CRM-системы у 3 сотрудников повысится производительность труда, так как создание проектов, задач, а также вывод отчётности будет автоматизирован. За счет снижения трудозатрат на операции, данные сотрудники смогут выполнять большее количество таких операций (таблица 1).

Таблица 1 – Расчёт экономических трудовых затрат сотрудника от внедрения программного продукта

Вид работ в операции	Время операции до автоматизации, мин.	Время операции после автоматизации, мин.	Экономия времени на операции, мин.
Внесение данных	15	5	10
Формирование проекта	30	10	20
Форматирование задачи	10	3	7
Форматирование договора	40	10	30
Подготовка и печать отчета	50	20	30
ИТОГО	145	48	97

Исходя из расчетов, представленных в таблице 8, количество минут, полученных от экономии времени по работе с одним клиентом одним сотрудником, составляет 97 минут.

Учитывая, что в среднем в день в результате внедрения программного продукта на автоматизируемых операциях, будет достигнута экономия 9,7 часа работы в день по 3 сотрудникам.

Список литературы

1. Колисниченко Д.Н. Разработка Web-приложений (+ CD-ROM). – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 528 с.
2. Маркин А.В., Шкарин С.С. Основы Web-программирования. – М.: Диалог-МИФИ, 2012. – 256 с.
3. Вадим Дунаев. Web-программирование для всех. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 560 с.
4. Информационные системы и технологии. – М.: Юнити-Дана, 2012. – 304 с.
5. Байдачный С.С. Создание насыщенных Web-приложений. – М.: Солон-Пресс, 2010. – 288 с.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (05.13.18)**

05.13.18

¹А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, ²Р.Р. Басыров канд. техн. наук,
¹Р.М. Галиев канд. техн. наук, ¹Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук,
¹И.Ф. Шайхутдинов канд. техн. наук

Набережночелнинский институт
ФГАОУ ВО «Казанский (Поволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,

¹кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
²кафедра «Автомобили, автомобильные двигатели и дизайн»,
Набережные Челны, aleks-jb@mail.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛУОСИ
ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ**

В статье рассмотрены вопросы обеспечения безотказной работы привода колёс грузового автомобиля. Изучена нагруженность полуоси ведущего моста в сложных условиях эксплуатации. Обоснована необходимость комплексного учета внешних факторов при выборе конструктивных параметров полуоси.

Ключевые слова: *грузовой автомобиль, нагруженность привода колес, полуось, природно-климатические условия, хладноломкость, концентрация напряжений.*

Привод ведущих колёс грузового автомобиля относится к наиболее нагруженным и ответственным узлам трансмиссии. Ведущий мост в большинстве современных конструкций является непродессоренной частью автомобиля и воспринимает нагрузки непосредственно от опорной поверхности. Эти нагрузки частично компенсируются упругостью пневматических шин — в том случае, если неровности дороги не выступают за границы микропрофиля. Если же происходит движение по макронеровностям, тангенциальная эластичность шин оказывается недостаточной для гашения вертикальной нагрузки и в действие вступает подвеска. При этом детали ведущего моста в той или иной степени воспринимают и передают данную нагрузку.

В отечественной науке принята классификация условий нагруженности полуосей, в соответствии с которой при расчёте рассматриваются частично (на $\frac{1}{2}$ и на $\frac{3}{4}$) и полностью разгруженные полуоси [1]. На грузовых автомобилях преимущественно применяются полностью разгруженные полуоси, расчёт которых сводится к проверке по напряжениям кручения. Также осуществляется расчёт шлицевых соединений (рис. 1).



Рис. 1 – Привод колёс автомобиля КАМАЗ

Применение системного подхода при исследовании рабочих процессов трансмиссий грузовых автомобилей позволило установить, что в ряде случаев происходит комплексное воздействие внешних и внутренних факторов на детали, следствием чего является снижение их безотказности и долговечности [2]. Влияние одного из факторов эксплуатационного процесса может быть недостаточным для заметного снижения надёжности узла и трансмиссии в целом. Например, эксплуатация механизма трансмиссии в зимних условиях умеренного климата не должна существенно влиять на вероятность отказов. Некоторое снижение КПД механизма вследствие увеличения вязкости масла и незначительное ускорение изнашивания деталей из-за ухудшения условия смазки пар трения – таковы вероятные следствия влияния отрицательной температуры атмосферного воздуха, не опускающейся ниже средних климатических норм.

Однако изолированное действие одного из факторов, как показали данные эксплуатационных пробегов грузовых автомобилей КАМАЗ, является достаточно редким явлением. Как правило, на деталь оказывают одновременное воздействие различные факторы и в совокупности их влияние становится очень заметным.

В качестве примера рассмотрим полуось ведущего моста автомобиля КАМАЗ. Опыт эксплуатации выявил ряд отказов, связанных с поломкой полуоси, причины которых не были вызваны определённым конструкционным или технологическим недостатком. Если же рассматривать эксплуатационное состояние полуоси, выясняется следующая картина нагружения.

Полуось работает при температурах окружающего воздуха. В процессе движения происходит местный нагрев шлицев и фланца полуоси, вызванный работой зубчатых колёс и подшипниковых узлов, а также гидравлическим сопротивлением трансмиссионного масла [3]. Это приводит к возникновению перепадов температур по длине детали.

Перепады температур в определённых участках деталей (например, на переходе от шлицев к гладкой части полуоси) способствуют возникновению концентрации местных напряжений. В центральной части полуоси может быть ослаблена её несущая способность из-за явления хладноломкости [2]. Данное явление наиболее сильно проявляется при экстремальных температурах атмосферного воздуха, но может способствовать разрушению детали и при средних значениях температур. Причиной этого явления можно считать названное выше комплексное воздействие внешних и внутренних факторов.

Кроме того, полуось постоянно нагружена крутящим моментом, передаваемым от двигателя на ведущее колесо. Помимо напряжения кручения, на деталь действует изгибающая нагрузка. Хотя конструктивно полуось автомобиля КАМАЗ относится к так называемым полностью разгруженным полуосям, часть вертикальных реакций опорной поверхности приходится и на неё. Сильнее всего это проявляется при движении по разбитым дорогам, внекатегорийным дорогам и бездорожью. Возможны также единичные динамические нагрузки при переезде препятствий (брёвен, железнодорожных путей и т.п.). Как отмечено в работе [4], такие нагрузки возможны при деформации балки моста, несоосности ступицы колеса и полуосевой шестерни, а также по причине смещения шлицев полуоси относительно сопряженных деталей. Также полуось подвержена вибрационным нагрузкам при движении по дорогам с определённым макропрофилем [5].

Нельзя исключать и наличие в ряде случаев технологических причин отказа полуосей, связанных с нарушениями при изготовлении деталей и сборке ведущих мостов.

Таким образом, при сочетании нагрузочных факторов в той или иной пропорции деталь оказывается не в состоянии выдержать продолжительную эксплуатацию и выходит из строя [6].

Математическая модель нагруженности полуоси грузового автомобиля должна учитывать названные выше факторы. Предлагается проводить расчёт полуоси по следующей методике.

Изгибающий момент определяется по выражению:

$$M_u = l_s \cdot \gamma \cdot \sqrt{(R_z \cdot k_{d1})^2 + (P_t \cdot k_{d2})^2},$$

где l_s - расстояние от края фланца полуоси до начала шлицев (опасного сечения); γ - коэффициент, определяемый долей вертикальной нагрузки R_z и тягового усилия P_t , воспринимаемой полуосью; k_{d1} , k_{d2} - коэффициенты динамичности, определяемые для рабочих диапазонов вертикальных нагрузок и тяговых усилий соответственно.

Крутящий момент находится по формуле:

$$M_k = P_t \cdot r_k \cdot k_{d2},$$

где r_k - радиус качения колеса.

Действие изгибающей и крутящей нагрузок определяется по эквивалентному напряжению:

$$\sigma_y = \frac{3}{c} \cdot \frac{\sqrt{(l_s \cdot 2 \gamma \cdot R_z \cdot k_{d1})^2 + P_t^2 \cdot k_{d2}^2 \cdot (l_s^2 \cdot \gamma^2 + r_k^2)}}{v \cdot \pi \cdot d_s^3},$$

где d_s - диаметр полуоси в опасном сечении.

Напряжение кручения и угол закручивания полуоси находятся по известным формулам [4], уточнённым для реального режима нагружения:

$$\tau_k = \frac{1 \cdot P_t \cdot r_k \cdot k_{d2}}{\pi \cdot d_s^3},$$

$$\Theta_s = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{P_t \cdot r_k \cdot l_p \cdot k_{d2}}{G \cdot I_k} \cdot \alpha_t,$$

где l_p - длина полуоси; G - модуль упругости второго рода; I_k - момент инерции сечения, α_t - температурный коэффициент, определяемый изменением жесткости материала полуоси при нагреве или охлаждении.

Применение приведённой математической модели нагруженности полуоси грузового автомобиля позволит, по мнению авторов, повысить точность расчётов привода колёс и надёжность эксплуатации полуосей грузовых автомобилей в сложных дорожных и природно-климатических условиях.

Список литературы

1. *Гусаков Н.В.* Конструкция автомобиля. Шасси / Н.В. Гусаков, И.Н. Зверев, А.Л. Карунин [и др.] // Под общ. ред. А.Л. Карунина. – Москва: МАМИ, 2000. – 528 с. – Текст: непосредственный.
2. *Барыкин А.Ю.* К вопросу системного анализа условий эксплуатации привода колёс автомобилей КАМАЗ / А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров, М.М. Мухаметдинов // *Научно-технический вестник Поволжья*. – 2014. - № 6. - С. 74-76.
3. *Барыкин А.Ю.* Исследование теплового состояния ведущих мостов грузового автомобиля в дорожных условиях / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев, А.Д. Самигуллин // *Мир транспорта и технологических машин*, 2020. – № 2 (69). – С. 3-9.
4. *Осепчугов В.В., Фрумкин А.К.* Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство». – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.
5. *Платонов В.Ф.* Полноприводные автомобили / – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1989. – 312 с. – Текст: непосредственный.
6. *Агрегаты трансмиссии автомобилей КамАЗ. Устройство, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт от КамАЗа 5320 до КамАЗа 6520. / 2-е изд., дополн. и испр. Сост. А. В. Савинков, А. И. Козадаев и др. Под общ ред. В. А. Ильченко. – Набережные Челны: ОАО КАМАЗ», 2008. – 820 с.*

05.13.18

**Н.Н. Беспалов канд. техн. наук, Ю. В. Горячкин канд. техн. наук,
К.Ю. Панькин, Д.С. Кондрашин**

Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва,
кафедра электроники и наноэлектроники,
Саранск, ka-mgu@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ДИОДА ШТЫРЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ Д242 ПРЯМЫМ ТОКОМ

Статья посвящена исследованию тепловых процессов в полупроводниковой структуре и в корпусе выпрямительного низкочастотного диода штыревой конструкции Д242 при протекании через него прямого постоянного тока. Результаты исследования получены на основе моделирования электрических и тепловых процессов в диоде с использованием пакета программ инструментального и технологического моделирования Synopsys TCAD. Определены диапазоны времени, при которых величины температуры корпуса и полупроводниковой структуры достигают установившихся значений при различных формах испытательного прямого тока. Показан путь для ускорения процесса нагрева полупроводниковой структуры до заданного значения.

Ключевые слова: *полупроводниковый диод, прямой ток, полупроводниковая структура, моделирование, температура корпуса, температура полупроводниковой структуры.*

Введение. Испытания полупроводниковых приборов (ПП) и, в частности широко применяемых диодов штыревой конструкции, предназначены для определения их характеристик и параметров с целью оценки их возможностей и качества изготовления. В соответствии со стандартами, например [1], многие виды испытаний ПП в различных состояниях осуществляются при заданной величине температуры полупроводниковой структуры T_j . Например, в состоянии высокой проводимости при определении теплового сопротивления «переход-корпус» в состоянии теплового равновесия R_{thjc} и переходного теплового сопротивления Z_{thjc} , а также в некоторых динамических режимах переключения. В состоянии низкой проводимости испытания ПП осуществляются при определении, например, величин обратного тока I_{RRM} и тока в закрытом состоянии I_{DRM} . Особо важно при определении различных характеристик и параметров ПП с высокой точностью выбрать методы нагрева и измерения и испытательную специальную аппаратуру.

Существуют различные методы нагрева ПП применяемые при их испытании. К ним относятся:

- метод нагрева ППС при подаче импульсов прямого тока i_F различной формы, например, постоянного тока I_{FM} или тока полусинусоидальной формы [2];
- метод внешнего нагрева в тепловых камерах;
- комбинированный метод.

В статье приведены результаты исследования метода нагрева диода Д242 штыревой конструкции с помощью пропускания через него греющего прямого тока i_{FM} . Исследование проводилось в программной среде Synopsys TCAD [3], которая позволяет проводить моделирование тепловых и электрических процессов в ПП.

Модель диода. Основными параметрами диода Д242, которые учитывались при моделировании следующие: предельный прямой ток $I_{F[AV]} = 10$ А и предельная температура полупроводниковой структуры $T_{jmax} = +130$ °С.

На рисунке 1 показана увеличенная двухмерная половина модели конструкции диода. При моделировании она вращается вокруг оси и получается квазитрёхмерная цилиндрическая модель. При разработке модели в программной среде Synopsys TCAD учитывались эффекты влияния концентрации легирующей примеси на электрофизические параметры полупроводниковой структуры и высокого уровня инжекции, а также учитывался разогрев полупроводниковой структуры от выделяющейся в ней мощности при протекании прямого тока i_F .

На рисунке 1 обозначены места в которых оценивались величины температуры корпуса T_C и полупроводниковой структуры T_j .

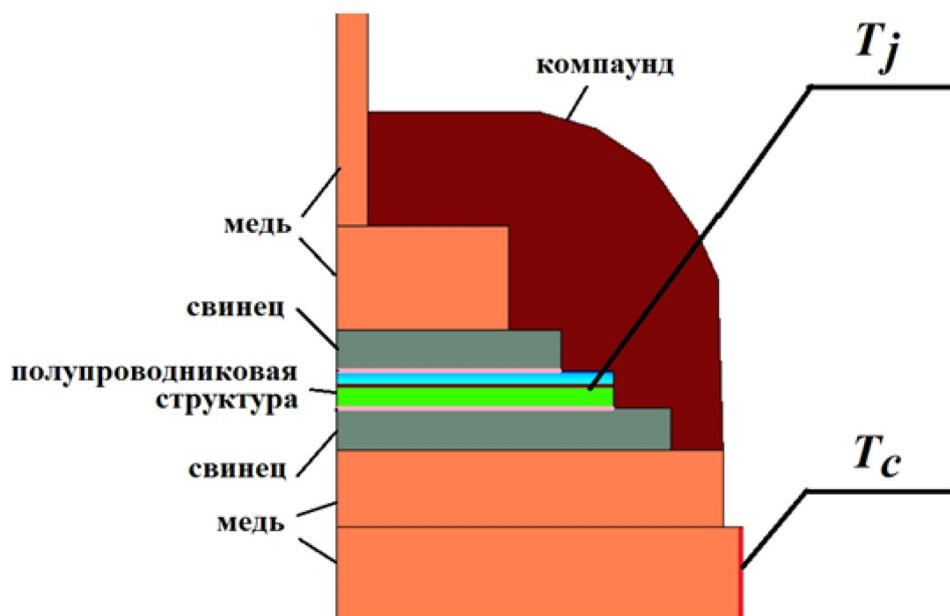


Рис. 1 – Структура диода Д242 в разрезе с обозначениями места определения величин температуры ППС T_j и корпуса T_C

Моделирование нагрева диода прямым током i_F . Моделирование проводилось в двух вариантах нагрева диода Д242 токами i_F различной формы. В первом варианте моделировались тепловые процессы при пропускании через диод постоянного прямого тока с амплитудой I_{FM} равной 1 А в течение времени $t = 4200$ с. Во втором варианте моделировались тепловые процессы при пропускании через диод в течение 10 с импульса постоянного прямого тока с амплитудой I_{FM} равной предельной величине 10 А со спадом тока по линейному закону в течение следующих 15 с до амплитуды равной 1 А с продолжением до $t = 100$ с.

На рисунке 2 представлены временные графики изменения тока i_F и температуры корпуса T_C и полупроводниковой структуры T_j при первом варианте моделирования. На рисунке 3 представлены временные графики изменения тока i_F и температуры корпуса T_C и полупроводниковой структуры T_j при втором варианте моделирования. На этих рисунках цифрой 1 обозначены временные графики тока, а цифрами 2 и 3, соответственно, временные графики температуры корпуса T_C и полупроводниковой структуры T_j .

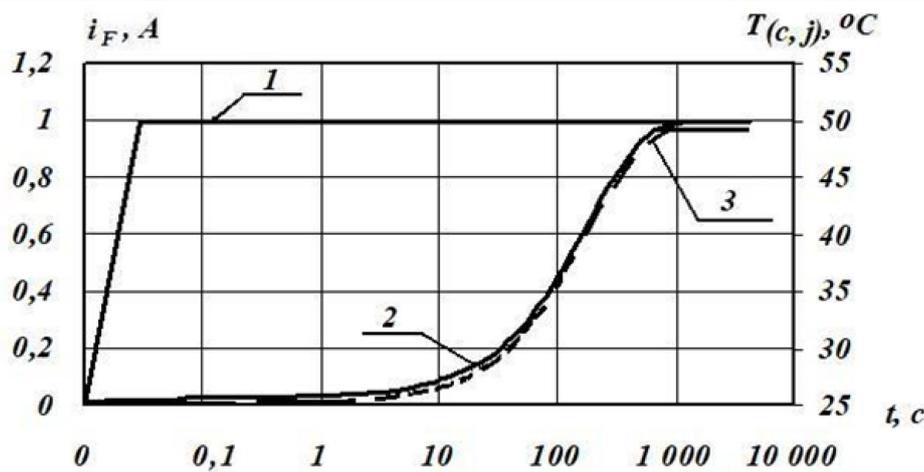


Рис. 2 – Временные графики тока i_F и $T_C T_j$ при первом варианте моделирования нагрева диода

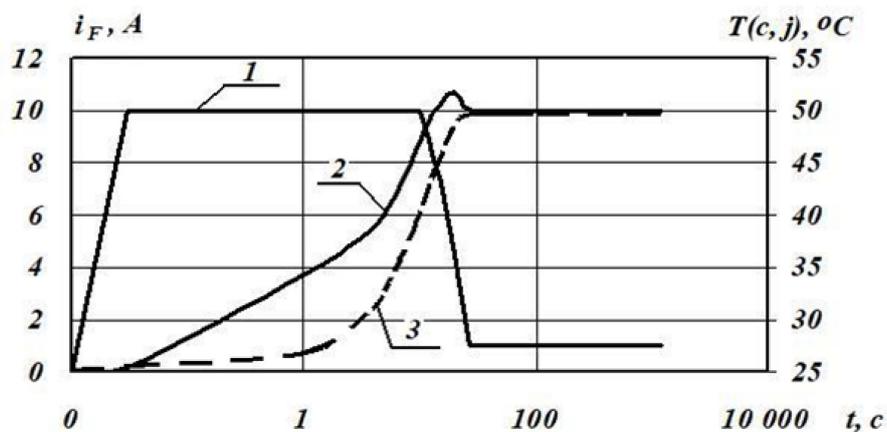


Рис. 3 – Временные графики тока i_F и $T_C T_j$ при втором варианте моделирования нагрева диода

Из рисунка 2 видно, что в течение первых 900 с воздействия прямого постоянного тока $I_{FM} = 1$ А наблюдается относительно медленный процесс нарастания как температуры кристалла T_j , так и температуры корпуса T_C . Время, за которое температура T_j и T_C достигает установившегося значения $+50$ °С составило 1000 с. При этом в установившемся режиме значение температуры полупроводниковой структуры T_j больше температуры корпуса T_C на $0,7$ °С.

Из рисунка 3 видно, что в течении первых 10 с, когда действует форсирующий импульс прямого тока с амплитудой 10 А наблюдается резкое нарастание температуры полупроводниковой структуры T_j . При этом процесс нарастания во времени температуры корпуса T_C существенно отстает. Однако за счёт относительно медленного изменения тока i_F по линейному закону от 10 А до 1 А наблюдается достижение установившихся значений температура полупроводниковой структуры $T_j = +50$ °С уже к 26 с. При этом наблюдается также практическое сравнение температуры корпуса T_C с температурой полупроводниковой структуры T_j . Разница значений T_C и T_j также как и в первом варианте моделирования составляет $0,7$ °С.

Выводы. На основании данных моделирования двух вариантов нагрева диода штыревого конструкции типа Д242 можно сделать следующие выводы.

1. При первом варианте моделирования электрических и тепловых процессов в диоде с постоянным прямым током время достижения установившегося теплового равновесия составляет 900 с.

2. При втором варианте моделирования электрических и тепловых процессов в диоде с предварительным форсированием нагрева импульсом тока предельной величины время достижения установившегося теплового равновесия составляет уже 26 с, что свидетельствует об ускорении процесса нагрева.

3. Для данного типа диода на этапе установившегося теплового равновесия наблюдается постоянная разница величин температуры полупроводниковой структуры T_j и корпуса и T_c равная $0,7\text{ }^\circ\text{C}$, что позволяет определять температуру полупроводниковой структуры ПП по величине температуры корпуса. При этом дополнительно возможно более точно определять T_j по величине температурного коэффициента напряжения [4].

Заключение. Данные результаты моделирования в дальнейшем будут использованы при разработке метода и аппаратно-программного комплекса испытательной аппаратуры для определения ряда электрических, тепловых характеристик и теплового сопротивления ПП.

Список литературы

1. ОСТ 11 0944-96. Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. Методы расчета, измерения и контроля теплового сопротивления : отраслевой стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства от 1 января 1997 г. № 107-ст : введен впервые : дата введения 1997 –01–01 / подготовлен Государственным научно-производственным предприятием “Пульсар”. — Москва : Стандартинформ 1997. — 107 с.
2. Беспалов Н.Н. Исследование тепловых процессов полупроводниковых приборов в корпусе ТО-220 при использовании радиатора / Н. Н. Беспалов, В. Г. Мясин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – Вып. 2. – С. 51-54.
3. Горячкин Ю.В. Физико-топологическое моделирование в САПР TCAD / Ю. В. Горячкин, С. А. Нестеров, Б. П. Сурин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. – 124 с.
4. Беспалов Н.Н. Моделирование и исследование параметров прямых вольт-амперных характеристик и температурного коэффициента напряжения диода Д242 / Н. Н. Беспалов, Ю. В. Горячкин, К. Ю. Панькин, И. О. Бектяшкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – Вып. 5. – С. 60-63.

05.13.18

А.П. Буйнов д-р техн. наук, Е.С. Юдт, О.И. Тугинин

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, buynosov@mail.ru, evgenij_jdt@mail.ru, valerii.alexeev@gmail.com

**ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ И ЭЛЕКТРОВОЗА
ДЛЯ РАБОТЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Приводятся методика и результаты расчетов для построения характеристик тягового двигателя и проектируемого электровоза постоянного тока для работы на железнодорожных путях необщего пользования. За аналог для проектируемого электровоза была принята подлежащая списанию в настоящее время одна секция электровоза серии ВЛ11. Приводится полученная магнитная характеристика двигателя, электромеханические и тяговые характеристики проектируемого электровоза.

Ключевые слова: электровоз, железнодорожный путь, необщего пользования, двигатель, характеристика, методика, построение.

На проектируемом электровозе предусмотрено два соединения тяговых двигателей (ТЭД): параллельное соединение предусматривает четыре параллельные ветви тяговых двигателей по два двигателя в каждой; серийно-параллельное соединение состоит из двух параллельных ветвей тяговых двигателей по четыре двигателя в каждой [1, 2]. Принципиальная электрическая схема соединения ТЭД приведена на рис. 1.

Напряжение на двигателе U_d рассчитывается по формуле:

$$U_d = U_3 / n_c, \tag{1}$$

где U_3 – напряжение на токоприемнике электровоза, В; n_c – количество последовательно соединенных ТЭД в параллельной ветви.

