

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
(КемГУ)

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ, ХИМИИ,  
МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ**

Материалы симпозиума в рамках  
XVII (XLIX) Международной научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Образование, наука, инновации: вклад молодых  
исследователей»

Выпуск 23

Об издании – [1](#), [2](#), [3](#)

Кемерово, 21 апреля 2022

ББК 22+24+73(2Рос-4Кем)73я431  
УДК 51+53+54+51+004  
Ф 94

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Кемеровского государственного университета

Редакционная коллегия:

Просеков А.Ю. – ректор КемГУ, председатель;  
Журавлев Ю.Н. – проректор по стратегическому развитию КемГУ;  
Поддубиков В.В. – начальник НИУ.

Ф 94 ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ, ХИМИИ, МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ: материалы симпозиума XV (XLVII) Международной научно-практической конференции «Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей» [Электронный ресурс] / сост. Ю.А. Степанов, С.Ю. Завозкин, В.В. Илькевич; Кемеровский государственный университет. – Электрон. дан. (объем 13,11 Мб). – Кемерово: КемГУ, 2022. – Вып. 23. – 1 электрон. опт.диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей), 1,2 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; видеокарта SVGA, 1280x1024 High Color (32 bit); 10 Мб свободного дискового пространства; операц. система Windows XP и выше; Adobe Reader. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8353-2888-8

В сборнике представлены труды студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ.

Работы посвящены актуальным вопросам в области математических и физико-химических наук.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов, студентов вузов, а также учащихся средних учебных заведений.

ISBN 978-5-8353-2888-8

УДК 51+53+54+51+004

ББК 22+24+73(2Рос-4Кем)73я431

© Авторы научных статей, 2022

© Кемеровский государственный университет», 2022

## **Текстовое электронное издание**

### **Минимальные системные требования:**

**Компьютер:** Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей), 1,2 ГГц; ОЗУ 512 Мб; 10 Мб на жестком диске; видеокарта SVGA, 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM.

**Операционная система:** Windows XP и выше.

**Программное обеспечение:** Adobe Reader.

© Авторы научных статей, 2022

© Кемеровский государственный университет», 2022

## Оглавление

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ИНФОРМАТИКА .....</b>   | <b>11</b> |
| РАЗРАБОТКА БАНКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧАСТИЦ И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ».....  | 11        |
| <i>Власова А.Д.</i> .....  | 11        |
| ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН ИЗ СЕТОК ОДНОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ОКСИДА МАРГАНЦА .....                                      | 14        |
| <i>Ерофеева Н.Н, Вершинина А.И. Ломакин М.В., Руссаков Д.М.</i> .....  | 14        |
| РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ КОМБИНИРОВАННОГО ИОННОГО ОБМЕНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ СЛОЕВ.....   | 16        |
| <i>Козяйкина К.К.</i> .....  | 16        |
| ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОМЕДИЙНЫХ ВИЗУАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА».....  | 19        |
| <i>Лымарь Е.А.</i> .....   | 19        |
| ОРГАНИЗАЦИЯ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ФИЗИКЕ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ .....   | 22        |
| <i>Мелкозерова Е.Е.</i> .....  | 22        |
| РАЗРАБОТКА БАНКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА».....   | 25        |
| <i>Мирзоян М.А.</i> .....  | 25        |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДИКИ "Z-СКАНИРОВАНИЯ" ПРИ ОЦЕНКЕ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛОКАЛЬНО ЛЕГИРОВАННЫХ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ ..... | 27        |
| <i>Нетбайлов Н.М.</i> .....  | 27        |
| РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ К ОЛИМПИАДАМ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО УРОВНЕЙ ПО ТЕМЕ «ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ».....                 | 30        |
| <i>Пронькин К.Г.</i> .....   | 30        |
| РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ К СБОРНИКУ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ .....   | 33        |
| <i>Роженцева К.В.</i> .....  | 33        |
| МИКРОКОМПЬЮТЕР RASPBERRY И ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ДАТЧИКИ В АВТОМАТИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА .....   | 36        |
| <i>Руднев П. С.</i> .....  | 36        |
| ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЕ ТВИЗЕРЫ НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНО ЛЕГИРОВАННЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ.....   | 38        |
| <i>Соколова А.В.</i> .....   | 38        |
| РАБОЧИЙ ЭЛЕКТРОД НА ОСНОВЕ СЕТОК ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....  | 40        |
| <i>Сычугова Н.П., Ломакин М.В.</i> .....   | 40        |
| ЗАПИСЬ ДИНАМИЧЕСКИХ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ГОЛОГРАММ В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ С ДВОЙНЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ .....                                       | 42        |
| <i>Тошпулатов М.К.</i> .....   | 42        |

|   |           |
|---|-----------|
| ХЕМИРЕЗИСТИВНЫЙ СЕНСОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ СЕТОК ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК.....   | 45        |
| <i>Уфимцев К.Е., Ломакин М.В.</i> .....   | 45        |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕЛЕКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СТРУКТУРНОЙ МОДИФИКАЦИИ КРИСТАЛЛОВ LiNbO <sub>3</sub> ЛЕГИРОВАННЫХ В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ.....          | 47        |
| <i>Фахрисламова А.Р.</i> .....  | 47        |
| РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ НА ТЕМУ «ДИФРАКЦИЯ ФРАУНГОФЕРА. ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА»..... | 49        |
| <i>Шамилова Р.И.</i> .....  | 49        |
| <b>ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ .....</b>   | <b>53</b> |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ГИБРИДНОГО ПЕРОВСКИТА $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$ .....  | 53        |
| <i>Верещагин Н.А.</i> .....   | 53        |
| ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТА $\text{KTAO}_3$ .....   | 55        |
| <i>Сулайманова Н.О.</i> .....   | 55        |
| ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В $\text{BEAP}_2$ ( $A=\text{C}, \text{SI}$ ).....   | 57        |
| <i>Поляков С.В.</i> .....   | 57        |
| СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА БРОМИДА АММОНИЯ .....  | 58        |
| <i>Коновалов Н.И.</i> .....   | 58        |
| ПЕРВОПРИНЦИПНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РЕШЕТКИ ПОЛИСУЛЬФИДОВ НАТРИЯ .....  | 61        |
| <i>Кочурова А. О.</i> .....   | 61        |
| ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В КРИСТАЛЛАХ $\text{BEGER}_2$ И $\text{BESNP}_2$ .....   | 64        |
| <i>Перепелица Д.М.</i> .....  | 64        |
| ВЛИЯНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ НА КРИТИЧЕСКУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ЗАЖИГАНИЯ NTO.....  | 66        |
| <i>Галактионова Е.С.</i> .....  | 66        |
| ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ДИНАМИКА РЕШЕТКИ СОЕДИНЕНИЙ $\text{BE}_2\text{AV}$ СО СТРУКТУРОЙ АНТИ-ХАЛЬКОПИРИТА .....  | 69        |
| <i>Тимофеев В.С.</i> .....  | 69        |
| <b>ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ .....</b>   | <b>73</b> |
| ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ РЫБ .....  | 73        |
| <i>Балдышкина А.Д., Щетинин Е.С.</i> .....  | 73        |
| РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА ТИМОХИНОНА .....  | 75        |
| <i>Буюнкина Ю.С.</i> .....  | 75        |
| ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК.....                                      | 77        |

|   |            |
|---|------------|
| <i>Быкова Т.П.</i> .....  | 77         |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА СОВМЕСТИМОСТЬ<br>ПРОИЗВОДНЫХ АНТРАХИНОНА С МАТРИЦЕЙ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНОВОГО<br>КАУЧУКА СКТ .....  | 80         |
| <i>Васильченко Л.В.</i> .....   | 80         |
| ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ПАУ В ОБРАЗЦАХ СНЕЖНОГО ПОКРОВА Г. КЕМЕРОВО<br>МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.....  | 82         |
| <i>Владимирова Е.В.</i> .....   | 82         |
| ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МОЛОКА.....   | 83         |
| <i>Деркачев А.Е., Суровая В.Э.</i> .....  | 83         |
| ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ NI-VI ПРИ 773 К.....   | 86         |
| <i>Жолболдуева Г.Ж., Бин С.В.</i> .....   | 86         |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА<br>МИНЕРАЛА.....  | 89         |
| <i>Иванов С.В.</i> .....  | 89         |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ<br>НАНОВОЛОКОН ДЛЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЫШЬЯКА.....  | 91         |
| <i>Кривошеина В.Г., Вершинина А.И., Гордая О.Р.</i> .....   | 91         |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ CU-CR ПРИ T=623K.....   | 93         |
| <i>Солопов Н.А.</i> .....   | 93         |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ.....   | 96         |
| <i>Суровая В.Э., Тимофеева Е.Э.</i> .....   | 96         |
| ВЭЖХ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ТАЛОЙ ВОДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ<br>АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ.....   | 99         |
| <i>Суродина А. А.</i> .....   | 99         |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МОЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ РАСТВОРОВ МЫЛА И СИНТЕТИЧЕСКИХ<br>МОЮЩИХ СРЕДСТВ .....  | 101        |
| <i>Устьянцев Д.К., Старчаков Н.А., Суровая В.Э.</i> .....   | 101        |
| <b>ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.....</b>   | <b>105</b> |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР В МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЛОЯХ НА<br>ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ И ТАНТАЛАТА ЛИТИЯ .....  | 105        |
| <i>Акиева Х. Б.</i> .....   | 105        |
| МИКРООЧАГОВАЯ МОДЕЛЬ ЛАЗЕРНОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЗРЫВНОГО<br>РАЗЛОЖЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХ<br>СВЕТОПОГЛОЩАЮЩИЕ НАНОЧАСТИЦЫ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ<br>ОБРАЗЦА ОТ РАЗМЕРА И ТЕМПЕРАТУРЫ ..... | 107        |
| <i>Газенаур Н.В.</i> .....  | 107        |
| К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В<br>ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ ПОСЛЕ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ .....  | 108        |
| <i>Гусева Ю.Д., Латыпов К.С., Кайтанова А.С.</i> .....  | 108        |

|  |            |
|--|------------|
| ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-ПЛАТИНА .....   | 110        |
| <i>Захаров Н.С.</i> .....  | 110        |
| ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ КРАЕВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ НА МАГНИТОПЛАСТИЧНОСТЬ И РАЗЛОЖЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ АЗИДА СЕРЕБРА .....                            | 113        |
| <i>Кириллова Е.С., Копылова А.А.</i> .....   | 113        |
| ПОЛУЧЕНИЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, НАПОЛНЕННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ.....  | 115        |
| <i>Моисеева А.И.</i> .....   | 115        |
| ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НАПОЛНЕННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ FE-PT  | 117        |
| <i>Плотников Д.И.</i> .....  | 117        |
| МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЫ .....  | 120        |
| <i>Помесячная Е. С.</i> .....  | 120        |
| <b>НИТ В СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И В ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТАХ ..</b>  | <b>123</b> |
| ЧИСЛЕННЫЕ И НЕЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕКСТОВ .....   | 123        |
| <i>Абдукамилов-Арин Р. Т.</i> .....  | 123        |
| МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТУПА К УСЛУГАМ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОВЗ.....  | 125        |
| <i>Воробьев Н.А., Гудов А.М., Каба У., Сергеев А.И.</i> .....  | 125        |
| ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ПРОДУКТОВ.....  | 129        |
| <i>Горбатенко Д.А., Шарифуллин А.Р., Шипилов А.В.</i> .....  | 129        |
| СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УСПЕВАЕМОСТИ, СОХРАНЕНИЯ КОНТИНГЕНТА И НАУЧНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ В КЕМГУ ..... | 132        |
| <i>Гуров Е.С., Давзит И.П.</i> .....   | 132        |
| ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ   | 135        |
| <i>Зенкина Е.С., Игнатъев В.Д., Спиридонова А.А.</i> .....   | 135        |
| МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АГРЕГАЦИИ ВСЕХ ТУРИСТИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ И РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В ПРЕДЕЛАХ РОССИИ.....                        | 138        |
| <i>Коваценок И.О., Чжан Ю.</i> .....   | 138        |
| РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ДОСТИЖЕНИЙ СТУДЕНТОВ .....   | 140        |
| <i>Лось М.А., Колбаса О.А., Большаков С.С.</i> .....   | 140        |
| ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ.....   | 143        |
| <i>К.Г. Каретин, В.С. Матрос, А.И. Нейман</i> .....  | 143        |
| РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННОГО БРОНИРОВАНИЯ ГОСТИНИЧНЫХ МЕСТ .....                              | 147        |
| <i>Мишунин К.Б., Лаврентьев И.А., Булычев П.Д.</i> .....   | 147        |
| ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРНОГО ОТВОДА .....  | 149        |
| <i>Потапенко Н.С., Сабуров К.В.</i> .....  | 149        |

|  |            |
|--|------------|
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В ОСРЕДНЕННОЙ ПОСТАНОВКЕ.....           | 152        |
| <i>Фенько В.В.</i> .....   | 152        |
| ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДА.....   | 155        |
| <i>Шмидт Ю.А.</i> .....  | 155        |
| <b>ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ.....</b>                                 | <b>159</b> |
| ТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИНАМИКА В ТЕЛЕ С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.....   | 159        |
| <i>Ануфриев Д.А.</i> .....   | 159        |
| МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «СФЕРА И ШАР» ДЛЯ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ПРОФИЛЯ..... | 162        |
| <i>Воронов А. А.</i> .....   | 162        |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ ПЕРВЫХ РАЗДЕЛОВ СТЕРЕОМЕТРИИ.....                                    | 165        |
| <i>Еремин М. С., Еремина К. П.</i> .....   | 165        |
| КАЧЕСТВЕННЫЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ МОДЕЛИ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ.....  | 167        |
| <i>Камалова Д.В.</i> .....   | 167        |
| МАТРИЧНЫЕ АЛГОРИТМЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.....   | 171        |
| <i>Кутовая А.С.</i> .....  | 171        |
| АНАЛИЗ ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО МАТЕМАТИКЕ.....   | 174        |
| <i>Лапин К.А.</i> .....  | 174        |
| ЛЕВОИНВАРИАНТНЫЕ ПАРАКОМПЛЕКСНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ПРЯМЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЯХ ТРЕХМЕРНЫХ ГРУПП ЛИ.....                            | 177        |
| <i>Суворова Ю.П.</i> .....   | 177        |
| АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТЬ ОТРЕЗКОВ.....                                | 180        |
| <i>Уфимцев Т.А.</i> .....  | 180        |
| <b>ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА.....</b>  | <b>184</b> |
| ИДЕНТИФИКАЦИЯ МУЛЬТИСИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА С ОДИНАКОВЫМИ АМПЛИТУДАМИ СОСТАВЛЯЮЩИХ.....                                | 184        |
| <i>Банникова А.О.</i> .....  | 184        |
| СОЗДАНИЕ КУРСА «БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ».....  | 187        |
| <i>Борисов И. М., Чуешев А. В.</i> .....   | 187        |
| ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГРАФОАНАЛИЗАТОР КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....                        | 189        |
| <i>Гвоздиков Е.В., Якунин Т.А.</i> .....   | 189        |
| ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ДЛЯ ТИПОЛОГИЗАЦИИ ПАЦИЕНТОВ И ВЫДЕЛЕНИЯ КЛАССОВ РИСКА.....                       | 191        |

|  |            |
|--|------------|
| <i>Ельчицев В.А.</i> .....   | 191        |
| РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ДИСКРЕТНЫМ ВРЕМЕНЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....                                   | 194        |
| <i>Ершов В.Н.</i> .....  | 194        |
| АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ).....                                     | 197        |
| <i>Калинин В.В.</i> .....  | 197        |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТ С УЧЕТОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.....  | 200        |
| <i>Лобова И.А.</i> .....   | 200        |
| ФОРМИРОВАНИЕ КЛАССОВ СУИЦИДАЛЬНОГО РИСКА ПОДРОСТКОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ «ТУПИКОВЫХ» СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ НЕЧЁТКОЙ ТИПОЛОГИЗАЦИИ.....                    | 203        |
| <i>Марченко Э. А.</i> .....  | 203        |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КОГНИТИВНОГО СТАТУСА ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ .....  | 206        |
| <i>Меньшиков Д.А.</i> .....  | 206        |
| АНАЛИЗ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА.....   | 209        |
| <i>Михайлова Е.П.</i> .....  | 209        |
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ С РУКАВАМИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ .....                  | 211        |
| <i>Смышляев А.С., Аверкиев А.Е., Кувшинов К.А., Мойзес Б.Б.</i> .....  | 211        |
| КРИТЕРИЙ ЛЬЕНАРА – ШИПАРА АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ .....  | 215        |
| <i>Степанова А.А., Лоренц Я.Д.</i> .....   | 215        |
| ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕГИОНА.....   | 218        |
| <i>Тихомирова В.В.</i> .....   | 218        |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА .....   | 220        |
| <i>Чуриков И. Ю.</i> .....   | 220        |
| <b>ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА .....</b>  | <b>224</b> |
| THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF INTERACTIVE SERVICES OF THE PLATFORM “DIGITAL COMMUNAL” DEVELOPED FOR THE MANAGEMENT OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES..... | 224        |
| <i>Achilova Firuza Kurbanovna</i> .....  | 224        |
| АНАЛИЗ ВАКАНСИЙ ИТ-СФЕРЫ ПО ТРЕБУЕМОМУ ОПЫТУ РАБОТЫ.....   | 227        |
| <i>Васильев Н.А., Илькевич В. В.</i> .....   | 227        |

|   |     |
|---|-----|
| ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ.....     | 229 |
| <i>Галкин А.М.</i> .....  | 229 |
| СЕРВИС ПРОГНОЗОВ СТАВОК ПО КИБЕРСПОРТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ DOTA 2.....                   | 231 |
| <i>Григорьев С.А.</i> .....   | 231 |
| АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ КНИЖНОГО МАГАЗИНА .....  | 234 |
| <i>Давыдова Ю. С.</i> .....   | 234 |
| ПРИМЕНЕНИЕ BIG DATA В ОБРАЗОВАНИИ.....  | 237 |
| <i>Дорн Е. В., Степанов Ю.А.</i> .....  | 237 |
| МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕБАЛАНСИРОВКИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ..... | 240 |
| <i>Карманова Н. С., Бурмин Л.Н.</i> .....   | 240 |
| ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И МОДУЛЕЙ РАСЧЁТА.....                                   | 243 |
| <i>Кирсанов А.С., Степанов И.Ю.</i> .....   | 243 |
| АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КИБЕРАТАКАМ.....                            | 245 |
| <i>Константинова В. С.</i> .....  | 245 |
| ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕУЛЬТАТОВ МАТЧЕЙ DOTA 2 .....            | 247 |
| <i>Молдавский М.И. Степанов Ю.А.</i> .....  | 247 |
| СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА.....  | 249 |
| <i>Недосекина Е. Е., Степанов Ю.А.</i> .....  | 249 |
| ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ АНАЛИЗА ПОСЕЩАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....                           | 251 |
| <i>Никитина К.Г.</i> .....  | 251 |
| ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА КЕМЕРОВО .....                        | 254 |
| <i>Оганисян А. А.</i> .....   | 254 |
| АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СПЕЦИАЛЬНОСТИ "ПРОГРАММИСТ" В ГОРОДЕ КЕМЕРОВО .                 | 257 |
| <i>Пацуло М.Д., Бурмин Л.Н.</i> .....   | 257 |
| МЕТОД ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОМФОРТНОСТИ .....                        | 259 |
| <i>Подберезен Г.И., Илькевич В.В.</i> .....   | 259 |
| АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА БАЗЕ РОССИЙСКИХ ПРОЦЕССОРОВ.....    | 261 |
| <i>Понявин М. В.</i> .....  | 261 |
| МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ВУЗА.....   | 264 |
| <i>Дикарева А.А. Самаковский А.Ю.</i> .....   | 264 |
| ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬДЫ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД.....             | 266 |
| <i>Шабанов Д.Е., Степанов И.Ю.</i> .....  | 266 |
| АВТОМАТИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.....                                      | 269 |
| <i>Шипунова Д. А.</i> .....   | 269 |

УДК 372.853

## РАЗРАБОТКА БАНКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧАСТИЦ И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ»

*Власова А.Д.*

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»  
nastyavlasova421@gmail.com

### *Аннотация.*

*В данной работе проведен анализ научной и учебной литературы по данной теме. Рассмотрена классификация тестов, преимущества и недостатки тестов. А также изучены и применены требования составления тестовых заданий. Проведена спецификация теоретического материала по дисциплине «Взаимодействие частиц и химическая связь». Разработан банк тестовых заданий по дисциплине «Взаимодействие частиц и химическая связь», для разделов «Образование химической связи и метод валентных связей», «Строение атома и периодический закон», «Основные характеристики химической связи».*

С каждым годом бурно развивается дистанционное обучение. И для того чтобы оценивать результаты обучения можно было быстро и качественно, лучше всего использовать именно тестовую форму контроля. Особенно востребована данная форма в период пандемии. Массовый переход на дистанционное обучение вызвал сложности с оцениванием знаний учащихся. Поэтому исследования в разработке банков тестовых заданий является актуальными.

Целью данной работы является разработка банка тестовых заданий по дисциплине «Взаимодействие частиц и химическая связь».

Задачи:

- изучить требования к применению тестовых заданий и правила составления тестов;
- провести спецификацию теоретического материала по дисциплине «Взаимодействие частиц и химическая связь»;
- разработать банк тестовых заданий по дисциплине «Взаимодействие частиц и химическая связь»

Тест – это набор стандартизированных заданий по определенному материалу, который устанавливает степень усвоения материала студентами.

Качество теста определяется такими характеристиками, как достоверность, безопасность, простота, уникальность и равная сложность. Но тесты, как и другие методы педагогического контроля, имеют и свои недостатки. На мой взгляд самым главным недостатком является затруднение со стороны учителя проследить логику учащегося, так как проверка тестирования позволяет оценить только конечный результат.

Формы заданий в тестовой форме могут быть очень разнообразными. В результате анализа методической и научной литературы (А. Майоров, М. Чельшкова, С. Зорин, В. Аванесов и др.) можно сказать, что все задания разбиваются на две большие группы - задания в открытой форме и задания в закрытой форме [1].

На результат обучения большое влияние оказывает выбор типа заданий. Так, закрытого типа задания содержат готовые варианты ответов, из которых учащиеся должны выбрать правильный. В таком случае ответ можно легко зафиксировать и оценивать однозначно. В

заданиях открытого типа в отличие от закрытого, содержатся подсказки, что снижает объективность контроля.

Чтобы произвести различного вида контроль и оценку степени и глубины освоенности знаний, умений и навыков студентов, применяются определенные виды и формы тестирования в зависимости от тех или иных педагогических целей и задач.

Но для того, чтобы получить полную и качественную информацию об уровне учебных достижений студентов из результатов тестирования, нужно учитывать ряд определенных правил и требований, предъявляемых к составлению тестов:

- Тестовые задания следует упорядочивать в соответствии с предметом дисциплины
- Все тестовые задания должны быть связаны с целями обучения.
- Необходимо использовать задачи с однозначными ответами
- Текст задания не должен содержать умышленных подсказок или сленга

Таким образом, проведенный выше анализ изученной литературы показывает, что теоретические исследования в области разработки и правил составления тестовых заданий хорошо описаны, что позволяет составить банк тестовых заданий для проверки качества знаний студентов по дисциплине «Взаимодействие частиц и химическая связь».

Многочисленными была разработана спецификация тестов по дисциплине «Взаимодействие частиц и химическая связь» [2]. Проведен предварительный анализ рабочей программы и литературы по выбранной дисциплине. На основе этого были выбраны следующие разделы:

Таблица 1. Спецификация по дисциплине «Взаимодействие частиц и химическая связь»

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                       | Содержание раздела дисциплины   |
|-------|---|---|
| 1.    | Образование химической связи и метод валентных связей | 1. Ковалентная связь<br>2. Метод валентных связей.<br>3. Гибридизация атомных электронных орбиталей |
| 2.    | Строение атома и периодический закон                  | 4. Электронная оболочка атома.<br>5. Квантовые числа<br>6. Атомные единицы                          |
| 3.    | Основные характеристики химической связи              | 7. Энергия связи.<br>8. Длина связи.<br>9. Кратность связи.<br>10. Полярность связи.                |

Для решения разных типов педагогических задач используется компьютерный тестовый контроль, который позволяет проводить онлайн-тестирование учащихся. Главными преимуществами компьютерного тестирования являются объективность и эффективность, а также автоматизация обработки результатов, благодаря которой исключается возможность ошибки преподавателя при проверке заданий теста.

В работе представлен банк тестов разработанный в Online Test Pad- это бесплатный универсальный конструктор, с помощью которого можно создать большой набор цифровых учебных задач, таких как: опросы, тесты, сканворды, логические игры, диалоги, кроссворды [3].

Главные преимущества данной системы является то, что сервисы предоставляются абсолютно бесплатно, учащиеся могут проходить тесты без регистрации в сервисе, удобный инструмент для организации дистанционного обучения и тестирования, есть возможность стилизации теста.

В качестве одного из заданий, я выбрала задание закрытого типа на установление соответствия (Рис.1). Данное задание такого типа охватывает основные вопросы по теме

«Квантовые числа» из раздела «Строение атома и периодический закон», и позволяет объективно и быстро оценить результат учащегося.