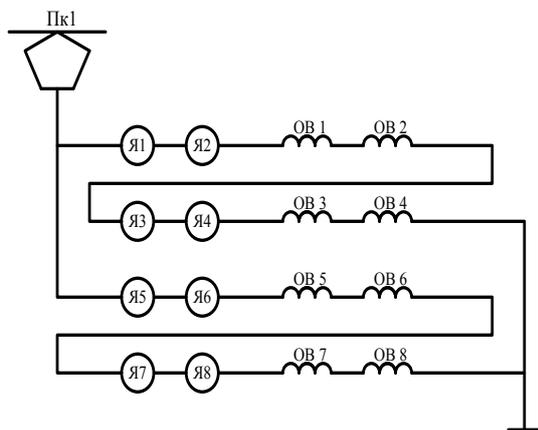


Рис. 1 – Схема соединения ТЭД

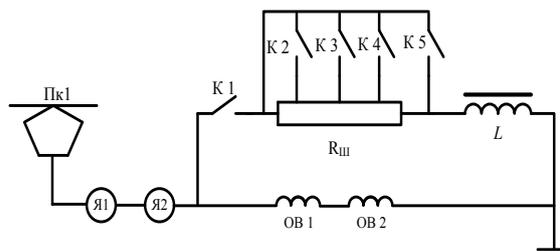


Рис. 2 – Упрощенная схема цепи обмоток возбуждения ТЭД

$$V = \frac{U_d - I \cdot r_d}{C_v \Phi}, \tag{2}$$

$$F_{кд} = 3,6 \cdot C_v \Phi \cdot I_a - \Delta F, \tag{3}$$

$$F_{кэ} = n_d \cdot F_{кд}, \tag{4}$$

$$I_b = \beta \cdot I_a, \tag{5}$$

$$R_d = R_a + \beta R_b, \tag{6}$$

где $C_v \Phi$ – величина магнитного потока ТЭД, В ч/км; ΔF – потери силы тяги в ТЭД и передаче, кН; β – коэффициент регулирования возбуждения.

$C_V\Phi(I_B)$ определяется из кривой намагничивания ТЭД согласно [4]:

$$\Delta P = \frac{3,6 \cdot (\Delta P_{зп} + \Delta P_{мех} + \Delta P_{маг})}{V}, \quad (7)$$

где $\Delta P_{зп}$ – потери в зубчатой передаче; $\Delta P_{мех}$ – механические потери; $\Delta P_{маг}$ – магнитные потери при перемагничивании стали сердечника якоря [3].

Считается, что потери в зубчатой передаче и движущем механизме в номинальном режиме составляют 2 %. Коэффициент полезного действия двигателя определяется по формуле [4]:

$$\eta = 1 - \frac{\Sigma \Delta P}{U \cdot I_{я}}, \quad (8)$$

где $\Sigma \Delta P$ – потери в машине.

Полные потери в машине складываются из электрических потерь $\Delta P_{э}$, магнитных потерь $\Delta P_{маг}$, механических потерь $\Delta P_{мех}$ и добавочных потерь $\Delta P_{д}$ [5].

$$\Delta P_{дв} = \Delta P_{э} + \Delta P_{маг} + \Delta P_{мех} + \Delta P_{д}. \quad (9)$$

Электрические потери $\Delta P_{э}$ определяются по формуле:

$$\Delta P_{э} = r_{д} \cdot I^2 + \Delta U_{щ} \cdot I_{я}, \quad (10)$$

где $r_{д}$ – сопротивление обмоток в цепи якоря, Ом; $\Delta U_{щ}$ – падение напряжения в щеточном контакте, В. $\Delta U_{щ} = 2-3$ В.

Магнитные потери возникают, при перемагничивании стали сердечника якоря:

$$\Delta P_{маг} = a \cdot (1 + \epsilon) \cdot (C_V\Phi)^2. \quad (11)$$

Значения коэффициентов a , ϵ , $a_{мех}$ определяются согласно [6]. Механические потери в двигателе состоят из потерь на трение в якорных подшипниках $\Delta P_{тщ}$, вентиляцию, включая трение о воздух $\Delta P_{в}$ согласно [5].

$$\Delta P_{мех} = a_{мех} \cdot V. \quad (12)$$

К добавочным потерям ΔP относят потери преимущественно от вихревых токов в обмотке якоря из-за неравномерной магнитной индукции в активном слое якоря. При номинальной нагрузке они принимаются равными 0,5–1 % номинальной мощности [5].

$$\Delta P_{доб} = 0,01 \cdot P_{н}. \quad (13)$$

Таким образом, расчет и построение характеристик двигателя проектируемого электровоза производится в следующей последовательности: электромеханические характеристики $V(I_{я})$ по формулам (1), (2), (5) и (6) и кривой намагничивания $C_V\Phi(I_{я})$; электромеханические характеристики $F_{к}(I_{я})$ по формулам (3) и (4); тяговые характеристики $F_{к}(V)$ – по первым двум характеристикам; зависимость $\eta(I_{я})$ по формуле (8).

Для проектируемого электровоза принимается пять ступеней регулирования возбуждения и значение коэффициента неравномерности пуска по току $k_{ни} = 0,08$. Наибольшее значение коэффициента регулирования возбуждения $\beta_{max} = 1$.

В общем случае:

$$\beta_{j+1} = \frac{\beta_j \cdot I_{min}}{I_{max}} = \frac{\beta \cdot (1 - k_{ни})}{(1 + k_{ни})}, \quad (14)$$

Упрощенная схема обмоток возбуждения тяговых электродвигателей с пятью ступенями ослабления возбуждения представлена на рис. 2.

Номинальный ток тягового электродвигателя:

$$I_{н} = \frac{P_{н}}{U_{дн} \cdot \eta_{дн}}, \quad (15)$$

где $\eta_{дн}$ – КПД тягового двигателя на валу в номинальном режиме.

Для $P_{н} = 818$ кВт, принимаем $\eta_{дн} = 0,94$ согласно [6].

$$I_{н} = \frac{818 \cdot 10^3}{1500 \cdot 0,94} = 580 \text{ А.}$$

Падение напряжения на обмотках тягового электродвигателя при номинальном токе составляет около 4 % номинального напряжения, поэтому суммарное сопротивление обмоток тягового двигателя.

$$r_d = 0,04 \cdot \frac{U_{дн}}{I_n} \tag{16}$$

Сопротивление отдельных обмоток двигателя определяем согласно рекомендациям [6]: для якоря $r_я = 0,4 \cdot r_d = 0,4 \cdot 0,103 = 0,041$ Ом; для дополнительных полюсов $r_{дп} = 0,1 \cdot r_d = 0,1 \cdot 0,103 = 0,010$ Ом; для компенсационной обмотки $r_{ко} = 0,25 \cdot r_d = 0,25 \cdot 0,103 = 0,026$ Ом.

Сопротивление обмотки возбуждения находим из формулы:

$$r_b = \frac{(r_d - r_{яц})}{\beta} \tag{17}$$

Магнитный поток тягового электродвигателя в номинальном режиме:

$$C_v \Phi_n = 0,96 \cdot \frac{U_{дн}}{I_n} \tag{18}$$

В таблице приведена магнитная характеристика двигателя проектируемого электровоза.

Таблица – Магнитная характеристика двигателя проектируемого электровоза

$I_{в2}, A$	$C_v \Phi, В \cdot ч/км$	$I_{в2}, A$	$C_v \Phi, В \cdot ч/км$
0	0,00	580	29,20
174	16,35	696	30,66
232	19,85	812	32,12
348	24,23	928	33,28
464	27,15	1044	34,16
—	—	1131	35,33

По полученным данным строится зависимость магнитного потока $C_v \Phi$ от тока I_b возбуждения тягового двигателя, которая приведена на рис. 3. На рис. 4 и 5 приводятся полученные электромеханические и тяговые характеристики проектируемого электровоза.

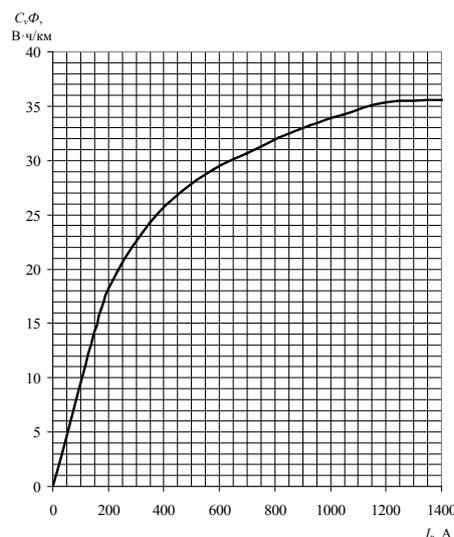


Рис. 3 – Зависимость магнитного потока от тока возбуждения ТЭД

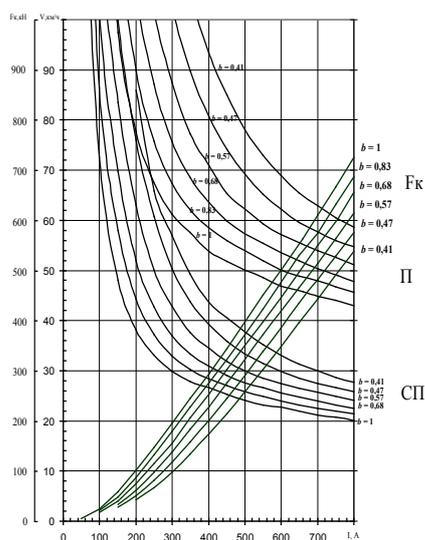


Рис. 4 – Электромеханические характеристики

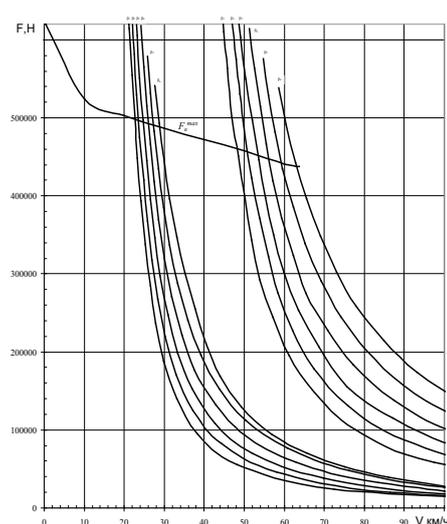


Рис. 5 – Тяговые характеристики

Список литературы

1. Буйносов А.П., Стаценко К.А., Бган Е.В., Мишин Я.А. Исследование причин повреждения подшипников тяговых двигателей электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 1. С. 113-116.
2. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Анализ причин отказов узлов электровозовна основе закона Парето и диаграммы Исикавы // Вестник транспорта Поволжья. 2013. № 3 (39). С. 35-39.
3. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Повышение надежности тяговых редукторов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 3. С. 85-89.
4. Буйносов А.П., Шаранов А.Т. Совершенствование геометрического расчета зубчатой передачи грузового электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 2. С. 40-43.
5. Юдт Е.С., Буйносов А.П. Способ повышение надежности тяговых редукторов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 2. С. 27-30.
6. Ротанов Н.А. Проектирование систем управления электроподвижного составом. М.: Транспорт, 1986. 327 с.

05.13.18

М.В. Дворянчиков, Л.Д. Павлова

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
кафедра прикладной информатики и математики,
Новокузнецк, kicksaflips@gmail.com

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧЕ

В работе представлены результаты разработки рекуррентной нейронной сети для предиктивной аналитики метановыделения в очистном забое на основе информации полученной с датчиков системы аэрогазового контроля.

Ключевые слова: *машинное обучение, нейронные сети, метановыделение, прогнозирование, угледобыча.*

Введение

При разработке высокометаносных угольных месторождений Кузбасса велика опасность возникновения гео- и газодинамических явлений, что в свою очередь создаёт препятствия для увеличения и поддержания производительности очистных и проходческих работ. В результате оперативного мониторинга деятельности шахт собираются большие наборы данных по различным параметрам, которые необходимо структурировать, обрабатывать, анализировать и агрегировать [1].

Для прогнозирования концентрации метана с учётом большого количества измеряемых показателей целесообразно воспользоваться рекуррентными нейронными сетями, способными запоминать прошлую информацию и учитывать ее при прогнозе будущих значений [2, 3].

Описание данных и их предобработка

Исходные наборы данных описывают показания датчиков системы аэрогазового контроля в очистном забое шахты в течение 16 дней: с 8 октября 2020 г. по 25 октября 2020 г.

Данные полученные с датчиков системы аэрогазового контроля представляют из себя таблицы событий срабатывания датчика со столбцами значений исследуемого показателя (концентрация метана в % в воздушной атмосфере или скорость метановоздушной смеси), статусом работоспособности датчика (бинарное значение), датой и временем события с точностью до секунд. Датчики располагаются в поступающей вентиляционной струе (*in lava C*), струе сопряжения (*kutok C*) и на исходящей струе (*out lava C*). На исходящей струе так же находится датчик, измеряющий скорость воздуха (*out_lava_speed*).

Важным этапом работы с данными перед применением моделей машинного обучения является их предобработка, направленная на извлечение полезных характеристик, исключение флуктуаций, нормализацию данных. Подробно этап предобработки данных с датчиков системы аэрогазового контроля, включая разделение на выборки для обучения (70%), валидации (20%) и тестирования (10%), рассмотрен в работе [4].

Перед поступлением в нейронную сеть данные усреднены 10 секундами, так как интервалы срабатывания датчиков за исключением *out_lava_speed* как правило менее чувствительны, не меняются ежесекундно и сохраняют своё значение до следующего срабатывания.

Инструменты и методы

Искусственная нейронная сеть состоит из некоторого количества нейронов, обладающих способностью обрабатывать информацию, которые объединяются друг с другом посредством связей с определенными параметрами (весами), которые в свою очередь изменяются в процессе обучения.

Разработанная нейронная сеть представляет конвейер исследования данных на основе языка Python с использованием открытых библиотек научных исследований *pandas*, *numpy*, *matplotlib*, *tensorflow* и *keras*. Конвейер исследования данных включает загрузку данных, методы их предобработки для дальнейшего исследования, уточнение значимых признаков и применение моделей машинного обучения.

Для отображения последовательных этапов вычислений использован инструмент (блокнот) *Jupyter Python* объединяющий в себе текст, запрограммированные методы вычисления и визуализации данных. Программный код в блокноте хранится в изолированных контейнерах, что позволяет проводить в них вычисления и сразу получать результаты. При необходимости в следующих контейнерах можно обращаться к полученным ранее данным, сохранённым в оперативной памяти.

Структура нейронной сети

Прогнозирование концентрации метана выполняется на исходящей струе (*out lava C*) в течение 600 секунд (60 интервалов) по предыстории из 3600 секунд (360 интервалов). В качестве оценки прогноза принята функция потерь (среднеквадратичная ошибка), которую необходимо минимизировать. Для обновления весов нейронов используется оптимизатор *Adam*, сочетающий в себе и идею накопления движения, и идею более слабого обновления весов для типичных признаков [5].

Разработанная рекуррентная нейронная сеть состоит из соединённых между собой слоёв *LSTM* и *Dense*. Слои являются «элементарными» функциями, из которых формируется финальная модель $F(T)$. Каждый слой является классом *Keras*. Экземпляр этого класса получает на вход тензор и выдаёт на выход тензор, другой размерности и формы.

Каждый нейрон слоя *Dense* выполняет линейное преобразование:

$$y_{...j} = \sum_{i=0}^{inputs-1} x_{...i} W_{ij} + b_j \quad (1)$$

Долгая краткосрочная память (*Long short-term memory*; *LSTM*) – разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей, направленная на обучение долгосрочным зависимостям. Такие сети представлены Зеппом Хохрайтером и Юргеном Шмидхубером в 1997 году, а затем усовершенствованы и популярно изложены в работах других исследователей [6-8].

Нейрон *LSTM* представляет более сложную структуру (рисунок 1). На схеме линии переносят векторы данных со входа одного узла к выходам других. Красным цветом обозначены поточечные операции, такие, как умножение и сложение векторов, а оранжевые прямоугольники – это обученные слои нейронной сети. Разветвляющиеся стрелки обозначают, что данные копируются и копии уходят в разные компоненты сети.

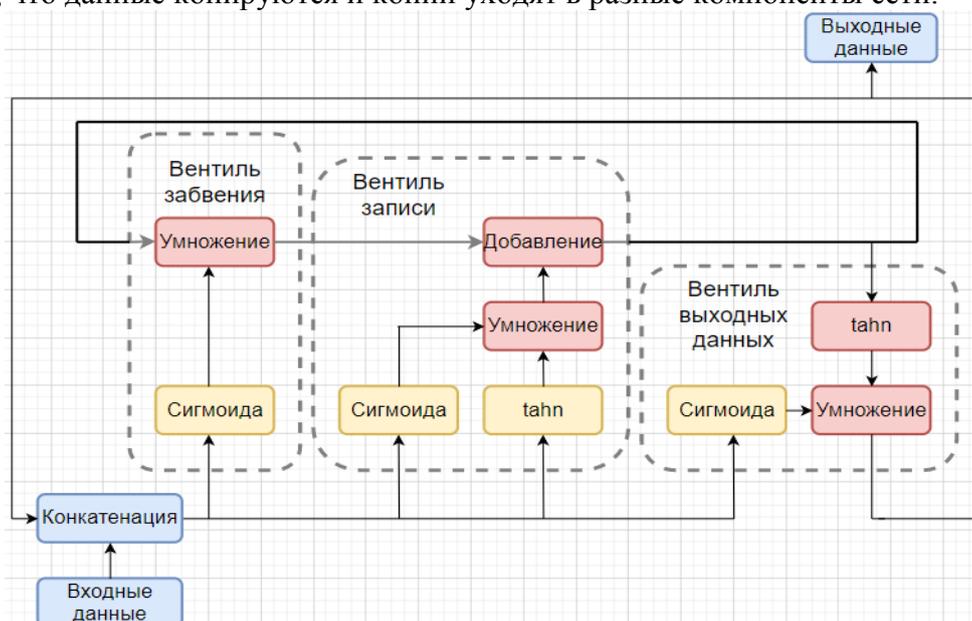


Рис. 1 – Нейрон долгой краткосрочной памяти, *LSTM*

Результаты и их обсуждение

На основе нескольких случайно взятых из тестовой выборки последовательностей данных выполнено прогнозирование концентрации метана на исходящей струе в очистном забое.

В ходе 5 эпох обучения среднеквадратичная ошибка прогноза на датчике *out_lava_C* уменьшилась с 0.4325 до 0.2485 (рисунок 2). Прогнозирование простой сдвижкой показывает ошибку порядка 0.42.

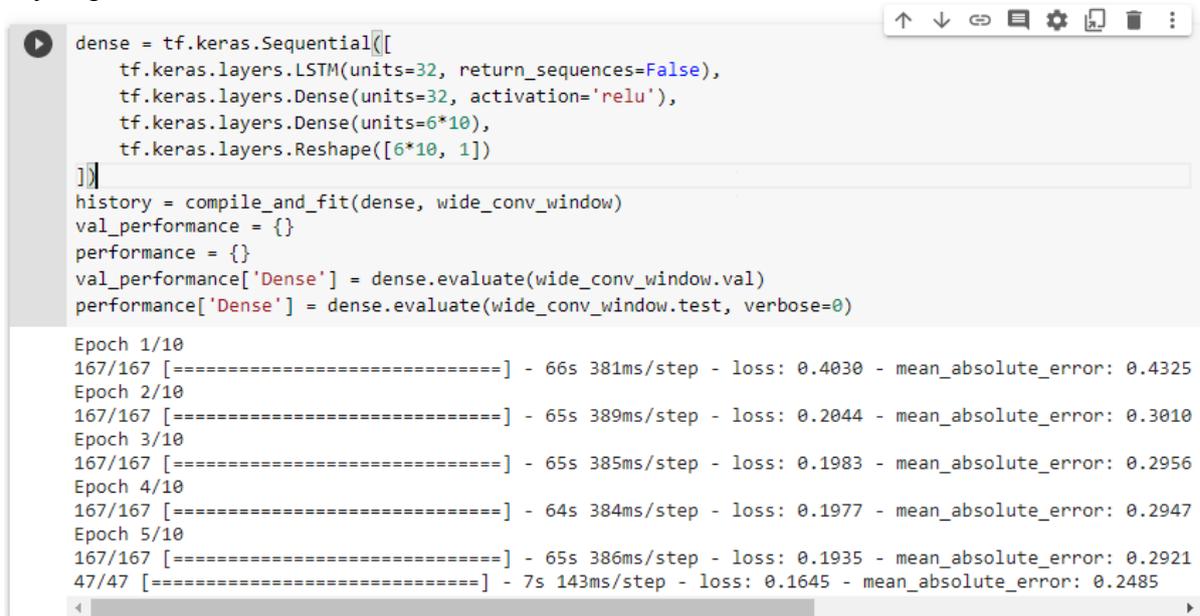


Рис. 2 – Обучение рекуррентной нейронной сети

На основе рекуррентной нейронной сети построены прогнозы для 10 минут по предыстории из 60 минут (рисунок 3). Синим цветом обозначена используемая нейронной сетью предыстория по параметру *out_lava_C*. Оранжевыми точками представлены предсказания, зелёными – истинные значения.

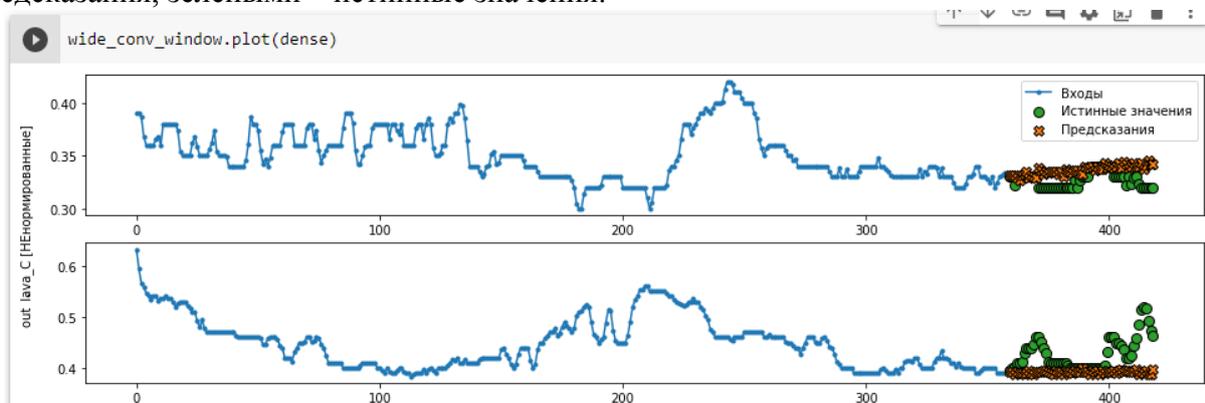


Рис. 3 – Результаты прогнозирования

В случае выполнения более краткосрочных прогнозов среднеквадратичная ошибка уменьшается. Так при прогнозировании 1 минуты по предыстории из 6 минут ошибка составляет 0.08.

Заключение

Полученная модель отражает основную тенденцию изменения концентрации метана в очистном забое, но не слишком восприимчива к возникающим скачкам. На повышение чувствительности вероятно можно повлиять, используя другие функции потерь и оптимизаторы, изменив архитектуру сети, сделав прогноз более краткосрочным.

Для применения модели на реальном объекте имеет смысл выполнять и отображать на автоматизированных рабочих местах мониторинга сразу как долгосрочные прогнозы, отражающие основную тенденцию, так и краткосрочные прогнозы, более чувствительные к резким изменениям концентрации метана.

Список литературы

1. *Журавлев Е.И.* Разработка геоинформационной системы прогнозирования динамических проявлений в углевмещающем массиве при подземной разработке угольных месторождений : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Е.И. Журавлев. – М., 2016. - 22 с.
2. *Дворянчиков М.В.* Обоснование возможности применения нейронной сети для прогнозирования метановыделения при подземной отработке газоносных угольных пластов / М. В. Дворянчиков, Л. Д. Павлова // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. - 2020. - № 6. - С. 241-244.
3. *Кашиников А.В.* Прогнозирование концентрации метана в рабочей зоне угольной шахты на основе рекуррентных нейронных сетей / А. В. Кашиников, Д. М. Бузмаков // Горное эхо. - 2020. - № 4(81). - С. 94-98.
4. *Дворянчиков М.В.* Предобработка данных с датчиков аэрогазового контроля при подземной отработке газоносных угольных пластов для нейросетевого анализа данных / М. В. Дворянчиков, Л. Д. Павлова // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах : тр. V междунар. науч.-практ. конф. – Новокузнецк, 2021. - С. 250-253.
5. *Kingma, Diederik, Ba, Jimmy.* (2014). Adam: A Method for Stochastic Optimization. International Conference on Learning Representations.
6. *Hochreiter, S., Schmidhuber, J;* Long Short-Term Memory. *Neural Comput*, 1997; 9(8): 1735–1780.
7. *Sherstinsky A.* Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) network. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 2020, vol. 404, p. 132306.
8. *Нихиль Б.* Основы глубокого обучения. Создание алгоритмов для искусственного интеллекта следующего поколения / Б. Нихиль, Н. Будума, Н. Локашо ; пер. с англ. А. Коробейникова ; [науч. ред. А. Созыкин]. - М. : Манн, Иванов и Фербер, 2020. - 304 с.

05.13.18

Д.К. Егорова, Т.Ф. Мамедова, Д.И. Курбатов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра прикладной математики, дифференциальных уравнений и теоретической механики,
Саранск, egorovadk@mail.ru, mamedovatf@yandex.ru, kurb.2014@mail.ru

О РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОГО АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В работе рассмотрен вопрос выбора параметров нечеткой кластеризации c -means для слабоконтрастных медицинских изображений.

Ключевые слова: *кластеризация, c -means, меры расстояний, медицинские изображения, качество изображений.*

Введение

Под медицинскими изображениями будем понимать визуальное представление пространственно распределенных физических величин, зарегистрированных медицинским оборудованием. При анализе медицинских изображений исследователь сталкивается с определенными трудностями, они заключаются в существенном отличии от анализа естественных изображений, полученных с помощью фотокамер. Например, исследуемые объекты, чаще всего, недоступны для их непосредственного наблюдения, необходимые области (патологии, новообразования, разрывы и т.п.) имеют существенно меньший размер по сравнению с исследуемыми объектами на естественных изображениях, расположение объектов на медицинских изображениях имеет принципиальное значение, неоднозначность интерпретации градации серого на изображениях, нечеткость априорных значений и так далее [1]. Все это, так или иначе, приводит к неопределенности или нечеткости в процессе обработки изображений, что может влиять на достоверность полученных результатов. В работе предлагается применить метод нечеткой кластеризации c -means, для сегментации слабоконтрастных медицинских изображений. Рассматривается вопрос выбора лучшей метрики для данного алгоритма и количества кластеров в смысле характеристик производительности алгоритма и качества изображений, полученных в результате обработки.

Алгоритм c -means

На рисунке 1 приведено слабоконтрастное изображение легких пациента с диагнозом covid-19, с онлайн-площадки для научного моделирования [2]. Слабый контраст объясняется ограничением диапазона яркостей и нелинейностью градиационной характеристики. На рисунке отмечены хорошо просматриваемые области с так называемым эффектом «матового стека», однако сегментация данного изображения позволит определить плохо различимые области с патологией.



Рис. 1 – Снимок компьютерной томографии

Нечеткий алгоритм *c*-means минимизирует величину:

$$\sum_{i=1}^{|X|} \sum_{j=1}^c u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, \quad 1 \leq m \leq \infty,$$

здесь $m \in R$, $u_{i,j}$ – коэффициент принадлежности вектора x_i кластеру c_j , x_i – i -ый компонент $|X|$ -мерного вектора X , c – количество кластеров, c_j – центр j -ого кластера, $\| * \|$ – норма, определяющая расстояние от вектора до центра кластера.

Алгоритм был реализован на C# в интегрируемой среде разработки VisualStudio 2019. Реализация состояла в выполнении следующей последовательности действий. Для каждого вектора определяется случайным образом вероятность принадлежности $u_{i,j}$ вектора x_i к каждому j -му кластеру, далее запускается итерационный процесс, на каждой итерации которого выполняется: 1) расчёт центров кластеров $c_j = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^n u_{ij}^m}$, 2) расчёт расстояния от каждого вектора до центра каждого кластера, согласно выбранной метрике; 3) расчёт и нормализация коэффициентов принадлежности векторов кластерам

$u_{ij} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{-2}{m-1}}$; 4) расчёт значения матрицы нечеткого разбиения; 5) сравнение этого значения со значением матрицы нечеткого разбиения на предшествующей итерации; если разница этих значений меньше установленного значения ε , то алгоритм прекращает работу; 6) значение матрицы нечеткого разбиения возвращает сумму всех расстояний каждого объекта к каждому центру кластера умноженному на коэффициент принадлежности [3].

Выбор параметров кластеризации

Проблема выбора оптимальных параметров кластеризации, согласно теореме невозможности Клейнберга в общем случае неразрешима. Однако в частном случае, можно подобрать параметры, обеспечивающие лучшие результаты в заранее определенном смысле.

Реализация алгоритма *c*-means осуществлялась с использованием известных Евклидова и квадрата Евклидова расстояния, расстояния по Хэммингу, Чебышева, Махаланобиса, пикового расстояния и расстояния Минковского. Однако, визуализация результатов не имела существенных отличий, отличия были получены во времени выполнения алгоритма и количестве итераций. Наиболее «сглаженное» изображение, с меньшим эффектом «зубчатости» и шума, получено при применении Евклидова расстояния, но с большим временем выполнения среди всех используемых метрик. При выборе степенного расстояния ($r = 2, p = 5$) для получения сегментации рисунка получили минимальное число итераций и минимальное время на их выполнение.

Количество кластеров для каждого сегментируемого изображения выбиралось с использованием значения внутренней меры, являющейся суммой квадратов отклонений объектов от центров кластеров, $\rho_{ij} = \sum_{i=1}^{|X|} \sum_{j=1}^C \|x_i - c_j\|^2$. Вычисляя значение внутренней меры более чем для двухсот изображений, при использовании степенного расстояния ($r = 2, p = 5$), получены результаты, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

k – количество кластеров	2	4	6	8	10	12
ρ – значение внутренней меры	64	32	18	12	11	9

При увеличении числа кластеров k, значение внутренней меры ρ колеблется около значения равного 9. Таким образом, было выбрано 12 кластеров для сегментации.

Сравнение результатов

Использование других, широко распространенных методов для выделения признаков на изображении, например метода эквализации гистограмм, дает примерно тот же результат. Например, гистограммы сегментированного изображения и эквализированного изображения для снимка, приведенного на рисунке 2, на рисунках 3 и 4 соответственно.

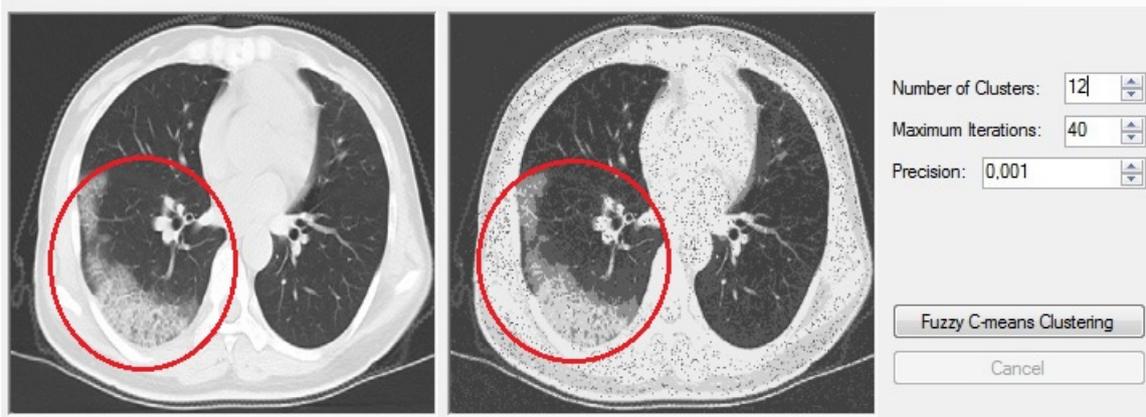


Рис. 2 – Исходное и сегментированное изображение

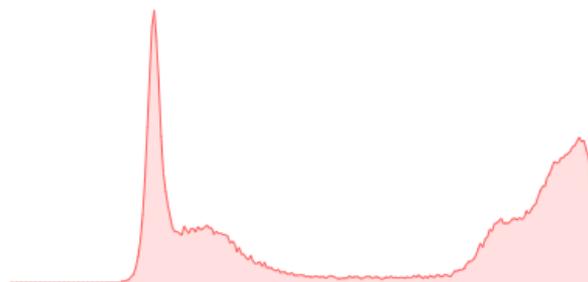


Рис. 3 – Гистограмма сегментированного изображения 2

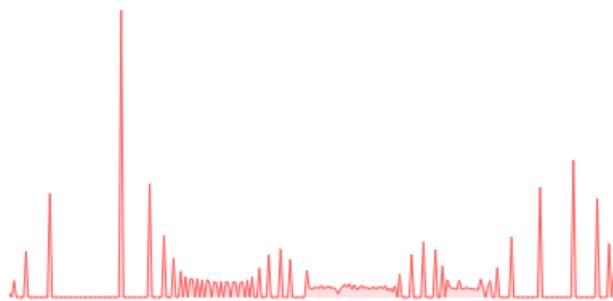


Рис. 4 – Гистограмма эквализированного изображения 2

Приведенные выше гистограммы занимает весь диапазон яркостей, хоть и не равномерно. Они имеют пики, что связано с наличием больших зон темных и светлых тонов. Такие изображения, обычно, воспринимаются как более качественные.

Выводы

В работе были приведены результаты исследования показывающие, что применение нечеткого алгоритма кластеризации c-means с количеством кластеров равным 12 и степенного расстояния ($r = 2, p = 5$) дает удовлетворительные результаты по сравнению с некоторыми другими методами решения проблемы слабого контраста изображений. Следовательно, применение нечеткой кластеризации в развитии инструментария сегментации слабоконтрастных медицинских изображений может быть перспективно.

Список литературы

1. *Трофимов А.Г.* Анализ медицинских изображений: курс лекций. Учебное пособие / А.Г. Трофимов. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2020. – 132 с. – SBN 978-5-7262-2690-3. – Текст : непосредственный.
2. Covid-19 ImageDataset : сайт. – URL: <https://www.kaggle.com/pranavraikokte/covid19-image-dataset> (дата обращения: 01.07.2021). – Текст: электронный.
3. *Курбатов Д.И.* Применение нечеткого алгоритма кластеризации c-means для сегментации изображений / Д.И. Курбатов, Д.К. Егорова. – Текст : электронный // Огарев-online. – 2019. – №10. – URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/primenenie-nechetkogo-algoritma-klasterizacii-c-means-dlya-segmentacii-izobrazhenij>(дата обращения 01.07.2021).

05.13. 18

¹Р.А. Козлитин канд. физ.-мат. наук, ²С.В. Шиганов канд. мед. наук

¹ФГБОУ ВО "ХГУ им. Н.Ф. Катанова",
кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем,
²ФГБОУ ВО "ХГУ им. Н.Ф. Катанова",
кафедра внутренних болезней,
Абакан, kran80@mail.ru, liu34@rambler.ru

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ COVID-19 В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ

Статья посвящена проблемам создания прогностической модели распространения коронавируса в Республике Хакасия на основе эпидемиологических данных за период с 1.09.2020 по 31.03.21. В основу инструмента был заложен комбинированный подход классической эпидемиологической модели. При расчетах использовалась модель Рихарда Нейера COVID-19 Scenarios

Ключевые слова: моделирование эпидемий, компьютерное моделирование, вычислительные эксперименты на моделях социальных процессов.

Распространение эпидемий хорошо известный процесс, который прекрасно описывается в рамках математического и компьютерного моделирования. Одни из первых результатов по имитационному моделированию заболеваний и инфекций были получены в 1960-70-х годах 20 века. Основной используемый метод моделирования инфекций метод Монте-Карло. Моделировалось распределение случайных величин и блокировались узлы или связи на исследуемых решетках. Одна из наиболее известных задач распространения инфекций «зараженный лес». При моделирование в рамках имитационных моделей, учитывается большое количество неоднородных параметров и их влияние на исследуемые процессы. Один из лучших подходов для имитационных моделей мультиагентный подход [1-7].

Модель разработанная Андерсоном Г. Маккендриком и Уильямом О. Кермаком считается основной моделью эпидемий. В ней рассматривается распространение инфекции, передающейся от человека к человеку [3-7]. Все население делится на группы в зависимости от статуса по отношению к рассматриваемой инфекции. В базовой модели SIR такими группами выступают: S –Susceptible (восприимчивые, то есть те, кто не имеет иммунитета и может быть инфицирован), I – Infectious (инфицированные и заразные), R – Recovered (выздоровевшие и приобретшие) [3-6].

При этом учитываются все стадии заболевания от инфицирования до выздоровления или смерти. Предполагаемые потребности в койко-местах, в том числе реанимационных на основе смоделированных численности инфицированных и умерших за весь период эпидемии; даты наступления пика заражения и его размах позволяют спрогнозировать объем ресурсных и финансовых затрат, необходимые организационные мероприятия для формирования своевременной и качественной медицинской помощи. Представленная модель эпидемии использует механизм формирования ближнего круга контактов, что позволяет моделировать имитацию контактов исследуемой выборки наиболее подходящей к окружающей действительности.

Цель исследования: изучить сравнительные динамические эпидемиологические характеристики пациентов с COVID-19 для моделирования и вероятностного прогнозирования эпидемиологической обстановки, с учетом предпринимаемых профилактических мер и оценкой возможных нагрузок на систему здравоохранения республики Хакасия.

При расчетах использовалась модель Рихарда Нейера COVID-19 Scenarios [3], которая основана на использовании дифференциальных уравнений, с учетом особенностей восприимчивости к инфекции населения региона, распределения возможных социальных контактов с учетом возрастных особенностей, а так же длительность течения самой инфекции. Данная модель исследована на примере эпидемии COVID-19 в Республике Хакасия в период с 1.09.20 до 28.02.21 [8,9]. Для правдоподобной имитации заболевания применялись эпидемиологические данные распространения COVID-19 в течении данного периода. На рисунке 1 представлена схематическая иллюстрация модели [3]

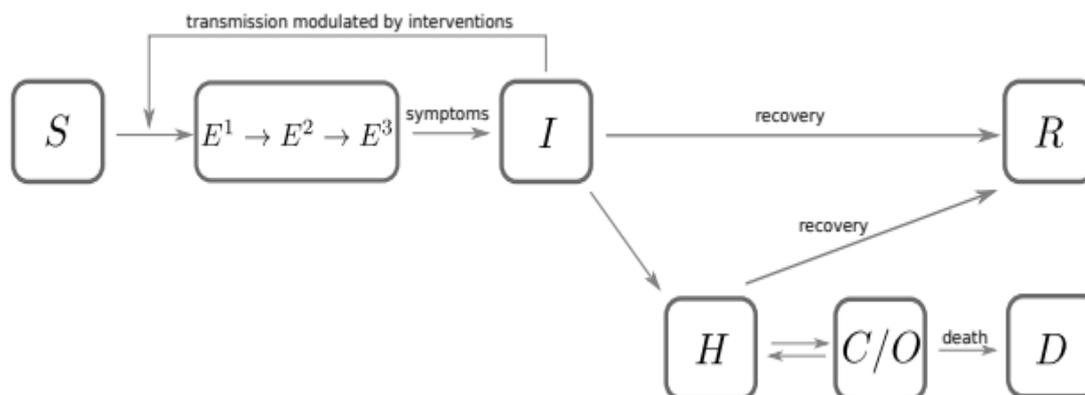


Рис. 1 – Схематическая иллюстрация модели

Для реализации модели эпидемии COVID-19 были взяты исходные данные реального эпидемиологического процесса в период с 1.09.2020 по 28.02.2021. Туда вошли: численность населения Республики Хакасия и его распределение по возрасту; численность популяции агентов на момент начала развития модели; стартовая численность инфицированных; начальное репродуктивное число R_0 (условно допустимое количество человек, которых в среднем заражает один носитель вируса); доля заболевших с легкой формой болезни; минимальная и максимальная длительность инкубационного периода; минимальная и максимальная продолжительность болезни (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные параметры тестируемой агент – ассоциируемой модели в рамках модели ВОЗ (<https://covid19-scenarios.org>)

Параметр	Значение
Распределение по возрасту	Республика Хакасия
Случаи, импортируемые в сообщество за день	0.3
Количество случаев в начале моделирования	3556
Численность населения	534262
Среднее время в обычном отделении (дней)	14
Среднее время в палате интенсивной терапии (дней)	14
Инфекционный период (дней)	14
Задержка (дней)	7
Увеличение уровня смертности, когда ОИТ переполнены	2
Сезонный пик в проницаемости	Ноябрь - Декабрь
R_0 в начале вспышки	5 - 10
Сезонные колебания в проницаемости	0

В модели также учитывается уровень здоровья населения региона, задаваемый по шкале: «хорошее», «практически здоров», «неудовлетворительное. На первом этапе присваивается базовый уровень здоровья в соответствии с исходными данными и в дальнейшем изменяется с учетом особенностей выборки для каждой возрастной группы. На втором этапе агенты образуют социальные группы - семьи, для чего используется случайное распределение контактов в зависимости от возраста. Следующим шагом была имитация процессов

распространения инфекции COVID-19. Этот этап осуществлялся на разных промежутках времени инфицирования и передачи заболевания, что позволяет учитывать дальнейшее распространения инфекции.

С помощью компьютерного моделирования получены имитационные результаты хода эпидемии COVID-19 с учетом карантинных мер, формирования иммунологической прослойки с помощью вакцинирования на такие характеристики, как численность инфицированных и умерших за весь период эпидемии; дата наступления пика заражения и его размах; потребность в койко-местах, в том числе реанимационных с учетом заданных реальных мощностей для исследуемого региона. Что позволяет использовать полученные данные для прогнозирования и принятия профилактических мер в Республике Хакасия.

Результаты исследования:

В результате проведенных компьютерных экспериментов была произведена апробация модели с оценкой свойств реалистичности, зависимости от различных параметров и оценка коечного фонда. Проводилась серия испытаний, затем полученные результаты приводились к медианному значению и оценивалась их распределение в пределах разброса значений.

Итогом модели оценки реакции на изменение начального репродуктивного числа при различных значениях R_0 при отсутствии карантинных мер соответствовала синусоидальной экспоненте. Для анализа было выбрано значение: $R_0 = 0,9$ (при значении, меньшем единицы, эпидемия должна затухать) и $R_0 = 2,0$ – по оценке специалистов ВОЗ для COVID-19. В целом данная модель соответствовала распространенности эпидемиологического процесса в реальной клинической практике. Динамика численности инфицированных агентов, по результатам моделирования при отсутствии карантинных мер, показана на рисунке 2.

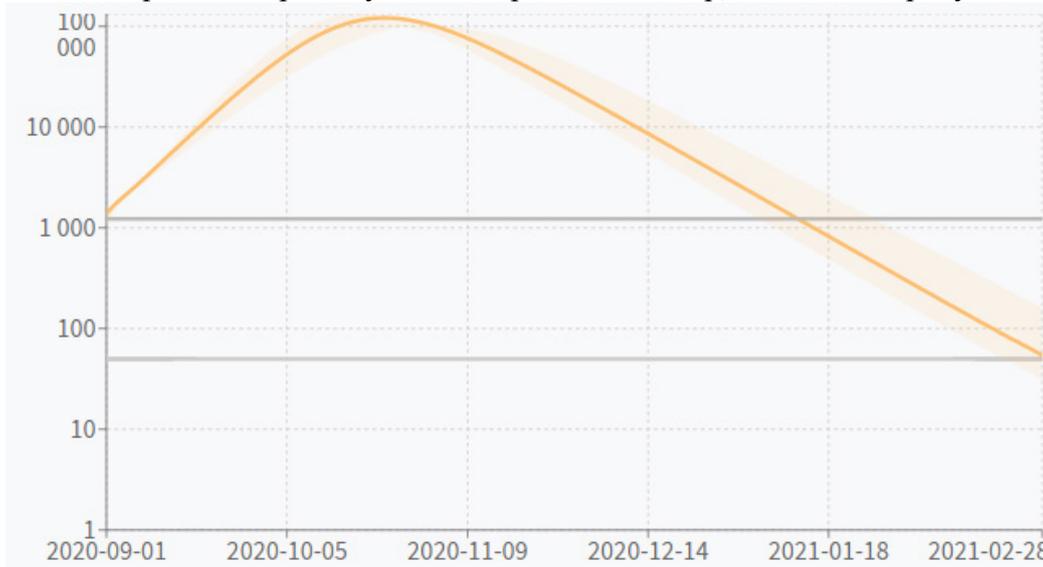


Рис. 2 – Результаты моделирования распространения Covid-19 в отсутствие карантинных мер

Как видно на рисунке 2, в ходе проведенного моделирования мы получили при $R_0 = 2$ максимальный пик заражения (более 10 тыс. агентов), приходящийся на октябрь – ноябрь 2020 года. При этом кривая распространения инфекции смещается вправо (до конца периода моделирования марта 2021 года) и к концу периода распространения эпидемии не останавливается, при этом процесс инфицирования замедляется.

Следующие несколько компьютерных моделей были направлены на оценку влияния ограничительных мер на скорость и распространение развития эпидемии. Просчитаны следующие варианты при $R_0 = 2$:

1. Вариант №1 - имитировалось соблюдение режима самоизоляции и ограничений в возрастной группе старше 65 лет начиная с 1 сентября 2020 и до 1 марта 2021. Предполагалось, что вероятностью выполнения предписаний в исследуемой выборке колебалось около 0,5;

2. Вариант №2 - имитировалась модель распространения Covid-19 с учетом 30% вакцинации населения.

3. Вариант №3 – имитация комбинированного варианта ограничительных мер самоизоляция всех остальных, с дисциплинированностью до 0,5 и профилактической 30% вакцинации населения от SARS-COV-2.

Таблица 2 – Оценка эпидемиологических показателей при различных моделях ограничительных мер

Показатель	Без ограничительных мер	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Общая численность инфицированных за весь период,	87562	75303(-13,8%)	38485(-56%)	20160(-76,9%)
Доля инфицированных от общей численности населения, %	16,4	14,1 (-2,3%)	7,2 (-9,2%)	3,7 (-12,7%)
Максимальный коечный фонд	6216	5258 (-15,4%)	2655(-57,2%)	1391(-77,6%)
Реанимационные места	2548	2232 (-12,4%)	1085(-67,5%)	568(-77,7%)
Численность умерших	1821	1566 (-14%)	800(-58%)	419(-74,3%)

Результаты моделирования первой модели показали, что введение ограничительных и профилактических мер способствует снижению числа умерших от Covid-19 (-14%), нагрузка на систему здравоохранения уменьшается на (-15,4%). При этом численность инфицированных оставалась примерно на том же уровне с долей 14,15 от всего населения Республики. В таблице 2 подробно представлены полученные результаты моделирования. Видна динамика снижения напряженности эпидемиологического процесса и нагрузки на здравоохранения в зависимости от принятых мер ограничения.

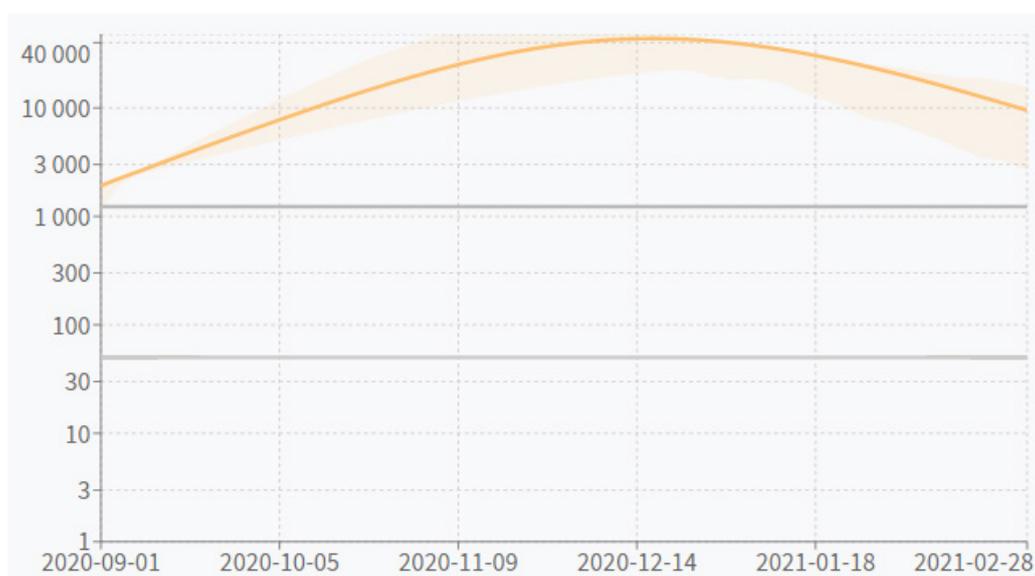


Рис. 3 – Результаты моделирования распространения Covid-19 с учетом вакцинации населения

Анализируя развитие событий при вариантах 2 и 3 в результате вакцинирования минимум 30% населения с и без соблюдения ограничительных мероприятий с коэффициентом 0,5 заметно снижается, как число инфицированных (на 56% и 77% соответственно), так и число умерших (-58% и - 75% соответственно) по сравнению с моделью без ограничительных мер. Нагрузка на систему здравоохранения так же значительно снижается. Уменьшается потребность в госпитализации с тяжелыми формами COVID-19 на 57% и 78% соответственно представленных моделей и необходимость в реанимационных койках на 67% и 77% (таблица 2).

Развитие эпидемиологического процесса SARS-COV-2 для рассмотренных вариантов представлен на рисунках 3 и 4. Сравнивая различные варианты прогнозов компьютерных агент-ориентированных моделей можно заключить об успешной реакции уменьшения распространения инфекционного процесса моделей при введении соответствующих ограничительных мер.