Дата завершения: 08.04.2022 00:34  
Потрачено времени: 00:00:13

Ваше имя: *Введите ваше имя*

Показать мои ответы    Показать мой результат

1

Соотнесите правильные варианты ответов

|  |   |  |
|--|---|--|
| Главное квантовое число $n$ определяет     | 3 | 1 Момент импульса электрона                    |
| Магнитное квантовое число $m$ определяет   | 4 | 2 Спин электрона                               |
| Орбитальное квантовое число $l$ определяет | 1 | 3 Номер энергетического уровня                 |
| Спиновое квантовое число $S$ определяет    | 2 | 4 Положение электронного облака в пространстве |

✓ Правильный ответ на вопрос    Баллов: 4 из 4

Рисунок 1. Задание на установление соответствия

Проведение тестирования с использованием платформы Online Test Pad является более эффективно с экономической точки зрения, т.к. основные затраты при тестировании идут на разработку качественного инструментария, а также учащийся получает результат сразу после завершения теста и имеет возможность посмотреть неверные ответы (Рис.2).

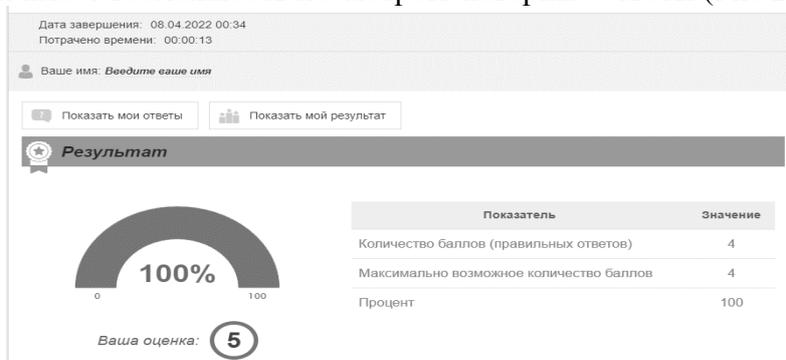


Рисунок 2. Результат тестирования

Анализируя подобранную литературу можно сказать, что большое преимущество перед традиционными формами оценивания знаний учащихся имеют качественно составленные педагогические тесты. В качестве проведения тестирования, удобно использовать компьютерную форму, так как в силу своей новизны повышает познавательный процесс учащихся к предмету с использованием нетрадиционных форм подачи вопросов.

#### Литература и источники

1. Майоров А.Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. (Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования). – М.: «Интеллект-центр», 2001 – 296 с.
  2. Сечкарев Б.А., Титов Ф.В. Химическая связь: учебное пособие. Кемеровский государственный университет, Кемерово, 2006-156 с.
  3. Справка по работе с веб-сервисом Online Test Pad [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://onlinetestpad.com/ru/help/testmaker> (Дата обращения: 6.04.2022)
- Научный руководитель - к.х.н., доцент, Титов Ф.В., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

## ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН ИЗ СЕТОК ОДНОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ОКСИДА МАРГАНЦА

*Ерофеева Н.Н., Вершинина А.И., Ломакин М.В., Руссаков Д.М.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

erofeevan37@gmail.com, annaver89@mail.ru, maximius13@yandex.ru, dm.russakov@gmail.com

*В данной работе показана возможность получения электродного материала на основе волокон, состоящих из сеток однослойных углеродных нанотрубок и оксида марганца.*

**Ключевые слова:** углеродные нанотрубки, оксид марганца, вольтамперометрия, электроосаждение

Углеродные нанотрубки (УНТ) являются материалом с уникальными характеристиками, благодаря высокой электропроводности, механической прочности, химической стабильности. Для создания различных устройств УНТ применяются в виде макрообъектов - пленок, сеток, волокон и т.д. Такие макрообъекты можно широко применять в качестве электродного материала в сенсорных системах, в гибкой носимой электронике [1]. Для улучшения электрических и электрохимических характеристик используют сочетания УНТ с различными оксидами металлов, в частности оксида марганца [2,3].

Оксид марганца является нетоксичным и достаточно экономичным материалом. Он обладает высокой емкостью и низкой стоимостью [4]. Но по-прежнему остается проблемой невысокая электропроводность ( $10^{-5}$  –  $10^{-6}$  С/см)  $Mn_xO_y$  [5]. В связи с этим подбор оптимальных условий получения композитных материалов на основе УНТ и оксидов металлов с заданными свойствами является актуальной проблемой для микроэлектроники и сегодня.

В данной работе были использованы волокна из сеток однослойных углеродных нанотрубок (ОУНТ), полученные методом «мокрого вытягивания» [1,6]. Данный метод является относительно простым, дешевым и имеет возможность масштабирования. Суть метода заключается в следующем: сетка из ОУНТ, осажденная на нитроцеллюлозный фильтр, пропитывается растворителем (этанолом), далее, захватив край этой сетки пинцетом, осуществляется ее вытягивание из этого растворителя и таким образом формируется волокно. Для формирования волокон использовались сетки, состоящие из хаотично расположенных ОУНТ, с коэффициентом пропускания 80% (при  $\lambda=550$  нм), синтезируемые аэрозольным CVD-методом [7,8]. Длина пучков ОУНТ составляет ~20-40 мкм, а диаметр нанотрубок ~2 нм. Полученное таким методом волокно имело диаметр ~230 мкм и длину ~1,5 см.

Волокно подвергалось термической обработке в печи в окружающей атмосфере до 200 °С в течение 15 минут. Далее волокно обрабатывалось HCl в течение 1 часа, после промывки дистиллированной водой образец обрабатывали подкисленным раствором 0,1 М  $KMnO_4$  разогретым до 45 °С и оставляли на 2 мин и затем снова промывали дистиллированной водой. После просушки волокно помещалось в пластиковую рамку с проводящими контактами.

Электрохимические свойства полученных нанокомпозитов УНТ/ $Mn_xO_y$  определяли методом циклической вольтамперометрии (ЦВА). Электрохимическая ячейка представляла собой трехэлектродную конфигурацию. В качестве рабочего электрода использовалось обработанное волокно из ОУНТ, платиновая проволока в качестве вспомогательного и  $Ag/AgCl$  в качестве электрода сравнения. Методом ЦВА в среде 0,1М KCl, при pH = 10,585 в интервале от -0,2В до +0,6В при скорости развёртки 20 мВ/с не было зарегистрировано ни одного сигнала, свидетельствующего об осаждении оксида марганца на поверхность волокна из ОУНТ. Но, следует отметить, что волокно из ОУНТ, подключенное в качестве рабочего электрода, работало достаточно стабильно. Затем, на это же волокно было проведено электроосаждение оксида марганца из смеси растворов: 50 мл 1М  $MnSO_4$ ; 100 мл 1М  $Na_2SO_4$  и

1М СН<sub>3</sub>СООНН<sub>4</sub> (оба раствора готовятся отдельно и после смешиваются). Осаждение проводилось хронопотенциометрическим методом на потенциостате PARSTAT PMC-2000А при +0,6В в течении 60 сек с контролем по ЦВА. Контроль выполнялся по 5 циклов при условиях: от -0,2В до +0,6В (относительно Ag/AgCl) с развёрткой 20 мВ/с.

В процессе циклирования потенциала наблюдается появление и рост катодного максимума в области потенциалов 50-200 мВ и суммы анодных максимумов – при потенциалах более 300 мВ, обусловленных электрохимическими превращениями соединений марганца.

По данным, полученных с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), (рис. 2 (а), (б)) видно, что ОУНТ в волокне покрыты плотным слоем оксида марганца и имеют вид хлопьев.

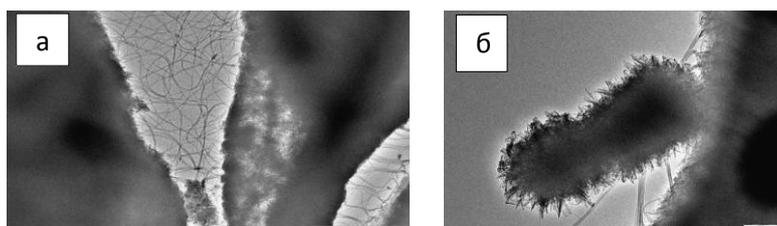


Рисунок 1 (а), (б). ПЭМ-изображения электроосажденного оксида марганца на ОУНТ

Таким образом, в работе показан эффективный метод осаждения оксида марганца на поверхность ОУНТ. Подобные материалы широко применяются в качестве электродов для суперконденсаторов и в электрохимических сенсорных системах [9].

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZSR-2020-0007 в рамках государственного задания № 075-03-2020-097/1)

#### Литература и источники

1. Zhilyaeva M.A., Shulga E. V., Shandakov S. D. et al. A novel straight forward wet pulling technique to fabricate carbon nanotube fibers // Carbon. – 2019. - Vol. 150. - P. 69-75.
2. Y. Qian, C. Huang, R.Chen, S. Dai, C. Wang. Facile PVP-Assisted Synthesis of MnO<sub>2</sub>@MWNT Composites and their Application in Supercapacitors // Int. J. Electrochem. Sci. – 2016. P.3-7
3. Li Li, Zhong A. Hu, Ning An, Yu Y. Yang, et al. Facile Synthesis of MnO<sub>2</sub>/CNTs Composite for Supercapacitor Electrodes with Long Cycle Stability //J. Phys. Chem. – 2014. P.3-6
4. G. Yu , L. Hu , M. Vosgueritchian , H. Wang , X. Xie , J. R. McDonough , X. Cui , Z. Bao. Solution-Processed Graphene/MnO<sub>2</sub> Nanostructured Textiles for High-Performance Electrochemical Capacitors //Nano Lett. – 2011. P.2
5. Z. Li , Y. Mi , X. Liu , S. Liu , S. Yang , J. Wang , J. Mater. Flexible graphene/MnO<sub>2</sub> composite papers for supercapacitor electrodes //Chem. –2011. P.1
6. S. D. Shandakov, A.V. Kosobutsky, A. I. Vershinina et al. Electromechanical properties of fibers produced from randomly oriented SWCNT films by wet pulling technique //Materials Science & Engineering B. –2021. P.2-3
7. A. Moisala, A.G. Nasibulin, D.P. Brown, H. Jiang, L. Khriachtchev, E.I. Kauppinen. Single-walled carbon nanotube synthesis using ferrocene and iron pentacarbonyl in a laminar flow reactor //Chemical Engineering Science. –2006. P.3-9
8. A. Moisala, A.G. Nasibulin, S.D. Shandakov, H. Jiang, E.I. Kauppinen. On-line detection of single-walled carbon nanotube formation during aerosol synthesis methods //Carbon. –2005. P.3-4
9. Vilian, A.T.E.; Chen, S.M. Preparation of carbon nanotubes decorated with manganese dioxide nanoparticles for electrochemical determination of ferulic acid //Microchim. Acta–2015.

*Научный руководитель – д.ф.-м.н., Шандаков С.Д., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 535.343.2

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ КОМБИНИРОВАННОГО ИОННОГО ОБМЕНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ СЛОЕВ

*Козьякина К.К.*

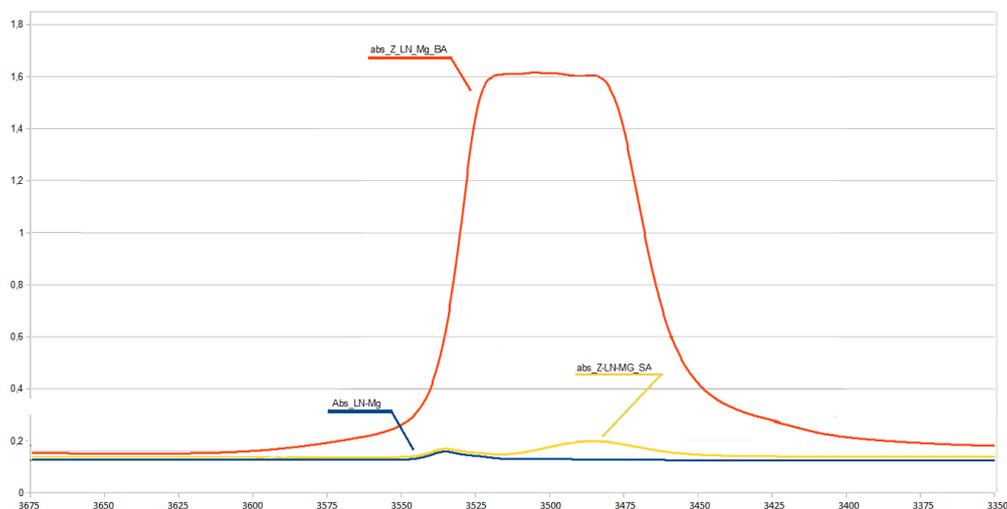
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Kozyaykina.flow@gmail.com

*В статье рассмотрен метод комбинированного ионного обмена. С помощью этого метода в кристаллах ниобата лития проведено легирование ионов Меди в объём кристалла двумя разными методами. В данной работе мы смогли достичь толщины легированного слоя в 8 микрон, что для данного метода довольно много.*

Кристаллы  $\text{LiNbO}_3$  играют важнейшую роль в разработке устройств управления параметрами световых пучков в широком диапазоне частот (от УФ до ИК). В этом смысле значение данного материала в современной фотонике очень высоко. Одним из самых перспективных способов модификации сегнетоэлектриков в приповерхностном слое является метод комбинированного ионного обмена. Метод состоит в том, что кристаллы  $\text{LiNbO}_3$  погружают в жидкий кислотный электролит. Таким электролитом, источником протонов для кристалла, могут служить слабые неорганические и органические кислоты, имеющие низкую кислотность и токсичность. Выдержка в расплавах этих кислот при температурах 160...300 С приводит к замещению ионов  $\text{Li}^+$  ионами  $\text{H}^+$  и диффузии  $\text{H}^+$  в объём кристалла, далее «по следам  $\text{H}^+$ » в кристалл проникают ионы меди. Процесс ионного обмена проводится при относительно низких температурах, что делает процесс ионного обмена особенно привлекательным. [1] Поэтому целью данной работы мы выбрали получение контролируемых комбинированных слоёв в кристаллах  $\text{LiNbO}_3$  в разных фазах, при помощи различных методов.

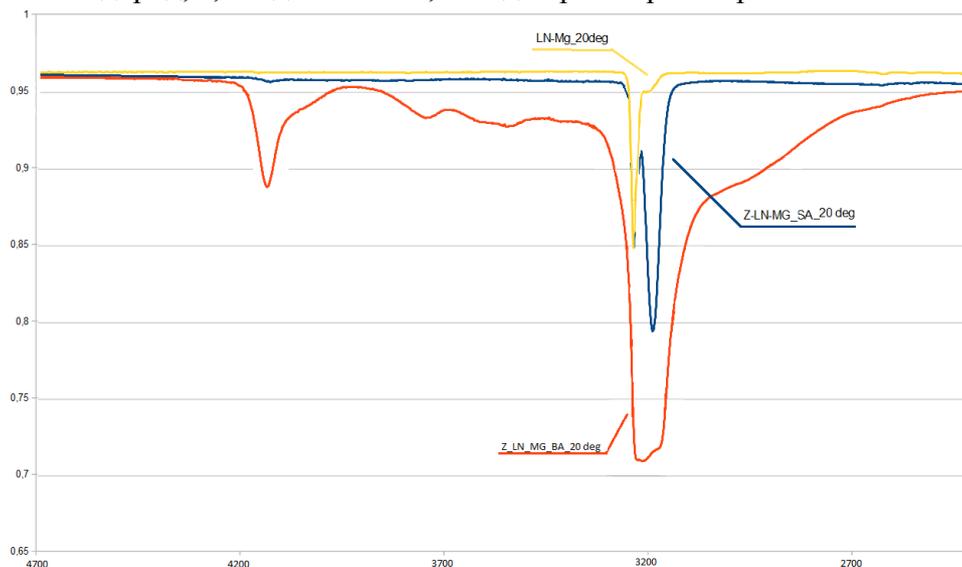
В эксперименте были использованы пластины  $\text{LiNbO}_3$  с примесью магния, Z-срезы кристаллов оптического качества. Ионный обмен выполнялся при разных температурах, в разных электролитах и с разным временем выдержки, для получения высокой концентрации меди при контролируемой толщине слоя. Для анализа структурного фазового состава были использованы методы ИК-спектроскопии поглощения и отражения, а также метод спектrophотометрии в видимом диапазоне.

Первым этапом мы провели легирование в стеариновой кислоте, при относительно небольшой температуре с малым временем выдержки и спустя заданное время, исследовали образцы. Анализируя полученные спектры, мы выяснили, что кристалл находится в слегка напряженной  $\alpha$ -фазе и толщина легированного слоя не превышает 0,5 микрон. Для нас данный метод оказался слишком «мягкий» и не позволил добиться большой толщины слоя, поэтому следующим этапом мы увеличили температуру и время выдержки. Также подобрали более стабильный электролит - бензойную кислоту, она даёт возможность реализовать режим, который позволяет получить более глубокий слой с высокой концентрацией меди и водорода. После окончания обработки мы также провели анализ спектров. Толщина легированного слоя составила 8 микрон, а кристалл в свою очередь достиг  $\beta_2$ -фазы.



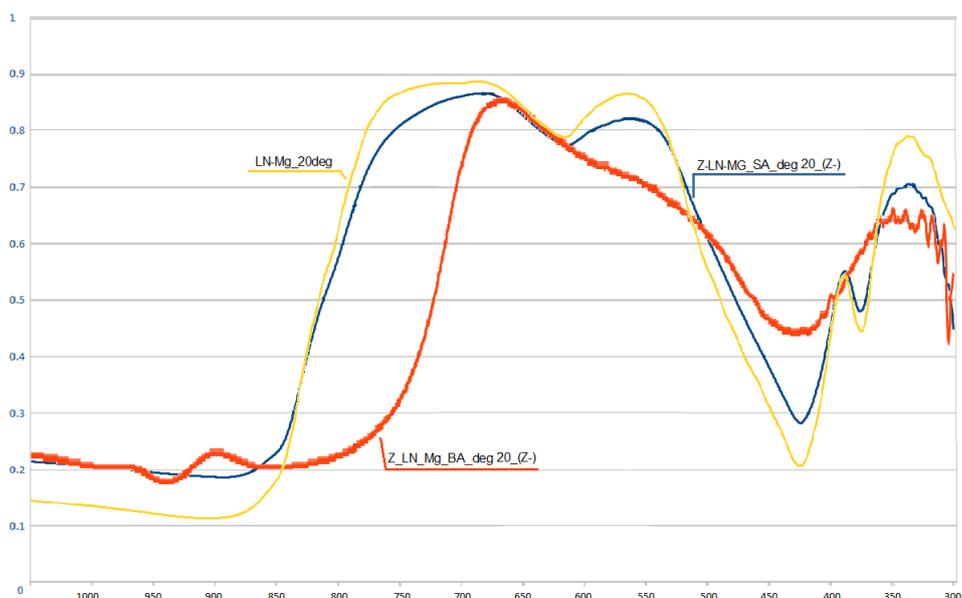
**Рисунок 1. ИК-пропускания**

В чистых кристаллах  $\text{LiNbO}_3$ , без примесей, пик ОН группы приходится, на 3480, но в кристаллах с примесью магния этот пик сдвигается на 3535, это хорошо видно на спектре Abs\_LN\_MG. При обработке,  $\text{H}^+$  легирует в кристалл и пик появляется в «родном месте» (3480), что можно наблюдать на спектре abs\_Z-LN\_MG\_SA. При обработке в бензойной кислоте,  $\text{H}^+$  легировало очень много, пики деформировались и образовали единый пик ОН группы, abs\_Z-LN\_MG\_BA. По одному данному графику можно судить о том, насколько хорошо «зашёл» водород, а, следовательно, и медь при второй обработке.



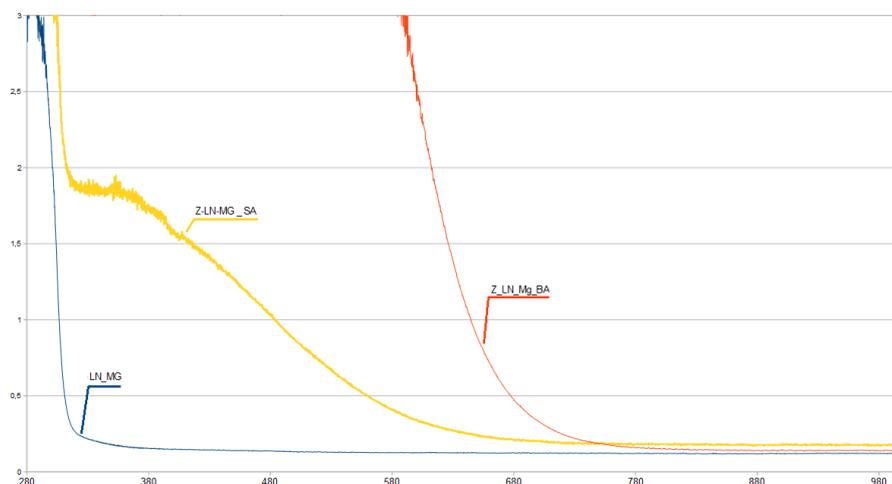
**Рисунок 2. ИК-отражения 20 градусов**

Благодаря ИК-отражению мы можем установить, что кристалл Z-LN\_MG\_BA\_20deg находится в  $\beta$ -2 фазе, об этом свидетельствует образовавшееся «плечо» 800-850, также это говорит о том, что водорода зашло много, а вот кристалл Z-LN\_MG\_SA\_20deg находится в  $\alpha$ -фазе.



**Рисунок 3. ИК-отражения 20 градусов. Либрационная мода**

Есть теория о том, что пик на 950 может являться либрационной модой, но эту компоненту можно наблюдать только в сильно наводороженных системах, она связана с дополнительными колебаниями ОН групп. На 4436 (рис выше) можно наблюдать составной тон. Если основной пик ОН группы сложить с либрационной модой, то мы получим этот составной тон ( $3469+950=4436$ ). В данной работе эта теория подтверждается. [2]



**Рисунок 4. UV\_Vis спектр**

В данных спектрах сдвиг возникает из-за появления полосы поглощения на центрах  $\text{Cu}^+$ . Таким образом, данные изменения в спектрах говорят об огромной концентрации меди в легированных слоях образца Z-LN\_MG\_BA.

Анализ спектров полученных образцов прямо подтверждает возможность получения контролируемых комбинированных слоёв в кристаллах  $\text{LiNbO}_3$  в разных фазах, при помощи различных методов. Проведя 2 разных варианта легирования, мы смогли получить кардинально отличающиеся образцы. Благодаря этому методу можно получать образцы с разным содержанием Меди в приповерхностном слое, что в свою очередь открывает новые возможности в оптоэлектронике.

372.853

## **ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОМЕДИЙНЫХ ВИЗУАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА»**

*Лымарь Е.А.*

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»  
el.lymar3107@gmail.com

*В работе представлены технологии формирования новомедийных визуальных коммуникаций в изучении темы «Интерференция света». Для разработки использовались бесплатные онлайн сервисы Miro, Mindomo, Trello. Визуализация взаимодействия преподавателя и студента разработана в онлайн сервисах Miro и Trello. В онлайн сервисе Mindomo разработана интеллектуальная карта по теме «Интерференция света». В приложении Microsoft PowerPoint Разработана визуализация по теме «Интерференция света в бипризме Френеля».*

Актуальность темы обусловлена огромными изменениями, которые принесла новомедийная среда в образовательный процесс.

Новые медиа – это активные участники процессов генерации и движения информационных потоков, а не только средства хранения и трансляции информации. Появляется всё большее количество активных пользователей, которые доминирует над пассивными потребителями готовых медиа-сообщений. Они самостоятельно производят полноценный информационный продукт, осваивая и ретранслируя полученную информацию [1].

В настоящее время существует феномен клипового мышления, новому поколению всё сложнее работать с текстовой информацией. Следовательно, проявляются проблемы с восприятием и запоминанием. Этот факт учитывается при разработке образовательного контента преподавателем.

Новые способы размещения учебного материала формируют новомедийную среду учебного процесса. Они дают возможность самостоятельно конструировать, комментировать, публиковать, распространять и редактировать информацию.

Новомедийные визуальные коммуникации – это средство общения людей с помощью визуальных образов в современном цифровом пространстве.

Формирование новомедийных визуальных коммуникаций в образовании строится на организации единого визуального образовательного онлайн пространства.

Такое пространство сформировано на платформе онлайн сервисов: Trello, Miro и Mindomo. Для размещения образовательного контента в работе использовались сервисы: YouTube, Google диск, Imgbb.

Для визуализации коммуникации преподавателя и студента использовались бесплатные онлайн сервисы Trello и Miro.

В технологии с использованием Trello предлагается две доски - доска преподавателя и студента (рис.1).

Доска преподавателя содержит разделы: работа с теорией, групповая работа в Mindomo, индивидуальная работа, выполнено, тесты, проверка.

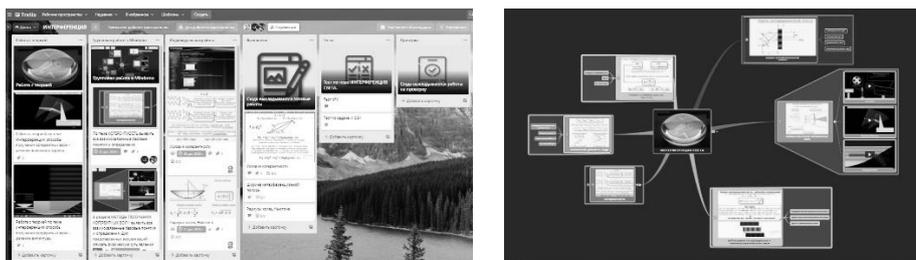
– Работа с теорией содержит ссылки на теоретические материалы, а также комментарии к ним.

- Групповая работа в Mindomo - студенты, используя макет преподавательской карты с основными разделами, должны выявить взаимосвязанные базовые понятия и определения по теме соответствующего задания.

Доска студента содержит разделы: общие задачи, индивидуальные задачи, в работе, выполнено, проверено. Студент и преподаватель состоят в одной команде, поэтому имеют доступ к доскам друг друга:

- Студент формирует свою доску, копирую на свою доску по заданию преподавателя карточки с задачами;

- Далее, по мере выполнения, учащийся перемещает карточки с задачами в соответствующие разделы и на проверку преподавателю.