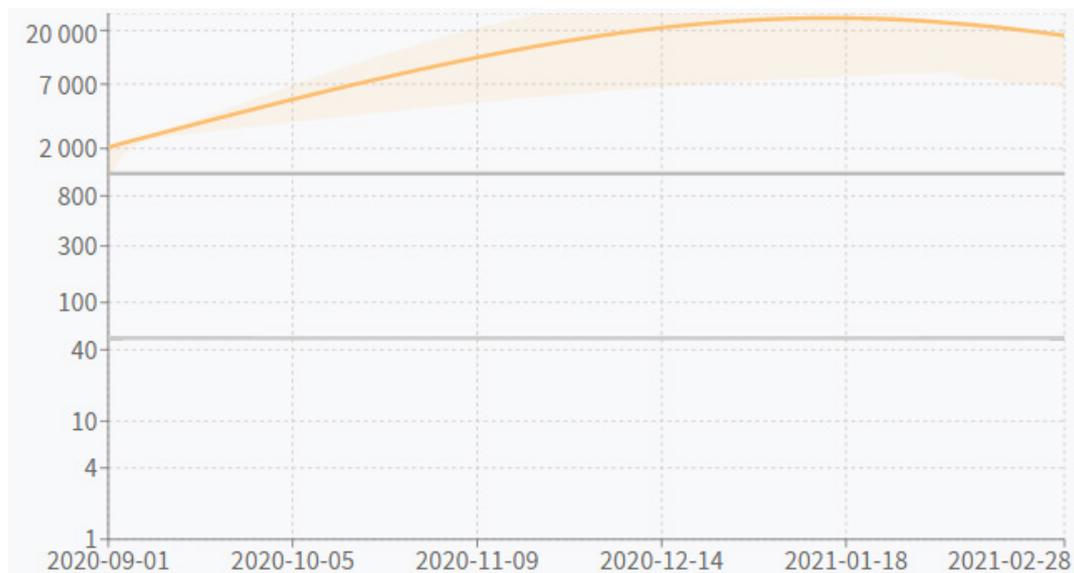


Рис. 4 – Результаты моделирования распространения Covid-19 с учетом вакцинации населения в пределах 30% и карантинных мер смягчения в результате самоизоляции

Исходя из полученных результатов моделирования эпидемии COVID-19 в Республике Хакасия с использованием демографических и эпидемиологических данных можно сделать следующие выводы: Применение имеющихся на сегодняшний день агент – ориентированных моделей позволяет создать максимально реалистичский прогноз развития эпидемиологической ситуации в конкретном регионе. Данная модель позволяет учитывать конкретные особенности выбранного инфекционного заболевания, в нашем случае COVID-19. Входящие данные учитывают изначально различную степень восприимчивости населения к инфекционному патогену с точки зрения возраста и сопутствующих заболеваний. Учитывается влияние степени социализации отдельного индивидуума и уровня его социальных связей, влияющих на частоту контактов с возможной вероятностью передачи инфекции. Дополнительно модель в ходе компьютерного моделирования показала прогностическую реакцию на изменение основных эпидемиологических параметров за счет применения ограничительных мер в виде ужесточения режима самоизоляции и проведения вакцинации минимум до 30% населения. Возможность расчета потребностей в дорогостоящих медицинских услугах в виде стационарной специализированной помощи и реанимационной койке, что позволяет планировать объемы и возможные затраты на предстоящую эпидемию с учетом вводимых ограничительных мер. Подобная модель достаточно универсальна и может использоваться при моделировании инфекционно – эпидемиологических процессов других инфекций с учетом имеющейся социально-демографической структуры населения.

Заключение

Исследование и разработка прогностических клинико - эпидемиологических моделей пандемии COVID-19 является актуальной и важной задачей для принятия возможных управленческих решений руководителями здравоохранения на уровне муниципальных и федеральных субъектов в Российской Федерации. Создание иммунной прослойки среди населения с помощью вакцинации позволяет значительно уменьшить распространение COVID-19, уменьшить процент смертности населения и смягчить нагрузку на систему здравоохранения.

Список литературы

1. *Ерошенко Я.Б., Самхарадзе К.К.* Компьютерная реализация прогнозирования эпидемии гриппа // Научный аспект. – 2018. – № 1-2. – С. 274-284.
2. *Заичко В.А., Павлов Д.А.* Компьютерная модель распространения инфекции в сетевых системах с учетом иммунитета // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития : сборник материалов VIII международного форума, Краснодар, 26–30 декабря 2016 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2017. – С. 347-349.
3. Интерактивный вариант модели доступен для проведения экспериментов на ресурсе COVID-19 Scenarios. Available at, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://covid19-scenarios.org/> (дата обращения 01.03.2021)
4. *Климентьев К.Е.* Мультиагентное моделирование процессов распространения и взаимодействия инфицирующих существ // Программные продукты и системы. – 2018. – № 1. – С. 72-78.
5. *Кондратьев М.А.* Методы прогнозирования и модели распространения заболеваний // Компьютерные исследования и моделирование. – 2013. – Т. 5. – № 5. – С. 863-882.
6. *Левкова Е.А., Сетиашвили Р.И., Савин С.З.* Проблемы создания прогностических моделей пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. – 2021. – Т. 25. – № 1. – С. 31-38. – DOI 10.22363/2313-0245-2021-25-1-31-38.
7. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Агеева А.Ф.* Моделирование эпидемии COVID-19 – преимущества агент-ориентированного подхода // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2020. – Т. 13. – № 4. – С. 58-73. – DOI 10.15838/esc.2020.4.70.3.
8. Управление Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://krasstat.gks.ru/folder/32939> (дата обращения 01.03.2021)
9. Информационный портал о коронавирусе в республике Хакасия, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://стопкоронавирус.хакасия.рф> (дата обращения 01.03.2021)

05.13.18

¹Д.В. Ложкин, ¹П.В.Максимов канд. техн. наук,
²А.В. Николаев д-р техн. наук, ¹А.А. Кротких

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
¹кафедра вычислительной математики, механики и биомеханики,
²кафедра горной электромеханики,
Пермь, denvmm@yandex.ru, pvmperm@mail.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА МЕТАНА В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

В работе проведен анализ публикаций, посвященных проблемам переноса метана в выработанном пространстве шахт и выделения метана из отрабатываемой породы. Материалом для анализа послужили статьи, опубликованные российскими учеными. В работе рассмотрены следующие вопросы: основные уравнения, используемые для описания процессов истечения и переноса метана, аналитические и численные методы решения этих уравнений, представлено распределение работ по используемому программному обеспечению. Представлены ссылки на полный перечень работ по тематике, рассмотренных в исследовании.

Ключевые слова: *воздушно-метановая смесь, газовая динамика, тепломассоперенос, диффузия, математическое моделирование.*

С точки зрения безопасности ведения горных работ для рудников крайне актуальными являются вопросы прогнозирования процессов выделения, распределения, накопления и переноса метана в замкнутом пространстве. В представленной работе предпринята попытка поиска, структурирования и обобщения научных публикаций по тематике исследований, индексированных в РИНЦ, информация о которых представлена на ресурсе www.elibrary.ru. Поиск научных статей по тематике осуществлен по ключевым словам «**метановыделение, истечение метана, метано-воздушная смесь, дегазация, тепломассоперенос, диффузия, многокомпонентная газовая смесь**».

Одной из наиболее опасных аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в шахте, является угроза взрыва вследствие достижения концентрации метана в воздухе выработанного пространства шахты уровня 5-16%. Для предотвращения накопления метана в горной выработке необходимы эффективные системы проветривания и дегазации, однако, нормативные документы, разработанные в 80-х годах на основе осреднения множества факторов, с помощью которых проектируются мероприятия по удалению метана, сегодня оказываются недостаточно пригодными из-за увеличения нагрузок на очистной забой и площадей выработанных пространств [1]. Ошибки в системах проветривания и дегазации приводят к образованию зон с повышенной концентрацией метановоздушной смеси и угрозе ее взрыва. Поэтому необходимой задачей для обеспечения безопасности очистных работ является моделирование процесса движения метановоздушной смеси в выработанном пространстве шахты с целью прогнозирования риска аварийных ситуаций. Актуальность данной тематики поддерживается статистическим анализом аварий в угольных шахтах по аэрогазодинамическому фактору [2]. В данной работе осуществляется обзор научных работ, опубликованных российскими учеными, по рассматриваемой проблеме.

В породах угольных шахт метан сконцентрирован в большом объеме и именно по категории газоносности имеются отличия от других подземных горнодобывающих предприятий. В этой связи подавляющее большинство работ, связанных с моделированием движения газа в выработке, посвящены именно угольным шахтам [1-47]. Чаще всего представленные задачи решаются в одномерной [17, 43, 48, 49] и в трехмерной [4, 47, 50, 51, 52] постановках, реже в двумерной [19, 53, 54].

Течение метановоздушной смеси – сложный процесс тепломассопереноса многокомпонентного газа, для описания которого обычно используются системы уравнений типа Навье-Стокса с учетом дополнительных эффектов, связанных с компонентным составом (диффузия и т.д.) [55].

В качестве основного уравнения, определяющего движение смеси в одномерном случае, выступает закон Фика [10, 17, 43, 48, 56], в котором диффузионный поток каждого вещества зависит от градиента только его собственной концентрации [57]. Такое предположение справедливо для изотермических процессов в приближении независимой диффузии. Данный недостаток можно исправить, используя соотношения Стефана-Максвелла для вывода закона Фика с корректирующей поправкой, при котором диффузионный поток одной компоненты будет зависеть и от концентрации других компонент [58]. В работе [48] в классический закон Фика вводится дополнительная переменная, позволяющая описать процесс релаксации диффузионного потока. Еще одной используемой вариацией уравнения Фика является его запись в форме гипотезы Буссинеска для плотности потока частиц, при котором хаотичное движение частиц в турбулентном потоке газа представляется как диффузионное движение аэрозольной жидкости [49].

При решении задач течения многокомпонентной смеси газов для двумерного случая может использоваться система, описывающая термоупругодиффузионные процессы в сплошной среде, которая включает в себя линеаризованные уравнения движения сплошной среды, уравнение теплопереноса и уравнения массопереноса для каждой компоненты среды [54]. Также возможно использовать гиперболическую (волновую) модель, включающую в себя диффузионную в качестве частного случая [53].

В случае трехмерной постановки используется система уравнений Эйлера, включающая в себя уравнения неразрывности, движения, полной удельной энергии, состояния и концентрации [55, 59, 60, 61, 62]. При описании конвективного тепломассопереноса в вязкой несжимаемой жидкости используется уравнение Навье-Стокса [52]. Для моделирования переноса газовой примеси рассматриваются нестационарное дифференциальное уравнение диффузии [50] или система уравнений О. Рейнольдса [2].

Еще одной важной особенностью, характеризующей метановыделение в шахтах, является перенос метана внутри горной породы посредством двух физических процессов: диффузии в матрицах пористой среды и фильтрации по трещинам, поэтому множество публикаций российских ученых направлено на описание и моделирование данных процессов [2, 5, 6, 8, 9, 10, 15, 18, 19, 29, 43, 63, 64]. Задача переноса метана в породе решается во всех размерностях [4, 6, 19].

В качестве основных уравнений, описывающих фильтрацию метана, в большинстве работ используется уравнение Дарси [3, 6, 19, 22, 25, 26, 63, 64, 65]. Выполнение закона Дарси справедливо только на определенном интервале скоростей фильтрации, и для него можно выделить верхнюю и нижнюю границы [66]. В работе [67] предлагается использовать закон, названный авторами обобщенным законом Форхгеймера из которого, как частные случаи, вытекают законы Дарси и Форхгеймера. Наряду с обычными моделями, также рассматриваются модели фильтрации с фазовыми превращениями газоконденсатных смесей [11, 68].

При рассмотрении диффузионной составляющей движения метана в породе особое внимание уделяется определению или уточнению коэффициентов диффузии [36, 37, 56, 69, 70, 71, 72].

Некоторые работы направлены на моделирование выхода метана с учетом сразу обеих составляющих (диффузионно-фильтрационная модель) [26, 29, 32].

Кроме того, часть работ направлена на изучение процессов и явлений, непосредственно связанных с рассматриваемыми: обоснование предельно допустимой нагрузки на очистной забой по фактору метановой опасности [31], выделение метана на поверхность при прекращении ведения работ в шахтах [3, 18, 73], моделирование переноса атмосферным воздухом метана и других газов [50, 59, 60, 62, 74], связь геомеханики и метанообильности

выработок [16, 42], прогнозирование дебита метана в очистной забой [2, 10, 13, 20, 25, 44], статистические данные об аэродинамическом состоянии выработанных пространств [14] и другое [12, 34, 40].

Для решения вышеописанных задач требуется наличие граничных и начальных условий. Начальными условиями может служить отсутствие или равномерное распределение, т.е. начальная концентрация, молекул метана в нулевой момент времени во всем выработанном пространстве [43]. Граничные условия могут быть: кинематические, смешанные, динамические [54]. Примерами граничных условий могут послужить значения давлений, компонент вектора скорости, плотности, энергии, концентрации, массовый расход, а также условия непроницаемости, приточный вентилятор, вытяжной вентилятор, условия прилипания на границе газовой среды [50, 51, 53, 62].

Основными методами решения уравнений, описывающих перенос метана и процессы его выделения из породы, являются: метод геометрического расщепления, позволяющий заменить пространственное дифференциальное уравнение последовательностью трех одномерных задач [50]; метод Давыдова (крупных частиц), в соответствии с которым система уравнений разделяется по физическим процессам [59, 60, 61, 62, 74]; метод Годунова [4]; метод конечных разностей [11, 49]; метод конечных элементов [2, 27]; метод Рунге-Кутты [63]; метод двойного потока [55]; метод контрольного объема [52]; метод Галеркина [53]. Среди прочего, в работе [68] задача фильтрации с фазовыми переходами решалась в два этапа с использованием схемы «impres» с некоторыми модификациями, многосеточного метода и метода простой итерации.

В качестве программного обеспечения, используемого для реализации предложенных алгоритмов, чаще всего используются собственные разработки авторов [11, 26, 44, 49, 50, 54, 55, 59, 60, 61, 62, 68, 74, 75, 76]. Для решения уравнений или подготовке компьютерных моделей также используются следующие системы и пакеты: Mathcad [6], AutoCAD [2], Eureqa Pro [2], Maple [63], «Текон» [64], ANSYS [27, 51], «АэроСеть» [47]. В ряде работ приводятся аналитические решения поставленных задач [3, 8, 9, 10, 22, 23, 31, 43].

Заключение

В результате проведенного анализа были определены математические постановки задач с разнообразными краевыми условиями и методы их практической реализации, чаще всего применяемые для моделирования переноса метана в горных выработках. Выделены смежные направления исследований, напрямую или косвенно связанные с рассматриваемой тематикой. Определен список используемых программных средств для реализации поставленных задач.

Проведенное исследование основано на 76 публикациях, информация о которых представлена в РИНЦ.

Полный список рассматриваемых публикаций можно скачать по ссылке: www.pmzone.ru/files/Methane_references.docx.

Таблицу, включающую полный перечень выходной информации по каждой рассматриваемой публикации, в том числе, ключевые слова и аннотации к работам, можно скачать по ссылке: www.pmzone.ru/files/Methane_table.xlsx.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края в рамках научного проекта № 20-45-596025.

Список литературы

1. *Козырева Е.Н., Шинкевич М.В.* Проветривание и дегазация выемочного участка при интенсивном метановыделении из обрабатываемого пласта и вмещающих пород // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 4(122). – С. 28-37.
2. *Грязев М.В., Качурин Н.М., Воробьев С.А.* Математические модели аэрогазодинамических и теплофизических процессов при подземной добыче угля на различных стадиях отработки месторождений // Записки Горного института. – 2017. – Т. 223. – С. 99-108.
3. *Стариков Г.П., Юрченко В.М., Мельник Т.Н., Подрухин А.А.* Кинетика фильтрации и выделения метана на поверхность при прекращении ведения работ в угольных шахтах // Физика и техника высоких давлений. – 2019. – Т. 29. – № 1. – С. 95-103.
4. *Харик Е.К., Астанин А.В.* Численное исследование вентиляции горной выработки угольной шахты в трехмерной постановке // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 4-5. – С. 2567-2569.
5. *Беляев В.И., Тимошенко А.М.* Исследование путей фильтрации метана из призабойной зоны разрабатываемого пласта // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2008. – № 2. – С. 88-94.
6. *Каркашадзе Г.Г., Лунин М.Г., Мазаник Е.В.* Модель фильтрации метана из угольного пласта в очистной забой // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № S11. – С. 297-300.
7. *Алексеев А.Д., Молчанов А.Н.* Физическое состояние метана в ископаемом угле в аспекте его извлечения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № S1. – С. 112-121.
8. *Грязев М.В., Качурин А.Н.* Физическая модель и математическое описание движения метана в горном массиве с учетом конечной скорости распространения давления // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2020. – № 2. – С. 235-247.
9. *Качурин А.Н., Васильев П.В.* Прогноз метанообильности и обеспечение аэрологической безопасности подготовительных выработок метанообильных шахт // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016. – № 2. – С. 141-154.
10. *Сластунов С.В., Коликов К. С., Мазаник Е.В., Комиссаров И.А.* Прогноз дебита метана при извлечении из угольных пластов // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 2(82). – С. 77-88.
11. *Цыдытов С.Г.Ц.* Двухфазная фильтрация в трещиновато-пористой среде // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика. – 2019. – № 2. – С. 103-115.
12. *Кулакова С.И., Павлов В.И.* Спектральный анализ процесса метановыделения при повышении нагрузки на очистной забой // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – 2020. – № 18(61). – С. 35-41.
13. *Забурдяев В.С.* Прогноз метановыделения на очистном участке при отработке угольного пласта // Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 6. – С. 31-35.
14. *Забурдяев В.С.* Выработанное пространство очистного забоя: метанообильность, расход воздуха, концентрация метана // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 4. – С. 28-30.
15. *Палеев Д.Ю.* Сетевая задача проветривания горных выработок и выработанного пространства шахты // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – № 5(56). – С. 58-62.
16. *Шинкевич М.В., Плаксин М.С.* Связь геомеханики и метанообильности выработок при ведении подземных горных работ // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 5(123). – С. 15-24.
17. *Козлов Р.Д., Долбня О.В., Ким Т.Л., Фофанов А.А.* Иффузионный перенос метана в поровом пространстве каменных углей и углегазовом растворе // Россия молодая : Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 16–19 апреля 2019 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2019. – С. 91009.1-91009.5

18. Дрижд, Н.А. Хайдина М.П., Рабатулы М. [и др.] Миграция метана в зонах подработки ликвидируемых угольных шахт // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы IX международной научно-практической конференции, Междуреченск, 15 апреля 2020 года. – Междуреченск: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. – С. 114.1-114.9.
19. Леонов Р.Е. Модель распределения потока воздуха в выработанном пространстве шахты shape * MERGEFORMAT // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 3-1(72). – С. 48-53.
20. Шевченко Л.А. Принципы расчета дебита газа в дегазационные скважины большой длины на шахтах Кузбасса // Евразийское Научное Объединение. – 2019. – № 9-1(55). – С. 82-84.
21. Качурин Н.М., Каледина Н.О., Качурин А.Н. Выделения метана с поверхности обнажения угольного пласта в подготовительную выработку // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2011. – № 1. – С. 80-84.
22. Грязев М.В., Качурин А.Н., Абрамов А.В. Фильтрация метана в дегазационную скважину и оценка деформаций законтурного угольного массива // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2019. – № 1. – С. 265-274.
23. Греков С.П., Всякий А.А. Коэффициенты диффузии метана в углях разных степеней метаморфизма // Научный вестник НИИГД Респиратор. – 2020. – № 3(57). – С. 84-91.
24. Стариков Г.П., Юрченко В.М., Мельник Т.Н. [и др.]. Активация диффузии метана в угле под воздействием изменяющихся механических и термодинамических параметров пласта // Физика и техника высоких давлений. – 2019. – Т. 29. – С. 122-130.
25. Ордин А.А., Тимошенко А.М., Ботвенко Д.В. О необходимости изменения методического подхода к расчету дебита метана в высокопроизводительных очистных забоях Кузбасса // Горные науки и технологии. – 2020. – Т. 5. – № 2. – С. 82-91.
26. Алексеев А.Д., Василенко Т.А., Гуменник К.В. [и др.]. Диффузионно-фильтрационная модель выхода метана из угольного пласта // Журнал технической физики. – 2007. – Т. 77. – № 4. – С. 65-74.
27. Наседкина А.А., Труфанов В.Н. Трехмерная конечно-элементная модель гидродинамического воздействия на многослойный угольный пласт с зоной флюидизации // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2006. – Т. 3. – № 3. – С. 14-22.
28. Истомин В.А. Неизотермическая фильтрация газа в призабойной зоне пласта // Научно-технический сборник: Вести газовой науки. – 2013. – № 4(15). – С. 132-141.
29. Калугина Н.А. Взаимное влияние диффузии и фильтрации в процессе истечения метана из угольного массива // Физика и техника высоких давлений. – 2010. – Т. 20. – № 3. – С. 140-149.
30. Алексеев А.Д., Василенко Т.А., Кириллов А.К. [и др.]. Температурная зависимость диффузионных процессов в пористых средах: подвижность метана в углях // Физика и техника высоких давлений. – 2010. – Т. 20. – № 3. – С. 150-156.
31. Стась Г.В. Теоретическое обоснование оценки предельно допустимой нагрузки на очистной забой по фактору метановой опасности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – № 1. – С. 112-120.
32. Алексеев А.Д., Фельдман Э.П., Василенко Т.А. [и др.]. Массоперенос метана в угле, обусловленный совместной фильтрацией и диффузией // Физика и техника высоких давлений. – 2004. – Т. 14. – № 3. – С. 107-118.
33. Греков С.П., Пашковский П.С., Всякий А.А., Старикова И.Г. Влияние истечения метана из угля на снижение его температуры // Научный вестник НИИГД Респиратор. – 2019. – № 3(56). – С. 28-36.
34. Макаров В.В., Одинцев В.Н. Зональная дезинтеграция угольного пласта как явление, предшествующее внезапному "отжиму" пласта // Триггерные эффекты в геосистемах: Материалы V Международной конференции, Москва, 04–07 июня 2019 года / Под редакцией В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ТОРУС ПРЕСС", 2019. – С. 229-236.

35. Греков С.П., Всякий А.А. Кинетика десорбции метана в углях и их охлаждение // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2020. – № 3(7). – С. 116-119.
36. Греков С.П., Всякий А.А. Экспериментально-аналитическое определение коэффициентов диффузии в углях по темпу истечения метана // Научный вестник НИИГД Респиратор. – 2020. – № 1(57). – С. 25-32.
37. Василенко Т.А., Кириллов А.К., Шажко Я.В., Волошина Н.И. Скейлинговое представление процесса десорбции метана из природного сорбента // Физика и техника высоких давлений. – 2007. – Т. 17. – № 4. – С. 91-99.
38. Курленя М.В., Сердюков С.В. Десорбция и миграция метана в термодинамически неравновесном угольном массиве // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – № 1. – С. 61-68.
39. Алексеев А.Д., Васильковский В.А., Стариков Г.П., Спозжакин А.И. Распределение метана в угле и метод экспресс диагностики метановой подсистемы в угольном пласте // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № S11. – С. 273-292.
40. Алексеев А.Д., Василенко Т.А., Кириллов А.К. [и др.]. Использование методов ЯМР при исследовании подвижности метана в объеме пор ископаемого угля // Физика и техника высоких давлений. – 2009. – Т. 19. – № 4. – С. 118-128.
41. Шажко Я.В. Экспресс-метод определения давления и количества метана в угольных пластах // Физико-технические проблемы горного производства. – 2011. – № 14. – С. 60-67.
42. Фейт Г.Н., Малинникова О.Н. Особенности и закономерности геомеханических и физико-химических процессов формирования очагов опасности газодинамических явлений в шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № S13. – С. 192-206.
43. Каркашадзе Г.Г., Коликов К.С. Оценка величины дегазируемых запасов угля по динамике газовыделения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № S5. – С. 357-363.
44. Качурин Н.М., Воробьев С.А., Афанасьев О.А., Шкуратский Д.Н. Прогноз газовых ситуаций в угольных шахтах в периоды падения атмосферного давления // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 1. – С. 152-158.
45. Стась Г.В., Рожков В.Ф., Соколова С.С., Бородкина Н.Н. Газовыделение с поверхности породугольного отвала // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 1. – С. 45-52.
46. Качурин Н.М., Воробьев С.А., Рыбак Л.Л., Сидоров Р.В. Процессы теплообмена на породных отвалах шахт Кузбасса // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2015. – № 2. – С. 48-56.
47. Левин Л.Ю., Палеев Д.Ю., Семин М.А. Расчет устойчивости воздушных потоков в выработках шахтных вентиляционных сетей по фактору тепловой депрессии // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2020. – № 1. – С. 81-85.
48. Обухова Е.В., Рагозина В.Е. О гиперболической теории массопереноса в двухкомпонентных несжимаемых смесях // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2006. – № 4(128). – С. 103-105.
49. Лаптев А.Г., Башаров М.М., Исхаков А.Р. Модель переноса мелкодисперсной фазы в турбулентных газовых средах // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 14. – С. 96-99.
50. Батракова Г.М., Бояришинов М.Г., Горемыкин В.Д. Моделирование переноса и рассеивания в атмосферном воздухе метана, эмитированного с территории захоронения твердых бытовых отходов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2005. – № 1. – С. 256-262.
51. Лепеш Г.В., Потемкина Т.В., Спроге Г.А. Моделирование процесса теплообмена в программной среде Ansys/Fluent при дифференцированном отоплении подземного перехода // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2015. – № 4(34). – С. 41-48.