**Рисунок 5. Доска преподавателя. Карта-визуализация по теме "Интерференция света"**

В данном ресурсе есть возможность добавления в карточки с задачами комментариев, назначение и отслеживание сроков выполнения, приглашение в команду. Возможность добавления ссылок на любые онлайн ресурсы.

Mindomo – это сервис для создания интеллектуальных карт. Интеллектуальные карты – это визуализация процесса ассоциативного радиантного (от центрального образа по радиусу) мышления.

На рисунке 1 представлен фрагмент карты-визуализации по теме «Интерференция света».

В карте показано как должны формироваться ассоциативные визуальные связи при изучении данной темы.

Рисунки и видео для использования в карте предварительно размещаются на YouTube и хостинге картинок. Есть возможность добавления ссылок на Google диск.

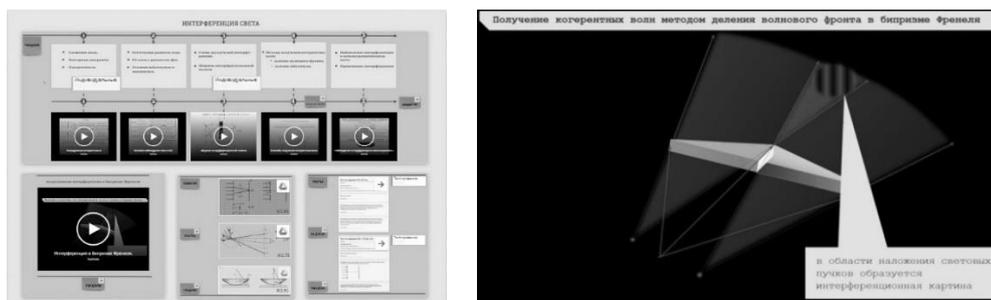
Таким образом, технология разработки интеллектуальных карт позволяет, выстраивая последовательные ассоциативные визуальные связи, проработать изучаемую тему во всех деталях и подробностях, а также позволяет сформировать у обучаемого полное и целостное восприятие изучаемой темы [2].

Альтернативой интерактивной платформе Trello является платформа отечественных разработчиков Miro. Miro – это российский стартап из Перми.

Платформа Miro имеет гораздо более универсальный и насыщенный функционал.

Если в Trello интерактивная доска формируется из однотипных блоков-разделов с набором карточек, то Miro представляет собой бесконечное рабочее пространство с возможностью представлять учебный материал в самых разнообразных дизайнерских и функциональных решениях. Универсальность Miro заключается в том, что в ней можно как создать аналог классической доски, так и организовать проектную и командную работу, визуализировать образовательный процесс, устроить мозговой штурм.

В работе представлено разработанное на платформе Miro единое интерактивное образовательное пространство по теме «интерференция света» (рис. 2).



**Рисунок 6. Интерактивное образовательное пространство. Визуализация "Интерференция в бипризме Френеля"**

Образовательный контент структурирован с помощью фреймов и представлен в формате простых и озвученных видео. Видеофайлы загружаются на доску с YouTube-канала.

Учебные материалы разделены на четыре блока: теория, визуализация, решение задач, тестирование.

Блоки связаны между собой ссылками, в следствие чего у обучающегося появляется возможность свободно переключаться между блоками учебного курса, оставаясь внутри данного образовательного пространства.

Работать на доске можно как в рабочем режиме, так и в режиме презентации.

В разработанном образовательном пространстве предусмотрена обратная связь с обучающимися. В блоки теоретического материала интегрированы формы с персонализированными самостоятельными заданиями: с указанием самого задания, сроков выполнения и возможностью прикреплять выполненные задания.

В блоке тестирования размещены разработанные мной на платформе Google Form тестовые задания. Разработанные тесты содержат вопросы по задачам, решенным на практических занятиях. Все тесты являются открытыми. Оценка осуществляется по пятибалльной шкале. Результаты тестов обрабатываются на платформе Google Form в аккаунте преподавателя.

Большим преимуществом интерактивной доски Miro является возможность оставлять комментарии непосредственно на доске во время учебного процесса.

Для визуализации физической сути явлений интерференции света в бипризме Френеля было использовано приложение PowerPoint (рис. 2).

Основной проблемой наблюдения интерференции является получение когерентных волн.

Бипризма Френеля является устройством для получения когерентных волн методом деления волнового фронта.

В визуализации по наблюдению интерференции в бипризме Френеля в первую очередь акцентируется внимание на конструктивных особенностях бипризмы – это две прямоугольные призмы, склеенные вдоль одной из граней и имеющие очень малый преломляющий угол.

Проблема получения когерентных волн в бипризме решается за счет преломления света. Важной особенностью данного способа получения когерентных волн является образование за счет пересечения продолжения преломленных лучей двух мнимых источников. Наблюдателю будет казаться, что две световые волны идут через призму именно из этих двух мнимых источников. Таким образом, за бипризмой образуются две накладываются друг от друга когерентные волны и на экране образуется интерференционная картина [3].

Представленные в работе технологии формирования новомедийных визуальных коммуникаций комплексно решают задачи организации учебного процесса. Визуальные модели позволяют детально проработать физические основы изучаемых явлений. Интеллектуальные карты и интерактивные доски позволяют визуализировать процесс изучения конкретной темы, а также организовывать работу в группах и самостоятельную работу студентов. Интеллектуальные карты и интерактивные доски полностью

визуализирует взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения. Представленные в работе технологии особенно продуктивны и полезны в дистанционном образовании.

#### **Литература и источники**

1. Новомедийные визуальные коммуникации как компонент реализации проектной деятельности студентов [Электронный ресурс]: URL: <https://docplayer.com/218921854-Novomediynye-vizualnye-kommunikacii-kak-komponent-realizacii-proektnoy-deyatelnosti-studentov.html> (дата обращения 30.01.2022)
2. Воробьева В.М. Эффективное использование метода интеллектуальных карт на уроках [Текст]: методическое пособие/ Воробьева В.М.- М:ГБОУ «ТемоЦентр»,2013.
3. Ландсберг Г. С. Оптика. Учебное пособие: для вузов, 6-е изд., М.: Физматлит, 2010. 848 с. *Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Журавлев Ю.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 372.853**

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ФИЗИКЕ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ**

*Мелкозерова Е.Е.*

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»  
katya.melkozerova.01@mail.ru

*Аннотация: в статье рассматриваются вопросы истории и развития внеурочной деятельности в России, показана важность внеурочной деятельности в основной школе. Разработан пропедевтический курс «ФизУм» по физике для 6 класса. Курс опирается на наблюдения, демонстрационные и качественные лабораторные работы.*

*Ключевые слова: внеурочная деятельность, физика, организация внеурочной деятельности, ФГОС, пропедевтика, лабораторная работа, качественные задачи.*

В Федеральном государственном образовательном стандарте наиболее эффективным способом организации свободного времени является внеурочная деятельность, являющаяся составной частью образовательного процесса. Также необходимо учитывать «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» (Санитарно-гигиенические правила и нормативы СанПиН 2.4.3648-20), в котором прописано, что максимальная недельная нагрузка на внеурочную деятельность составляет не более 10 часов. Разработанный пропедевтический курс по физике проводится один раз в неделю, и созданная программа выполняет такие задачи как: дальнейшее активное участие школьников в изучении физики; убежденность в то, что мир вокруг нас познаваем; формирование навыков наблюдения за природными явлениями и выполнения лабораторных работ; воспитание предприимчивого, ответственного, целеустремленного человека, способного применять полученные знания и навыки на собственном опыте. Пропедевтический курс «ФизУм» осуществляется на основе общеинтеллектуального развития личности. Поэтому разработка образовательной программы под современные требования является актуальной.

#### **История и развитие внеурочной деятельности в России**

Внеурочная деятельность в России зародилась в 18 веке на базе Шляхетского кадетского корпуса Петербурга. Дореволюционные методики обучения разрабатывались, развивались и приспособлялись к сложным и противоречивым экономическим условиям Российской империи. Из-за того, что в дореволюционной России был большой социальный слой необразованного населения, все это привело к расширению содержания внешкольного

образования, которое и получило название «культурно-просветительная работа». Культурно-просветительская работа этого периода включала в себя разнообразные формы: народные чтения и публичные лекции, выставки, экскурсии, народные театры и концерты, спектакли, народные гуляния [1].

В советское время внеурочная деятельность то возникала, то пропадала. А.С. Макаренко заложил основы теории социального воспитания, в которой говорится, что «человек не воспитывается по частям». Следует отметить, что система внешкольного образования до 20-х годов 20 века находилась в стадии поиска и становления, а уже в 30-е годы она получила свое научное обоснование, как система внешкольного воспитания и внешкольной работы. Наивысший пик своего развития внешкольное образование и внешкольные учреждения приобрели в 70-80 гг. 20 века. В это время были назначены главные направления в содержании деятельности и сформирована уникальная, не имеющая аналогов в мире система работы с детьми, включающая в себя программу, ясно поставленные задачи и формы воспитательной работы [2].

В Федеральном государственном образовательном стандарте 2021 г. наиболее эффективным способом организации свободного времени является внеурочная деятельность, являющаяся составной частью образовательного процесса (ФГОС).

Сама по себе внеурочная деятельность включает в себя стабильность и практическое применение определенной доли содержания учебной программы по академическим предметам и курсам. Ключевым фактором развития внеурочной деятельности в будущем является предоставление учащимся возможности совершенствовать свою деятельность, нацеленную на различные виды деятельности.

Из-за того, что полноценное изучение физика начинается с 7 класса, то дети на данном этапе испытывают трудности в понимании тех или иных физических законов и физических процессов. Поэтому, знакомство детей с физикой на более ранней ступени обучения благоприятно сказывается на формировании первостепенных физических понятий. В силу возраста, знакомство детей с физикой проходит на качественном уровне. Пропедевтика – подготовительный, вводный курс в какую-либо науку, систематически изложенный в сжатой и элементарной форме [3]. Пропедевтика оказывает положительное влияние на качество обучения, так как у ребенка формируются первостепенные физические понятия и изучение предмета в дальнейшем не становится для ребенка чем-то сложным. Также пропедевтический курс может помочь уберечь ребенка от недостоверной информации, т.к. у ребенка может сложиться ложное представление о том или ином предмете, процессе и т.д. на основе увиденного из Интернета и соц. сетей.

Ознакомившись с историческим опытом и новейшими нормативными документами, был разработан пропедевтический курс «ФизУм» по физике для 6 класса.

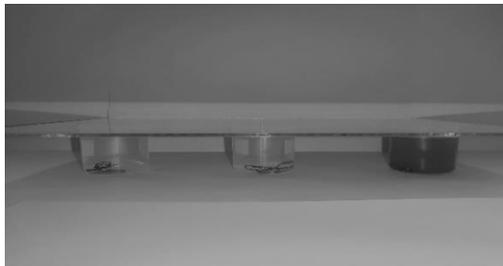
**Разработанный пропедевтический курс «ФизУм» по физике для 6 класса включает в себя 4 раздела на 4 четверти, 35 часов на учебный год.**

**Пример на первую четверть:**

- **Познаваем ли мир? (2 часа).** Демонстрации: механические, тепловые, электромагнитные, звуковые и световые явления природы; измерительные приборы: линейка, измерительная лента, весы, термометр, мензурка; физические тела и вещества, из которых они состоят. Л/р: наблюдение различных состояний вещества; знакомство с измерительными приборами; определение размеров физического тела. Домашняя Л/р: наблюдение различных состояний вещества.
- **Время (1 час).** Демонстрации: измерение интервалов времени при помощи маятника, песочных часов. Творческая работа: подготавливается сообщение на выбранную тему. Подход творческий.
- **Строение вещества и тепловые явления. (8 часов).** Демонстрации: сжатие надутго мяча; тела равной массы, но разной плотности; тела равного объема, но разной плотности;

способы измерения плотности вещества; механическая модель броуновского движения; диффузия газов, жидкостей (на примере духов); объем и форма твердого тела, жидкости; увеличение объема твердых тел при нагревании; **Л/р:** наблюдение за плавлением снега; зависимость скорости испарения жидкости; смешивание воды и масла; эксперимент с водой и сахаром.

**Пример лабораторной работы для этого курса: «Влияние вязкости жидкости на магнитные свойства».**



**Рисунок.1. Фрагмент из л/р «Влияние вязкости жидкости на магнитные свойства»**

**Цель:** пронаблюдать за тем, какие изменения претерпевают магнитные свойства от вязкости жидкости.

**Приборы:** 3 одинаковых стакана, вода, глицерин, машинное масло, скрепки, стеклянная доска, магнит.

**Ход выполнения:**

1. В 3 одинаковых стакана наливают: воду, глицерин и машинное масло в равных пропорциях;
2. В каждый стакан добавляют по скрепке;
3. Поверх стаканов горизонтально кладут стеклянную доску;
4. Берут магнит и подносят к каждому стакану;
5. Делают вывод из наблюдения.

Из данного эксперимента дети должны сделать вывод о том, что проявление магнитных свойств зависит от вязкости жидкости. Получается, что чем выше коэффициент вязкости жидкости (внутреннее трение), тем сложнее притянуть предмет (в нашем случае, скрепку) к магниту.

В отличие от мыслительных экспериментов ценность проделанных экспериментов заключается в том, что прямое наблюдение выявляет скрытые стороны объектов или реальных явлений. Эксперимент позволяет ребенку визуализировать в уме картину мира на основе его наблюдений, ответах, установление закономерностей и т.д. Взаимодействия, производящиеся с предметами, носят творческий характер, вызывая исследовательский интерес, развитие мыслительной деятельности, стимулирование познавательной активности и любознательности.

Таким образом, на основании исторического опыта и проделанной работы можно сделать вывод, что внеурочная деятельность играет большое значение в современной системе образования, являющаяся своего рода помощником для учителя в поиске юных талантов.

#### **Литература и источники**

1. Ахметшина И.А., Земш М.Б., Лосева А.А. Педагогика и методика дополнительного образования детей: учебное пособие для студентов вузов / И.А. Ахметшина, М.Б. Земш, А.А. Лосева; под общей ред. И.А. Ахметшиной. – М.: Изд-во «ЭконИнформ», 2019. – 190 с.;

2. Морозова С.А. История развития культурно-просветительской деятельности в отечественном образовании (конец XVIII – начало XXI века) // Человек и образование. - 2013. - №4. - С. 174-179;

3. Пропедевтика. Толковый словарь Ожегова. [Электронный ресурс]. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ogegova/189990>. (Дата обращения 25.11.2021);

*Научный руководитель – к.х.н., Дягилев Д.В., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 372.853**

## **РАЗРАБОТКА БАНКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА»**

***Мирзоян М.А.***

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

monika.mirzoyan.2000@mail.ru

*Рассмотрены виды тестов, правила составления тестовых заданий. Проведена спецификация теоретического материала по дисциплине «Естественнонаучная картина мира». Разработан банк тестовых заданий по дисциплине «Естественнонаучная картина мира», для разделов «Электромагнитные явления», «Физические процессы в атмосфере и гидросфере», «Тепловые явления».*

Тест – это система заданий, который используется для проверки результата знаний студентов в образовательном процессе. Тестирование позволяет уменьшить большие временные затраты оценивания знаний студентов, что делает его очень востребованным. Тестирование особенно актуально в период пандемии, т.к. дистанционное обучение вызвал сложности в контроле и оценивании знаний студентов.

Целью данной работы является разработка банка тестовых заданий по дисциплине «Естественнонаучная картина мира».

Задачи:

1. Описать виды тестов и тестовых заданий;
2. Провести спецификацию теоретического материала по дисциплине «Естественнонаучная картина мира»;
3. Разработать банк тестовых заданий по дисциплине «Естественнонаучная картина мира», для разделов «Электромагнитные явления», «Физические процессы в атмосфере и гидросфере», «Тепловые явления»

Классификации тестов в педагогической практике уделено много внимания в научных трудах и публикациях. Анализ методической и научной литературы (А. Майоров, М. Чельшкова, В. Звонников, В. Аванесов и др.) позволяет выделить и обобщить следующие разновидности тестовых заданий: закрытая и открытая формы [1]. В закрытой форме тестовых заданий испытуемому необходимо выбрать варианты ответов, а в открытой форме необходимо дополнить отсутствующую часть задания.

Определенные виды и формы тестирования позволяют оценить освоенные знания и умения студентов.

При использовании тестирования педагог должен учитывать определенные правила и требования, предъявляемые к составлению тестов:

- Тестовые задания должны отражать содержание обучения;
- Недопустимо использовать в тесте задания-ловушки, провокационные вопросы;
- Следует использовать длинный вопрос и короткий ответ;
- Каждое тестовое задание нужно формулировать так, чтобы не ввести в заблуждение;
- Следует использовать разноуровневые по степени сложности задания

Таким образом, проведенный выше анализ изученной литературы показывает, что исследования в области разработки составления тестовых заданий достаточно хорошо описаны, что позволяет составить банк тестовых заданий для проверки знаний студентов по дисциплине «Естественнонаучная картина мира».

Многую была разработана спецификация тестов по дисциплине «Естественнонаучная картина мира» на основе лекций и литературы по данной дисциплине.

Таблица 2 – Спецификация по дисциплине «Естественнонаучная картина мира»

| № п/п | Наименование раздела дисциплины               | Содержание раздела дисциплины   |
|-------|---|---|
| 1.    | Электромагнитные явления.                     | 1. Источники электромагнитного поля.<br>2. Производство электроэнергии, энергетика.<br>3. Электромагнитное поле и здоровье человека.<br>4. Молния.                        |
| 2.    | Физические процессы в атмосфере и гидросфере. | 1. Атмосфера Земли: ее состав и строение.<br>2. Атмосферное давление.<br>3. Ветры и их происхождение.<br>4. Водяные пары в атмосфере.<br>5. Гидросфера, перемещение воды. |
| 3.    | Тепловые явления                              | 1. Солнечная энергия. Источники энергии.<br>2. Тепловые двигатели.<br>3. Парниковый эффект.   |

В настоящее время существуют различные компьютерные программы, позволяющие создать тестовые задания с различными инструментами для создания заданий. В работе представлен банк тестов разработанный в Hot Potatoes- инструментальная программа-оболочка, с помощью которого можно создавать различные задания и тесты для оценивания учащихся. В данной оболочке можно создать 10 различных тестов с использованием текстовой, графической, аудио- и видеоинформации [3].

В качестве одного из заданий, я выбрала задание закрытого типа на установление соответствия (Рис.1). Данное задание такого типа охватывает основные вопросы по теме «Атмосфера Земли: ее состав и строение» из раздела «Физические процессы в атмосфере и гидросфере», и позволяет объективно и быстро оценить результат учащегося.

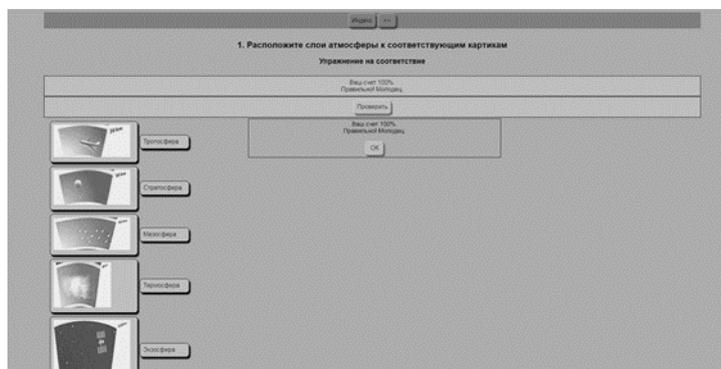


Рис. 1. Задание на установление соответствия

Тестовые задания сохраняются в формате веб-страницы и студентам для использования необходимо только веб-браузер. После прохождения тестирования на экране появляется результат студента (Рис.2).

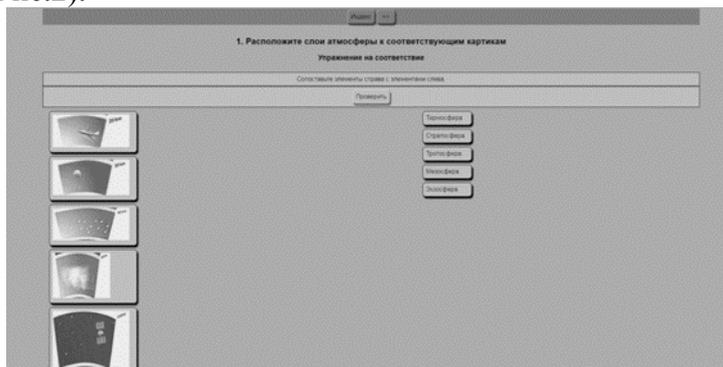


Рис. 2. Результат тестирования

Анализируя подобранную литературу, можно сказать, что тестирование является эффективным и надежным методом оценивания студентов.

### Литература и источники

1. Майоров А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. (Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования) / А. Н. Майоров. – М. : «Интеллект-центр», 2001. – 298 с.
2. Ф. В. Титов Естественная картина мира. Учебное пособие-Кемеровский государственный университет, Кемерово, 2018
3. Уроки по работе с программой HotPotatoes [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nsportal.ru/blog/shkola/obshcheshkolnaya-tematika/all/2013/06/06/uroki-po-rabote-s-programmoj-hotpotatoes> (Дата обращения: 6.04.2022)  
*Научный руководитель - к.х.н., доцент, Титов Ф.В., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК538.971

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДИКИ "Z-СКАНИРОВАНИЯ" ПРИ ОЦЕНКЕ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛОКАЛЬНО ЛЕГИРОВАННЫХ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ

*Нетбайлов Н.М.*

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»  
netbajlov@bk.ru

В работе исследуется возможность стандартным методом Z-скан пропускания (TZ-скан) зарегистрировать вклад изменения нелинейных параметров легированных слоев  $\approx 1\text{мкм}$ , на подложках ниобата лития и влияние дальнейшей обработки на слои, сформированные в одних условиях. Проведенное исследование показывает возможность анализа тонких ( $\approx 0,001\%$  толщины образца) легированных слоев на подложках  $\text{LiNbO}_3$  стандартной методикой TZ-скан. Так же показывает необходимость учитывать вклад возможных тонких неоднородных слоев при использовании методики Z-сканирования при исследовании объемных образцов.

На сегодняшний день, в связи с повышением мощности лазерных источников, доступных как в научных экспериментах, так и в конкретных технических решениях, а так же с повышением чувствительности материалов, применяемых для управления лазерным излучением в различных компонентах оптоэлектроники и повышением точности получаемых данных при помощи этих компонентов все более актуальной становится необходимость

оценки стабильности и границ применимости оптических компонентов при высокой интенсивности лазерного излучения.

Одним из методов исследования нелинейного отклика материалов на лазерное излучение высокой интенсивности является метод Z-сканирования. Реализуются исследования следующим образом (рис.1): коллимированный лазерный пучок, проходя через входную фокусирующую линзу (1) системы, образует фокальную перетяжку, исследуемый образец (2) движется вдоль этого пучка от входной линзы ( $-Z$ ) до положения за фокусом ( $+Z$ ), причем положение ( $Z=0$ ) совпадает с фокусом линзы, где интенсивность излучения действующего на образец будет максимальной. Прошедший сквозь образец пучок попадает на делительную пластинку (3) и далее на два датчика. Первый датчик (4) регистрирует все излучение, отклоненное пластинкой – спектр с открытой апертурой (ОА) и позволяет оценить нелинейное поглощение. Излучение, регистрируемое вторым датчиком (5), ограничивается диафрагмой (6) с оптимальным линейным пропусканием апертуры 0,3-0,5 и формирует спектр с закрытой апертурой (СА), отношение (СА/ОА) дает представление о нелинейной рефракции. Таким образом, Z-скан позволяет за одно сканирование исследовать вклады нелинейного поглощения и нелинейной рефракции отдельно.

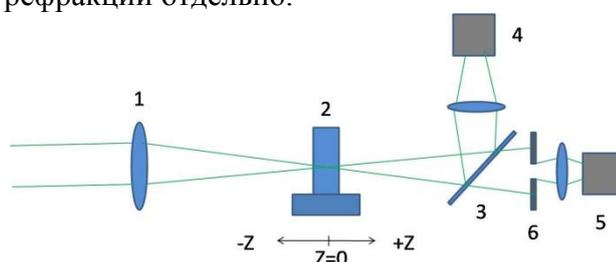


Рисунок 1. Установка TZ-скан

В схеме Z-скан пропускания (TZ-скан), описанной выше, датчики регистрируют излучение, прошедшее сквозь весь образец, и сигнал будет содержать в себе суперпозицию откликов однородного субстрата, неоднородных включений, дефектов, и слоев, если таковые имеются.

В данной работе ставилась цель выяснить, возможно ли в таком интегральном сигнале выявить вклад тонких слоев, являющихся видоизмененным основным материалом образца.

Образцы представляют собой пластинки ниобата лития толщиной  $L=1$  мм Z-срез со сформированным на поверхности тонким, порядка единиц мкм, протонированным слоем, образующим оптический волновод. То есть легированный слой составляет десятые доли процента от толщины образца.

В связи с тем, что обработка затрагивает только внешние слои образца, предполагаем, что изменения в спектрах должны соответствовать внешнему легированному слою.

Сканирование производилось лазером с длиной волны 488 нм, интенсивности в фокусе ( $Z=0$ ) варьировались от  $1,4 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup> при 4 мВт входящего излучения, до  $1,3 \cdot 10^8$  Вт/м<sup>2</sup> при 350 мВт.

При слабом линейном поглощении образцов (оптическая плотность  $D \approx 0,1$ ) спектры открытой апертуры (рис.2), характеризующие нелинейное поглощение, для всех образцов не имеют выраженных отличий. Слабые различия в спектрах вблизи ( $Z=0$ ) могут относиться как к физической природе слоя, так и к геометрическому его расположению при сканировании и требуют дальнейшего изучения.