52. Боков А.В., Корытова М.А., Самаров А.Б. Численное моделирование конвективного теплопереноса в сферических координатах // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2019. – Т. 12. – № 1. – С. 96-109.
53. Мошинский А.И. Дисперсия динамически пассивной примеси при неоднородном течении жидкости // Прикладная механика и техническая физика. – 2004. – Т. 45. – № 4(266). – С. 85-101.
54. Давыдов С.А., Земсков А.В. Постановка двумерной задачи термоупругой диффузии для изотропного многокомпонентного слоя // XLVII Гагаринские чтения: Сборник трудов Международной молодежной научной конференции. Секция "Механика и моделирование материалов и технологий", Москва, 20–23 апреля 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, 2021. – С. 46-48.
55. Борисов В.Е., Рыков Ю.Г. Моделирование течений многокомпонентных газовых смесей с использованием метода двойного потока // Математическое моделирование. – 2020. – Т. 32. – № 10. – С. 3-20.
56. Горский В.В., Оленичева А.А. О применимости закона бинарной диффузии к расчету тепло- и массообмена в газовых смесях сложного химического состава // Теплофизика высоких температур. – 2011. – Т. 49. – № 1. – С. 69-72.
57. Шевелев Ю.Д., Сызранова Н.Г. Моделирование процессов переноса в многокомпонентных газовых средах // Модели и методы аэродинамики: Материалы Двенадцатой Международной школы-семинара, Евпатория, 04–13 июня 2012 года. – Евпатория: Московский центр непрерывного математического образования, 2012. – С. 198-199.
58. Сызранова Н.Г., Шевелев Ю.Д. О моделировании диффузии в многокомпонентных газовых средах // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. – 2011. – Т. 12. – № 1. – С. 9.
59. Бояришинов М.Г., Балабанов Д.С., Харченко А.В. Перенос и рассеяние воздушным потоком тяжелого нагретого газа // Вестник Пермского государственного технического университета. Прикладная математика и механика. – 2011. – № 9. – С. 7-18.
60. Бояришинов М.Г., Харченко А.В., Балабанов Д.С. Перенос и рассеяние воздушным потоком тяжелого нагретого газа // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2011. – № 2(50). – С. 204-209.
61. Бояришинов М.Г., Балабанов Д.С. Перенос и рассеяние воздушным потоком тяжелого газа, эмитированного точечным источником // Вестник Пермского государственного технического университета. Механика. – 2010. – № 3. – С. 72-84.
62. Бочкарев С.В., Бояришинов М.Г., Цаплин А.И. Моделирование теплопереноса при выбросе продуктов сгорания в открытую атмосферу // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – 2011. – № 2(7). – С. 231-234.
63. Волохова А.В., Земляная Е.В., Качалов В.В. [и др.]. Численное исследование фильтрации газоконденсатной смеси в пористой среде // Компьютерные исследования и моделирование. – 2018. – Т. 10. – № 2. – С. 209-219.
64. Клочкова Л.В., Повеценок Ю.А., Тишкин В.Ф. Нелинейные эффекты двухфазной фильтрации при разработках месторождений углеродов // Материалы XXI Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2019): Материалы конференции, Алушта, 24–31 мая 2019 года. – Алушта: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2019. – С. 478-480.
65. Толпаев В.А., Гоголева С.А. Уравнения пространственной изотермической фильтрации совершенного газа и их модификация для двух- и одномерных частных случаев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2006. – № S11. – С. 16-21.

66. *Дмитриев Н.М., Максимов В.М.* О вариантах построения нелинейных законов фильтрации и эффектах фильтрационных течений при нарушении закона Дарси с изотропными фильтрационными свойствами // Доклады Академии наук. – 2000. – Т. 373. – № 3. – С. 329-331.
67. *Толпаев В.А., Гоголева С.А.* Математические модели притока газа к скважине для фильтрации, подчиняющейся обобщенному закону Форхгеймера // Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики: труды Международной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика Г. И. Марчука, Новосибирск, 19–23 октября 2015 года. – Новосибирск: Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 2015. – С. 777-781.
68. *Моисеева Е.Ф., Моисеев К.В., Калиновский Ю.В.* Математическое моделирование фильтрации системы "метан- вода" с фазовыми переходами // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики : Сборник трудов в 4-х томах, Уфа, 19–24 августа 2019 года. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2019. – С. 1228-1229.
69. *Троцкий Ю.В.* О диффузии в решеточном газе при больших градиентах концентраций // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 10-1(88). – С. 17-25.
70. *Медведев А.Б.* Оценка коэффициентов самодиффузии и взаимной диффузии бинарной смеси на основе модифицированной модели Ван-дер-Ваальса // Физика горения и взрыва. – 2017. – Т. 53. – № 4. – С. 58-71.
71. *Жаврин Ю.И., Молдабекова М.С., Асембаева М.К.* [и др.]. Температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии для двух многокомпонентных газовых систем, содержащих воздух, водород и некоторые углеводороды // Вестник Казахского национального университета. Серия физическая. – 2017. – № 1(60). – С. 4-11.
72. *Вановский В.В., Петров А.Г.* О применимости современных программных продуктов для моделирования шахтенной вентиляции // Материалы XXI Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСПС'2019): Материалы конференции, Алушта, 24–31 мая 2019 года. – Алушта: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2019. – С. 416-418.
73. *Мельник Т.Н., Подрухин А.А.* Модель массопереноса метана в геодинамически активных зонах // Проблемы горного дела: Сборник научных трудов II Международного Форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков, посвященного 100-летию ДонНТУ, Донецк, 08–09 апреля 2021 года. – г. Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 240-244.
74. *Бояришинов М.Г., Балабанов Д.С.* Вычислительное моделирование переноса и рассеяния воздушным потоком отработанных газов автотранспорта над территорией городского квартала // Вычислительная механика сплошных сред. – 2011. – Т. 4. – № 3. – С. 13-20.
75. *Бояришинов М.Г., Балабанов Д.С., Харченко А.В.* Моделирование и исследование распределения отработанных газов автомобильного транспорта над урбанизированной территорией // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 1. – С. 13-22.
76. *Бояришинов М.Г.* Моделирование и анализ переноса газовых выбросов от автомобильного потока со случайными характеристиками // Прикладная механика и техническая физика. – 2000. – Т. 41. – № 6(244). – С. 86-94.

05.13.18

А.С. Мальцев, П.В. Максимов канд. техн. наук

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
кафедра вычислительной математики, механики и биомеханики,
Пермь, Lekanys@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ В КВАРЦЕВОМ МАЯТНИКОВОМ АКСЕЛЕРОМЕТРЕ

В современных условиях существует потребность в инерциальных навигационных системах (ИНС), важной частью которых являются акселерометры. Это делает актуальной задачу моделирования сборки узлов акселерометра. В данной работе представлено моделирование сварочного соединения акселерометра. Были проведены численные и натурные эксперименты по сборке датчика, качественное совпадение которых подтвердило адекватность и пригодность созданной компьютерной модели акселерометра.

Ключевые слова: *акселерометр, сварка, конечные элементы, температурный расчет, ANSYS.*

Целью данной работы является моделирование сварочного соединения в кварцевом акселерометре КА-1.

Принципы работы акселерометров представлены в работах [1,2].

Объектом исследования является кварцевый маятниковый акселерометр КА-1 [3], предназначенный для работы в температурном диапазоне от -55 до +85 °С. Основная конструкция акселерометра КА-1 представлена на рисунке 1.

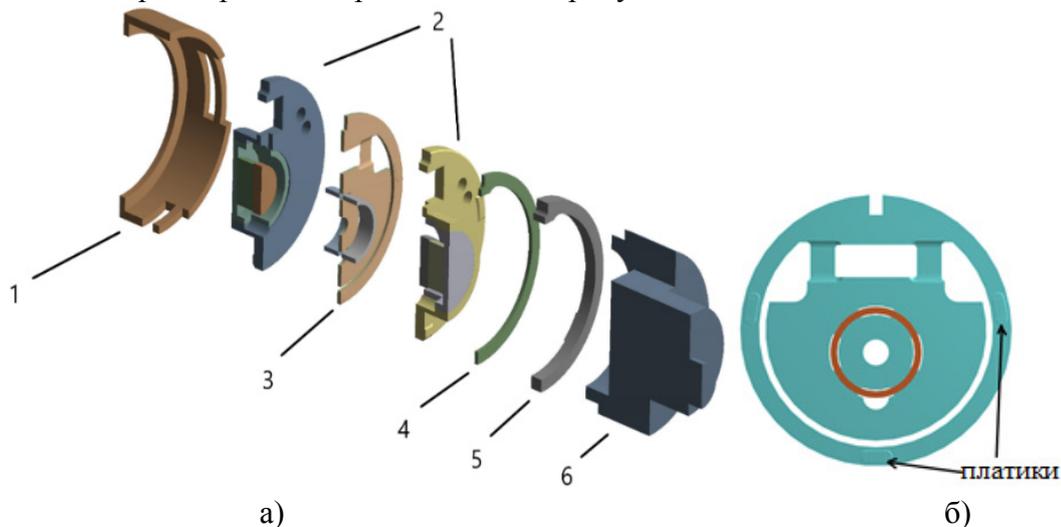


Рис. 1 – а) Основные элементы акселерометра: 1-штулка обоймы, 2-верхняя\нижняя магнитная система (МС), 3-подвес, 4-пружина, 5-запорное кольцо, 6-державка б) платики на подвесе

В процессе моделирования рассматривался упрощенный конструктив акселерометра (присутствует только верхняя магнитная система, втулка обоймы, запорное кольцо, пружина и державка), так как на таком конструктиве можно в полной мере заметить влияние сварки на остаточное усилие, передаваемое магнитной системой на платики подвеса.

Решается задача механики деформируемого твердого тела с учетом термоупругого поведения материала. Выполняется последовательное решение двух задач. Сперва решается температурная задача, по результатам которой определяется распределение поля температуры в трехмерной конструкции, после чего выполняется решение задачи о деформировании элементов акселерометра в сборке при заданных граничных условиях (внешние нагрузки, закрепления) с учетом температурных деформаций. В процессе моделирования НДС в устройстве определяется усилие на платиках.

Математическая постановка задачи включает в себя следующие уравнения:

Уравнения равновесия для произвольной системы координат:

$$\sigma_{,j}^{ij} + \rho F^i = 0,$$

где σ^{ij} – напряжения, ρ – плотность, F^i – объемные нагрузки.

Уравнение теплопроводности:

$$c\rho \frac{dT}{dt} = \lambda \Delta T + q_V,$$

где c – теплоемкость, q_V – объемный тепловой поток, T – температура, λ – коэффициент теплопроводности.

Физические соотношения, учитывающие температурные деформации тела:

$$\varepsilon_{ij} = S_{ijkl}\sigma_{kl} - \alpha_{ij}\Delta T,$$

где S_{ijkl} – матрица податливости, α_{ij} – коэффициент температурного расширения, ΔT – разница температур

Геометрические соотношения имеют вид:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i})$$

Граничные условия представляют собой запрет на перемещения вдоль акселерометра на нижней границе Γ_1 втулки обоймы (дно втулки).

$$u|_{\Gamma_1} = 0,$$

где $u|_{\Gamma_1}$ – перемещение на границе Γ_1 .

Тепловые граничные условия:

$$\begin{aligned} T|_{\Gamma_2} &= T, \\ \frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma_3} &= -\frac{K}{\lambda}(T_c - T_n), \end{aligned}$$

где K – коэффициент конвекции, T_c – температура среды, T_n – температура поверхности теплообмена.

Процесс сборки моделируется в программном пакете ANSYS с помощью методики “смерти и оживления” элементов конструкции. Методика “смерти и оживления” конечных элементов в ANSYS для моделирования сварочного соединения, заключается в том, что предварительно создается полная модель изделия, после чего жесткость временно отключаемых “мертвых” элементов понижается до около нулевого значения.

Результаты моделирования представлены на рисунке 2 (синяя линия). Последовательность моделируемых технологических операций следующая: на 1 этапе происходит сваривание в нижнем пазе магнитной системы и втулки обоймы, на 2 этапе – сваривание в верхнем пазе магнитной системы и втулки обоймы, на 3 этапе – сваривание во втором нижнем пазе запорного кольца и втулки обоймы, на 4 этапе – сваривание во втором верхнем пазе запорного кольца и втулки обоймы, на 5 этапе – релаксация.

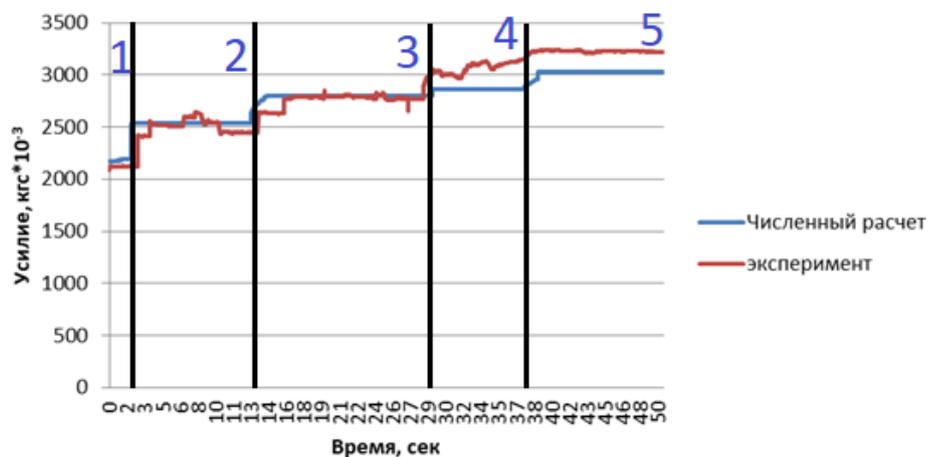


Рис. 2 – Зависимость усилия от времени.

Сравнение экспериментальных данных и результатов моделирования

С целью верификации созданной компьютерной модели были проведены натурные эксперименты, во время которых определялись усилия во время сварки. Отличие этих экспериментов от предыдущего случая в том, что уже вместо всего чувствительного элемента используется только верхняя магнитная система.

Последовательность эксперимента:

- приложение усилия 2 кгс;
- сварка пазов по магнитным системам точечно;
- сварка пазов по кольцам запорным;
- сварка пазов по магнитным системам сплошным швом длиной 2 мм;
- сварка пазов по кольцам запорным сплошным швом длиной 2 мм;

Результаты эксперимента представлены на рисунке 2 (красная линия). Нумерация этапов натурального эксперимента полностью повторяют численный расчет.

Колебания и неровности графика можно объяснить тем, что во время эксперимента устройство находится в руках оператора и он его всячески поворачивает для того чтобы нанести сварные швы и в это время датчик показывает резкие и небольшие изменения в усилии.

Совместный анализ приведенных на рисунке 2 зависимостей показывает, что результаты численного расчета хорошо повторяют натуральный эксперимент. Максимальное отличие усилии составляет 9%.

Заключение

Таким образом, можно констатировать, что в рамках работы:

- создана трехмерная конечно-элементная модель, соответствующая сборке элементов маятникового акселерометра, позволяющая определять напряженно-деформированное состояние элементов акселерометра при различных внешних воздействиях, в том числе, температурных.

- проведены натурные испытания, повторяющие технологические операции изготовления исходного объекта исследования с использованием сварных соединений. Результаты численного моделирования процесса сборки акселерометра адекватно соответствуют результатам натуральных экспериментов.

- созданная верифицированная компьютерная модель может быть использована для определения и анализа основных закономерностей механического поведения элементов акселерометра, в том числе, для определения работоспособности акселерометра при разных способах его технологического исполнения, что и будет продемонстрировано в последующих работах.

Список литературы

1. *Вавилов В.Д.* Интегральные датчики: Учебник/ Нижегород. гос. техн. ун-т Н. Новгород. 2003. – 503 с.
2. *Распопов В.Я.* Микромеханические приборы: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с
3. *Максимов П.В., Конотов Д.А.* Численная модель маятникового акселерометра с учетом электрического аналогового контура обратной связи. // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 7. С. 127-130.

05.13.18

Е.Н. Минаев д-р техн. наук

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
 физико-технический факультет,
 кафедра физики,
 Саратов, altaevge@yandex.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОГО
 ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В РАСТВОРЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
 КОЭФФИЦИЕНТОВ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ.**

На основе анализа стационарной краевой задачи о распределении электрического потенциала в растворе, решена задача параметрической идентификации по определению коэффициентов граничных условий. Этими коэффициентами являются удельная электропроводность раствора и поляризационное сопротивление на границе раздела фаз. Получены аналитические выражения для нахождения этих величин.

Ключевые слова: электролиты, электрическое поле, краевые задачи.

Как правило, краевые задачи математической физики используются при расчётах пространственного распределения каких-либо физических величин. При этом коэффициенты дифференциального уравнения и граничных условий являются заданными. Такие задачи называются прямыми. Но, как известно, существуют и обратные задачи (иногда их называют задачами параметрической идентификации), когда коэффициенты краевой задачи и граничных условий неизвестны, и требуется на основе анализа этой задачи и какой-либо дополнительной информации определить указанные коэффициенты [1,2].

В данной работе на основе анализа краевой задачи о распределении электрического потенциала φ в растворе устанавливаются аналитические зависимости, позволяющие определить коэффициенты граничных условий (удельную электропроводность раствора λ и поляризационное сопротивление α). Указанные параметры используются при технологическом контроле электролитов.

Расчёт стационарного электрического поля в растворе проводится на основе решения уравнения Лапласа [3,4].

Рассмотрим систему, состоящую из цилиндрического катода и цилиндрического анода с одинаковым радиусом R , имеющих единую ось симметрии. Полости катода и анода заполнены электропроводным раствором. Продольная координата катода изменяется в пределах $0 < x < x_1$, а продольная координата анода – в пределах $x_1 < x < l$. Радиальная координата изменяется в пределах $0 < r < R$. Запишем внутреннюю краевую задачу для уравнения Лапласа в с осевой симметрией

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = 0, \quad 0 < x < l, \quad 0 < r < R, \quad (1)$$

$$\varphi - \mu \frac{\partial \varphi}{\partial r} = \varphi_x, \quad 0 < x < x_1, \quad r = R, \quad (2)$$

$$\varphi - \mu \frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0, \quad x_1 < x < l; \quad r = R \quad (3)$$

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right|_{x=l} = 0, \quad 0 < r < R \quad (4)$$

где: $\mu = \alpha \lambda$; φ_x – разность потенциалов между поверхностью катода и поверхностью анода.

Требуется определить аналитические зависимости

$$\alpha = f_1(\Omega_1), \quad \lambda = f_2(\Omega_2) \quad (5)$$

где Ω_1 и Ω_2 – величины, которые относительно легко могут быть измерены в эксперименте. Причём, вопрос о том, что представляют собой величины Ω_1 и Ω_2 , выяснится в процессе анализа.

С учётом граничных условий (4), к данной задаче удобно применить пару прямого и обратного интегрального косинус-преобразование с конечными пределами интегрирования [5], после чего уравнение (1) преобразуется в обыкновенное дифференциальное уравнение для изображения $\bar{\varphi}_k$

$$\frac{d^2 \bar{\varphi}_k}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d \bar{\varphi}_k}{dr} - \left(\frac{k\pi}{l}\right)^2 \bar{\varphi}_k = 0 \quad (6)$$

решение которого может быть выражено через цилиндрические функции: функцию Макдональда $K_0(\xi)$ и модифицированную функцию Бесселя $I_0(\xi)$ нулевых порядков

$$\bar{\varphi}_k(r) = A_k I_0\left(\frac{k\pi}{l}r\right) + B_k K_0\left(\frac{k\pi}{l}r\right)$$

Учитывая, что на оси датчика при $r = 0$, $K_0(0) \rightarrow \infty$, решение упрощается

$$\bar{\varphi}_k(r) = A_k I_0\left(\frac{k\pi}{l}r\right) \quad (7)$$

Используя условия (2), (3) на границе металл – раствор, определим константу интегрирования A_k , для чего применим к этим граничным условиям косинус – преобразование, и после некоторых преобразований получим

$$A_k = \varphi_x \frac{l}{\pi} \frac{\sin\left(\frac{k\pi}{l}x_1\right)}{\left(I_0\left(\frac{k\pi}{l}R\right) + \mu \frac{k\pi}{l} I_1\left(\frac{k\pi}{l}R\right)\right)} \cdot \frac{1}{k} \quad (8)$$

Объединяя далее выражения (7), (8) и возвращаясь от изображения к потенциалу, найдём его распределение по координатам

$$\varphi(x, r) = \varphi_x \frac{x_1}{l} + \varphi_x \frac{2}{\pi} \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin\left(\frac{k\pi}{l}x_1\right) I_0\left(\frac{k\pi}{l}r\right) \cos\left(\frac{k\pi}{l}x\right)}{k \left(I_0\left(\frac{k\pi}{l}R\right) + \mu \frac{k\pi}{l} I_1\left(\frac{k\pi}{l}R\right)\right)} \right\} \quad (9)$$

Вычислим ток J , протекающий через датчик, путём интегрирования плотности тока вдоль поверхности катода

$$J = 2\pi R \int_0^{x_1} \left(\frac{\varphi(x, R) - \varphi_x}{\alpha} \right) dx \quad (10)$$

$$\alpha \cdot \frac{J}{\varphi_x} = 2\pi R \left\{ -x_1 + \frac{x_1^2}{l} + \frac{2l}{\pi^2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin^2\left(\frac{k\pi}{l}x_1\right) I_0\left(\frac{k\pi}{l}R\right)}{k^2 \left(I_0\left(\frac{k\pi}{l}R\right) + \mu \frac{k\pi}{l} I_1\left(\frac{k\pi}{l}R\right)\right)} \right\} \quad (11)$$

где $J/\varphi_x = 1/R_{эл}$, $R_{эл}$ – полное электрическое сопротивление датчика.

Зависимость (11) является конкретной реализацией первого из соотношений (5) при параметрической идентификации α и μ применительно к цилиндрическому датчику. В обобщённом виде её можно записать следующим образом

$$\frac{\alpha}{R_{эл}} = f(\mu), \quad \text{где} \quad \mu = \alpha \lambda \quad (12)$$

Из данного соотношения следует, что в качестве дополнительной информации при параметрической идентификации нужно использовать значение полного сопротивления датчика, то есть $\Omega_1 = R_{эл}$.

Для получения второго из соотношений (5) запишем краевую задачу только для полости анода

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = 0, \quad 0 < x < l, \quad 0 < r < R, \quad (13)$$

$$\varphi - \mu \frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0, \quad 0 < x < l; \quad r = R, \quad (14)$$

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right|_{x=0} = -\frac{J}{\lambda \pi R^2}, \quad \left. \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right|_{x=l} = 0, \quad 0 < r < R \quad (15)$$

В данном случае под l понимается только длина цилиндрического анода.

Решая эту задачу аналогично задаче (1) – (4), найдём распределение потенциала в объёме электролита, заполняющем анод

$$\begin{aligned} \varphi(x, r) = & -\frac{J}{4\pi\lambda l} \left(\frac{r^2}{R^2} - 1 \right) + \frac{\alpha J}{2\pi R l} + \\ & + \frac{2Jl}{\lambda\pi^3 R^2} \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos\left(\frac{k\pi}{l}x\right)}{k^2} - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{I_0\left(\frac{k\pi}{l}r\right)\cos\left(\frac{k\pi}{l}x\right)}{k^2 \left(I_0\left(\frac{k\pi}{l}R\right) + \mu \frac{k\pi}{l} I_1\left(\frac{k\pi}{l}R\right) \right)} \right\} \end{aligned} \quad (16)$$

Далее вычислим ток J_1 на участке анода, примыкающего к катоду

$$\frac{J_1}{J} = \frac{x_1}{l} + \frac{2}{R\mu} \left\{ \frac{x_1^3}{6l} - \frac{x_1^2}{2} + \frac{x_1 l}{3} - \frac{2l^2}{\pi^3} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin\left(\frac{k\pi}{l}x_1\right)}{k^3 \left[1 + \mu \frac{k\pi}{l} \cdot I_1\left(\frac{k\pi}{l}R\right) / I_0\left(\frac{k\pi}{l}R\right) \right]} \right\} \quad (17)$$

Расчёты показали, что при малых значениях μ это выражение не устойчиво к вычислительным погрешностям за счёт округления чисел при компьютерном расчёте. Путём некоторых преобразований было получено устойчивое выражение

$$\frac{J_1}{J} = \frac{x_1}{l} + \frac{4l}{\pi^2 R} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin\left(\frac{k\pi}{l}x_1\right)}{k^2 \left(\mu \frac{k\pi}{l} + I_0\left(\frac{k\pi}{l}R\right) / I_1\left(\frac{k\pi}{l}R\right) \right)} \quad (18)$$

Зависимость (18) является конкретной реализацией второго из соотношений (5) при параметрической идентификации α и μ . Запишем его в обобщённом виде

$$J_1/J = g(\mu), \quad \text{где} \quad \mu = \alpha \lambda \quad (19)$$

Из соотношения (19) следует, что в качестве дополнительной информации при параметрической идентификации нужно использовать значение отношения токов, то есть $\Omega_2 = J_1/J$.

Отметим, при заданных размерах электродов, зависимости (11) и (19) рассчитывается один раз до начала эксплуатации датчика и используется во всех последующих измерениях на нём. Следовательно, они играют роль рабочих характеристик датчика.

Подводя итог работы, сформулируем принцип параметрической идентификации в рассматриваемом случае:

- 1) используя экспериментальное значение J_1/J , при помощи зависимости (19) находят значение μ ;
- 2) по известному значению μ , используя зависимость (12), находят отношение $\alpha/R_{эл}$;
- 3) используя экспериментальное значение $R_{эл}$, находят поляризационное сопротивление α ;
- 4) зная значения α и μ , определяют удельную электропроводность раствора λ .

Список литературы

1. Минаев Е.Н. Основы физических измерений и их анализа: учебное пособие. – Саратов: Изд-во КУБиК, 2013. – 121 с.
2. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена / О.М. Алифанов. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
3. Иванов В.Т. Оптимизация электрических полей, контроль и автоматизация гальванообработки / В.Т. Иванов, В.Г. Гусев, А.Н. Фокин. – М.: Машиностроение, 1986. – 369с.
4. Гнусин Н.П. Основы теории расчета и моделирования электрических полей в электролитах / Н.П. Гнусин, Н.П. Поддубный, А.И. Маслий. – Новосибирск: Наука, 1972. – 276с.
5. Минаев Е.Н. Прикладные задачи математической физики: учебное пособие / Е.Н Минаев. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю.А., 2016. – 160 с.

05.13.18

Т.И. Михалёва, К.М. Расулов д-р физ.-мат. наук

Смоленский государственный университет,
 физико-математический факультет,
 кафедра математического анализа,
 Смоленск, kahrimanr@yandex.ru, tat.timopheeva@yandex.ru

**О РЕШЕНИИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА КАРЛЕМАНА
 ДЛЯ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ВТОРОГО РОДА
 В КРУГОВЫХ ОБЛАСТЯХ**

Рассматривается краевая задача типа задачи Карлемана для квазигармонических функций. Получен явный метод решения рассматриваемой задачи в классе квазигармонических функций второго рода в круговых областях. Установлена зависимость картины разрешимости однородной задачи типа Карлемана от радиуса круговой области.

Ключевые слова: *краевая задача типа Карлемана, квазигармоническая функция, дифференциальное уравнение, круговая область, картина разрешимости.*

1. Постановка задачи. Пусть T^+ – конечная односвязная область на плоскости переменного $z = x + iy$, ограниченная гладким контуром L .

Напомним [1], что квазигармоническими функциями рода n в области T^+ называются функции вида

$$W(z) = \sum_{k=0}^n A_k^n \left(\frac{\bar{z}}{1+z\bar{z}} \right)^{n-k} \frac{d^k \varphi(z)}{dz^k}, \quad (1)$$

где $A_k^n = (-1)^{n-k} \frac{(2n-k)!}{k!(n-k)!}$, а $\varphi(z)$ – аналитическая в T^+ функция, называемая *аналитической компонентой* квазигармонической функции $W(z)$.

Впервые в работе [2] было установлено, что всякая функция вида (1) является решением дифференциального уравнения

$$\frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \bar{z}} + \frac{n(n+1)}{(1+z\bar{z})^2} W = 0, \quad (2)$$

где $\frac{\partial}{\partial z} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y} \right)$, $\frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y} \right)$, а n – некоторое фиксированное натуральное число.

В работе [3] была сформулирована следующая краевая задача GK^n : *требуется найти все квазигармонические рода n функции $W(z)$, принадлежащие классу $\mathcal{Q}_n(T^+) \cap H^{(n)}(L)$ и удовлетворяющие на L условию:*

$$W^+[\alpha(t)] = G(t) \overline{W^+(t)} + g(t), \quad (3)$$

где $W^+(t) = \lim_{z \rightarrow t \in L} W(z)$; $\alpha(t)$ – прямой сдвиг контура, для которого выполняется условие Карлемана

$$\alpha[\alpha(t)] = t, \quad (4)$$

а $G(t)$ и $g(t)$ – заданные на контуре L функции, удовлетворяющие условию Гёльдера совместно с производными включительно до порядка n (т.е. $G(t), g(t) \in H^{(n)}(L)$), причем $G(t) \neq 0$, $\alpha'(t) \neq 0$ и $\alpha'(t) \in H(L)$.

Следуя [3], задачу GK_n будем называть *задачей типа задачи Карлемана для квазигармонических функций рода n в области T^+* , при этом соответствующую ей однородную задачу ($g(t) \equiv 0$) назовем *задачей GK_n^0* .

В работе [3] был разработан способ построения общего решения задачи GK_n в случае, когда $T^+ = \{z : |z| < 1\}$ и $n = 1$. Основной целью настоящей заметки является построение общего метода решения задачи GK_n в случае, когда $T^+ = T_r^+ = \{z : |z| < r\}, r > 0\}$ и $n = 2$, а также установление зависимости картины разрешимости однородной задачи GK_2^0 от величины радиуса рассматриваемой круговой области.

2. О решении задачи GK_n в случае $n = 2$ и $T^+ = T_r^+ = \{z : |z| < r\}, r > 0\}$. Так как в случае $n = 2$ представление (1) принимает вид

$$W(z) = \frac{d^2\varphi^+(z)}{dz^2} - \frac{6\bar{z}}{1+z\bar{z}} \frac{d\varphi^+(z)}{dz} + 12 \left(\frac{\bar{z}}{1+z\bar{z}} \right)^2 \varphi^+(z), \tag{5}$$

где $\varphi^+(z) \in A(T_r^+) \cap H^{(2)}(L_r)$, а в точках окружности $L_r = \{t : |t| = r\}$ выполняются

тождества $\bar{t} = \frac{r^2}{t}$ и $\overline{\alpha(t)} = \frac{r^2}{\alpha(t)}$, то краевое условие (3) при $n = 2$ можно переписать так:

$$\begin{aligned} [\alpha(t)]^2 \frac{d^2\varphi^+[\alpha(t)]}{dt^2} - \frac{6r^2}{1+r^2} \alpha(t) \frac{d\varphi^+[\alpha(t)]}{dt} + \frac{12r^4}{(1+r^2)^2} \varphi^+[\alpha(t)] = \\ = G_1(t) \left(t^2 \frac{d^2\varphi^+(t)}{dt^2} - \frac{6r^2}{1+r^2} t \frac{d\varphi^+(t)}{dt} + \frac{12r^4}{(1+r^2)^2} \varphi^+(t) \right) + g_1(t), \quad t \in L_r, \end{aligned} \tag{6}$$

где $G_1(t) = \frac{t^2[\alpha(t)]^2}{r^2} G(t)$, $g_1(t) = [\alpha(t)]^2 g(t)$.

Далее, вводя в рассмотрение вспомогательную аналитическую в круге T_r^+ функцию вида

$$\Phi(z) = z^2 \frac{d^2\varphi^+(z)}{dz^2} - \frac{6r^2}{1+r^2} z \frac{d\varphi^+(z)}{dz} + \frac{12r^4}{(1+r^2)^2} \varphi^+(z), \quad z \in T_r^+, \tag{7}$$

где $\varphi^+(z)$ – аналитическая компонента искомой квазигармонической функции $W(z)$, в свою очередь, краевое условие (6) можно записать в виде

$$\Phi^+[\alpha(t)] = G_1(t) \overline{\Phi^+(t)} + g_1(t), \quad t \in L_r. \tag{8}$$

Но равенство (8) является граничным условием классической задачи типа Карлемана относительно аналитической функции $\Phi^+(z)$ класса $A(T_r^+) \cap H(L_r)$ (см., например, [4, с. 172]).

Предположим, что задача типа Карлемана с краевым условием (8) разрешима и уже найдено ее общее решение $\Phi^+(z)$. Тогда (с учетом (7)) для нахождения аналитической компоненты $\varphi^+(z)$ искомой квазигармонической функции $W(z)$ достаточно решить в классе $A(T_r^+) \cap H^{(2)}(L_r)$ линейное дифференциальное уравнение Эйлера вида

$$z^2 \frac{d^2\varphi^+(z)}{dz^2} - \frac{6r^2}{1+r^2} z \frac{d\varphi^+(z)}{dz} + \frac{12r^4}{(1+r^2)^2} \varphi^+(z) = \Phi^+(z), \quad z \in T_r^+, \tag{9}$$

где $\Phi^+(z)$ – общее решение задачи типа Карлемана (9).

Введем теперь в рассмотрение однородное линейное дифференциальное уравнение Эйлера, соответствующее неоднородному уравнению (9), то есть уравнение вида

$$z^2 \frac{d^2 \varphi^+(z)}{dz^2} - \frac{6r^2}{1+r^2} z \frac{d\varphi^+(z)}{dz} + \frac{12r^4}{(1+r^2)^2} \varphi^+(z) = 0, \quad z \in T_r^+ \quad (10)$$

Как известно (см., например, [5]), *общее решение* $\varphi_{o.n}(z)$ линейного неоднородного уравнения (10) представляется в виде

$$\varphi_{o.n}(z) = \varphi_{o.o}(z) + \varphi_{ч.н}(z), \quad (11)$$

где $\varphi_{o.o}(z)$ – *общее решение однородного уравнения* (10), а $\varphi_{ч.н}(z)$ – *какое-нибудь частное решение* неоднородного уравнения (9).

Нетрудно проверить (см. также [5, с. 137]), что аналитические в круге $T_r^+ = \{z : |z| < r\}$ решения однородного уравнения Эйлера (10) можно задавать формулой

$$\varphi_{o.o}^+(z) = \begin{cases} 0, & \text{если } r \neq \sqrt{2-\sqrt{3}}, r \neq 1, r \neq \sqrt{2+\sqrt{3}}, \\ c_1 z^2, & \text{если } r = \sqrt{2-\sqrt{3}}, \\ c_2 z + c_3 z^3, & \text{если } r = 1, \\ c_4 z^2, & \text{если } r = \sqrt{2+\sqrt{3}}, \end{cases} \quad (12)$$

где c_m ($m = 1, 2, 3, 4$) – произвольные комплексные постоянные.

С учетом (12) из (11) получаем

$$\varphi_{o.n}^+(z) = \begin{cases} \varphi_{ч.н}(z), & \text{если } r \neq \sqrt{2-\sqrt{3}}, r \neq 1, r \neq \sqrt{2+\sqrt{3}}, \\ c_1 z^2 + \varphi_{ч.н}(z), & \text{если } r = \sqrt{2-\sqrt{3}}, \\ c_2 z + c_3 z^3 + \varphi_{ч.н}(z), & \text{если } r = 1, \\ c_4 z^2 + \varphi_{ч.н}(z), & \text{если } r = \sqrt{2+\sqrt{3}}, \end{cases} \quad (13)$$

где $\varphi_{ч.н}(z)$ можно найти, например, методом вариации произвольных постоянных.

Таким образом, предполагая, что задача типа Карлемана (8) разрешима в классе функций $A(T_r^+) \cap H(L_r)$, а дифференциальное уравнение Эйлера (9) разрешимо в классе функций $A(T_r^+) \cap H^{(2)}(L_r)$, общее решение искомой краевой задачи \mathbf{GK}_2 в круге $T_r^+ = \{z : |z| < r\}$ можно найти по формуле

$$W(z) = \frac{d^2 \varphi_{o.n}(z)}{dz^2} - \frac{6\bar{z}}{1+z\bar{z}} \frac{d\varphi_{o.n}(z)}{dz} + 12 \left(\frac{\bar{z}}{1+z\bar{z}} \right)^2 \varphi_{o.n}(z), \quad (14)$$

где $\varphi_{o.n}(z)$ – *общее решение неоднородного уравнения Эйлера* (9), определяемое по формуле (13).

Из проведенных выше рассуждений вытекает справедливость следующего важного утверждения.

Теорема. Если $T^+ = T_r^+ = \{z : |z| < r\}, r > 0\}$, то решение краевой задачи \mathbf{GK}_2 сводится к последовательному решению классической задачи типа Карлемана (8) и линейного неоднородного дифференциального уравнения Эйлера (9). При этом для разрешимости краевой задачи \mathbf{GK}_2 в классе квазигармонических функций 2-го рода в круге $T_r^+ = \{z : |z| < r\}$ необходимо и достаточно, чтобы одновременно были разрешимы задача типа Карлемана (8) и дифференциальное уравнение Эйлера (9). При выполнении этих условий общее решение задачи \mathbf{GK}_2 можно задавать формулой (14).

Как видно из формулы (13), число произвольных комплексных постоянных, входящих в выражение $\varphi_{o.n}(z)$ существенно зависит от величины радиуса r рассматриваемой круговой области $T_r^+ = \{z : |z| < r\}$. В частности, при значениях $r = \sqrt{2 - \sqrt{3}}$, $r = 1$, $r = \sqrt{2 + \sqrt{3}}$ происходит увеличение числа линейно независимых решений *однородной задачи* GK_2^0 , т.е. при указанных значениях радиуса r здесь наблюдается явление «резонанса». Таким образом, решения задачи типа Карлемана GK_2 , вообще говоря, неустойчивы по отношению к малым изменениям границы круговой области, то есть задача GK_2 относится к классу некорректных краевых задач.

Список литературы

1. Расулов К.М. Метод сопряжения аналитических функций и некоторые его приложения. – Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2013. – 188 с.
2. Bauer K.W. Über eine der Differentialgleichung $(1 + z\bar{z})^2 W_{z\bar{z}} \pm n(n+1)W = 0$ zugeordnete Funktionentheorie // Bonner math/ Schriften 23 (1965).
3. Осипян К.В., Расулов К.М. О задаче типа Карлемана для квазигармонических функций рода n // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы междунар. конф. Вып. 19. Ч.2. – Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2019. – С. 96-101.
4. Литвинчук Г.С. Краевые задачи и сингулярные интегральные уравнения со сдвигом. М.: Наука, 1977. – 448 с.
5. Коддингтон Э.А., Левинсон Н. Теория обыкновенных дифференциальных уравнений – М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. – 474 с.

05.13.18

¹О.В. Соловьева канд. физ.-мат. наук, ¹С.А. Соловьев канд. физ.-мат. наук,
¹Р.С. Зарипова канд. техн. наук, ²А.В. Каляшина канд. техн. наук,
³А.В. Чупаев канд. техн. наук

¹Казанский государственный энергетический университет,

²Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,

³Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань, solovyeva.ov@kgeu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДО-НЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ЭЛЕМЕНТЕ СЕПАРАТОРА ПРИ НАЛИЧИИ УСПОКОИТЕЛЕЙ ПОТОКА НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В представленной работе было проведено исследование течения водонефтяной эмульсии внутри гравитационно-динамического сепаратора с различным количеством пластин – успокоителей потока. Проведены расчеты движения эмульсии при скорости на входе 0,02 м/с. Оптимальным считалось такое число пластин, при котором разделение эмульсии происходит за наименьшее расстояние от входа сепарационного элемента, а разделенный поток движется без колебаний. Исследование показало, что разделение эмульсии происходит наиболее эффективно при установке 8 пластин.

Ключевые слова: *разделение водонефтяной эмульсии, численный расчет, успокоитель потока, гравитационно-динамический сепаратор.*

Разделение водонефтяных эмульсий – неотъемлемая часть нефтедобывающей промышленности [1, 2]. На сегодняшний день существует множество методов, применяющихся для отделения нефти от воды при помощи механического, химического, электрического и термического воздействия. Из исследований, представленных в литературе можно заключить, что наиболее распространенными являются гравитационно-динамические сепараторы; обусловлено это высокой эффективностью и надежностью конструкции [3, 4]. На эффективность работы гравитационно-динамического сепаратора влияют установленные внутри него перегородки или пластины, их количество, способ установки, размер, расстояние от входа и т.д. [5, 6]. Большинство существующих сепараторов основаны на теоретических моделях течения и коалесценции, слипания капель жидкости, реже проводятся экспериментальные исследования, которые являются сложными и экономически затратными [7-9]. Применение численных методов может увеличить эффективность исследования течения водонефтяных эмульсий и разработки более эффективных моделей сепараторов, одним из таких методов является вычислительная гидродинамика (CFD) [10].

Постановка задачи

Для проведения расчетов течения эмульсии создан элемент сепаратора с различным количеством пластин в ряду – $q = 16, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3$. Расчетная область имела следующие размеры: длина сепарационного элемента 1 м, высота – 0,2 м, длина пластин – 0,06 м. Скорость потока на входе 0,02 м/с, на верхней и нижней границах установлено условие симметрии, на выходе задано атмосферное давление. В качестве исследуемого параметра выступает доля нефти в фракции воды. Среднее значение нефтяной фракции в воде определяется для 8 сечений, расположенных в нижней части сепарационного элемента: $H_1=0,08$ м, $H_2=0,016$ м, $H_3=0,32$ м, $H_4=0,4$ м, $H_5=0,56$ м, $H_6=0,64$ м, $H_7=0,8$ м, $H_8=0,88$ м (рис.1). Плотность нефти, используемая в расчетах, составляла $\rho = 960$ кг/м³.

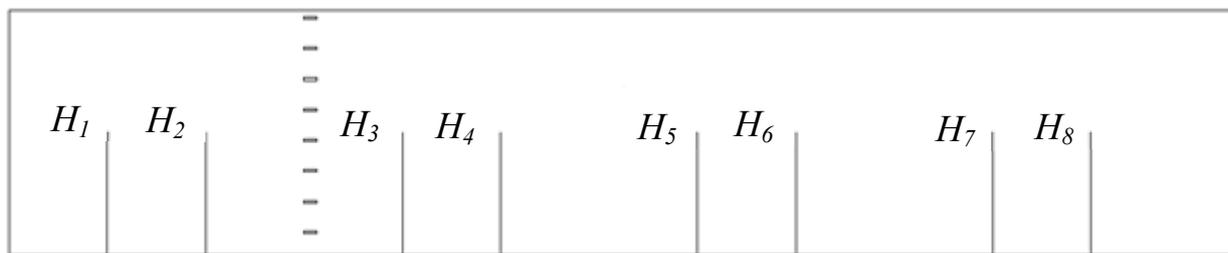
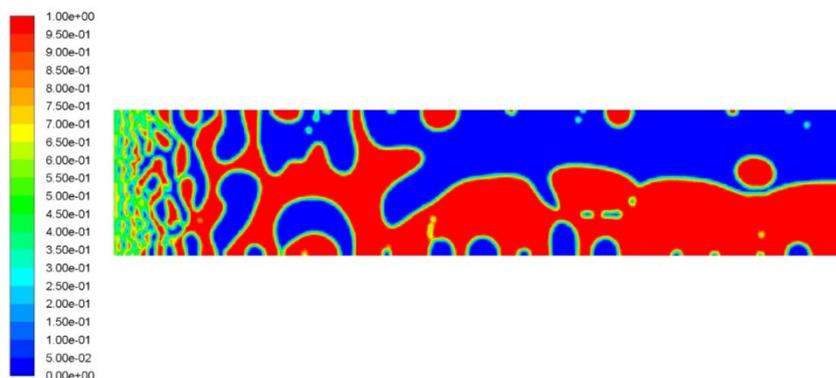


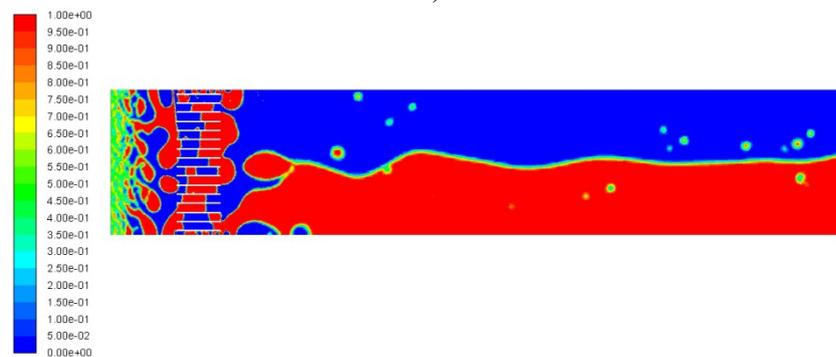
Рис. 1 – Схема расчетной области элемента сепаратора

Результаты расчетов

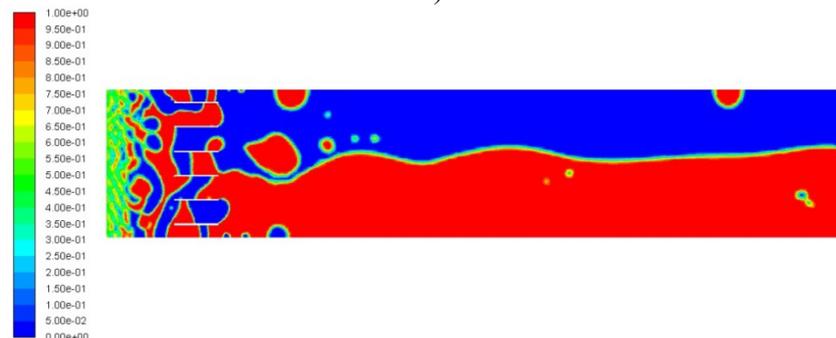
На рисунке 2 представлены примеры картины течения эмульсии в пространстве сепаратора для разного количества пластин и без пластин, видно, что без установки пластин эмульсия не разделяется. Результаты расчетов влияния количества пластин на эффективность разделения эмульсии представлены на рисунке 3 и представляют собой осредненные по 10 расчетам значения доли нефти в воде для каждой кривой. Наиболее эффективное разделение эмульсии наблюдается при установке 8 пластин. Поток затормаживается, что приводит к активному сливанию нефтяных глобул. После прохождения потока через пластины содержание нефти в воде снижается до минимального значения, а сам поток движется без колебаний.



а)



б)



в)

Рис. 2 – Картина течения эмульсии в элементе сепаратора без пластин (а), с 16 пластинами (б), с 6 пластинами (в)

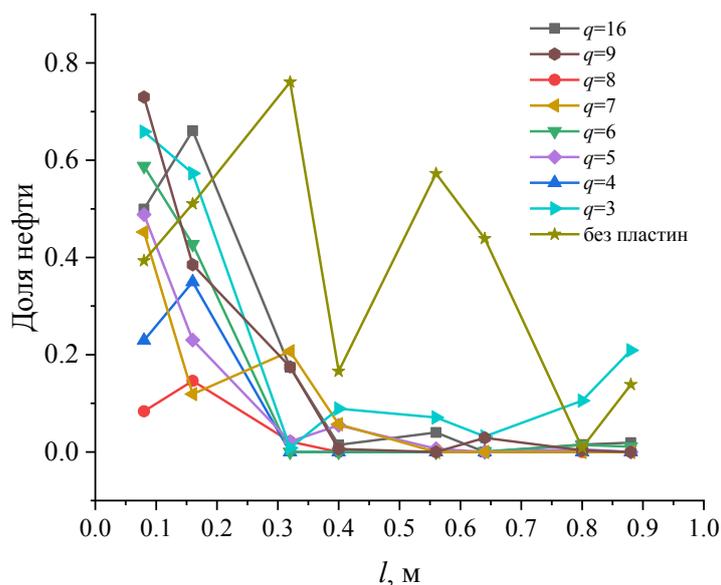


Рис. 3 – Доля нефти в воде при различном количестве пластин в ряду

На рисунке 4 представлен график изменения среднего содержания нефти в воде для различного количества пластин. Видно, что с ростом количества пластин снижается содержание нефтяной фазы в воде, минимальная концентрация нефти в воде достигается для 8 пластин, с ростом числа пластин вновь происходит рост концентрации.

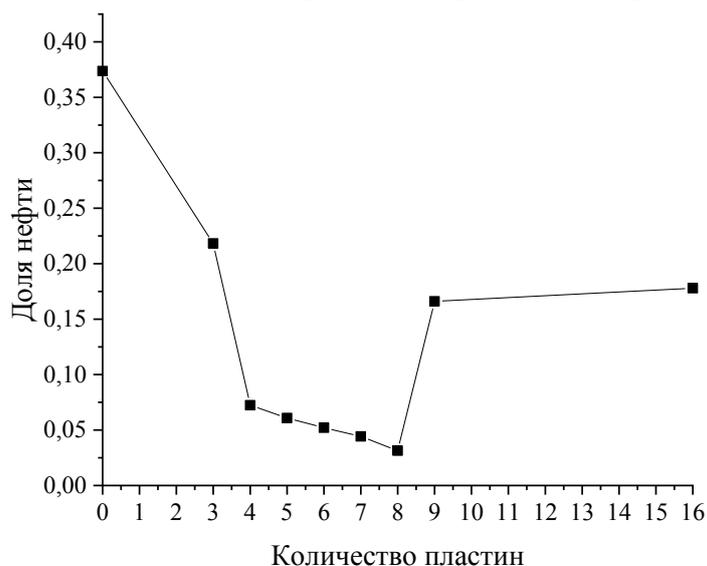


Рис. 4 – Зависимость среднего содержания нефти в воде от количества пластин

Заключение

Проведено исследование влияния количества пластин на эффективность разделения водонефтяной эмульсии. В ходе исследования выявлено, что без установки пластин разделения эмульсии не происходит, а установка даже минимального количества пластин благоприятно сказывается на эффективности работы сепаратора. Исследование по определению оптимального значения числа пластин показало, что наиболее эффективно разделение эмульсии происходит на 8 пластинах.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства республики Татарстан в рамках научного проекта № 18-41-160005.