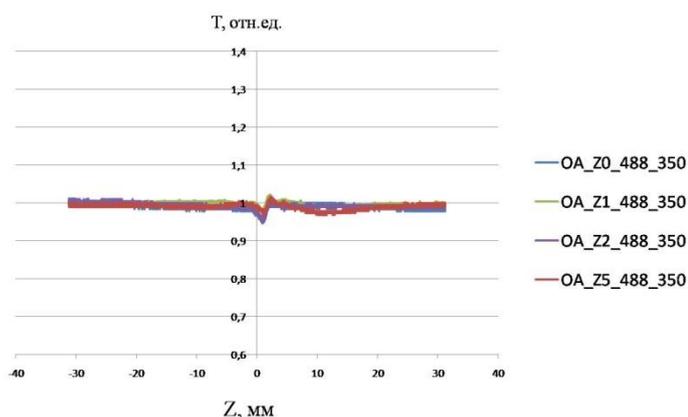


Рисунок 2. Спектры с открытой апертурой (OA)

Спектры отношения закрытой и открытой апертур (CA/OA) показывают знак и амплитуду фазового сдвига  $\Delta\Phi_0$  нелинейной рефракции и величину нелинейного показателя преломления  $n_2$ .

Очередность следования максимума и минимума при движении от «-Z» до «+Z» в спектре дает знак фазового сдвига, в нашем случае максимум следует за минимумом, что указывает на положительный фазовый сдвиг - формирование фокусирующей линзы при взаимодействии проходящего света со средой.

$$|\Delta\Phi_0| = \frac{\Delta T_{pv}}{0,406(1-S)^{0,27}} \quad (1)$$

где линейное пропускание апертуры  $S=0,3$ ,  $\Delta T_{pv}$  – соотношение между минимумом и максимумом нормализованного пропускания.

Соотношение для определения нелинейного коэффициента преломления  $n_2$

$$n_2 = \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right) \frac{\Delta\Phi_0}{I_0 L_{эфф}} \quad (2)$$

$L_{эфф} \approx L$  для прозрачных сред. Полученные нелинейные коэффициенты приведены в таблице 1. Значение  $n_2 \approx 10^{-13} \text{ м}^2/\text{Вт}$  характерно для этого образца.

| Образец | D   | L, мм | Время протонирования, ч | Время отжига, ч | $\Delta T_{pv}$ | $ \Delta\Phi_0 $ | $n_2, \text{м}^2/\text{Вт} \times 10^{-13}$ |
|---------|-----|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------|---|
| Z0      | 0,1 | 1     | 0                       | 0               | 0,37            | 1                | 12,5  |
| Z1      | 0,1 | 1     | 6                       | 1               | 0,26            | 0,7              | 8,8   |
| Z2      | 0,1 | 1     | 6                       | 0               | 0,4             | 1,08             | 13,55                                       |
| Z5      | 0,1 | 1     | 6                       | 7               | 0,19            | 0,51             | 6,4   |

Таблица 1. Параметры образцов

Исходя из того, что обработки кристаллов проходят при температурах не приводящих к изменениям в субстрате, а затрагивают только приповерхностный слой, а сканирование проводится в полностью одинаковых условиях, можем сравнить характер графиков (CA/OA) (Рис.3)

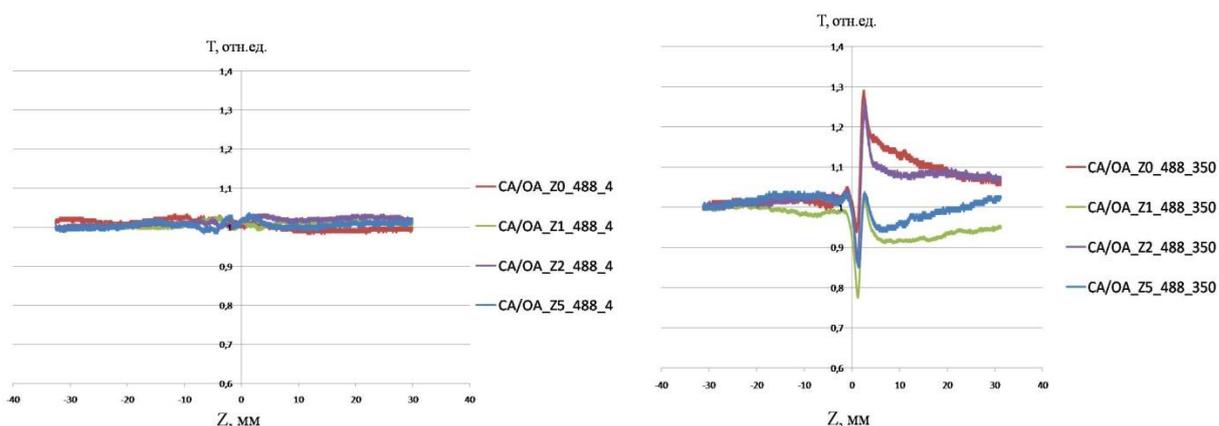


Рисунок 3. Спектры отношения закрытой и открытой апертур (CA/OA), в обозначениях указаны параметры 488 нм – длина волны лазера, 4 и 350 – мощность излучения

Видим четкое деление на образцы проходившие отжиг (Z1,Z5) и не проходившие отжиг (Z0,Z2). Причем характер отклика Z2 протонированного, но не проходившего отжиг похож на референсный образец Z0 не проходивший обработки. Кроме того, видим более быструю релаксацию сформированной линзы в образцах Z0-необработанном и Z5-прошедшем длительный отжиг. Таким образом и влияние отжига на сформированный идентичный протонированный слой так же видно при Z-сканировании.

Дальнейший анализ требует привлечения дополнительных данных о приповерхностных слоях, полученных другими методами исследования.

Проведенное исследование показывает возможность анализа тонких ( $\approx 0,001$  % толщины образца) легированных слоев на подложках LiNbO<sub>3</sub> стандартной методикой TZ-скан. Так же показывает необходимость учитывать вклад возможных тонких неоднородных слоев при использовании методики Z-сканирования.

### Литература и источники

1. Basnin P.P., et al., "Micro-optical structures written by photothermal method in a specially modified near-surface layer of lithium niobate crystals", Russian Physics Journal, V62, N4 (2019), pp. 732-734, DOI: 10.17223/00213411/62/4/154

Научный руководитель – зав.лаб. Баснин П.П., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

УДК 372.853

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ К ОЛИМПИАДАМ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО УРОВНЕЙ ПО ТЕМЕ «ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ»

*Пронькин К.Г.*

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

pronkin.kirill@yandex.ru

*Аннотация: в представленной научной работе рассмотрены вопросы создания онлайн методического пособия, в котором размещены олимпиадные задачи школьного и муниципального уровней по теме «Оптические явления». Для большего понимания они будут анимированы, что позволит ученику увидеть, понять и разобрать задачу.*

*Ключевые слова: методические материалы, олимпиадные задачи, оптические явления, информационные технологии в сфере образования*

Методическое пособие очень важно в современном образовании. Оно представляет разновидность учебно-методического издания, содержащего в себе обширный систематизированный материал, раскрывающий содержание, отличительные особенности методики обучения по какому-либо учебному курсу в целом, либо значительному разделу (разделам) курса. Кроме этого, теоретический материал может вмещать в себя планы и конспекты уроков, а также дидактический материал в виде таблиц, иллюстраций, рисунков, диаграмм и т.п. Отличается ярко выраженной практической направленностью, простотой, доступностью.

Актуальность моей темы заключается в том, что одним из многообещающих способов образования в наше время является способ, использующий современные телекоммуникационные технологии и доступ в сеть интернет, что позволяет:

- улучшить качество обучения
- сэкономить время учащихся на поиск информации
- увеличить возможности самоподготовки к олимпиадам

В настоящее время происходят большие изменения, с помощью которых человек прогрессирует, развивается в информационном направлении и учиться осваивать новейшие технологии на практике. Таким образом, в системе образования изменились ориентиры, теперь необходимо качественно получать и плодотворно использовать знания вместе с современными технологиями.[1] Компьютерные технологии, которые чаще всего применяются в рамках учебного процесса можно разделить на две группы:

1. Технологии, направленные на локальные компьютеры
2. Сетевые технологии, использующие локальные сети и глобальную сеть интернет

Разработанное методическое пособие содержит большое количество олимпиадных задач различного уровня сложностей по теме «Оптические явления». На рисунке 1 в качестве примера представлено условие задачи. Учебное пособие размещено на сайте. На рисунке 2 представлен кадр из анимации к задаче.

Развитие цифровых методов обучения соседствуют с изданием учебных пособий нового производства, отвечающих потребностям личности учащихся. Электронные учебные материалы призваны создать единство образовательного процесса и современных, новых научных исследований.

Электронное пособие дает учащимся возможность самостоятельно выбирать образовательную траекторию, последовательность и темп изучения тем, систему тренировочных заданий и задач и непосредственно способы контроля знаний. Так реализуется важнейшее требование современного образования - развитие у субъектов образовательного процесса индивидуального стиля деятельности, культуры самоопределения, происходит их личностное развитие. Такие передовые технологии не только облегчают доступ к информации и дифференциации, но и позволяют по новому организовать взаимодействие всех субъектов обучения, построить образовательную систему, в которой учащийся был бы активным и равноправным участником образовательной деятельности.[2] Так же учебное пособие может быть использовано учителем физики при подготовке учащихся к олимпиадам.

**Задача.** В центре собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1$  вырезано круговое отверстие и в него вставлена собирающая линза с меньшим фокусным расстоянием  $F_2$ . Постройте изображение предмета, показанного на рисунке 1, в этой “двойной” линзе.

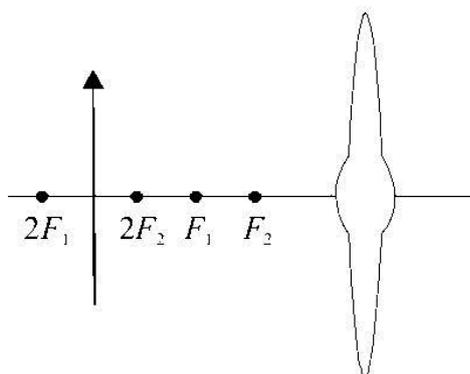


Рисунок 7. Условие задачи.

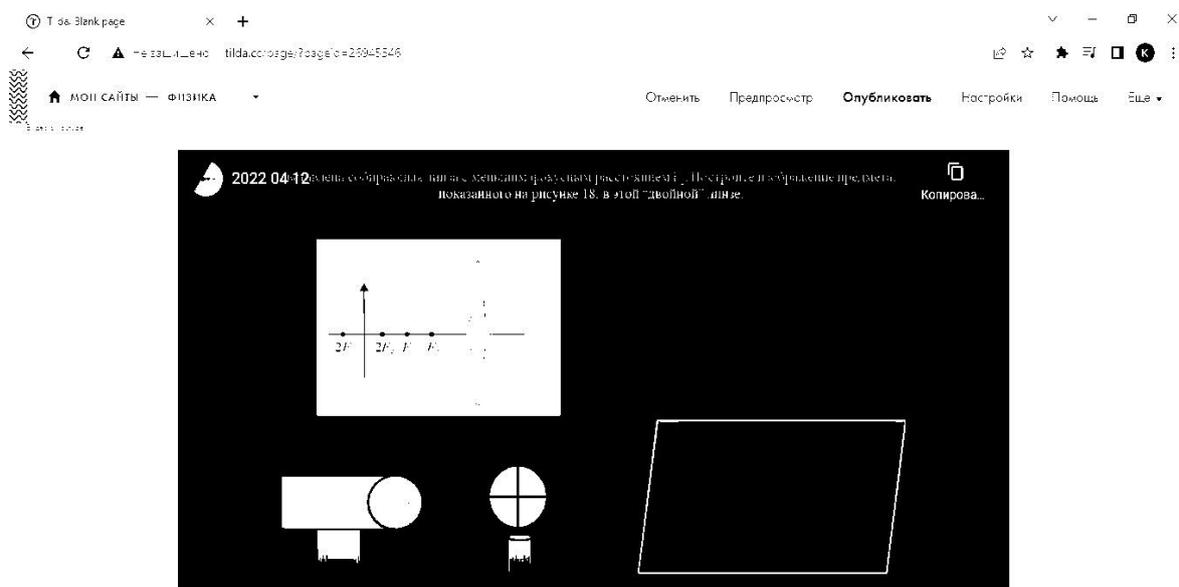


Рисунок 8. Кадр из анимации к задаче

Таким образом, мы показали, что использование разработанного электронного методического пособия позволяет наглядно и более подробно преподнести материал учащимся. С его помощью трудные для понимания задачи усваиваются учащимися легче и быстрее.

### Литература и источники

1. Войтова М.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности / М.В. Войтова. М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр на железнодорожном транспорте», 2019. – 128 с.
2. Современные информационные технологии на уроках физики. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://infourok.ru/sovremennie-informacionnie-tehnologii-na-urokah-fiziki-663989.html> (Дата обращения: 07.04.2022).  
*Научный руководитель – к.х.н., доцент Гордиенко Н.И., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

## РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ К СБОРНИКУ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

*Роженцева К.В.*

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»  
kseniya.rozhenceva.00@mail.ru

*Аннотация: в данной статье рассматриваются вопросы развития нестандартного мышления и виды физических задач, а также показана важность нестандартных задач для учащихся основной школы. Разработан цикл нестандартных задач для учащихся на основе мультипликационных героев фильмов.*

*Ключевые слова: Физика, нестандартные задачи, практико-ориентированные задачи, методы решения нестандартных задач, виды нестандартных задач, алгоритм решения физических задач*

Информационные технологии играют важную роль в современном образовании физике. Суть информационного подхода в обучении нацелено на формирование умения обучаться и готовность к активной деятельности. В нестандартных задачах повышенной сложности, в условии которой описываются модели научных задач, решение которых возможно различными способами. Решение нестандартной задачи, учит человека нестандартно мыслить и находить новые решения не только в физике, но и в жизни.

В последние годы произошли глубокие изменения в обучении. Поэтому исследования в области «Разработка материалов к сборнику нестандартных задач по физике» являются актуальным. Современный мир полон изменчивости, неопределенности, неоднозначности и сложности. Человеку в этом мире трудно находить верные решения. Для этого ему нужно практиковаться, находить верные решения, то есть улучшать навык для дальнейшего решения нестандартных задач, которые помогает формировать качества в личности. В будущей жизни принимать решения при нестандартных ситуациях, находить обоснованные решения при возникновении сложных жизненных обстоятельств.

### **Классификация задач[1]:**

- по содержанию: задачи по механике, электродинамике, молекулярной физике, квантовой физике;
- по способу выражения условия: текстовые, задачи-рисунки, экспериментальные, графические;
- по способу решения: качественные (задачи-вопросы), графические, вычислительные (количественные), экспериментальные.

### **Способы решения количественных физических задач [1]:**

- арифметический (по действиям);
- графический (с использованием графика);
- алгебраический (через общую формулу);
- геометрический (с использованием геометрических соотношений).

Решая задачи по физике, ученик развивает предметно-действенное, условно-образное и абстрактно-логическое мышление. Принимая во внимание формирования личности, педагог должен ученикам предоставлять такую задачу, чтобы они смогли понимать важную суть ее решения. Анализ решения физических задач полифункционально, поскольку оно приводит к углублению в знаниях школьников, развитию познавательного интереса [2].

### **Основные функции решения задач следующие [2]:**

1. вводно-мотивационная и познавательная;
2. развивающая и воспитывающая;
3. иллюстративная;
4. формирования у учащихся специальных и общих физических умений и навыков;

5. формирования у учащихся межпредметных умений и навыков;
6. контрольно-оценочная.

За основу методики решения нестандартных задач берем стандартную методику, где предусмотрены следующие подходы обучения решению физических задач [2]:

1. необходимо формировать у учащихся общий подход к осознанному поиску решения любой физической задачи;
2. для развития общего подхода учащиеся должны обладать четкими представлениями о структуре и особенностях физических задач, о механизмах и процессах их решения;
3. решение физических задач считается сложной деятельностью, состоящей из ряда действий, которые в свою очередь состоят из операций;
4. для осуществления этой сложной деятельности учащиеся должны иметь прочные знания, умения и навыки в выполнении отдельных действий и операций, входящих в ее состав;
5. для более глубокого осознания учащимися особенностей физических задач целесообразно ввести в процесс обучения систему учебных заданий по самостоятельному составлению учащимися новых и обратных заданным физическим задач, их преобразованию.

**Процесс обучения учащихся решению физических задач [2]:**

1. изучение элементов теории учебных физических задач;
2. формированию у учащихся умений и навыков в выполнении отдельных действий и операций;
3. систему учебных заданий по усвоению физических задач;
4. формирования у учащихся общего подхода к поиску способа решения задачи, знакомства с различными методами решения и развитие интеллектуальных способностей.

#### ПРЕДЛАГАЕТСЯ НЕСТАНДАРТНАЯ ЗАДАЧА



Рисунок 9. Кадр из анимации к задаче

**Задача.** Винни-Пух решил определить плотность большой ириски. Он опустил ее в сгущенку, вес ириски составил 0,08 Н. При опускании той же ириски в мед, ее вес составил

0,072 Н. Плотность сгущенки 1310 кг/м<sup>3</sup>. Плотность мёда 1510 кг/м<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения  $g=10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ выразить в кг/м<sup>3</sup>.

Суть решения задачи заключается в том, что Винни-Пух опустил в мед ириску, вес которой составил после взвешивания  $P_1=0,072$  Н, а потом он опустил ту же ириску в сгущенку, вес которой составил после взвешивания  $P_2=0,08$ Н. Объём ириски одинаковый. Если бы был объём ириски, то хватило бы одной баночки. А мне для решения необходимо две баночки.

С помощью двух выражений мы находим объём ириски

$$mg - \rho_1 gV = P_1 \quad (1)$$

$$mg - \rho_2 gV = P_2 \quad (2)$$

Из второго выражения вычитаем первое

$$-\rho_2 gV + \rho_1 gV = P_2 - P_1 \quad (3)$$

Из получившегося уравнения (3) выражаем объём

$$V(\rho_1 g - \rho_2 g) = P_2 - P_1 \quad (4)$$

Из уравнения (4) находим объём и подставляем числовые значения

$$V = \frac{P_2 - P_1}{(\rho_1 - \rho_2)g} = \frac{(0,08 - 0,072) \text{ Н}}{(1510 - 1310) \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 4 * 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (5)$$

Далее выражая из первого уравнения, я нахожу массу ириски

$$g(m - \rho_1 V) = P_1 \quad (6)$$

$$m = \frac{P_1}{g} + \rho_1 V = \frac{0,072 \text{ Н}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} + 1510 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * 4 * 10^{-6} \text{ м}^3 = 0,01324 \text{ кг} \quad (7)$$

После нахождения объёма(5) и массы(7), определяем плотность большой ириски

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,01324 \text{ кг}}{4 * 10^{-6} \text{ м}^3} = 3310 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (8)$$

$$\text{Ответ: } \rho = 3310 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Таким образом, проведенный выше анализ показывает, что тема «Разработка материалов к сборнику нестандартных задач по физике» в современной литературе описано недостаточно полно, отсутствует предполагаемые методики, направлены на обучение решению физических задач, функции и алгоритмы решения. А к нестандартным задачам необходим оригинальный подход, но он основан на теории стандартного решения физических задач. Разработан цикл нестандартных задач на основе мультипликационных героев.

### Литература и источники

1. Физические задачи. Типы задач. Приемы решения. // URL: <https://infourok.ru/user/volik-natalya-nikolaevna/blog/fizicheskie-zadachi-tipy-zadach-priemy-resheniya-196869.html> (дата обращения: 25.03.2022)
2. Н.Н.Тулькибаева, Л. М. Фридман, М.А.Драпкина, Е.С.Валович, Г Д.Бухарова. Решение задач по физике. Психолого-методический аспект / Под ред. Н.Н.Тулькибаевой, М.А.Драпкина. – Челябинск: Изд-ва ЧГПИ «Факел», ЧВВАИУ и Урал. Гос. Проф.-пед. Ун-та, 1995. – 120 с.  
*Научный руководитель – к.х.н., доцент Дягилев Д.В., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 004.9

## МИКРОКОМПЬЮТЕР RASPBERRY И ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ДАТЧИКИ В АВТОМАТИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

*Руднев П. С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
pavsergrud@yandex.ru

*Данная работа посвящена описанию и изучению микрокомпьютера "Raspberry Pi B+". Этот одноплатный микрокомпьютер отличается компактностью и дешевизной, хорошо подходит для образовательных целей.*

Цель данной работы: ознакомление, подготовка микрокомпьютера Raspberry Pi, выбор периферийных устройств для **управления** установкой; исполнительных механизмов, датчиков, библиотек для них в среде языка программирования Python. для дальнейшего применения собранной установки в автоматизации физического эксперимента.

Для осуществления цели необходимо выполнить следующие задачи:

ознакомление, подготовка микрокомпьютера Raspberry Pi4, выбор периферийными устройств для управления установкой; исполнительных механизмов, датчиков, библиотек для них в среде языка программирования Python.

В работе описано управление периферийными устройствами с помощью "Raspberry" на примере цифрового термодатчика "DS18B20". Также описаны преимущества микрокомпьютера Raspberry над микроконтроллером Arduino и преимущества микрокомпьютеров над микроконтроллерами вообще. Приведены основные понятия, необходимые для раскрытия темы использования микрокомпьютеров для автоматизации физического эксперимента. А именно, даны определения микрокомпьютера, микропроцессора, арифметико-логического устройства, устройства управления, широтно-импульсной модуляции.

В качестве периферийных устройств используются цифровой термодатчик DS18B20, LCD дисплей 16x2 и матричная клавиатура 4x4, светодиод. Описаны их характеристики и приведены примеры их использования.

### **Основные понятия**

Микрокомпьютер - это вычислительное устройство, которое включает в себя: центральный процессор, помещённый в один чип (микропроцессор), устройства ввода и вывода, а также блок памяти [4].

Все микрокомпьютеры имеют общие черты: все они имеют центральный процессор для обработки информации, память для хранения информации и устройства ввода и вывода, но на рынке доступно множество разновидностей микрокомпьютеров. Микрокомпьютеры различаются по типам шин данных и адресных шин. Шина данных и адресная шина служат для передачи данных и их адресов. Ёмкость шины данных измеряется в битах, например 32 бита или 64 бита [4].

Микропроцессор содержит в себе две части: устройство управления и арифметико-логическое устройство. Эти устройства нужны для совершения вычислений, выполнения команд и управления периферийными устройствами [4].

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) производит арифметические операции, такие как: сложение, вычитание, умножение и т. д. Для выполнения этих вычислений АЛУ использует регистры, сумматор, полусумматор, мультиплексор или флаги. Флаги могут иметь значения переполнения, статуса, нуля, переноса и т. д.

Устройство управления (УУ) отвечает за контроль над выполнением инструкций и их последовательностью. УУ получает инструкции от других устройств, переводит эти инструкции в специальный формат для доступа к расположению данных в памяти и для передачи команд АЛУ для выполнения того или иного действия по определённым инструкциям [4].

ШИМ или PWM (широтно-импульсная модуляция, англ. pulse-width modulation) – это способ управления подачей мощности к нагрузке. Управление заключается в изменении длительности импульса при постоянной частоте следования импульсов [3].

### **Сравнение Raspberry Pi с Arduino**

Arduino — это плата с контроллером ATmega. Она позволяет работать с цифровыми и аналоговыми входами/выходами на очень низком уровне, не имеет операционной системы как таковой и выполняет загруженный в нее код непрерывно. Arduino потребляет низкое количество электроэнергии. Но реальной вычислительной мощности у Arduino крайне мало, а реализовывать многие функции и протоколы приходится с нуля. Raspberry Pi — это компьютер на одной плате, имеющий на борту вместо микроконтроллера SoC (Систему на кристалле) на базе архитектуры ARM. Raspberry Pi может работать под управлением различных дистрибутивов ОС Linux или Windows 10 IoT. Она имеет множество распаянных пинов GPIO (ввода/вывода), обращаться к которым можно при помощи готовых библиотек [1]. И, в отличие от Arduino, программы здесь запускаются внутри ОС и работают с пинами уже через программную прослойку. В большинстве случаев это абсолютно не мешает создавать простые схемы, но иногда может оказаться критичным. Важно отметить, что Raspberry Pi не имеет аналоговых пинов, все его пины цифровые.

### **Периферийные устройства**

DS18B20 – это полноценный цифровой термометр, способный измерять температуру в диапазоне от -55оС до +125оС с программируемой точностью 9-12 бит. При изготовлении на производстве, каждому датчику присваивается свой уникальной 64-битный адрес, а обмен информацией с ведущим устройством (микроконтроллером или платой Arduino) осуществляется по шине 1-wire. Такой подход позволяет подключать к одной линии целую группу датчиков, вплоть до 264 [2]. В данном случае термодатчик DS18B20 будет использован для измерения температуры сушки молока.

Дисплей LCD 1602 построен на базе контроллера серии HD44780 и запитывается от 5В. Экран имеет 2 строки, каждая из которых содержит 16 символов. Формат отображаемой информации — 2 строки по 16 символов; технология STN, Transflective, Positive; микроконтроллер управления — HD44780; интерфейс обмена данными параллельный, 8-бит; подсветка на основе светодиодов; угол обзора — 180 градусов; напряжение питания — 5 В; подстройка контраста — VLCD, с опорным напряжением 5 В. Этот жидкокристаллический дисплей может быть использован для вывода текущих значений температуры и времени её измерения.

Клавиатура выполнена в виде матрицы 4x4, каждая кнопка является областью воздушного зазора между двумя диэлектрическими слоями с нанесёнными на них токопроводящими покрытиями. Дорожки токопроводящего покрытия одного слоя нанесены горизонтально (выводы 1-4), а другого вертикально (выводы 5-8). Нажатие на кнопку приводит к соединению дорожки одного слоя с дорожкой другого, и как следствие, к замыканию одного из выводов 1-4 с одним из выводов 5-8. Эта матричная клавиатура будет использована для ввода значения времени измерения температуры сушки молока.

### **Литература и источники**

1. Описание микрокомпьютера Raspberry Pi на официальном сайте Raspberry Pi. URL: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/> (дата обращения: 30.03.2022).

2. Лист данных цифрового термодатчика DS18B20. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf> (дата обращения: 30.03.2022).
3. PWM: Pulse Width Modulation: What is it and how does it work? 2017. Janet Heath. URL: PWM: Pulse Width Modulation: What is it and how does it work? (analogictips.com) (дата обращения: 30.03.2022).
4. Словарь компьютерных терминов. URL: The Tech Terms Computer Dictionary (дата обращения: 30.03.2022).

**УДК538.971**

## **ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЕ ТВИЗЕРЫ НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНО ЛЕГИРОВАННЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ**

*Соколова А.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

smykovaa2001@gmail.com

*В ходе данной работы исследуются оптические твизеры для удержания, перемещения или упорядочивания микрокапель полидиметилсилоксана, содержащие диспергированные частицы флуорофора. Наблюдали начало и результат процесса самоорганизации массива капель по контуру лазерного сканирования синхронно с формированием области пространственного заряда в легированном слое.*

Развитие методов селективного и бесконтактного управления низкоразмерными системами органической и неорганической природы в последние годы стало ключевым направлением при разработке прецизионных инструментов для нанотехнологий, а также новейших приложений интегральной фотоники [1]. Оптические твизеры (пинцеты) различных типов способны удерживать, перемещать, параметрически ранжировать или пространственно упорядочивать ансамбли микроскопических и субмикроскопических объектов, таких как наночастицы и их агрегаты, микрокапли различных жидких субстанций, отдельные живые клетки и др. Физические принципы, положенные в основу фотовольтаических твизеров [2], обеспечивают возможности многоканального управления микрообъектами на основе самоорганизации больших массивов микрочастиц, что особенно ценно при внедрении аналитических платформ “Lab-on-Chip”. Дальнейшее совершенствование данного типа оптических пинцетов связано с поиском новых фотовольтаических сред, позволяющих независимо задавать величину, направление и время релаксации фотоиндуцированных электрических полей. В настоящей работе предлагается способ решения подобных задач, основанный на использовании фоторефрактивных сегнетоэлектриков – кристаллов ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ) и танталата лития ( $\text{LiTaO}_3$ ), локально легированных в приповерхностной области примесями меди и водорода. К основным преимуществам этого варианта следует отнести приобретаемые дополнительные функции: гибкую настройку параметров фотовольтаической платформы под диэлектрические свойства управляемой контактной среды; полный контроль эффективности работы твизера на всех этапах эксперимента; исключительные возможности масштабирования при разработке управляющих многофункциональных чипов для интегральных систем.

Образцы  $\text{Cu:H:LiTaO}_3$  и  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$  с толщиной легированного слоя  $d=4$  мкм были подготовлены методом комбинированного ионного обмена исходных пластин Z-среза монокристаллов  $\text{LiTaO}_3$  и  $\text{LiNbO}_3$  конгруэнтного состава, производства SIOM. Контактная диэлектрическая среда на основе полидиметилсилоксана (ПДМС) содержала диспергированные частицы (микрокапли) флуорофора, часто используемого при проектировании флуоресцентных зондов. Формирование пространственного заряда в легированном слое образцов выполнено с помощью сканирования их поверхности

сфокусированным лазерным лучом (длина волны в вакууме  $\lambda_0=488$  нм) по заранее определенному алгоритму. Ввиду оптической прозрачности выбранной контактной среды лазерная экспозиция образцов  $\text{Cu:H:LiTaO}_3$  и  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$  могла выполняться в любой момент времени и любой геометрии эксперимента. В случае прямой лазерной экспозиции образцов непосредственно через слой контактной среды, можно в реальном времени наблюдать начало и результат процесса самоорганизации массива капель флуорофора по контуру лазерного сканирования синхронно с формированием области пространственного заряда в легированном слое (рис.1).



Рисунок 10. Самосборка микрокапель флуорофора по границе области пространственного заряда в виде сердца и координаты некоторых точек этой области (в мкм)

Записанная конфигурация поля пространственного заряда в легированном слое используемых образцов может быть полностью либо частично стерта стандартным оптическим и/или термическим методом, применяемым при реверсивной оптической записи в фоторефрактивных средах; динамически трансформирована или дополнена произвольным образом, что автоматически определяет широкие возможности в настройке топологии конфигурируемого массива микрочастиц.

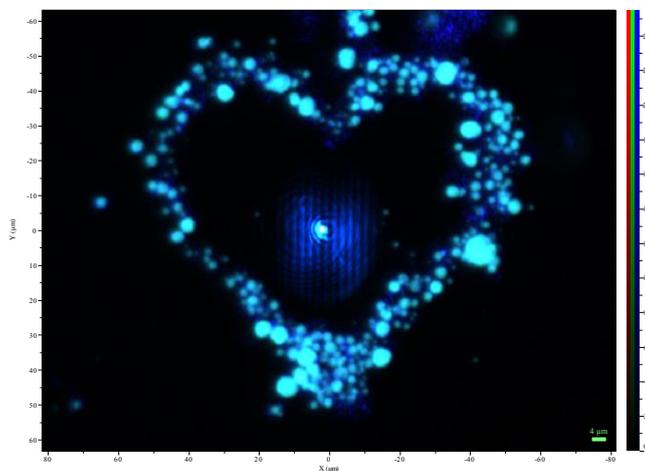


Рисунок 2. Флуоресцентный отклик сформированного массива микрокапель

Полезным расширением выбранного решения для интегральной оптофлюидики является дополнительная возможность оценки интенсивности светового потока при возбуждении фотолуминесценции сформированных структур (рис.2) с учетом возможности локальной сенсбилизации как отдельных микрочастиц, так и уже сконфигурированных массивов, к различным физическим факторам или химическим соединениям [3]. Такие измерения могут быть выполнены, например, с помощью лабораторных спектрометров или матричных оптических датчиков, дополнительно сопрягаемых с платформой.

### Литература и источники

1. Tang, J. et al. Recent Development of Optofluidics for Imaging and Sensing Applications. *Chemosensors* 2022, 10, 15. <https://doi.org/10.3390/chemosensors10010015>
  2. Sebastián-Vicente, C., García-Cabañes, A., Agulló-López, F., Carrascosa, M., Light and Thermally Induced Charge Transfer and Ejection of Micro-/Nanoparticles from Ferroelectric Crystal Surfaces. *Adv. Electron. Mater.* 2022, 8, 2100761. <https://doi.org/10.1002/aelm.202100761>
  3. Zhou, P. et al. A Review of Optical Imaging Technologies for Microfluidics. *Micromachines* 2022, 13, 274. <https://doi.org/10.3390/mi13020274>
- Научный руководитель – к. ф.-м. н., доцент Севостьянов О.Г., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

### УДК 620.3

## РАБОЧИЙ ЭЛЕКТРОД НА ОСНОВЕ СЕТОК ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Сычугова Н.П., Ломакин М.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
ninokkot18@gmail.com, maximius13@yandex.ru

*Предложена конструкция рабочего электрода на основе сеток из углеродных нанотрубок для применения в качестве электрохимического сенсора. Оценка характеристик электрода модифицированного наночастицами серебра, полученных методом Керри Ли проводилась путём определения концентрации стандартизированных растворов пероксида водорода.*

В последнее время растущий интерес вызывают методы электрохимического анализа для качественного и количественного определения различных веществ, таких как экотоксиканты органической и неорганической природы. Электрохимические методы долгое время успешно применялись для количественного обнаружения тяжёлых металлов [1], органических соединений, таких как фенол [2] и многих других. В настоящее время данная группа методов широко применяется в области биохимии [3] и медицине [4]. Такое широкое распространение электрохимических методов анализа обусловлено их высокой экспрессностью, возможностью применения в полевых условиях, что особенно важно для экологического контроля и мониторинга. Одной из главных проблем данной группы метода является создание рабочего электрода с заданными специфичностью к определяемому веществу или группе веществ и соответствующим порогом чувствительности. В виду этого обстоятельства множество исследований проводится с целью создания рабочих электродов с соответствующими характеристиками. На данный момент чувствительность электрохимических методов анализа достигает минимальных определяемых концентраций различных веществ в единицы микромоляр, а для ряда соединений и наномоляр. В качестве рабочего электрода широкое распространение получил стеклоуглеродный электрод (СУЭ) благодаря своим физико-химическим свойствам. СУЭ может многократно использоваться, а его поверхность может быть модифицирована различными покрытиями, обеспечивающими высокую чувствительность и специфичность. Среди широкого многообразия модифицирующих поверхность СУЭ материалов в последнее время широко распространены углеродные нанотрубки (УНТ) [5], как в чистом виде, так и в сочетании с другими наноматериалами, такими как графен, наночастицы металлов или оксидов. Помимо этого, УНТ могут быть ковалентно модифицированы различными функциональными группами, что позволяет обеспечивать высокую специфичность к широкому кругу веществ. Такие рабочие электроды в ряде случаев могут использоваться как неэнзимные сенсоры [6], что существенно снижает их стоимость и ресурсозатратность изготовления, а также увеличивает срок хранения. В случае модификации стеклоуглеродного электрода УНТ, он по сути выступает в роли

токопроводящей подложки, в то время как рабочим материалом является именно наносимый композит. Во многом это обусловлено особенностями методов синтеза УНТ, при которых они не имеют связанной структуры и получаются в виде порошков. Используемый нами аэрозольный CVD-метод решает данную проблему и позволяет получать на выходе из реактора тонкие сетки, образованные пучками УНТ [7]. Единственным недостатком таких УНТ является наличие каталитических наночастиц железа, которое является электроактивной примесью и участвует в окислительно-восстановительных электродных реакциях, однако данная проблема может быть решена путём длительной приработки электрода в кислотной среде или промывкой. Сетка УНТ может быть нанесена на химически устойчивый каркас и соединена с токосъёмником, таким образом сетка выполняет функцию проводника и одновременно рабочего электродного материала.

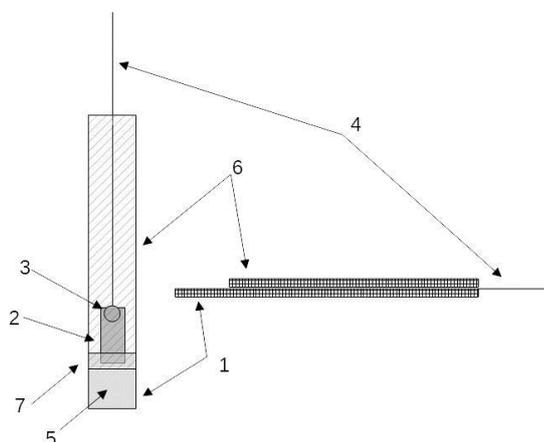


Рисунок 11. Схематическое изображение электрода на основе УНТ

На рисунке 1 приведено схематическое изображение рабочего электрода на основе УНТ: 1 – полиэтиленовая основа; 2 – контактная площадка из медного проводящего скотча; 3 – спай контактной площадки и медного провода (4) для подключения электрода; 5 – сетка из УНТ; 6 – покровный слой полиэтилена; 7 – перекрытие покровным слоем полиэтилена области контакта сетки УНТ и контактной площадки. Благодаря такой конструкции, при погружении электрода в электрохимическую ячейку с фоновым раствором контактирует только сетка УНТ, токосъёмник же надёжно изолирован полиэтиленовым каркасом.

Для исследования электрохимических характеристик полученный электрод был модифицирован гидрозолеом наночастиц серебра, полученных методом Кери Ли (цитрат-сульфатный метод) и с его помощью произведено определение концентрации стандартизированного раствора пероксида водорода методом квадратно-волновой вольтамперометрии (КВВА). Минимальная определяемая концентрация составила 14 микромоль. Для сравнения аналогичные измерения проводились на СУЭ также модифицированном наночастицами серебра, для данного электрода получены аналогичные результаты.

#### Литература и источники

1. Инверсионно-вольтамперометрическое определение свинца с использованием стеклоуглеродного электрода / Н. В. Иванова, О. Н. Булгакова, В. А. Невоструев, И. П. Кириенко // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С. 148-153.
2. Вольтамперометрическое определение анилина и фенола на электрохимически модифицированных стеклоуглеродных электродах / И. К. Ускова, О. Н. Булгакова, Н. В. Иванова // Чистая вода - 2009 : труды Международной научно-практической конференции, Кемерово, 20–21 октября 2009 года / Федеральное агентство по науке и инновациям, Федеральное агентство по образованию, Администрация Кемеровской области, Кемеровский

технологический институт пищевой промышленности; Под общей редакцией Т.А. Красновой. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2009. – С. 476-480.

3. Jin, H., Zhang, M., Wei, M. et al. A voltammetric biosensor for mercury(II) using reduced graphene oxide@gold nanorods and thymine-Hg(II)-thymine interaction. *Microchim Acta* 186, 264 (2019).

4. Eissa, S., Alhadrami, H.A., Al-Mozaini, M. et al. Voltammetric-based immunosensor for the detection of SARS-CoV-2 nucleocapsid antigen. *Microchim Acta* 188, 199 (2021).

5. Fatima Hamza M. baker, Muthana saleh mashkour, hmed Adnan AL-Khafagi, Electrochemical determination of anti-thalassemia drug (deferasirox) by cyclic voltammetry technique using GCE modified with MWCNTs electrode, *Materials Today: Proceedings*, 2021.

6. Pankaj Gupta, Vandna K. Gupta, Artur Huseinov, Connor E. Rahm, Kiera Gazica, Noe T. Alvarez, Highly sensitive non-enzymatic glucose sensor based on carbon nanotube microelectrode set, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 348, 2021

7. Шандаков, С.Д. Контролируемый рост однослойных углеродных нанотрубок с использованием аэрозоля этанола и ферроцена / С.Д. Шандаков, М.С. Рыбаков, А.В. Кособуцкий, О.Г. Севостьянов, Н.С. Звиденцова, А.Н. Гутов, М.В. Ломакин, И.В. Аношкин // *Российские нанотехнологии*. - 2012. - Т. 7, № 7-8. - С. 56-60.

*Научный руководитель – д.ф.-м.н., доцент Шандаков С.Д., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 778.38.01:535**

## **ЗАПИСЬ ДИНАМИЧЕСКИХ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ГОЛОГРАММ В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ С ДВОЙНЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ**

***Тошпулатов М.К.***

ФГБОУ «Кемеровский государственный университет»  
splash3507@mail.ru

В работах по голографии в фоторефрактивных кристаллах (ФРК) обычно уделяется достаточно много внимания записи элементарных голограмм Фраунгофера или различных голограмм прозрачных транспарантов, размещаемых в предметном пучке в процессе эксперимента[1,2]. Такой акцент объясняется, в первую очередь, спецификой данных материалов, голографические приложения для которых ориентированы в основном на оптическую обработку данных или создание оптических компонентов, работающих в режиме дифракции Брэгга. Вместе с тем, потребности современной фотоники в голограммных элементах, динамически формирующих сложный волновой фронт в режимах отражения, например в конфокальной голографической микроскопии, актуализирует вопросы записи голограмм реальных лабораторных объектов исследования с последующим восстановлением их полного амплитудно-фазового профиля в некогерентном или частично когерентном свете. Получение таких ФРК с использованием существующих сегодня ростовых технологий затруднительно в силу множества физических, химических и технологических причин. В данной работе мы предлагаем развивать подходы, связанные с использованием ФРК, например – кристаллов  $\text{LiNbO}_3$  и  $\text{LiTaO}_3$ . Пробные эксперименты по записи голограмм кристаллах с двойным легированием внушают определенный оптимизм, так как удается записывать голограммы отражающих объектов по схеме Денисюка с дифракционной эффективностью до 70% при восстановлении светом на длине волны записи (532 нм). Эта особенность использованной методики записи/считывания фоторефрактивных решеток в наших ФРК превосходно подходит для формирования высококачественных голограммных оптических компонентов, работающих в монохроматическом свете.

Мыслимые альтернативы применения ФРК в области оптики в виде, например, обходного пути т.н. “цифровой голографии” в настоящее время абсолютно неконкурентоспособны ни по быстрдействию, ни по разрешающей способности, ни по достижимому уровню шумов, причем прогресс в этом направлении далек от желаемого. Проблемы динамической записи в ФРК голограмм реальных объектов в отраженном свете рассматриваются достаточно слабо по многим причинам, в числе которых и относительно низкая чувствительность этих материалов по сравнению со стандартными голографическими фотоэмульсиями, для которых данное направление давно и хорошо развито. Действительно, максимальный контраст интерференционной картины при записи голограмм, и как следствие – высокая глубина модуляции показателя преломления фоторефрактивной решетки, достижимы при равной интенсивности опорного и предметного световых пучков, направляемых в фоточувствительную среду. Однако это условие достаточно трудно выполнить в случаях записи отражательных голограмм реальных объектов, обладающих сложным рельефом поверхности и далеко не единичным коэффициентом отражения, так как сложение волновых векторов для отдельных участков волновых фронтов будет выполняться в очень широком диапазоне углов взаимодействия, а попытки обеспечить условие равенства интенсивности записываемых пучков в единичном телесном угле автоматически потребуют значительного уменьшения интенсивности света в опорной волне, что плохо совместимо с небольшой фоточувствительностью многих ФРК. Повышение суммарной интенсивности лазерного излучения в предметном и опорном каналах, которое могло бы способствовать решению задачи, далеко не всегда применимо к голографируемым объектам, особенно в вариантах их малой радиационной устойчивости или биологической природы. Кроме того, при использовании высокоинтенсивных пучков (в т.ч. при импульсном освещении) повышается вероятность записи пространственных гармоник фазовой решетки, а также, в силу динамического характера записи голограмм в ФРК, появляется мощное фотоиндуцированное рассеяние света голографического типа (ФИРС), в результате чего, точность восстановления волнового фронта голограммой и её дифракционная эффективность резко падают. Расширения, связанные с усилением слабых световых пучков при многоволновом взаимодействии в ФРК на практике технически сложны и вряд ли совместимы с существующими платформами, используемыми в современном оптическом приборостроении, хотя и могут быть применены в отдельных случаях, в идеальных условиях очень хорошо оснащенной физической лаборатории.

Вероятно, оптимальным решением проблемы было бы увеличение фоточувствительности ФРК, которое позволяло бы при умеренной толщине среды (10-100 мкм) добиться приемлемой дифракционной эффективности при восстановлении голограмм хотя бы на уровне нескольких десятков процентов. Получение таких ФРК с использованием существующих сегодня ростовых технологий затруднительно в силу множества физических, химических и технологических причин. В данной работе мы предлагаем развивать подходы, связанные с использованием ФРК, например – кристаллов  $\text{LiNbO}_3$  и  $\text{LiTaO}_3$  локально легированных т.н. “фоторефрактивными” и “нефоторефрактивными” примесями [3], в т.ч. в тонком приповерхностном слое. Такие слои с заданной глубиной от поверхности создаются нами с помощью методов комбинированного ионного обмена. Фоторефрактивная чувствительность активного слоя определяется набором и концентрацией вводимых примесей и может быть увеличена на несколько порядков величины по сравнению с немодифицированным, исходным кристаллом путем выбора режимов легирования.

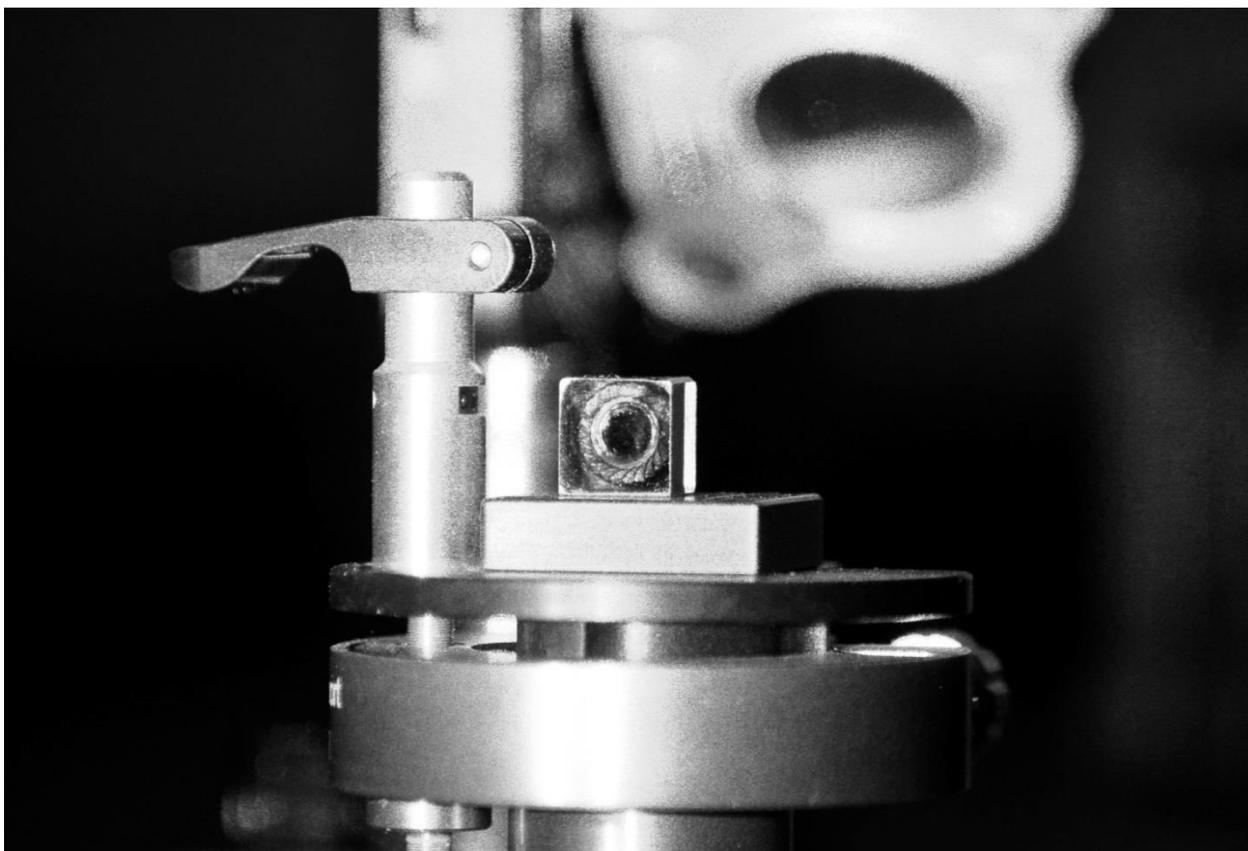


Рисунок 12. Динамическая голограмма небольшой самофиксирующейся гайки, записанная во встречных пучках в образце  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Ce}$

Пробные эксперименты по записи голограмм кристаллах сдвойным легированием (рис.1) внушают определенный оптимизм, так как удается записывать голограммы отражающих объектов по схеме Денисюка с дифракционной эффективностью до 70% при восстановлении светом на длине волны записи (532 нм). Вместе с тем, так как для записи было использовано излучение одночастотного лазера (TekhnoscanMozartS5), то изображение от голограмм, записанных толстом ионообменном слое или объемном ФРК, восстанавливается при очень строгом выполнении синхронизма Брэгга в любых условиях освещения. Данное обстоятельство очень сильно ограничивает яркость и угол наблюдения изображения, восстановленного при освещении голограммы широкополосным источником белого света. Эта особенность использованной методики записи/считывания фоторефрактивных решеток в наших ФРК превосходно подходит для формирования высококачественных голограммных оптических компонентов, работающих в монохроматическом свете, но оказывается избыточной для применения в технике голографического имиджинга, что оставляет поле для деятельности по оптимизации параметров образцов наших фоторефрактивных материалов и уточнения режимов записи голограмм применительно к решению сформулированной задачи.

#### Литература и источники

1. Петров М. П., Степанов С. И., Хоменко А. В. Фоточувствительные электрооптические среды в голографии и оптической обработке информации / под редакцией А.А. Каплянского: Ленинград : Наука, 1983 г., 270 с.
2. Петров М. П., Степанов С. И., Хоменко А. В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике/ под редакцией В. В. Брыксина: Санкт-Петербург : Наука, 1992 г., 320 с.
3. Ниобат лития. Дефекты. Фоторефракция. Колебательный спектр. Поляритоны / Н.В. Сидоров, Т.Р. Волк, Б.Н. Маврин, В.Т. Калашников. Москва : Наука, 2003 г. 255 с.

УДК 620.3

## ХЕМИРЕЗИСТИВНЫЙ СЕНСОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ СЕТОК ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Уфимцев К.Е., Ломакин М.В.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
ufimcevk@gmail.com, maximius13@yandex.ru

*Предложена конструкция хемирезистивного сенсора на основе сеток из углеродных нанотрубок для определения величины водородного показателя. Проведено исследование отклика сенсора на изменение рН в среде стандартизированных буферных растворов.*

Задача измерения водородного показателя (рН) актуальна во многих областях. Традиционно для измерения водородного показателя применяется потенциометрический метод с использованием стеклянного электрода и хлорид-серебряного электрода сравнения, а также более современные комбинированные электроды. Однако, данный метод имеет ряд недостатков, связанных с габаритными ограничениями электродов. Одним из альтернативных методов измерения водородного показателя является хемирезистивный, при котором аналитическим сигналом служит не величина разности потенциалов возникающая на электродах и пропорциональная значению рН, а электрическое сопротивление рабочего материала датчика. В ряде работ описываются хемирезистивные рН-сенсоры на основе углеродных нанотрубок (УНТ) [1,2]. В данных работах сенсор изготавливается путём аэрозольного напыления на контактные площадки тонких слоёв рабочего материала. В данной работе предлагается использовать тонкие сетки из УНТ, которые получают непосредственно на выходе из реактора в используемом нами аэрозольном CVD-методе синтеза [3]. Такой подход избавляет от необходимости приготовления дисперсий. На рисунке 1 представлено схематическое изображение сенсора на основе сеток УНТ.