Список литературы

1. *Li Y., Gong H., Dong M., Liu Y.* Separation of water-in-heavy oil emulsions using porous particles in a coalescence column //Separation and Purification Technology. – 2016. – V. 166. – P. 148-156.
2. *Santos D., da Rocha E. C., Santos R. L., Cancelas A. J., Franceschi E., Santos A. F., Dariva C.* Demulsification of water-in-crude oil emulsions using single mode and multimode microwave irradiation //Separation and Purification Technology. – 2017. – V. 189. – P. 347-356.
3. *Ghaffarkhah A., Shahrabi M. A., Moraveji M. K., Eslami H.* Application of CFD for designing conventional three phase oilfield separator //Egyptian journal of petroleum. – 2017. – V. 26. – №. 2. –PC. 413-420.
4. *Skjefstad H.S., Stanko M.* Experimental performance evaluation and design optimization of a horizontal multi-pipe separator for subsea oil-water bulk separation //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2019. – V. 176. – P. 203-219.
5. *Husveg T., Rambeau O., Drengstig T., Bilstad T.* Performance of a deoiling hydrocyclone during variable flow rates //Minerals Engineering. – 2007. – V. 20. – №. 4. – P. 368-379.
6. *Bai Z., Wang H., Tu S.T.* Oil–water separation using hydrocyclones enhanced by air bubbles //Chemical Engineering Research and Design. – 2011. – V. 89. – №. 1. – P. 55-59.
7. *Castellano S., Sheibat-Othman N., Marchisio D., Buffo A., Charton S.* Description of droplet coalescence and breakup in emulsions through a homogeneous population balance model //Chemical Engineering Journal. – 2018. – V. 354. – P. 1197-1207.
8. *Hadidi A., Jalali-Vahid D.* Numerical simulation of dielectric bubbles coalescence under the effects of uniform magnetic field //Theoretical and Computational Fluid Dynamics. – 2016. – V. 30. – №. 3. – P. 165-184.
9. *Bochner de Araujo S., Merola M., Vlassopoulos D., Fuller G.G.* Droplet coalescence and spontaneous emulsification in the presence of asphaltene adsorption //Langmuir. – 2017. – V. 33. – №. 40. – P. 10501-10510.
10. *Weiwei E., Pope K., Duan X.* Separation dynamics of immiscible liquids //SN Applied Sciences. – 2020. – V. 2. – №. 12. – P. 1-14.

05.13.18

Ю.Е. Якубовский, С.В. Якубовская, Е.Ю. Иванова

Тюменский индустриальный университет,
Институт транспорта,
Тюмень, jakubovskijje@tyuiu.ru, sv5508@mail.ru, i-ekaterina@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В работе рассмотрен один из способов восстановления стальных трубопроводов методом футеровки полиэтиленовой трубой. Выполнен анализ полученных результатов расчета напряженного состояния полиэтиленовой трубы при восстановлении поврежденных трубопроводов. Рекомендованы геометрические параметры установки гибких труб (диаметр сердечника барабана, радиус направляющей при непосредственной подаче полиэтиленовой трубы в стальной трубопровод), определена скорость принудительной подачи полиэтиленовой трубы в ремонтируемый трубопровод. Определено минимальное усилие протяжки.

Ключевые слова: *трубопровод, полиэтиленовая труба, напряженное состояние, параметры протяжки.*

В России сейчас протяженность действующих промышленных трубопроводов занимает одно из ведущих мест в мире. В подавляющей части эксплуатируются трубы из углеродистой стали, срок службы которых весьма непродолжительный [1-3]. Основной из причин снижения надежности трубопроводов систем сбора нефти является местная внутренняя коррозия. Коррозия обусловлена высокой обводненностью нефти, достаточно высоким содержанием углекислого газа, наличием механических примесей. Увеличение срока службы трубопроводов возможно благодаря проведению капитальных ремонтов.

Полная замена стального трубопровода ведет к значительным экономическим потерям. Возникновение подобных проблем привело к разработке альтернативных материалов и прогрессивных технологий ремонта стальных трубопроводов [4].

В последние годы успешно внедряются способы ремонта трубопроводов с помощью полиэтиленовых труб. Полиэтиленовую трубу вводят в металлическую трубу, закрепляя ее к внутренней поверхности с помощью клейкой прослойки. Этот метод ремонта позволяет получить защитное покрытие, которое будет продлевать срок службы труб на значительный промежуток времени. Полиэтиленовая труба обладает достаточной гибкостью. Поэтому для подачи ее в восстанавливаемый стальной трубопровод применяют установки гибких труб. Применение таких установок потребовало исследование напряженно-деформированного состояния полиэтиленовых труб.

Цель исследования - определение параметров процесса протяжки полиэтиленовой трубы в ремонтируемый трубопровод при условии обеспечения ее прочности, в частности: определение скорости принудительной подачи полиэтиленовой трубы в ремонтируемый трубопровод, определение усилия протяжки полиэтиленовой трубы.

Для проведения работ по восстановлению стальной трубы применяется одно из перспективных направлений - это использование установки «Coiled-tubing» (рис. 1). Преимуществом использования данной технологии является: наличие барабана для транспортировки бухты полиэтиленовых труб, оснащенного гидравлическим приводом, позволяющим подавать трубу в инжектор. Направляющий сектор поворачивает трубу на угол, образованный выходом из инжектора и восстанавливаемой трубой, позволяя более точный вход. Далее по направляющей труба входит в ремонтируемый трубопровод.

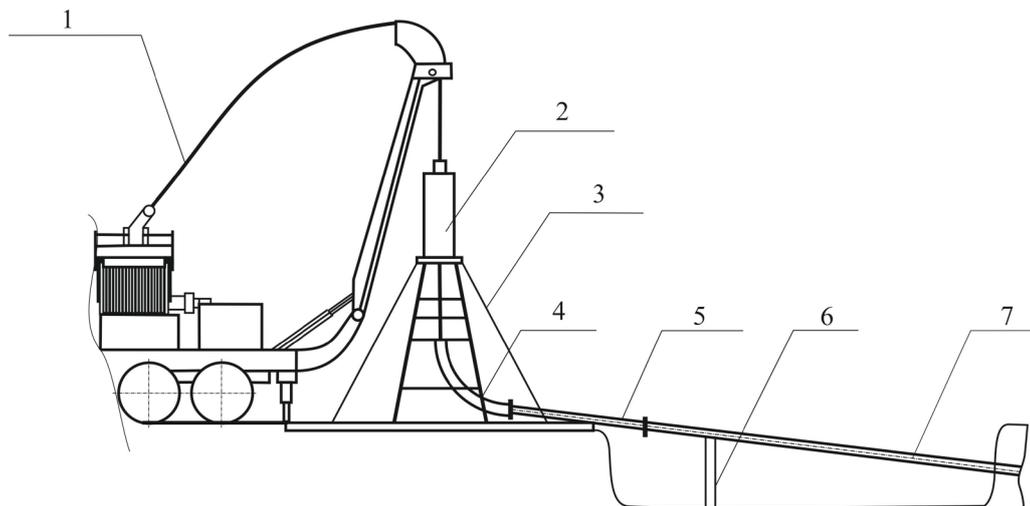


Рис. 1 – Схема протяжки трубопровода

1 – труба длиномерная; 2 – инжектор; 3 – оттяжка; 4 – направляющая дуга;
5 – патрубок технологический; 6 – стойка; 7 – трубопровод

При применении технологии восстановления поврежденного стального трубопровода с помощью установки «Coiled-tubing» полиэтиленовая труба испытывает сложное напряженное состояние, при котором необходимо учитывать состояние изгиба, воздействие перерезывающей силы и усилие протяжки. Процесс деформирования гибких труб рассматривался по этапам технологического процесса протяжки. На первом этапе труба, намотанная на барабан, подвергается изгибу. Материал трубы кратковременно работает в области пластических деформаций из-за относительно небольшого радиуса барабана. Поэтому было необходимо убедиться в возможности использования барабана имеющегося диаметра (1700 мм) для намотки на него полиэтиленовой трубы. В работе [5] авторами был выполнен расчет напряженного состояния полиэтиленовой трубы, который подтверждает возможность использования барабана имеющегося диаметра (1700 мм) для намотки на него полиэтиленовой трубы диаметром 140 мм. Расчеты показали, что уровень напряжений в полиэтиленовой трубе для диаметров барабана от 1000мм до 2000мм не превышает предела текучести полиэтилена ($\sigma_T = 19,5$ МПа).

Далее труба проходит через направляющую, где она изгибается в обратном направлении. К параметрам режима работы установки гибких труб на направляющей относятся: радиус направляющей, размеры поперечного сечения трубы, угол поворота сечений в зависимости от растяжения и изгиба. Растягивающее усилие вызывает деформирование трубы, поэтому необходимо определить допустимый угол поворота сечения трубы при растяжении совместно с изгибом, при котором уровень напряжений не превышает предел текучести материала трубы. В работе [6] авторами исследовано напряженное состояние полиэтиленовых труб при прохождении их через направляющую с учетом двух факторов: действия изгиба и растяжения. По результатам расчета рекомендовано: при наружном диаметре трубы $d=140$ мм и толщине стенки $h=16,5$ мм - радиус направляющей $R \geq 1000$ мм; допустимый угол поворота сечений $\theta = 0,01^\circ$; скорости принудительной подачи трубы $V = 12,7$ м/час

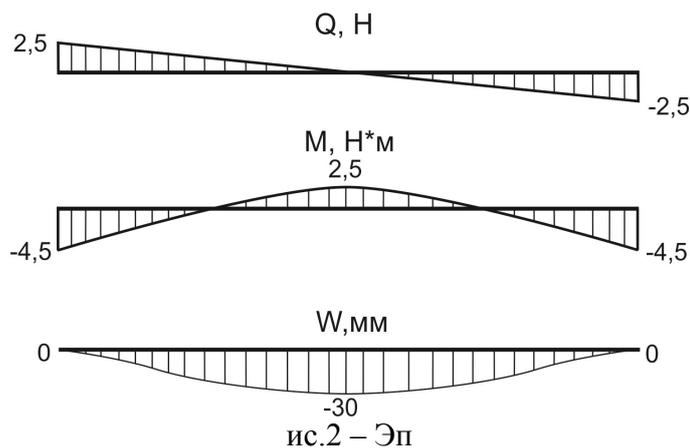
Следующий этап исследований, результаты которых представлены в данной статье - это определение напряженно-деформированного состояния полиэтиленовой трубы при ее прохождении в стальном трубопроводе. Математическая модель, позволяющая оценить поперечную силу, изгибающие моменты и напряжения, возникающие в полиэтиленовой трубе при протаскивании ее в ремонтируемый трубопровод, представлена в виде дифференциального уравнения балки на упругом основании

$$EI \frac{d^4 w}{dx^4} + k_w w = q(x) \tag{1}$$

где E - модуль упругости, МПа; I - осевой момент инерции, мм⁴; k_w - коэффициент постели; W - прогиб балки, мм; $q(x)$ – погонная нагрузка, действующая на балку, Н/мм.

Для определения оптимальной силы протяжки необходимо оценить напряженное состояние полиэтиленовой трубы. Оценивается кривизна стальной трубы, которая неизбежно появляется в ходе эксплуатации и природных воздействий, т.е. возникают прогибы ремонтируемой трубы в двух направлениях – вертикальном и горизонтальном. В связи с этим возникают дополнительная погонная нагрузка, действующая на протягиваемую трубу.

Для решения уравнений составлена программа в среде MATLAB. На рис. 2 представлены результаты, полученные с помощью решения уравнений. Полиэтиленовая труба рассматривалась как балка на упругом основании, защемленная с двух сторон.



Р юры поперечных сил, изгибающих моментов и прогибов для балки, зажатой с двух концов

Используя математическую модель и экспериментальные данные (прогибы стального трубопровода), определялась погонная нагрузка, поперечная сила, изгибающие моменты, возникающие от изгиба ремонтируемой трубы по всей длине. При этом все характеристики определялись в двух направлениях: горизонтальном и вертикальном.

Учитывая погонную нагрузку, определялась сила трения, возникающая при протягивании гибкой трубы. Максимальная сила трения определяет усилие протяжки. Так как сила трения напрямую зависит от длины ремонтируемого участка, то при известной кривизне стальной трубы определяется максимально возможная протяженность ремонтируемого участка с условием сохранения прочности полиэтиленовой трубы. На рис. 3. представлена зависимость максимальной силы трения от длины участка ремонтируемого трубопровода (диаметр полиэтиленовой трубы 140 мм). Толщина стенки (S) 8,3, 10,3 и 12,7 мм.

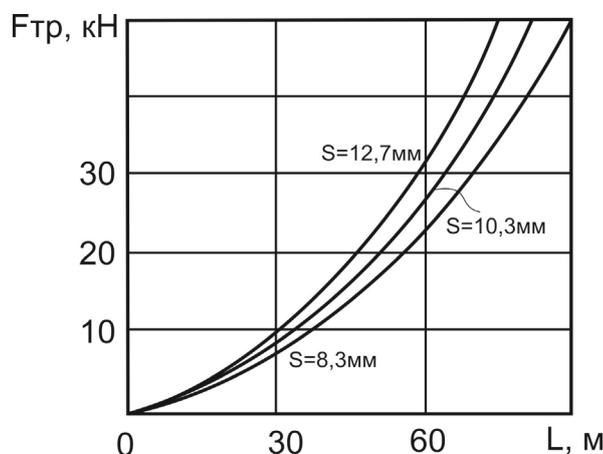


Рис.3 – Зависимость силы трения от длины участка ремонтируемого трубопровода

Таким образом, при рассмотрении полиэтиленовой трубы с толщиной стенки 12,7 мм, длина ремонтного участка не может превышать 90 метров.

Выводы

В работе определены параметры процесса протяжки полиэтиленовой трубы в стальной трубопровод при условии обеспечения ее прочности. Оценено напряженно-деформированное состояние полиэтиленовой трубы на всех этапах восстановления стального трубопровода. Данные расчеты позволяют заранее оценить возможность применения данного вида ремонта трубопровода в реальных условиях.

Список литературы

1. Волков А.С. Применение композитных трубопроводов в нефтяных компаниях / А.С. Волков. – Текст : непосредственный // Нефть. Газ. Новации. – 2017. – № 5 (198). – С. 44–47.
2. Зозуля Г.П. Перспективы применения колтюбинговых технологий при капитальном ремонте скважин / Г.П. Зозуля, М.Г. Гейхман, А.В. Кустышев. - Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2001. - № 6. С. 55-59.
3. Вайншток С.М. Опыт эксплуатации установок с длинномерной трубой на барабане / С.М. Вайншток, В.И. Некрасов, А.Г. Молчанов. - Текст : непосредственный // Нефть и капитал. – 1998.- № 1.- С.71-75.
4. Якубовская С.В. Теоретические основы повышения надежности полимерных газораспределительных и сборных сетей: 25.00.19 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Якубовская Светлана Васильевна; Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Тюмень, 2005. – 306 с. – Текст : непосредственный
5. Yakubovskaya S. Simulation of the stress-strain state for long-length flexible pipes / S. Yakubovskaya, N. Krasovskaya, N. Silnitskaya. – Текст непосредственный // Periodico tche Quimica (Southern Brazilian Journal of Chemistry). – 2018. - vol 15, No 30. p. 670-677
6. Иванова Е.Ю. Напряженное состояние длинномерных гибких труб при ремонте стальных промышленных трубопроводов / Е.Ю. Иванова. - Текст непосредственный // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 2. Ч.15. - С.1616-1619.

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, К.Г. Николаев,
В.С. Минкин, Р.Х. Шагимуллин, Е.С. Воробьев
АНАЛОГИЯ ЯВЛЕНИЙ – КОРЕННОЙ ПРИЗНАК
ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И
РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ключевые слова: вещественно-волновая природа,
дифференциация и интеграция явлений, химический и
физический резонанс.

Статья посвящена обоснованию и использованию глобальной аналогии различных явлений и их носителей, и подводит предварительный итог цикла исследований. Авторами опубликовано порядка 150 работ, структурообразующие положения и результаты изложены в [2-27].

Н.С. Алексеев
О НОВЫХ ФУНКЦИЯХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ
ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И СТУДЕНТА

Ключевые слова: дистанционное обучение, облачные сервисы,
гугл-диск, гугл-скрипт.

С 2016 года автор статьи, доцент кафедры «Математическая кибернетика» разрабатывал и с 2018 ввел в эксплуатацию систему дистанционного взаимодействия преподавателя и студентов при выполнении расчетно-графических работ (РГР), названную РГР-Дупло. Система основана на общедоступных сервисах компании Google. В связи с пандемией COVID-19 в МАИ активно внедрялись технологии дистанционного обучения LMS и MS Teams, и собственная разработка кафедры потребовала адаптации и развития. В статье описана новая подсистема «Цех проверки» указанной системы.

В.В. Баканов
ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ
ТОКА

Ключевые слова: оптоволокно, решетка Брэгга, эффект
Фарадея, магнитоstriction.

В работе представлен обзорный анализ методов контроля тока используя оптоволоконные технологии. Рассмотрены оптоволоконные датчики тока из реестра патентов и альтернативный датчик тока построенный на основе решетки Брэгга. Проанализированы технические характеристики и конструктивные особенности устройств. На основании анализа сформирована матрица поиска.

Н.А. Белобородова
МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕКРЕТАРЯ
(НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА
ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УХТА»)

Ключевые слова: цифровые технологии, цифровой документ,
цифровой сервис, цифровая среда, цифровое документирование.
В работе представлены результаты исследования по проблеме цифровизации управления организацией. На примере цифрового документирования функций секретаря филиала ООО «Газпром трансгаз Ухта», изучена и обобщена практика применения цифровых технологий в деятельности сотрудников организации.

Н.А. Белобородова, М.В. Михитарова
МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ БЛАГОПОЛУЧИЯ ГОРОДА
НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УХТЫ)

Ключевые слова: нечеткая логика, нечеткие множества,
«благополучие» в развитии города.

B.N. Ivanov, R.N. Kostromin, K.G. Nikolaev,
V.S. Minkin, R.Kh. Shagimullin, E.S. Vorobyev
THE ANALOGY OF PHENOMENA - A FUNDAMENTAL
FEATURE OF NATURAL AND TECHNOGENIC
PROCESSES AND RATIONAL TECHNOLOGIES

Keywords: material-wave nature, differentiation and
integration of phenomena, chemical and physical resonance.

This article is devoted to the substantiation and usage of the global analogy of various phenomena and their carriers, and summarizes the preliminary results of the research cycle. The authors have published about 150 articles, their structure-forming provisions and results are presented in [2-27].

N.S. Alekseyev
ABOUT NEW FUNCTIONS IN THE SOFTWARE
COMPLEX OF REMOTE INTERACTION OF A TEACHER
AND STUDENT

Keywords: distance learning, cloud services, google disk,
google script.

The paper describes the "GradeRoom" – a new subsystem of the system, called RGR-Duplo (tree hollow), for remote interaction between an instructor and students in performing computational and graphical works (RGR). I developed the RGR-Duplo in 2016 and implemented it at the Department of Mathematic Cybernetics of the Moscow Aviation Institute (MAI) in 2018. The system is based on publicly available Google services. Since the beginning of the COVID-19 pandemic, MAI has been actively introducing distance learning platforms such as LMS and MS Teams, necessitating adaptation and development of the systems used by the Department. The new subsystem represents one of the results of such adaptation.

V.V. Bakanov
OVERVIEW ANALYSIS OF OPTICAL CURRENT
SENSORS

Keywords: optical fiber, Bragg lattice, Faraday effect,
magnetostriction.

The paper presents an overview analysis of current control methods using fiber-optic technologies. Fiber-optic current sensors from the register of patents and an alternative current sensor based on the Bragg grid are considered. The technical characteristics and design features of the devices are analyzed. Based on the analysis, a search matrix is formed.

N.A. Beloborodova
MODEL OF DIGITAL DOCUMENTATION OF THE
SECRETARY'S ACTIVITIES
(ON THE EXAMPLE OF THE BRANCH OF GAZPROM
TRANSGAZ UKHTA)

Keywords: digital technologies, digital document, digital
service, digital environment, digital documentation.

The paper presents the results of a study on the problem of digitalization of organization management. Using the example of digital documentation of the functions of the secretary of the branch of Gazprom Transgaz Ukhta, the practice of using digital technologies in the activities of the organization's employees was studied and summarized.

N.A. Beloborodova, M.V. Mikhitarova
MODEL FOR ASSESSING CITY WELL-BEING
BASED ON FUZZY LOGIC
(ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF UKHTA)

Keywords: fuzzy logic, fuzzy sets, "well-being" in the
development of the city

В работе представлены результаты исследования по проблеме оценки состояния социального и экономического развития северного города. На примере города Ухты (Республика Коми) разработана модель оценки состояния развития города на основе показателя "благополучие" города.

The paper presents the results of a study on the problem of assessing the state of social and economic development of the northern city. Using the example of the city of Ukhta (Republic of Komi), a model has been developed for assessing the state of development of the city based on the indicator of "well-being" of the city

Д.С. Горбатенко

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕЛОСИПЕДОВ НА УЛИЦАХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Ключевые слова: безопасность движения, дорожно-транспортное происшествие, велосипед, велосипедист, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

В статье рассматривается проблематика аварийности с участием велосипедов. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, как с участием велосипедов, так и по вине велосипедистов. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности с участием велосипедов и по вине велосипедистов.

D.S. Gorbatenko

SAFE USE OF BIKES ON STREETS AND ROADS

Keywords: traffic safety, road traffic accident, bicycle, cyclist, traffic violations, accident prevention.

The article deals with the problem of accidents involving bicycles. The analysis of the main causes of road accidents, both involving bicycles and the fault of cyclists, has been carried out. Proposed and theoretically substantiated measures for the prevention of accidents involving bicycles and through the fault of cyclists.

С.Л. Марулин, Н.Г. Фетисова, А.П. Буйносов

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ГРЕБНЕ-И РЕЛЬСОСМАЗЫВАТЕЛЕЙ

Ключевые слова: локомотив, колесная пара, бандаж, гребень, рельс, смазывание, ресурс, повышение.

Рассматривается один из способов повышения ресурса бандажей колесных пар локомотивов за счет применения гребне- и рельсосмазывателей. Приведены преимущества и недостатки различных систем лубрикации. Предложена новая конструкция гребнесмазывателя.

S.L. Marulin, N.G. Fetisova, A.P. Buinosov

IMPROVING THE RESOURCE OF BANGS OF WHEEL PAIRS OF LOCOMOTIVES DUE TO THE USE OF ROBES AND RAILS

Keywords: locomotive, wheel steam, bandage, comb, rail, lubrication, resource, raising.

One way of increasing the service life of locomotive wheel pairs is considered due to the use of ridges and rail lubricators. Advantages and disadvantages of various lubrication systems are given. A new design of the combing lubricator is proposed.

А.О. Махорин

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗБИЕНИЯ МНОЖЕСТВА

Ключевые слова: комбинаторная оптимизация, задача о разбиении множества, целочисленное линейное программирование, алгоритм неявного перебора.

В данной статье предложен специализированный алгоритм для решения задачи разбиения множества (ЗРМ), возникающей во многих приложениях при моделировании многозначных отображений. Предлагаемый алгоритм основан на неявном перечислении решений, но в отличие от стандартного метода ветвей и границ здесь учитывается специфика структуры решаемой задачи, что позволяет организовать поиск оптимального решения более эффективным образом.

A.O. Makhorin

A SPECIALIZED ALGORITHM FOR SOLVING THE SET PARTITIONING PROBLEM

Keywords: combinatorial optimization, set partitioning problem, integer linear programming, implicit enumeration algorithm.

In this paper we propose a specialized algorithm for solving the set partitioning problem (SPP) that appears in many applications on modeling multi-valued mappings. The proposed algorithm is based on an implicit enumeration of solutions, but unlike the standard branch-and-bound algorithm, it takes into account the specifics of the structure of the problem being solved that allows organizing the search for the optimal solution in a more efficient way.

В.П. Назаров, Н.О. Сапоженков, Р.В. Тянь ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ УАЗ-3163 В ХОЛОДНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Ключевые слова: Системный анализ, экспоненциальная модель, срок эксплуатации, численные значения показателей эксплуатационных свойств, эффективность эксплуатации.