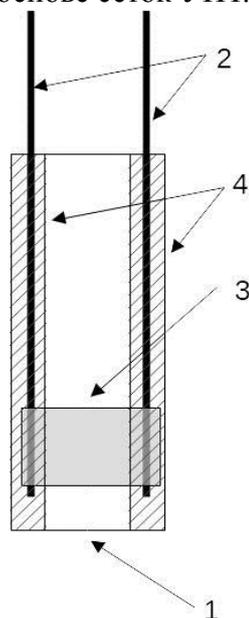


Рисунок 13. Схема сенсора на основе сеток УНТ

Основными элементами сенсора являются: 1 – подложка из полиэтилена; 2 – медные контакты; 3 – сетка УНТ; 4 – покровный слой полиэтилена, защищающий контакты от взаимодействия с исследуемой средой.

После сборки сенсора он был выдержан в смеси азотной и серной кислот (1:3), разбавленной 1:10 в течение 15 минут при температуре 60 °С для формирования функциональных групп на поверхности УНТ. Именно их наличием авторы работы [1] объясняют реакцию сенсора на изменение рН.

Для исследования отклика сенсора на изменение рН были подготовлены стандартные растворы с известным значением водородного показателя. Для того чтобы убедиться в том, что изменение сопротивления сенсора не связано со значением электропроводности растворов, методом кондуктометрии была измерена удельная электропроводность каждого из растворов (Табл. 1).

Таблица 1. Удельная электропроводность буферных растворов

|               |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| рН            | 1,65  | 4,01  | 6,86  | 9,18  |
| $\chi$ , См/м | 1,107 | 0,363 | 0,636 | 0,133 |

Сенсор поочередно погружался в каждый из растворов, при смене раствора сенсор ополаскивался в дистиллированной воде. Значения сопротивления сенсора при погружении в каждый из растворов приведено в таблице 2. Стабилизация показаний происходила в течение минуты.

Таблица 2. Зависимость сопротивления сенсора от значения рН

|        |       |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| рН     | 1,65  | 4,01  | 6,86  | 9,18  |
| R, кОм | 1,167 | 1,150 | 1,136 | 1,130 |

Основываясь на полученных данных можно заключить, что характеристики сенсора требуют улучшения. Необходимо подобрать параметры функционализации и толщину слоя сетки УНТ, так чтобы отклик сенсора стал более выраженным. Сопоставив характер изменения удельной электропроводности буферных растворов от рН и отклик сенсора можно заключить, что они не коррелируют, а значит отклик сенсора связан со значением рН.

#### Литература и источники

1. Guo Liang Goh, Shweta Agarwala, Yu Jun Tan, Wai Yee Yeong, A low cost and flexible carbon nanotube pH sensor fabricated using aerosol jet technology for live cell applications, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 260, 2018, pp. 227-235.
2. Gou, P., Kraut, N., Feigel, I. et al. Carbon Nanotube Chemiresistor for Wireless pH Sensing. *Sci Rep* 4, 4468 (2014).
3. Шандаков, С.Д. Контролируемый рост однослойных углеродных нанотрубок с использованием аэрозоля этанола и ферроцена / С.Д. Шандаков, М.С. Рыбаков, А.В. Кособуцкий, О.Г. Севостьянов, Н.С. Звиденцова, А.Н. Гутов, М.В. Ломакин, И.В. Аношкин // *Российские нанотехнологии*. - 2012. - Т. 7, № 7-8. - С. 56-60.  
*Научный руководитель – д.ф.-м.н., доцент Шандаков С.Д., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК538.971

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕЛЕКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СТРУКТУРНОЙ  
МОДИФИКАЦИИ КРИСТАЛЛОВ LiNbO<sub>3</sub> ЛЕГИРОВАННЫХ В  
ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ**

*Фахрисламова А.Р.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

f.alina2000@mail.ru

*Рассматриваются особенности лазерного структурирования монокристаллов ниобата лития, легированных в приповерхностном слое примесями меди и водорода. Показано, что при химическом травлении полученных структур возможно получение рельефа высотой до нескольких микрометров, а управление его глубиной должно предусматривать контроль переполаризации кристалла с учетом факторов кристаллической фазы, степени легирования, скорости и интенсивности лазерного воздействия на ионообменный слой.*

Монокристаллы ниобата лития и танталата лития являются основными материалами современной нелинейной интегральной фотоники. На основе этих кристаллов разработаны различные дискретные элементы и интегрально-оптические схемы, предназначенные для управления лазерным излучением. Широкий круг применений имеется для этих материалов также при проектировании датчиков различных физических параметров и активных MEMS-компонентов. Для значительной части подобных приложений требуется создание трехмерных микроструктур на поверхности кристаллических пластин, вдоль или поперек которых направляется лазерный луч необходимой длины волны. Создание таких структур обычно связано с необходимостью многоэтапной физико-химической обработки, сопряженной с использованием дорогостоящего оборудования для литографического процесса. Вместе с тем, 3D-микроструктурирование кристаллов LiNbO<sub>3</sub> и LiTaO<sub>3</sub>, может быть также выполнено относительно простыми методами прямой лазерной записи в специально подготовленном (химически модифицированном) приповерхностном слое [1] с последующим травлением в плавиковой кислоте до достижения необходимого рельефа, однако результат травления (глубина структуры) определяется очень сложной связью параметров, подготовки подложек и режимов лазерной модификации. В данной работе предпринято исследование возможностей получения глубокого рельефа на поверхности кристаллов LiNbO<sub>3</sub>, легированных медью и водородом в слое, находящемся в кристаллической β-фазе при использовании методики последовательной лазерной записи и химического травления в HF.

В эксперименте использованы исходные пластины монокристаллов ниобата лития (номинально беспримесных) Z-среза, приповерхностный слой которых был предварительно химически модифицирован методом комбинированного ионного обмена до Cu:H:LiNbO<sub>3</sub>. Глубина допирования примесями определена с помощью методов оптической микроскопии и электронной абсорбционной спектроскопии, и составляла 5-8 мкм в различных образцах в зависимости от параметров ионного обмена. Кристаллическая фаза (β<sub>2</sub> или β<sub>3</sub>) модифицированного слоя в каждом случае была установлена методом ИК-спектроскопии зеркального отражения. В ионообменных слоях по методике [1] были записаны геометрически правильные микроструктуры, с линейными размерами до нескольких десятков микрометров. Длина волны использованного лазерного излучения λ<sub>0</sub>=514.5 нм, а его интенсивность I<sub>0</sub>=108-109Вт/м<sup>2</sup>. Рэлеевская длина для сфокусированного лазерного луча при записи выбиралась из расчета ее примерного совпадения с толщиной химически модифицированного слоя. Скорости записи при сканировании поверхности образцов лазерным лучом были выбраны в диапазоне V=1-10 мм/с, что позволяло значительно снизить влияние тепловых эффектов при поглощении лазерного излучения и выполнять запись, предполагая достижение высоких значений поля пространственного заряда при фоторефрактивном эффекте в ионообменном слое. Пример

результата такой модификации при двух различных интенсивностях лазерной накачки в образце  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$  в  $\beta_2$ -фазе представлен на рисунке 1.

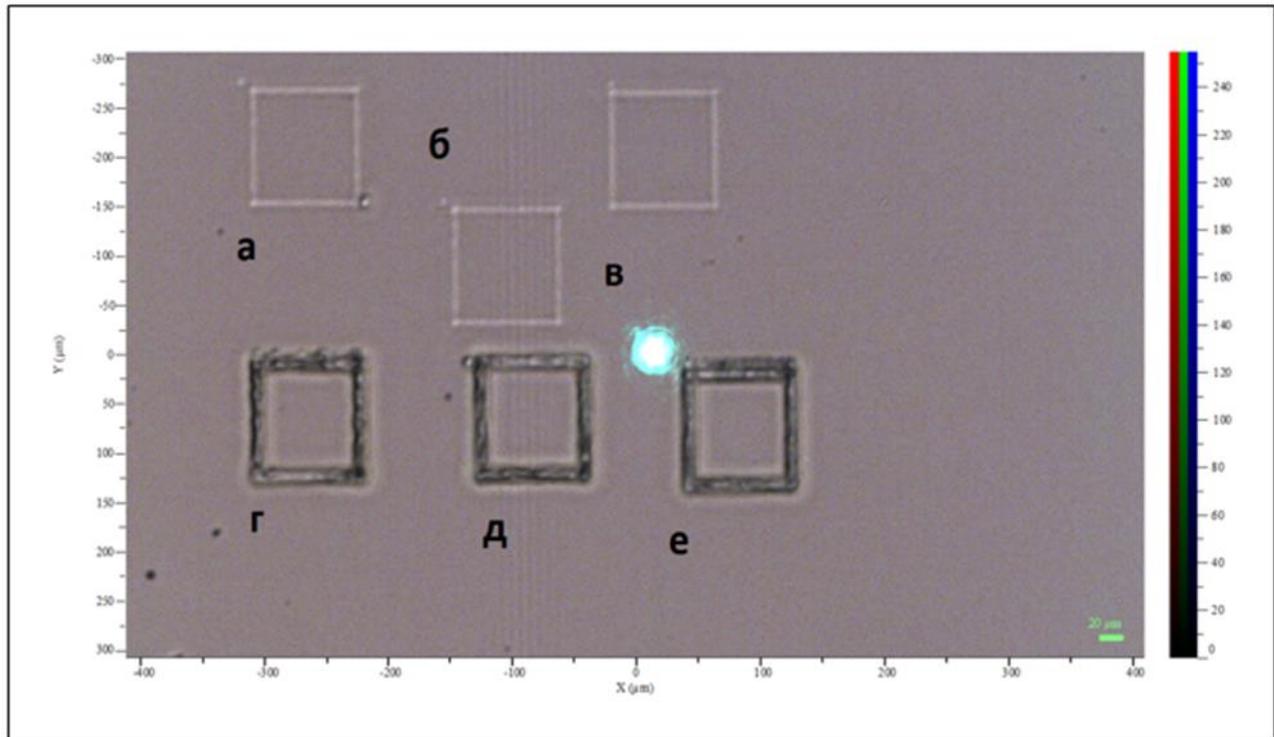


Рисунок 1. Структуры, записанные в ионообменном слое  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$  при интенсивностях лазерной накачки  $I_0=10^8 \text{Вт/м}^2$  (вверху) и  $I_0=10^9 \text{Вт/м}^2$  (внизу)

На рисунке 2 показан фрагмент структур, записанных при интенсивности  $I_0=10^9 \text{Вт/м}^2$  после травления составом  $\text{HF:HNO}_3$  при комнатной температуре, в течение 24 часов.

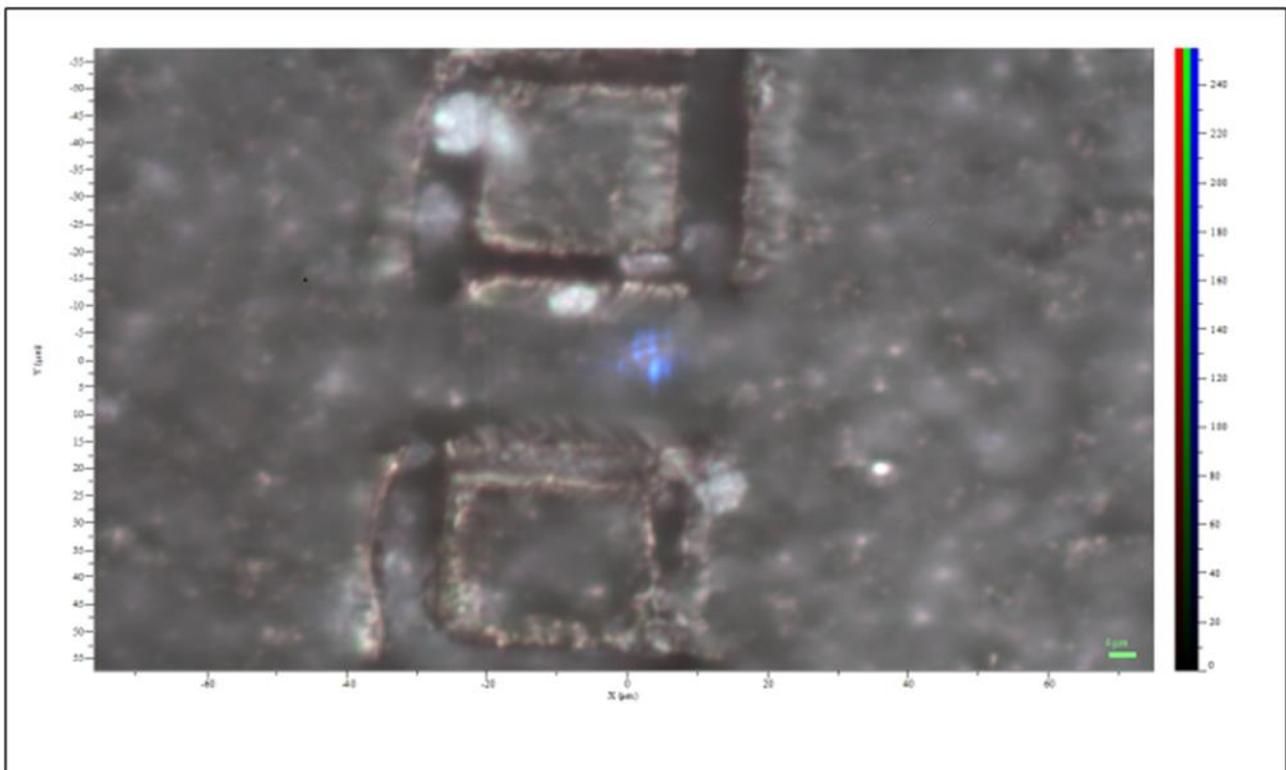


Рисунок 2. Результат травления для структур, записанных в режиме  $I_0=10^9 \text{Вт/м}^2$ ,  $V=10 \text{ мм/с}$  со стороны Z- образца  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$

Из оценки сдвига продольной координаты при фокусировке лазерного луча установлено, что глубина рельефа не превышает 3 мкм при общей толщине ионообменного слоя 8 мкм, что говорит о невысокой селективности травления в данном случае. Наиболее полезной оказалась информация о характере травления в области лазерной модификации ионообменного слоя и за ее пределами. Установлено, что для всех использованных в данной работе образцов, вне зависимости от стороны кристаллической пластины, на которой создан ионообменный слой, травление всегда выявляет понижение высоты протравленного рельефа в области воздействия лазерного луча. Кроме того, на периферии этой области существует высокий “гребень” структуры, состоящий из агрегатов отдельных зерен микро- и нанодоменов. На основании полученных данных можно полагать, что в процессе быстрой лазерной модификации  $\beta$ 2-фазного слоя  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$  происходит множественный локальный электрический пробой кристалла полями возникающего пространственного заряда, при его частичном экранировании за счет проводимости вне освещенной области и на границе с подложкой. В этих полях происходит полидоменизация кристалла в химически модифицированном слое, изначально находящемся в монодоменном состоянии, с образованием большого количества нанодоменов, имеющих различную ориентацию вектора спонтанной поляризации. Травление по границам этих агрегатов и определяет полученный рельеф всей структуры. Дополнительным фактором, “помогающим” данному процессу, очевидно, является понижение величины коэрцитивного поля в модифицированном слое вследствие значительного (на несколько порядков) роста его проводимости после локального легирования медью и протонирования. Таким образом, желаемое управление глубиной рельефа в области получаемых фотоиндуцированных структур должно предусматривать контроль переполаризации кристалла с учетом факторов кристаллической фазы, степени легирования, скорости и интенсивности лазерного воздействия на ионообменный слой.

#### Литература и источники

1. Basnin P.P., et al., “Micro-optical structures written by photothermal method in a specially modified near-surface layer of lithium niobate crystals”, Russian Physics Journal, V62, N4 (2019), pp. 732-734, DOI: 10.17223/00213411/62/4/154

*Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Севостьянов О.Г. ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 372.853**

### **РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ НА ТЕМУ «ДИФРАКЦИЯ ФРАУНГОФЕРА. ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА»**

***Шамилова Р.И.***

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

*[rinata.shamilova@gmail.com](mailto:rinata.shamilova@gmail.com)*

Предлагается эффективная методика проведения практических занятий по физике. Разработана визуализация на тему «Дифракция Фраунгофера», визуализирован критерий Рэлея. Конкретизированы понятия разрешающей способности дифракционной решетки и разрешения двух близко лежащих линий.

Наиболее эффективная методика проведения практических занятий по физике основывается на координации трех видов занятий - лекций, практических занятий (решение

задач) и лабораторного практикума [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] с использованием мультимедийных учебных материалов.

Целью данной работы является разработка мультимедийных учебно-методических материалов для реализации этой методики.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Разработать в MS Power Point визуализацию на тему «Дифракция Фраунгофера».

Визуализировать критерий Рэлея.

Конкретизировать понятия разрешающей способности дифракционной решетки и разрешения двух близко лежащих линий.

Связь теории и практики давно доказана и неоспорима. Координация между лекционными и практическими занятиями может быть эффективно осуществлена через представление конкретной задачи как части общей задачи, решаемой в изложении теоретического материала.

Так в теории дифракции Фраунгофера на многих щелях решается общая задача дифракции в дальней зоне. Итогом решения этой задачи является формулировка условий дифракционных максимумов и минимумов интенсивности, введение понятия дифракционной решетки и понятия разрешающей способности дифракционной решетки. Именно эти понятия фигурируют в большинстве задачных ситуаций по данной теме. Очевидно, что для решения подобных задач необходима, как минимум, визуализация структуры дифракционной картины.

Связь практических занятий с лабораторным практикумом не так очевидна. Но при использовании такой связи решение задач становится еще более наглядным и очевидным.

Так в лабораторной работе по теме «Исследование дифракционной решетки с помощью гониометра» студенты рассчитывают теоретическое и экспериментальное значение разрешающей способности дифракционной решетки при наблюдении дифракционного спектра ртути. На практике же решаются задачи по определению самой разрешающей способности дифракционных решеток с различными параметрами и величин, связанных с разрешающей способностью.

Очевидно, что координация этих видов занятий будет весьма полезна, не только для понимания физической сути решаемых задач, но и для поиска их решения.

В работе представлены разработанные учебно-методические материалы в рамках методики проведения практических занятий с учетом координации всех видов занятий и использованием мультимедийных учебных материалов по теме «Дифракция Фраунгофера. Дифракционная решетка».

Для связи практических занятий с лекционным материалом разработана визуализация структуры дифракционной картины от одной щели и двух щелей. Именно понимание структура дифракционной картины является наиболее сложным моментом в теории дифракции Фраунгофера от одной и многих щелей.

Визуализация разработана средствами MS PowerPoint. Данное приложение имеет встроенный графический интерфейс. С помощью элементов графического интерфейса были отрисованы элементы эксперимента. Каждый элемент анимирован так, чтобы визуализация ассоциировалась с реальным экспериментом. (Рисунок 14).

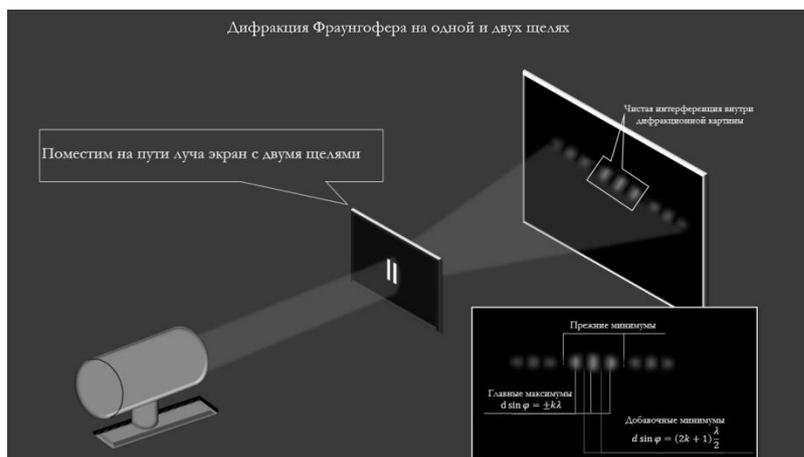


Рисунок 14. Визуализация «Дифракция Фраунгофера на одной и двух щелях»

Для демонстрации связи лекционных, практических и лабораторных занятий с учетом представленной выше визуализации предлагается задача из лабораторной работы «Исследование дифракционной решетки с помощью гониометра»:

Рассчитайте  $A$  для близких волн желтых линий спектра ртути  $\lambda_1 = 577\text{ нм}$  и  $\lambda_2 = 579\text{ нм}$ ., измерьте общий размер решетки –  $L$ . Зная постоянную решетки –  $d$ , рассчитайте общее число щелей –  $N$ , найдите разрешающую способность решетки.

Полученные теоретическое и экспериментальное значения -  $A_{\text{теор}} = 289,5$ ,  $A_{\text{эсп}} = 19 \cdot 10^3$  – сильно расходятся, создавая проблемную ситуацию, которая требует разрешения.

Разрешение проблемной ситуации осуществляется через связь лабораторного практикума и практических занятий.

Задача для практических занятий:

Какое наименьшее число штрихов должна содержать решетка, чтобы в спектре первого порядка можно было разрешить две желтые линии натрия с длинами волн  $589\text{ нм}$  и  $589,6\text{ нм}$ .?

Задача решается на основе визуализации в PowerPoint критерия Рэлея и конкретизации понятий разрешающей способности дифракционной решетки и разрешения двух близко лежащих линий. После анализа решения задачи необходимо вернуться к проблемной ситуации, возникшей в лабораторной работе.

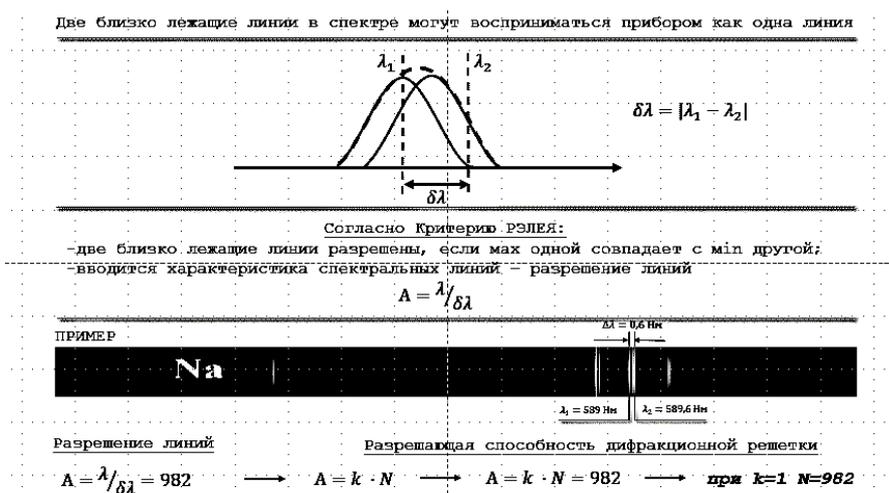


Рисунок 15. Визуализация критерия Рэлея и конкретизация понятий способности дифракционной решетки и разрешения двух близко лежащих линий

Из анализа задачи следует, что в лабораторной работе рассчитывались разные величины:

$A_{\text{теор}}$  – это характеристика спектральных линий (разрешение линий);

$A_{\text{эксп}}$  – это характеристика дифракционной решетки, рассчитанная по параметрам дифракционной решетки.

Именно поэтому рассчитанные значения расходятся очень сильно.

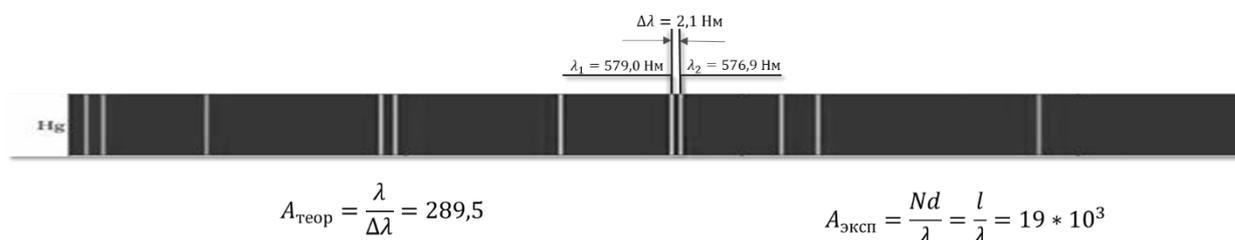


Рисунок. 16. Спектр ртути для двух близко лежащих линий

Для закрепления предлагается решение обратной задачи:

По известной разрешающей способности дифракционной решетки, использованной в лабораторной работе, рассчитать минимальное  $\Delta\lambda$  для двух близко лежащих линий, которые сможет разрешить эта решетка в первом порядке спектра.

$$A_{\text{эксп}} = \frac{Nd}{\lambda} = \frac{l}{\lambda} = 19 * 10^3 \quad \longrightarrow \quad A_{\text{теор}} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \quad \longrightarrow \quad \Delta\lambda = \frac{\lambda}{A_{\text{эксп}}} = 0,03 \text{ нм}$$

Рисунок 17. Фрагмент учебно-методического материала

Из решения обратной задачи следует:

- дифракционная решетка, используемая в л.р., может в первом порядке разрешить две линии с  $\Delta\lambda=0,03$  нм;
- из анализа результатов лабораторной работы следует, что две желтые линии в спектре ртути находятся на расстоянии  $\Delta\lambda=2,1$  нм  $\gg$   $\Delta\lambda=0,03$  нм и для их разрешения достаточно стеклянной призмы.

Рассмотренная в работе методика проведения практических занятиях по физике, основанная на координации трех видов занятий - лекций, практических занятий (решение задач) и лабораторного практикума [1] с использованием мультимедийных учебных материалов становится гораздо более эффективной.

#### Литература и источники

1. Белобородова М.Е. Методика проведения практического занятия по курсу физики в техническом [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-provedeniya-prakticheskogo-zanyatiya-po-kursu-fiziki-v-tehnicheskom-vuze/viewer> (дата обращения 9.03.2022)
2. Анискина Л.Б. Инновационный подход к проведению практических занятий по физике в техническом вузе (На примере изучения темы «Электрические цепи») [Электронный ресурс]: URL: <http://www.dslib.net/teoria-vospitania/innovacionnyj-podhod-k-provedeniju-prakticheskikh-zanjatij-po-fizike-v-tehnicheskom.html#1040283> (дата обращения 5.03.2022)
3. Ландсберг Г. С. Оптика. Учебное пособие: для вузов, 6-е изд., М.: Физматлит, 2010. 848 с.

*Научный руководитель – доцент, к.х.н., Титов Ф.В., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

# ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 538.91

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ГИБРИДНОГО ПЕРОВСКИТА



*Верещагин Н.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

nikitos.ver@mail.ru

*В работе проведено исследование структуры и свойств гибридного перовскита  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$ . Вычислена зависимость полной энергии от объема и получены значения равновесного объема и параметра решетки, а также объемный модуль упругости и его первая производная по давлению.*

Само соединение  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$  является гибридным перовскитом, который обладает высокой диэлектрической проницаемостью, широким диапазоном оптического поглощения и другими перспективными свойствами, в первую очередь фотовольтаическими и может использоваться в солнечных батареях [1].

Целью данного исследования является изучение структуры гибридного перовскита  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$  и влияние на неё давления, нахождение с помощью программы CRYSTAL структурных параметров  $\text{MAPbCl}_3$ , построение зависимости полной энергии от объема элементарной ячейки гибридного перовскита и вычисление параметров уравнения состояния  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$  (равновесного объема, объемного модуля упругости и его первой производной по давлению). Для выполнения вычислений использовалась программа CRYSTAL14 [2]. Пакет CRYSTAL предназначен для работы в операционных системах семейств Windows и Unix/Linux/MacOSX. В качестве базиса используются локализованные базисы, вид которых играет важную роль при исследовании свойств. Предусмотрена возможность использования обменно-корреляционных функционалов различного вида, включая гибридные. Пакет CRYSTAL выполняет ab initio расчеты энергии основного состояния, градиента энергии, электронной волновой функции и свойств периодических систем. Можно использовать гамильтонианы Хартри-Фока или Кона-Шама (которые принимают потенциал обменной корреляции в соответствии с постулатами теории функционала плотности). Системы периодические в 0 (молекулы, 0D), 1 (полимеры, 1D), 2 (плиты, 2D) и 3 измерениях (кристаллы, 3D), находятся в равных условиях и обрабатываются на равной основе.

Расчеты в данной программе дают возможность сравнить два способа нахождения зависимостей энергии от объема: без учета и с учетом дисперсионного взаимодействия Ван-дер-Ваальса [3].

Таблица 1. Зависимость энергии от объема

| Объем      | Энергия без учета дисперсионного взаимодействия | Энергия с учетом дисперсионного взаимодействия |
|------------|---|--|
| 166,806435 |   | -1480,093868538                                |
| 172,018765 |   | -1480,097740942                                |
| 177,343296 | -1480,060592276                                 | -1480,100219465                                |
| 183,250432 | -1480,06448892                                  | -1480,101153489                                |
| 188,30987  | -1480,066595818                                 | -1480,101650834                                |
| 193,95372  | -1480,067748494                                 | -1480,101415439                                |
| 199,719475 | -1480,068082057                                 | -1480,100445306                                |
| 205,587931 | -1480,067579766                                 | -1480,098748507                                |
| 211,575558 | -1480,066297105                                 | -1480,096408888                                |
| 217,678328 | -1480,064396992                                 |  |
| 223,897338 | -1480,06207025                                  |  |

Далее строится график данной зависимости для каждого способа (рис. 1), из которого можно получить нужные для расчета данные. Данные коэффициенты были получены при помощи Excel. Был построен график. После этого этапа нужно добавить линию тренда, выбрать полиномиальную, поставить нужную степень. Степень в данном случае 3. Чтобы уравнение было показано на графике, нужно в формате линии тренда поставить галочку “показать уравнение на диаграмме”.

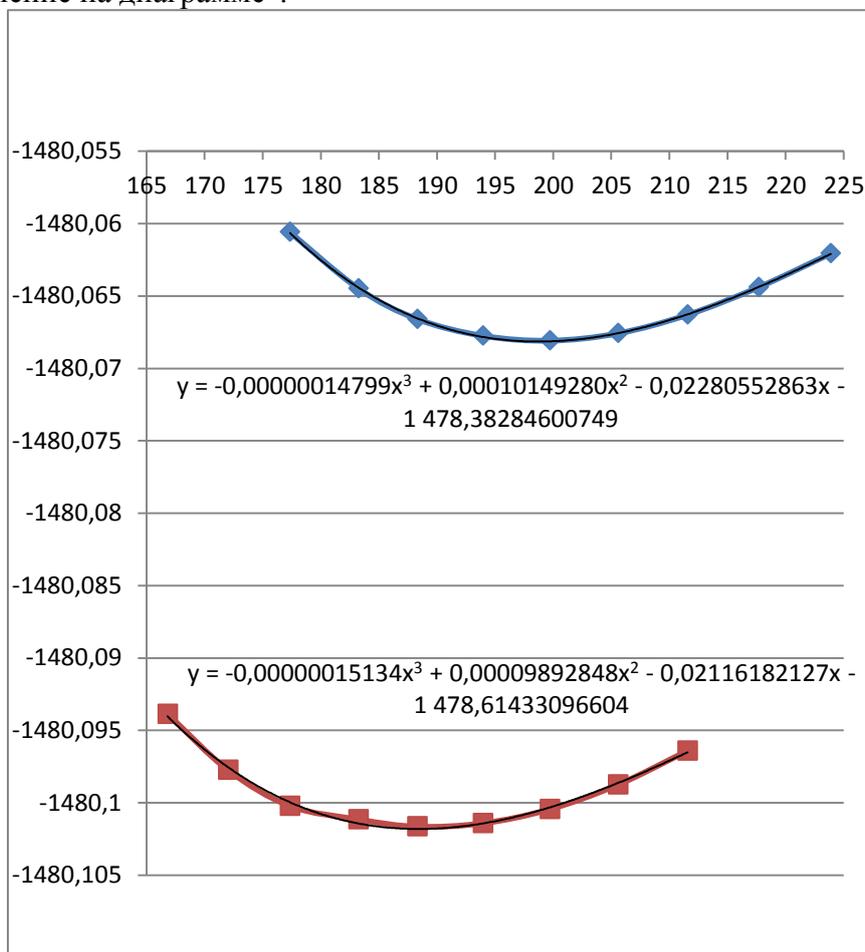


Рисунок 18. График зависимости энергии от давления

На данном рисунке верхний график – график для зависимости без учета дисперсионного взаимодействия. Нижний график – для зависимости с учетом дисперсионного взаимодействия Ван-дер-Ваальса. Чтобы получить точность до 11 знака после запятой, нужно выделить полученное уравнение и выбрать “формат подписи линии тренда”. В открытом окне в строчке “число десятичных знаков” написать: 11.

Гибридный перовскит  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$  рассматривается как перспективный материал для солнечной энергетики с большим коэффициентом полезного действия, по сравнению с коммерциализированными изделиями на основе кремния. В данной работе были получены нужные структурные параметры с помощью программы CRYSTAL. На основе полученных результатов были проведены расчеты.

После выполнения расчетов по научной работе получились следующие значения. Для первого способа без учета дисперсионного взаимодействия равновесный объем  $v_0=198,7367808$ . Для второго способа  $v_0=188,4302762$ . Для первого способа объемный модуль упругости  $B=22,97742121$  ГПа. Для второго способа  $B=21,97925038$  ГПа. Также в данной

работе необходимо было найти производную по давлению от объемного модуля упругости. Для первого способа получилось значение 5,654270062. Для второго – 5,395213671.

### Литература и источники

1. Выращивание монокристаллов гибридных перовскитов  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$  и  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ / М. С. Болячкина, А. С. Степарук, Д. С. Цветков, И. Л. Иванов, А. Ю. Зуев // Проблемы теоретической и экспериментальной химии : Тезисы докладов XXVII Российской молодежной научной конференции, посвященной 175-летию со дня рождения профессора Н. А. Меншуткина (Екатеринбург, 26-28 апреля 2017 г.). — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. — С. 218-219.
  2. Dovesi R., Saunders V.R., Roetti C., Orlando R. CRYSTAL14 User's Manual // June 15, 2016 – P. 6.
  3. S. Grimme // J. Comput. Chem. – 2006. – V. 27. – P. 1787-1799.
- Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Корабельников Д.В., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 538.91

## ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТА $\text{KTaO}_3$

*Сулайманова Н.О.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

sulaymanova1998@bk.ru

*В работе исследована структура перовскита  $\text{KTaO}_3$ . Рассчитан параметр решетки при различных давлениях, а также рассмотрено влияние давления на ширину запрещенной зоны. Показано, что с ростом давления ширина запрещенной зоны возрастает.*

Перовскиты с общей формулой  $\text{ABO}_3$  проявляют ряд интересных физических свойств, таких как сегнетоэлектричество, пьезоэлектричество и привлекательны для применения в электронике [1]. Целью данной работы является изучение воздействия давления на структуру перовскита танталата калия ( $\text{KTaO}_3$ ) и его электронные состояния.

Расчеты кристаллической и электронной структуры  $\text{KTaO}_3$  проводились с использованием программы CRYSTAL [2]. В качестве базиса используются локализованные базисы, вид которых играет важную роль при исследовании свойств. В рамках теории функционала плотности [3] были рассмотрены различные функционалы плотности (LDA-PZ, PBE, B3LYP) и наборы базисов ( $\text{K1Ta1O1}$ ,  $\text{K1Ta2O1}$ ,  $\text{K1Ta1O2}$ ,  $\text{K1Ta2O2}$ ). Лучший метод соответствует параметру, находящемуся ближе всего к экспериментальному 3.988 Å.

Таблица 1. Параметры решетки в зависимости от способа расчета

| Параметр решетки | LDA PZ | PBE    | B3LYP  |
|------------------|--------|--------|--------|
| K1Ta1O1          | 3.9567 | 4.0102 | 3.9864 |
| K1Ta2O1          | 3.9680 | 4.0294 | 4.0188 |
| K1Ta1O2          | 3.9528 | 4.0068 | 3.9836 |
| K1Ta2O2          | 3.9682 | 4.0298 | 4.0195 |

Значения параметров решетки и ширины запрещенной зоны были вычислены при давлениях 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 и 2.0 ГПа (табл. 2).

Таблица 2. Вычисленные параметр решетки и ширина запрещенной зоны при различных давлениях

| Давление, ГПа | 0.00       | 0.5         | 1.0        | 1.5        | 2.0        |
|---------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| $a$ , Å       | 4.00511040 | 4.00241496  | 3.99807824 | 3.99378498 | 3.98944570 |
| $E_g$ , эВ    | 1.44494342 | 1.449232592 | 1.45343445 | 1.4574421  | 1.46150904 |

На рисунках 1 и 2 показаны графики соответствующих зависимостей от давления. Видно, что при увеличении давлениях на 1 ГПа параметр решетки убывает на  $\sim 0.01$  Å, что составляет всего 0.25 %. При этом ширина запрещенной зоны, наоборот, убывает на  $\sim 0.02$  эВ, то есть на 1.4 %.

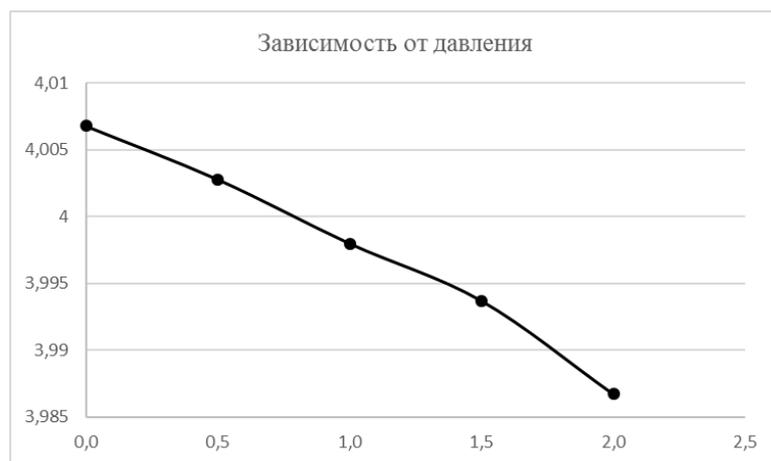


Рисунок 1. Зависимость параметра решетки от давления.

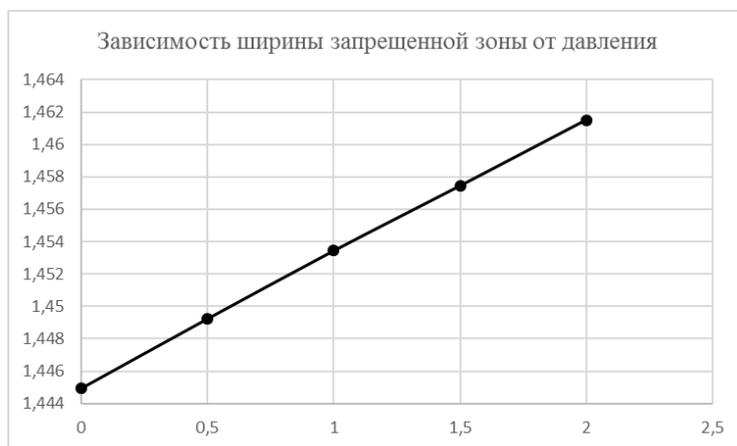


Рисунок 2. Зависимость ширины запрещенной зоны от давления.

### Литература и источники

1. М. Е. Lines и А. Glass, Принципы и применение ферроэлектрических и родственных материалов (Clarendon Press, Oxford, 1977).
2. R. Dovesi, V. R. Saunders, C. Roetti, R. Orlando, C. M. Zicovich – Wilson, F. Pascale, B. Civalleri, K. Doll, N. M. Harrison, L. J. Bush, Ph. D’Arco, M. Causa, Y. Noel, L. Maschio, A. Erba, M. Rerat, S. Casassa. CRYSTAL17 – April 20, 2018
3. P. Hohenberg, W. Kohn, Phys. Rev. 136 (1964)B864.
4. P. Blaha, K. Schwarz, P. Sorantin, and S.K. Trickey, Comput. Phys. Commun. 59 (1990)339.

5. Z. Wu, R.E. Cohen, Phys. Rev. B 73 (2006) 235116.

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Корабельников Д.В., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

УДК 544.225.2: 544.224.3

## ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В $\text{BeAP}_2$ (A=C, Si)

Поляков С.В.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

savelij.polyakov@mail.ru

В работе исследована электронная структура, полная и проектированная плотность состояний соединений  $\text{BeAP}_2$  (A=C, Si) со структурой халькопирита, с помощью расчета который проводился в локальном приближении теории функционала плотности с использованием сохраняющих норму HGH-псевдопотенциалов и базиса псевдо-атомных орбиталей.

Целью работы является изучение электронной структуры гипотетических соединений  $\text{BeAP}_2$  (A=C, Si) со структурой халькопирита, которые представляют интерес в качестве перспективных полупроводниковых соединений.

Расчеты электронной структуры кристаллов  $\text{BeAP}_2$  (A=C, Si) проводились в рамках теории функционала плотности [1,2] с использованием сепарабельных HGH-псевдопотенциалов [3], а также базиса локализованных псевдоатомных орбиталей [4] в форме triple- $\zeta$  функций. Для интегрирования по зоне Бриллюэна использовалась k-сетка [5] с размерностью  $4 \times 4 \times 4$ . Методом BFGS [5] выполнялось полная оптимизация кристаллической структуры. Ниже кратко представлены результаты вычислений для кристаллов  $\text{BeSiP}_2$ .

Оптимизированные значения параметров кристаллической структуры составляют: для  $\text{BeSiP}_2$   $a = 5.048 \text{ \AA}$ ,  $c = 10.077 \text{ \AA}$ ,  $\gamma = c/a = 1.996$  (тетрагональное сжатие), а для  $\text{BeCP}_2$   $a = 4.585 \text{ \AA}$ ,  $c = 8.838 \text{ \AA}$ ,  $\gamma = c/a = 1.927$ . Как видно, вычисления приводят к достаточно близким значениям структурных параметров.

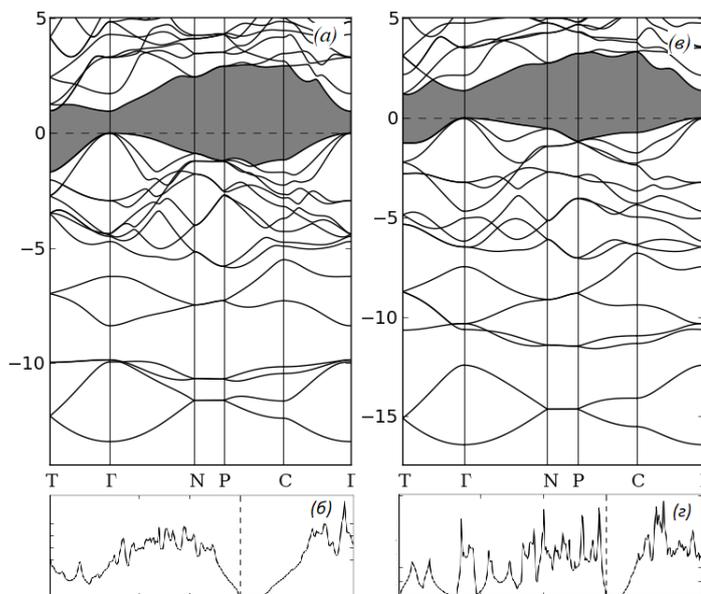


Рисунок 1.  $\text{BeSiP}_2$  и  $\text{BeCP}_2$ : зонная структура (а,е), плотность состояний (б,г).

Зонная структура, полная и проектированная плотность состояний  $\text{BeSiP}_2$  и  $\text{BeCP}_2$  изображены на рис.1. Как видно, зонная структура имеет вид, характерный для

полупроводниковых соединений. В  $\text{BeSiP}_2$  валентная зона имеет ширину 13,5 эВ и состоит из 16 валентных зон, разделенных на три полосы, из которых для двух верхних наблюдается перекрытие, наиболее сильно выраженное для направления  $\text{P} \rightarrow \text{C} \rightarrow \text{Г}$ . Нижняя часть зоны проводимости имеет качественно подобное строение, с абсолютными минимумами в точке Т. Локальный минимум зоны проводимости расположен в точке Г, в области энергий которого происходит постепенное уменьшение весовой доли состояний атомов фосфора и увеличения доли атомов кремния и углерода. Как показал анализ проектированной плотности состояний, первая, самая нижняя зона формируется из состояний атомов Ве и Р, во 2 и 3 зонах в интервале от -8,5 до -7 эВ структура электронных состояний формируется за счет состояний атомов Si и Р, а в интервале от -7 до 0 эВ атомов Ве и Р соответственно. В  $\text{BeCP}_2$  нижняя валентная зона расщепляется на две, разделенные запрещенным участком энергий, имеющим ширину порядка 1 эВ, что приводит к появлению полосы в области энергии от -12 до -10,5 эВ. Верхняя валентная зона по составу подобна  $\text{BeSiP}_2$ , но распределение менее однородно и спектр имеет резко выраженную многозонную структуру. Анализ картины распределения полной валентной и парциальной электронной плотности показывает, что химическая связь в рассмотренных соединениях имеет смешанный характер, при этом атомы бериллия играют роль катионов, а атом углерода – анионов; это обусловлено тем, что углерод по сравнению с фосфором имеет большую электроотрицательность.

#### Литература и источники

1. Kohn W., Sham L.J. Phys. Rev. V.140, 1965, P. A1133-1138.
2. Perdew J. P., Zunger A. Phys. Rev. B. V. 23, 1981, P. 5048–5079.
3. Hartwigsen C., Goedecker S., Hutter J. Phys. Rev. B, V.58. №7, 1998, P.3541-3662.
4. Jansen R. W., Sankey O. F. Phys. Rev. B, V. 36, 1987, P. 6520–6531.
5. Monkhorst H.G., Pack J.D. Phys. Rev. B. V. 13, 1976, P. 5188

*Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Гордиенко А.Б., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 538.91**

### СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА БРОМИДА АММОНИЯ

**Коновалов Н.И.**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Nik.kni2014@mail.ru

*В настоящей работе выполнены первопринципные расчеты параметра решетки, электронной зонной структуры и распределения электронной плотности бромида аммония. Установлен характер ширины запрещенной зоны и её величина.*

Поиск материалов, обладающих полезными физико-химическими свойствами одна из тенденций современной науки. Бромид аммония - это вещество, представляющее собой бесцветные кристаллы без запаха. Соединение отлично растворяется в воде и органических растворителях – ацетоне, этиловом спирте, эфире. При воздействии воздуха он медленно приобретает цвет из-за окисления следов бромида ( $\text{Br}^-$ ) до брома ( $\text{Br}_2$ ), и цвет, предполагаемый этим, желтый. При нагревании свойственная для кристаллов кубическая конфигурация переходит из альфа- в бета- модификацию [1]. Под воздействием низких температур образуются кристаллы с тетрагональной сингонией [2]. Бромид аммония применяется в качестве антипирена – вещества, добавляемого в материалы органического происхождения с целью обеспечения огнезащиты, а также в фармакологии, как составляющий компонент лекарственных препаратов. Галогениды аммония состоят из простой кубической решетки галогенид – ионов с ионами аммония, расположенными в центрах куба и ориентированными таким образом, что атомы водорода лежат вдоль оси третьего порядка куба. Существуют две

энергетически эквивалентные ориентации ионов аммония, связанные с поворотом иона на 90 градусов вокруг оси четвертого порядка.

В целях исследования структурных и электронных свойств бромида аммония использовался пакет CRYSTAL [3]. Пакет CRYSTAL позволяет выполнить *ab initio* расчеты энергии основного состояния, градиента энергии, электронной волновой функции и свойств периодических систем. Можно использовать гамильтонианы Хартри-Фока или Кона-Шэма (обменно-корреляционные функционалы в соответствии с теорией функционала плотности).

Для начала исследования определялся оптимальный базисный набор и функционал бромида аммония. Были выбраны функционал в обобщенно градиентной аппроксимации (PBE), гибридный функционал (B3LYP), DFT функционалом в приближении локальной плотности LDA-PZ. Использовались локализованные базисы с сайта [4]. Для каждого атома было выбрано по два базиса атомных орбиталей: N(1) это базис N\_6-21G\*\_dovesi\_1990; N(2) - базис N\_6-31d1G\_gatti\_1994; H<sub>4</sub>(1) - базис H\_5-11G\*\_dovesi\_1984; H<sub>4</sub>(2) - базис H\_3-1p1G\_gatti\_1994; Br(1) - базис Br\_HAYWLC31\_prencepe\_1990; Br(2) - базис Br\_LC\_doll\_1998. В целом было проведено 27 расчетов и были выбраны оптимальный базисный набор и функционал с наименьшей погрешностью (-0.86%) по сравнению с экспериментальным параметром решетки 4,06 Å. Полученные значения параметра решетки приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1. Вычисленные значения параметра решетки для кубического бромида аммония

| cubic                       | 4,06       |        |           |        |            |       |
|-----------------------------|------------|--------|-----------|--------|------------|-------|
|                             | B3LYP      | D%     | PBE       | D%     | ldapz      | D%    |
| N(1)H <sub>4</sub> (1)Br(1) | 4,16047841 | -2,42% | 0         | 0,00%  | 3,9391509  | 3,07% |
| N(2)H <sub>4</sub> (1)Br(1) | 0          | 0,00%  | 4,1039414 | -1,07% | 3,92921657 | 3,33% |
| N(1)H <sub>4</sub> (2)Br(1) | 0          | 0,00%  | 4,1321254 | -1,75% | 3,9499543  | 2,79% |
| N(1)H <sub>4</sub> (1)Br(2) | 0          | 0,00%  | 4,0952289 | -0,86% | 0          | 0,00% |
| N(2)H <sub>4</sub> (2)Br(1) | 0          | 0,00%  | 0         | 0,00%  | 3,93486249 | 3,18% |
| N(2)H <sub>4</sub> (1)Br(2) | 4,13470803 | -1,81% | 0         | 0,00%  | 3,90432044 | 3,99% |
| N(1)H <sub>4</sub> (2)Br(2) | 4,15257115 | -2,23% | 0         | 0,00%  | 3,92484997 | 3,44% |
| N(2)H <sub>4</sub> (2)Br(2) | 4,14407979 | -2,03% | 0         | 0,00%  | 3,91384526 | 3,73% |

Дальнейшие расчеты проводились с базисным набором N(1)H<sub>4</sub>(1)Br(2) при функционале PBE.

С помощью программы CRYSTAL были получены полная и парциальные плотности состояний бромида аммония, данные о зонной структуре (рис. 1) и была посчитана ширина запрещенной зоны. Ширина запрещенной зоны бромида аммония является прямой.