Реализация задач по оптимизации затрат на поддержание работоспособности подвижного состава основывается на анализе закономерностей формирования стоимости, затрат на эксплуатацию и технического состояния основных узлов и сопряжений. В рамках проведенных исследований установлено, что снижение рыночной стоимости автомобиля в зависимости от времени эксплуатации описывается экспоненциальной моделью. Показано, что срок замены подвижного состава определяется на основе эксплуатационного расхода топлива, среднегодового пробега и температуры окружающего воздуха.

V.P. Nazarov, N.O. Sapozhenkov, R.V. Tyan

DETERMINATION OF RATIONAL SERVICE TIMES OF UAZ-3163 IN COLD CLIMATE CONDITIONS

Keywords: System analysis, exponential model, service life, numerical values of performance indicators, operating efficiency.

The implementation of tasks to optimize the costs of maintaining the operability of rolling stock is based on the analysis of the results of studies of the patterns of cost formation, operating costs and predicting the technical condition of the main units and interfaces. As part of the research, it was found that the decline in the market value of a car depending on the operating time is described by an exponential model. It is shown that the period of rolling stock replacement is determined on the basis of operating fuel consumption, average annual mileage and ambient temperature.

Р.И. Нурғалиев, А.А. Василец,
В.И. Баязитова, А.Ж. Сахабутдинов, А.А. Кузнецов,
А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков
АЛГОРИТМ ПАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СВЕРХУЗКИХ
РЕЗОНАНСНЫХ СТРУКТУР В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

Ключевые слова: радиофотонный векторный анализатор; сверхузкие резонансные структуры в оптическом волокне; волоконная брэгговская решетка с фазовым сдвигом; метод модуляционного преобразования Ильина-Морозова; двухполосный парный зондирующий сигнал.

В работе представлены результаты синтеза алгоритма зондирования сверхузких резонансных структур (СРС) в оптическом волокне (ОВ) с помощью симметричного двухполосного парного векторного анализатора. На примере волоконных брэгговских решеток с фазовым сдвигом (ВБР-ФС) показано, что реализация алгоритма позволяет осуществить характеризацию амплитудно-частотных характеристик их окна прозрачности с разрешающей способностью в 1-10 фемтометров. Данная характеристика определяется модуляционным разнесом пары частот зондирующего излучения на 0,12-1,2 МГц, что дополнительно позволяет проводить прием и обработку информационных сигналов в узкой полосе и на промежуточной частоте, имеющей максимальное значение до 100 МГц (ширина окна прозрачности ВБР-ФС на полувысоте) с повышением чувствительности и отношения сигнал/шум измерений.

В.И. Курир
РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИНХРОННОГО ПОГРУЖНОГО
ГИДРОГЕНЕРАТОРА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ
МОЩНОСТЬЮ 270 КВТ

Ключевые слова: погружной (капсульный) гидрогенератор с возбуждением от постоянных магнитов.

В статье приведены основные параметры спроектированного погружного (капсульного) синхронного гидрогенератора с возбуждением от постоянных магнитов – геометрические размеры и основные энергетические характеристики проектируемого генератора.

К.В. Марусич, А.В. Сокольников
ПРОЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ
ОДНОШНЕКОВОГО ЭКСТРУДЕРА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ
АНТИКОРРОЗИЙНОГО ПОКРЫТИЯ

Ключевые слова: экструдер, температура, антикоррозийное покрытие.

В работе представлен проект автоматизации экструдера для нанесения антикоррозийного покрытия. Рассмотрен процесс экструзии в одношнековом экструдере. Предложен алгоритм управления экструдером.

Д.А. Хвостов
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА

Ключевые слова: системы автоматического управления, теплофизические процессы, математическое моделирование.

В работе представлены результаты создания системы регулирования параметров микроклимата в омшанике, дано описание системы автоматического управления, учитывающей особенности распределения тепловой энергии в помещении. Получена структурная схема системы управления, математическая модель для расчёта тепловых параметров.

З.Ш. Абдураманов, Ю.П. Москалева,
З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов
РАСШИРЕНИЕ ТИПА ДАННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ
АЛГОРИТМА ВЫЧИСЛЕНИЯ БИТКОИН АДРЕСА
Ключевые слова: secp256k1 открытый ключ, Swift, адрес
блокчейн кошелька.

В статье, используя библиотеки базовой криптографии и средства языка программирования Swift 4, решается задача

R.I. Nurgaliev, A.A. Vasilets,
V.I. Bayazitova, A.Zh. Sakhabutdinov, A.A. Kuznetsov,
A.N. Pikulev, V.V. Sadchikov
ALGORITHM OF PAIRED PROBING OF SUPERNARROW
RESONANCE STRUCTURES IN OPTICAL FIBER
Keywords: microwave photonic vector analyzer; ultra-narrow resonant structures in an optical fiber; phase-shifted fiber Bragg grating; Ilyin-Morozov modulation transform method; double side paired probing signal.

The paper presents the results of the synthesis of an algorithm for probing ultra-narrow resonant structures in an optical fiber using a symmetric double side pair vector analyzer. By the example of phase-shifted fiber Bragg gratings (FBG-PS), it is shown that the implementation of the algorithm makes it possible to characterize the amplitude-frequency characteristics of their transparency window with a resolution of 1-10 femtometers. This characteristic is determined by the modulation spacing of the pair of frequencies of the probing radiation at 0.12-1.2 MHz, which additionally makes it possible to receive and process information signals in a narrow band and at an intermediate frequency with a maximum value of up to 100 MHz (the width of the FBG-PS transparency window at half-height) with an increase in the sensitivity and signal-to-noise ratio of measurements.

V.I. Kurir
DESIGN PARAMETERS OF A SYNCHRONOUS
SUBMERSIBLE PERMANENT MAGNET
HYDROGENERATOR WITH A POWER OF 270 KW
Keywords: submersible (capsule) hydrogenerator with excitation from permanent magnets.

The article presents the main parameters of the designed submersible (capsule) synchronous hydrogenerator with excitation from permanent magnets – the geometric dimensions and the main energy characteristics of the designed generator.

K.V. Marusich, A.V. Sokolnikov
SINGLE-SCREW EXTRUDER AUTOMATION PROJECT
FOR ANTICORROSION COATING

Keywords: extruder, temperature, anticorrosion coating.
The paper presents a project of automation of an extruder for applying an anticorrosion coating. The process of extrusion in a single-screw extruder is considered. An algorithm for controlling the extruder is proposed.

D.A. Khvostov
AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR MICROCLIMATE
PARAMETERS

Keywords: automatic control systems, thermal processes, mathematical modeling.
The paper presents the results of creating a system for regulating the microclimate parameters in omshanic, description of automatic control system, concerning specifics of thermal energy distribution, is given. Structural scheme of automatic control system is developed with mathematical model for calculation of thermal parameters.

Z.S. Abduramanov, Y.P. Moskaeva,
Z.S. Seidametova, G.S. Seydametov
DATA TYPE EXTENSION FOR IMPLEMENTATION OF
ALGORITHM FOR CALCULATING BITCOIN ADDRESS
Keywords: secp256k1 public key, Swift, blockchain wallet address.

In the paper we considered the problem of forming a Blockchain Wallet Address using libraries of basic

формирования Адреса Блокчейн Кошелька. Методом расширения добавлены методы поддержки биткоинов преобразований. Для обеспечения алгоритмического решения задачи получения Адреса методами классической криптографии в работе рассмотрена задача подключения в Swift виштой в iOS криптографической библиотеки CommonCrypto.

cryptography and tools of the Swift 4 programming language. Methods for supporting bitcoin transformations have been added using the extension method. In order to provide an algorithmic solution to the problem of obtaining an address by the classical cryptography methods, we used the CommonCrypto cryptographic library embedded in iOS into Swift.

З.Ш. Абдураманов, Ю.П. Москалева,
З.С. Сейдаметова, Г.С. Сейдаметов

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РИСОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ГЕОМЕТРИЕЙ ТИПА .LINE

Ключевые слова: дополненная реальность, SCNGeometry, технология ARKit, контекстно-зависимая AR.

В приложениях дополненной реальности возможно соединение реального и виртуального миров. В статье представлена программная реализация в трехмерном пространстве виртуальной реальности прорисовки AR-объектов с геометрией типа .line на мобильных устройствах. Для программного рисования AR-объектов использован язык Swift 4. Полученная «дополненная реальность» может быть снята на видео и сохранена в видео-формате.

Z.S. Abduramanov, Y.P. Moskaleva,
Z.S. Seidametova, G.S. Seydametov
DEVELOPMENT OF VIRTUAL REALITY OBJECTS
DRAWING WITH GEOMETRY .LINE TYPE

Keywords: augmented reality, SCNGeometry, ARKit technology, context-aware AR.

It is possible to connect the real and virtual worlds in augmented reality applications. In the article we presented a software implementation in a three-dimensional space of virtual reality for drawing AR-objects with geometry of the .line type on mobile devices. For the developing the drawing of AR-objects we used the Swift 4. The resulting "augmented reality" can be filmed and saved in video format.

Ю.В. Павичевич

СОЗДАНИЕ CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ WEB-СТУДИИ

Ключевые слова: CRM-системы, web-приложение, разработка. Занятость сотрудников в web-студии никак не отслеживается. Для решения этой проблемы создается CRM-система с установленными требованиями к функционалу. Для создания используется Vue.js.

Yu.V. Pavichevich

DEVELOPING A CRM SYSTEM FOR WEB-STUDIO

Keywords: CRM-systems, web applications, development. Research results contain methods of tracking activities of employees within a web-studio. Program solutions are proposed with using Vue.js.

А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров,

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛУОСИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Ключевые слова: грузовой автомобиль, нагруженность привода колес, полуось, природно-климатические условия, хладноломкость, концентрация напряжений

В статье рассмотрены вопросы обеспечения безотказной работы привода колёс грузового автомобиля. Изучена нагруженность полуоси ведущего моста в сложных условиях эксплуатации. Обоснована необходимость комплексного учета внешних факторов при выборе конструктивных параметров полуоси.

A.Yu. Barykin, R.R. Basyrov,
R.M. Galiev, D.I. Nuretdinov, I.F. Shaikhutdinov
SIMULATION OF THE LOADED STATE OF A
SEMI-AXLE OF A TRUCK

Keywords: truck, wheel drive load, semi-axis, climatic conditions, cold brittleness, stress concentration.

The article deals with the issues of ensuring the trouble-free operation of a truck wheel drive. The loading of the drive axle semiaxis in difficult operating conditions has been studied. The need for a comprehensive account of external factors when choosing the design parameters of the semiaxis is substantiated.

Н.Н. Беспалов, Ю.В. Горячкин,
К.Ю. Панькин, Д.С. Кондрашин

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ДИОДА ШТЫРЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ D242 ПРЯМЫМ ТОКОМ

Ключевые слова: полупроводниковый диод, прямой ток, полупроводниковая структура, моделирование, температура корпуса, температура полупроводниковой структуры.

Статья посвящена исследованию тепловых процессов в полупроводниковой структуре и в корпусе выпрямительного низкочастотного диода штыревой конструкции D242 при протекании через него прямого постоянного тока. Результаты исследования получены на основе моделирования электрических и тепловых процессов в диоде с использованием пакета программ инструментального и технологического моделирования Synopsys TCAD. Определены диапазоны времени, при которых величины температуры корпуса и полупроводниковой структуры достигают установившихся значений при различных формах испытательного прямого тока. Показан путь для ускорения процесса нагрева полупроводниковой структуры до заданного значения.

N.N. Bespalov, Yu.V. Goryachkin,
K.Yu. Pankin, D.S. Kondrashin

MODELING AND RESEARCH OF THE PROCESS OF HEATING DIODE OF PIN-CONSTRUCTION D242 BY DIRECT CURRENT

Keywords: semiconductor diode, forward current, semiconductor structure, simulation, case temperature, semiconductor structure temperature.

The article is devoted to the study of thermal processes in a semiconductor structure and in the body of a rectifier low-frequency diode of a pin design D242 when a direct current flows through it. The results of the study were obtained on the basis of modeling electrical and thermal processes in a diode using the software package for instrumental and technological modeling Synopsys TCAD. The time ranges are determined at which the temperature values of the case and semiconductor structure reach steady-state values for various forms of the test direct current. A way is shown for accelerating the heating process of a semiconductor structure to a given value.

А.П. Буйносов, Е.С. Юдт, О.И. Тутынин
ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ И
ЭЛЕКТРОВОЗА ДЛЯ РАБОТЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Ключевые слова: электровоз, железнодорожный путь, необщего пользования, двигатель, характеристика, методика, построение.

Приводятся методика и результаты расчетов для построения характеристик тягового двигателя и проектируемого электровоза постоянного тока для работы на железнодорожных путях необщего пользования. За аналог для проектируемого электровоза была принята подлежащая списанию в настоящее время одна секция электровоза серии ВЛ11. Приводится полученная магнитная характеристика двигателя, электрохимические и тяговые характеристики проектируемого электровоза.

М.В. Дворянчиков, Л.Д. Павлова
РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЙ
АНАЛИТИКИ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ
УГЛЕДОБЫЧЕ

Ключевые слова: машинное обучение, нейронные сети, метановыделение, прогнозирование, угледобыча.

В работе представлены результаты разработки рекуррентной нейронной сети для предиктивной аналитики метановыделения в очистном забое на основе информации полученной с датчиков системы аэрогазового контроля.

Д.К. Егорова, Т.Ф. Мамедова, Д.И. Курбатов
О РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОГО АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ
МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ключевые слова: кластеризация, c-means, меры расстояний, медицинские изображения, качество изображений.

В работе рассмотрен вопрос выбора параметров нечеткой кластеризации c-means для слабоконтрастных медицинских изображений.

Р.А. Козлитин, С.В. Шиганов
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
COVID-19 В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ

Ключевые слова: моделирование эпидемий, компьютерное моделирование, вычислительные эксперименты на моделях социальных процессов.

Статья посвящена проблемам создания прогностической модели распространения коронавируса в Республике Хакасия на основе эпидемиологических данных за период с 1.09.2020 по 31.03.21. В основу инструмента был заложен комбинированный подход классической эпидемиологической модели. При расчетах использовалась модель Рихарда Нейера COVID-19 Scenarios

Д.В. Ложкин, П.В. Максимов,
А.В. Николаев, А.А. Кротких
АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
ПЕРЕНОСА МЕТАНА В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Ключевые слова: воздушно-метановая смесь, газовая динамика, тепломассоперенос, диффузия, математическое моделирование.

В работе проведен анализ публикаций, посвященных проблемам переноса метана в выработанном пространстве шахт и выделения метана из обрабатываемой породы. Материалом для анализа послужили статьи, опубликованные российскими учеными. В работе рассмотрены следующие вопросы: основные уравнения, используемые для описания процессов истечения и переноса метана, аналитические и численные методы решения этих уравнений, представлено распределение работ по используемому программному обеспечению. Представлены ссылки на полный перечень работ по тематике, рассмотренных в исследовании.

A.P. Buinosov, E.S. Yudt, O.I. Tutynin
CONSTRUCTION OF THE CHARACTERISTICS OF THE
ENGINE AND ELECTRIC CARRIER FOR OPERATION ON
THE RAILWAY WAYS OF NON-PUBLIC USE

Keywords: electric locomotive, railway track, non-public, engine, characteristics, methodology, construction.

The methodology and calculation results for constructing the characteristics of a traction motor and a projected DC electric locomotive for operation on non-public railway tracks are presented. One section of an electric locomotive of the VL11 series, which is currently subject to write-off, was taken as an analogue for the designed electric locomotive. The obtained magnetic characteristic of the engine, electromechanical and traction characteristics of the designed electric locomotive are presented.

M.V. Dvoryanchikov, L.D. Pavlova
DEVELOPMENT OF NEURAL NETWORK FOR
PREDICTIVE ANALYTICS OF METHANE RELEASE
DURING UNDERGROUND COAL MINING

Keywords: machine learning, neural networks, methane generation, forecasting, coal mining.

The paper presents the results of the development of a recurrent neural network for predictive analytics of methane release based on information obtained from sensors of the mine's air-gas control system.

D.K. Egorova, T.F. Mamedova, D.I. Kurbatov
ON THE IMPLEMENTATION OF ONE ALGORITHM FOR
CLUSTERING MEDICAL IMAGES

Keywords: clustering, c-means, distance measures, medical images, image quality.

The article presents the issue of choosing the parameters of c-means fuzzy clustering for low-contrast medical images.

R.A. Kozlitin, S.V. Shiganov
COMPUTER SIMULATION OF THE DISTRIBUTION
OF COVID-19 IN THE REPUBLIC OF KHAKASSIA
Keywords: modeling of epidemics, computer modeling, computational experiments on models of social processes.

The article is devoted to the problems of creating a predictive model for the spread of coronavirus in the Republic of Khakassia based on epidemiological data for the period from 09/01/2020 to 03/31/21. The tool was based on the combined approach of the classical epidemiological model. The calculations used the Richard Neyer's COVID-19 Scenarios model

D.V. Lozhkin, P.V. Maksimov,
A.V. Nikolaev, A.A. Krotkikh
ANALYSIS OF METHODS FOR MODELING TRANSFER
PROCESSES METHANE IN THE MINE WORKINGS
Keywords: air-methane mixture, gas dynamics, heat and mass transfer, diffusion, mathematical modeling.

The paper analyzes the publications devoted to the problems of methane transport in the mine workings of mines and the release of methane from the mined rock. The material for the analysis was the articles published by Russian scientists. The paper considers the following issues: the basic equations used to describe the processes of methane efflux and transfer, analytical and numerical methods for solving these equations, the distribution of work on the software used is presented. Links to a complete list of works on the topics discussed in the study are provided.

А.С. Мальцев, П.В. Максимов
МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ В
КВАРЦЕВОМ МАЯТНИКОВОМ АКСЕЛЕРОМЕТРЕ

Ключевые слова: акселерометр, сварка, конечные элементы, температурный расчет, ANSYS.

В современных условиях существует потребность в инерциальных навигационных системах (ИНС), важной частью которых являются акселерометры. Это делает актуальной задачу моделирования сборки узлов акселерометра. В данной работе представлено моделирование сварочного соединения акселерометра. Были проведены численные и натурные эксперименты по сборке датчика, качественное совпадение которых подтвердило адекватность и пригодность созданной компьютерной модели акселерометра.

A.S. Maltsev, P.V. Maksimov
SIMULATION OF A WELDED JOINT IN A QUARTZ
PENDULUM ACCELEROMETER

Keyword: accelerometer, welding, finite elements, temperature calculation, ANSYS.

In modern conditions, there is a need for inertial navigation systems (INS), an important part of which are accelerometers. This makes the task of modeling the assembly of accelerometer nodes urgent. The simulation of the welded joint of the accelerometer is presented in this paper. Numerical and field experiments were carried out to assemble the sensor, the qualitative coincidence of which confirmed the adequacy and suitability of the created computer model of the accelerometer.

Е.Н. Минаев
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В РАСТВОРЕ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГРАНИЧНЫХ
УСЛОВИЙ

Ключевые слова: электролиты, электрическое поле, краевые задачи.

На основе анализа стационарной краевой задачи о распределении электрического потенциала в растворе, решена задача параметрической идентификации по определению коэффициентов граничных условий. Этими коэффициентами являются удельная электропроводность раствора и поляризационное сопротивление на границе раздела фаз. Получены аналитические выражения для нахождения этих величин.

E.N. Minaev
MATHEMATICAL MODELING OF A STATIONARY
ELECTRIC FIELD IN A ELECTROLYTE TO DETERMINE
OF THE COEFFICIENTS OF BOUNDARY CONDITIONS
Keywords: electric field, boundary problems of mathematical
physics.

The stationary problem about distribution of the electric field in the electrolyte is solved. The problem of parametric identification of the coefficients of boundary conditions is solved. These coefficients are electrolyte electrical conductivity and polarizing metal resistance

Т.И. Михалёва, К.М. Расулов
О РЕШЕНИИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА КАРЛЕМАНА
ДЛЯ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
ВТОРОГО РОДА В КРУГОВЫХ ОБЛАСТЯХ

Ключевые слова: краевая задача типа Карлемана, квазигармоническая функция, дифференциальное уравнение, круговая область, картина разрешимости.

Рассматривается краевая задача типа задачи Карлемана для квазигармонических функций. Получен явный метод решения рассматриваемой задачи в классе квазигармонических функций второго рода в круговых областях. Установлена зависимость картины разрешимости однородной задачи типа Карлемана от радиуса круговой области.

T.I. Mikhaleva, K.M. Rasulov
ON THE SOLUTION OF BOUNDARY VALUE PROBLEM
OF CARLEMAN TYPE FOR QUASIHARMONIC
FUNCTIONS OF THE SECOND KIND
IN CIRCULAR DOMAINS

Keywords: boundary value problem of Carleman type, quasiharmonic function, differential equation, circular domain, solvability.

This paper considers a Carleman type boundary value problem for quasiharmonic functions. This paper presents an explicit method of solving the considered problem in the class of quasiharmonic functions of the second kind in circular domains and establishes the dependence of the solvability picture of a homogeneous problem of the Carleman type on the radius of the circular domain.

О.В. Соловьева, С.А. Соловьев,
Р.С. Зарипова, А.В. Каляшина, А.В. Чупаев
ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДО-НЕФТЯНОЙ
ЭМУЛЬСИИ В ЭЛЕМЕНТЕ СЕПАРАТОРА ПРИ НАЛИЧИИ
УСПОКОИТЕЛЕЙ ПОТОКА НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ключевые слова: разделение водонефтяной эмульсии, численный расчет, успокоитель потока, гравитационно-динамический сепаратор.

В представленной работе было проведено исследование течения водонефтяной эмульсии внутри гравитационно-динамического сепаратора с различным количеством пластин – успокоителей потока. Проведены расчеты движения эмульсии при скорости на входе 0,02 м/с. Оптимальным считалось такое число пластин, при котором разделение эмульсии происходит за наименьшее расстояние от входа сепарационного элемента, а разделенный поток движется без колебаний. Исследование показало, что разделение эмульсии происходит наиболее эффективно при установке 8 пластин.

O.V. Soloveva, S.A. Solovev,
R.S. Zaripova, A.V. Kalyashina, A.V. Chupaev
STUDY OF WATER-OIL EMULSION SEPARATION IN
THE SEPARATOR ELEMENT WITH THE PRESENCE OF
FLOW DAMPERS BASED ON NUMERICAL
SIMULATION

Keywords: oil-water emulsion separation, numerical simulation, flow damper, gravitational-dynamic separator. In the presented work, a study was carried out of the flow of an oil-water emulsion inside a gravitational-dynamic separator with a different number of plates - flow dampers. Calculations of the movement of the emulsion at an inlet speed of 0.02 m / s are carried out. The optimal number of plates was considered. The emulsion separation occurs within the shortest distance from the inlet of the separation element, and the divided flow moves without fluctuations. Research has shown that emulsion separation is most effective when 8 plates are installed.

Ю.Е. Якубовский, С.В. Якубовская, Е.Ю. Иванова
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ
ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ
СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

*Ключевые слова: трубопровод, полиэтиленовая труба,
напряженное состояние, параметры протяжки.*

В работе рассмотрен один из способов восстановления стальных трубопроводов методом футеровки полиэтиленовой трубой. Выполнен анализ полученных результатов расчета напряженного состояния полиэтиленовой трубы при восстановлении поврежденных трубопроводов. Рекомендованы геометрические параметры установки гибких труб (диаметр сердечника барабана, радиус направляющей при непосредственной подаче полиэтиленовой трубы в стальной трубопровод), определена скорость принудительной подачи полиэтиленовой трубы в ремонтируемый трубопровод. Определено минимальное усилие протяжки.

Yu.E. Yakubovsky, S.V. Yakubovskaya, E.Yu. Ivanova
MODELING OF THE PARAMETERS OF THE PROCESS
OF PULLING POLYETHYLENE PIPES DURING THE
RESTORATION OF STEEL PIPELINES

*Keywords: field pipelines, polyethylene coiled tubing, stress
condition.*

The paper discusses one of the ways to restore steel pipelines by lining with a polyethylene pipe. The analysis of the obtained results of calculating the stress state of a polyethylene pipe during the restoration of damaged pipelines is carried out. The geometrical parameters of flexible pipes installation (the diameter of the drum core, the radius of the guide when the polyethylene pipe is directly fed into the steel pipeline) are recommended, the speed of the forced supply of the polyethylene pipe into the pipeline being repaired is determined. The minimum pulling force has been determined.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№7 2021

Направления:

**05.13.01 – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**05.13.06 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
(технические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**05.13.18 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**05.13.19 – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

www.ntvp.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732

Подписано в печать 26.07.2021 Формат А4. Печать цифровая.

Дата выхода в свет 26.07.2021

12,6 усл.печ.л. 14,7 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 3550.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":

420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.

Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":

420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.

Цена свободная.

© Рашин Сайнс

тел. (843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Рашин Сайнс»