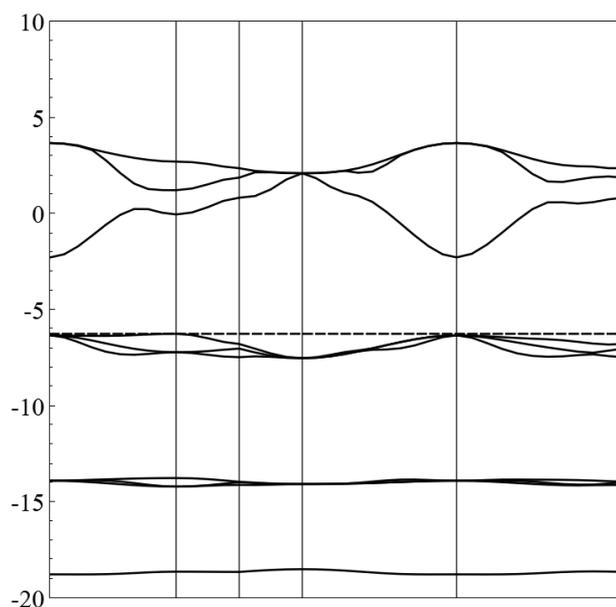


Рисунок 1. Зонная структура бромида аммония.

Ширина запрещенной зоны бромида аммония составляет 3,97 эВ. Это означает, что бромид аммония является диэлектриком. Распределение зарядовой плотности на рисунке 2 свидетельствует об ионном характере химической связи между ионами брома и катионами аммония, а также о ковалентной связи N-H в катионах аммония.

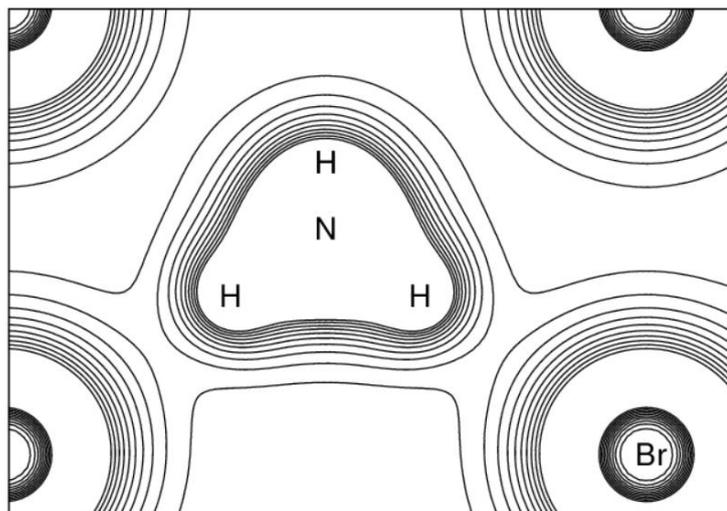


Рисунок 2. Распределение электронной плотности бромида аммония

#### Литература и источники

1. The application of some liquid scattering functions to X-ray data from the zeolite complex m-dichlorobenzene-Ni-faujasite. By H.D. SIMPSON and H. STEINFINK, Materials Science Laboratory, Department of Chemical Engineering, The University of Texas at Austin, Austin, Texas 78712, U.S.A
2. The transformation Fm3m to Pm3m in ammonium bromide. By W. L. FRASER and S. W. KENNEDY, Physical and Inorganic Chemistry Department, University of Adelaide, Adelaide 5001, Australia
3. R. Dovesi, V. R. Saunders, C. Roetti, R. Orlando, C. M. Zicovich – Wilson, F. Pascale, B. Civalleri, K. Doll, N. M. Harrison, L. J. Bush, Ph. D'Arco, M. Causa, Y. Noel, L. Maschio, A. Erba, M. Rerat, S. Casassa. CRYSTAL17 – April 20, 2018
4. CRYSTAL. URL: <https://www.crystal.unito.it/basis-sets.php> (дата обращения 10.04.2022)

УДК 538.913

## ПЕРВОПРИНЦИПНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РЕШЕТКИ ПОЛИСУЛЬФИДОВ НАТРИЯ

*Кочурова А. О.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

[kochurovaalena@mail.ru](mailto:kochurovaalena@mail.ru)

*В рамках теории функционала электронной плотности методом псевдопотенциала рассчитаны заряды Борна, фоновые спектры, плотности фоновых состояний, теплоемкость  $C_v$  кристаллов  $N_2S$ ,  $\alpha-Na_2S_2$  и  $\beta-Na_2S_2$ .*

Сульфид натрия  $N_2S$  при атмосферном давлении кристаллизуется в структуру антифлюорита  $Fm\bar{3}m$  [1], для дисульфида натрия известны две полиморфные формы  $\alpha-Na_2S_2$  и  $\beta-Na_2S_2$  с гексагональной структурой  $P\bar{6}2m$  и  $P6_3/mmc$  соответственно [2]. В данной работе для указанных кристаллов вычислены заряды Борна, фоновые спектры, плотности фоновых состояний, а также термодинамические потенциалы и теплоемкость. Вычисления проводились в рамках теории функционала электронной плотности методом псевдопотенциала с применением программного кода Quantum Espresso [3-4], для обменно-корреляционного функционала применялась параметризация PBE. При сопоставлении с экспериментальными данными по структурным параметрам наилучший результат получился при выборе ультрамягких псевдопотенциалов GBRV [5]. В качестве базиса использовались плоские волны с энергией, не превышающей 60 Ry. Для интегрирования по зоне Бриллюэна в обратном пространстве применялась сетка 4x4x4, генерированная по методу Монкхорста-Пака. На первом этапе была проведена оптимизация геометрии для трех исследуемых кристаллов. Полученные структурные параметры хорошо согласуются с экспериментальными данными [2,6] относительная погрешность не превышает 0.27 %, и максимальна для постоянной решетки с в  $\alpha-Na_2S_2$ .

Известно, что на основании зарядов Борна ( $Z_B$ ) можно определить степень ионности химической связи в кристалле, они также определяют величину LO-TO расщепления для ИК активных длинноволновых оптических мод колебаний решетки. Из табл. 1 видно, что эффективные заряды Борна в  $N_2S$  очень близки к номинальному ионному значению -2 для атома серы и +1 для атома натрия, что соответствует ионному характеру связи в этом соединении. В  $\alpha-Na_2S_2$  и  $\beta-Na_2S_2$  заряды Борна на атомах натрия оказались близки к формальным +1, для атомов серы отклонения от формальных существенные. Это соответствует преимущественно ковалентному характеру связи между атомами серы, и ионному между атомами натрия и серы.

Таблица 1. Величины эффективных зарядов Борна  $Z_B$  в единицах заряда электрона

|                  | Na <sub>2</sub> S  | α-Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub>   | β-Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub>   |
|------------------|--|--|--|
| $Z_B(\text{Na})$ | $\begin{pmatrix} 0.97 & 0 & 0 \\ 0 & 0.97 & 0 \\ 0 & 0 & 0.97 \end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix} 1.12 & 0 & 0 \\ 0 & 1.14 & 0 \\ 0 & 0 & 0.80 \end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix} 1.17 & 0 & 0 \\ 0 & 1.17 & 0 \\ 0 & 0 & 0.27 \end{pmatrix}$ |

|          |   |   |   |
|----------|---|---|---|
|          |   | $\begin{pmatrix} 1.12 & 0 & 0 \\ 0 & 1.14 & 0 \\ 0 & 0 & 1.10 \end{pmatrix}$    | $\begin{pmatrix} 1.09 & 0 & 0 \\ 0 & 1.09 & 0 \\ 0 & 0 & 0.75 \end{pmatrix}$    |
| $Z_B(S)$ | $\begin{pmatrix} -0.94 & 0 & 0 \\ 0 & -0.94 & 0 \\ 0 & 0 & -0.94 \end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix} -1.13 & 0 & 0 \\ 0 & -1.13 & 0 \\ 0 & 0 & -0.95 \end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix} -1.14 & 0 & 0 \\ 0 & -1.14 & 0 \\ 0 & 0 & -1.01 \end{pmatrix}$ |

Рассчитанные фононные спектры представлены на рис. 1–2. Для  $\text{Na}_2\text{S}$  полученные дисперсионные кривые близки к вычисленным в работе [7] с использованием оболочечной модели, аппроксимирующей данные по рассеянию нейтронов. В полученном в данной работе фононном спектре хорошо воспроизводятся основные черты расчета [7], в частности, пересечение оптических и акустических ветвей по направлениям  $\Gamma$ -X,  $\Gamma$ -L, а также инверсия поперечных оптических и продольных акустических мод в точке X. Полученные плотности фононных состояний также хорошо согласуются с вычисленными в [7]. В частности, низкочастотные моды связаны преимущественно с движением ионов  $\text{Na}^+$ , а самые высокие оптические моды связаны с атомом S.

Если сравнить фононные спектры изученных здесь соединений, можно установить несколько закономерностей. Фононный спектр во всех соединениях имеет топологически сложную структуру, в которой трудно выделить связки оптических ветвей. Все ветви фононного спектра  $\text{Na}_2\text{S}$  и большая часть ветвей фононного спектра  $\text{Na}_2\text{S}_2$  расположены в области частот от 0 до  $280 \text{ cm}^{-1}$ . В  $\alpha\text{-Na}_2\text{S}_2$  и  $\beta\text{-Na}_2\text{S}_2$  в области  $450 \text{ cm}^{-1}$  дополнительно появляется низкодисперсная полоса, состоящая из двух в  $\beta\text{-Na}_2\text{S}_2$  и трех в  $\alpha\text{-Na}_2\text{S}_2$  частот, соответствующих колебаниям серы. В  $\beta\text{-Na}_2\text{S}_2$  появляется дополнительная особенность: в оптическом диапазоне частот отделяется полоса в области  $214 - 262 \text{ cm}^{-1}$ , здесь вклады в плотность фононных состояний дают состояния обоих типов атомов, однако наибольший вклад обусловлен колебаниями натрия.

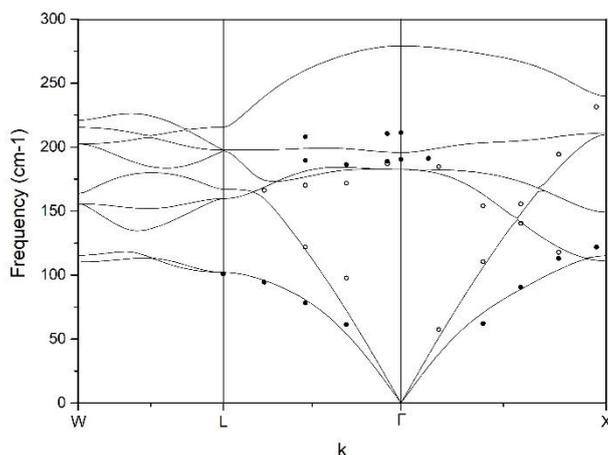


Рисунок 1. Фононный спектр для  $\text{Na}_2\text{S}$ . Точками отмечены экспериментальные значения [6]: черные точки – поперечные моды, белые – продольные моды

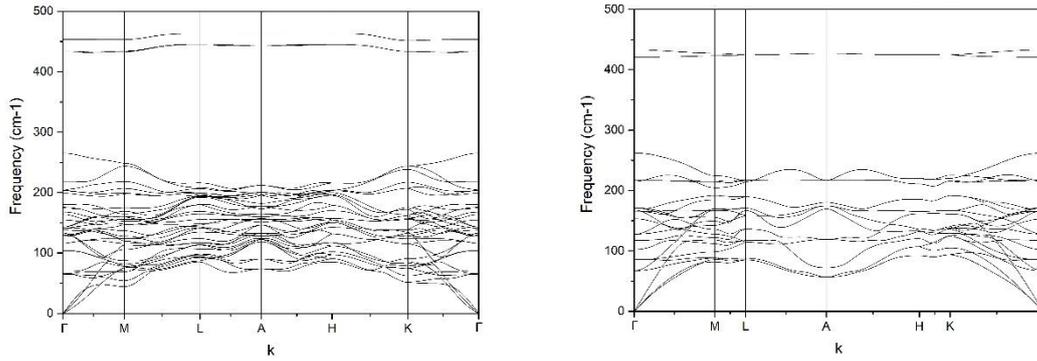


Рисунок 2. Фононный спектр для  $\alpha$ - $\text{Na}_2\text{S}_2$  (слева) и  $\beta$ - $\text{Na}_2\text{S}_2$  (справа)

Термодинамические потенциалы и теплоемкость при постоянном объеме (рис. 3) вычислены при температурах ниже температуры плавления, где квазигармоническое приближение остается справедливым. Тогда, зная плотность фононных состояний теплоемкость при постоянном объеме можно вычислить по следующей формуле:

$$C_v = 3N \int_0^{\infty} \left( \frac{\hbar\omega}{T} \right)^2 \frac{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{T}\right)}{[\exp\left(\frac{\hbar\omega}{T}\right) - 1]^2} g(\omega) d\omega \quad (1)$$

Из рисунка 3 видно, что в пределе низких температур ( $T \rightarrow 0$ ) выполняется закон  $C_v(T^3) \sim T^3$ . При высоких температурах, теплоемкость стремится к постоянному значению:  $C_v = 3NR$ , где  $N$  – число атомов, что согласуется с законом Дюлонга-Пти.

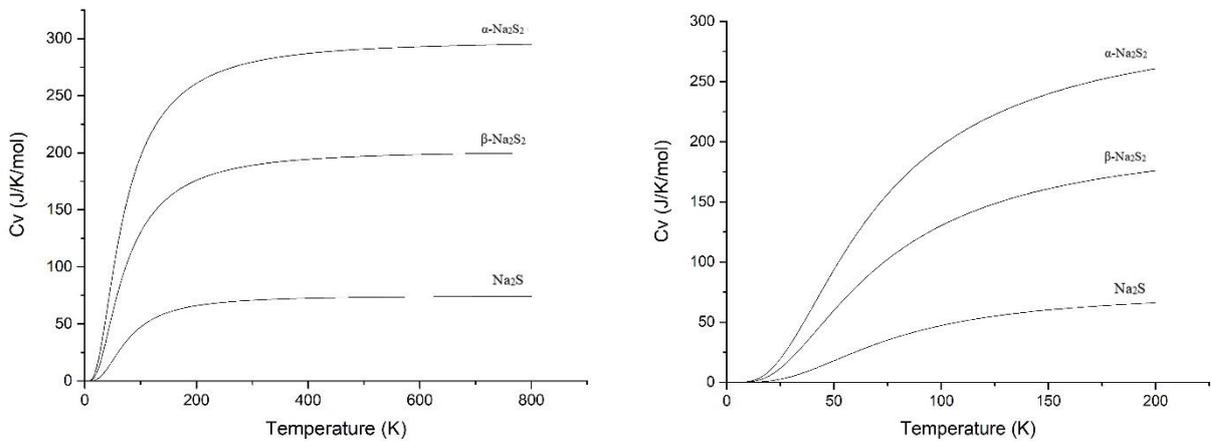


Рисунок 3. Теплоемкость  $C_v$  в диапазоне температур от 0 до 800 К

### Литература и источники

1. Agnihotri N. Interionic Forces and Elastic Properties of  $\text{Na}_2\text{S}$  / Neeta Agnihotri, R. K. Singh, S. P. Sanyal // *phys. stat. sol. (b)* . – 1984. – V. 125, 1. – P. 113-119.
2. Föppl H., Busmann E., Frorath F.- K. Die Kristallstrukturen von  $\alpha$ -  $\text{Na}_2\text{S}_2$  und  $\text{K}_2\text{S}_2$ ,  $\beta$ - $\text{Na}_2\text{S}_2$  und  $\text{Na}_2\text{Se}_2$ . // *Zeitschrift, für anorganische und allgemeine Chemie*. – 1962. – Bd. 314, Nr.1-2. – S.12-20.
3. Giannozzi P. et al. // *J.Phys.: Condens. Matter*. 2009. – Vol. 21. – P. 395502.
4. Giannozzi P. et al. // *J. Phys.: Condens. Matter*. 2017. – Vol. 29. – P. 465901.

5. Garrity K. F., Bennett J. W., Rabe K. M., Vanderbilt D. Pseudopotentials for high-throughput DFT calculations // Comput. Mater. Sci. 2014. – Vol. 81 – P. 446-452.
6. Zintl E. Gitterstruktur der oxyde, sulfide, selenide und telluride des lithiums, natriums und kaliums / E. Zintl, A. Harder, B. Dauth // Zeitschrift für Elektrochemie und Angewandte Physikalische Chemie. – 1934. – Bd.40, Nr.8. – S. 588–593.
7. Bührer, W. Lattice dynamics of Na<sub>2</sub>S / W. Bührer, H. Bill // J. Phys. C: Solid State Phys. – 1980. – 13. – P. 5495.

*Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Кравченко Н.Г., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 544.225.2: 548.713.022.723**

## **ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В КРИСТАЛЛАХ BeGeP<sub>2</sub> И BeSnP<sub>2</sub>**

*Перепелица Д.М.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

[flpdm@yandex.ru](mailto:flpdm@yandex.ru)

*Рассматривается электронная структура гипотетических соединений BeGeP<sub>2</sub> и BeSnP<sub>2</sub> со структурой халькопирита. Расчеты выполнены в рамках теории функционала плотности с использованием базиса псевдо-атомных функций. Получены оптимизированная геометрия, зонная структура, полная и проектированная плотность состояний, вычислены функции Ванье и на этой основе выполнен анализ химической связи.*

### **Методы и параметры расчета**

Целью данного исследования является анализ и сравнение электронной структуры тройных алмазоподобных соединений на примере BeGeP<sub>2</sub> и BeSnP<sub>2</sub>. Данные кристаллы являются гипотетическими соединениями со структурой халькопирита и представляют собой перспективные полупроводниковые соединения.

Расчеты выполнялись в рамках теории функционала плотности [1,2], в сочетании с теорией псевдопотенциала [3], базисом псевдо-атомных функций, на **k**-сетке размерности 4x4x4. Данный подход, в настоящее время, является одним из самых эффективных способов теоретического изучения и описания свойств кристаллических тел. Полная оптимизация кристаллической структуры, включая параметры решетки и координаты атомов, выполнялась методом VFGS [4]. Для кристаллов BeGeP<sub>2</sub> и BeSnP<sub>2</sub> получены результаты по зонной структуре, проектированной плотности состояний, валентной и деформационной электронной плотности, поляризованных спектров мнимой части диэлектрической проницаемости и функциям Ванье.

### **Результаты и обсуждение**

Зонная структура исследуемых соединений показана на рис.1 и имеет вид характерный для полупроводниковых соединений со структурой халькопирита. Валентная область содержит 16 зон, поделенных на 3 группы, что хорошо видно при анализе проектированной плотности состояний, из которой следует, что атомы германия и олова, дают наибольший вклад состояний атомов во 2 зоне. Атомы фосфора, в свою очередь, дают наименьшей вклад, что и наблюдается для обоих кристаллах.

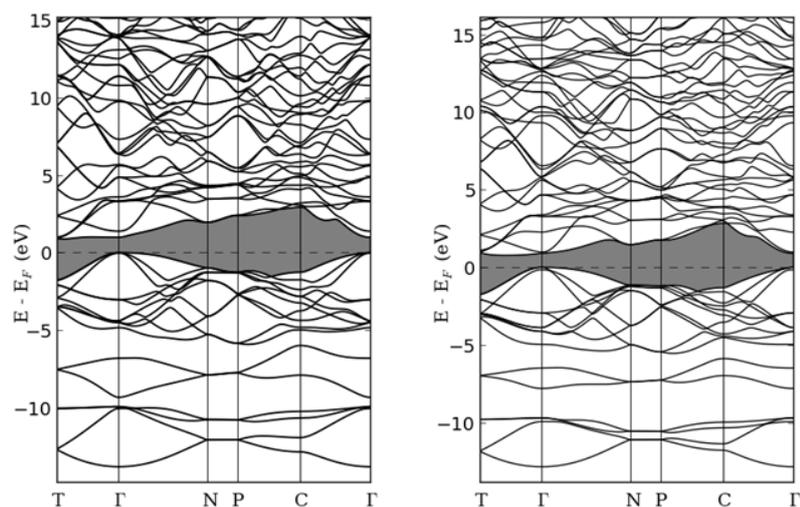


Рисунок.1. Зонная структура кристаллов BeGeP<sub>2</sub> (слева) и BeSnP<sub>2</sub> (справа)

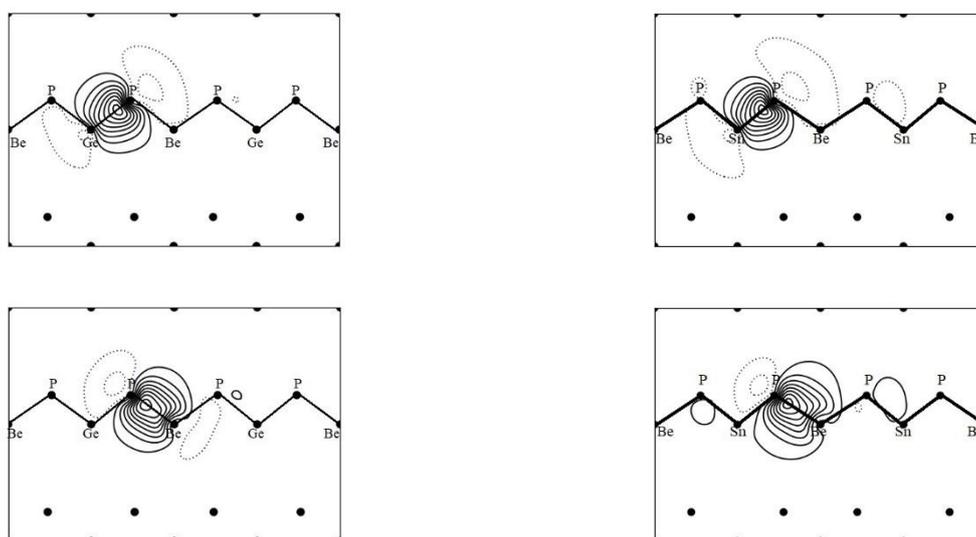


Рисунок.2. Функции Ванье BeGeP<sub>2</sub> (слева) и BeSnP<sub>2</sub> (справа)

Анализ полной валентной и деформационной электронной плотности в плоскости (110) кристалла BeGeP<sub>2</sub> показывает, что связь IV-P (IV=Ge,Sn) является преимущественно ковалентной, при этом максимумы электронной плотности на связи смещаются в сторону анионов (P). Связи Be-P являются донорно-акцепторными по механизму образования и ионно-ковалентными по своей природе. Для этих связей характерно обобществление зарядовой плотности между атомами Be и P. Основной заряд сосредоточен на атомах фосфора, с относительно небольшой деформацией в направлении ближайших атомов Be и Ge.

С помощью функций Ванье, рис.2, можно сделать более подробные выводы о характере химической связи кристаллов. Форма функций Ванье для BeGeP<sub>2</sub> и BeSnP<sub>2</sub> типична для тетраэдрически координированных полупроводниковых соединений, где связь образуется по механизму  $sp^3$  гибридизации. В рассматриваемых кристаллах центры функции Ванье смещены в сторону атома фосфора и находятся на расстоянии  $\sim 3/4$  длины связи, что говорит о частично ионном характере связи Be-P, где анионами являются атомы фосфора.

### Литература и источники

1. Hohenberg P., Kohn W. // Phys. Rev. 1964. V.63. №3. P.864-871.
2. W. Kohn, L.J. Sham. Phys. Rev. 140, A1133
3. W.E. Pickett. Comput. Phys. Rep. 9, 115
4. J. Nocedal and S. J. Wright. Numerical Optimization. Springer Series in Operations Research. Springer. 1999, 634 P.

*Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Гордиенко А.Б., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 541.126**

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ НА КРИТИЧЕСКУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ЗАЖИГАНИЯ НТО**

*Галактионова Е.С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

galaktionova\_1998@mail.ru

*В работе проведен анализ экспериментальных данных по тепловому взрыву НТО, приведенных в работе G. Krause. Определены энергия активации и частотный фактор реакции взрывчатого разложения НТО. Проведено численное решение уравнения теплопроводности для НТО в форме куба с граничными условиями первого рода. Использовались неявные разностные уравнения, которые решались методом прогонки. Расчеты проводились как без учета термического разложения НТО, так и с учетом разложения по реакции первого порядка в зависимости от характерного размера образца. Кинетическое уравнение решалось неявным методом Эйлера. Аррениусовская нелинейность линеаризовывалась на каждом временном шаге при помощи преобразования Франк – Каменецкого. Получено хорошее согласие расчетной критической температуры зажигания с экспериментом. Учет реакции разложения при численном моделировании зажигания НТО привел к незначительному увеличению критической температуры зажигания.*

### **1. Введение**

Нитротриазолон (Nitrotriazolone – НТО,  $C_2H_2N_4O_3$ ) относится к классу малочувствительных взрывчатых веществ (МЧВВ). Впервые был синтезирован в 1905 году. НТО обладает высокой термостабильностью. Интенсивное разложение навески НТО при ДТА происходит в интервале температур между 269 и 286<sup>0</sup>С. Он привлек внимание исследователей в начале 80-х годов XX века, как МЧВВ. В течение последних 20 лет интенсивно исследуется как индивидуальное ВВ и компонент МЧВС и твердых ракетных топлив. НТО рассматривается с точки зрения, как взрывчатое вещество повышенной безопасности. Поэтому подробно изучена его чувствительность к различным видам воздействиям: удар, ударная волна, электрическая искра [1]. Большой разброс в энергиях активации термического разложения Brill с сотрудниками объясняют одновременным протеканием двух процессов: сублимации и собственно разложения. Ими определена энергия сублимации, которая составляет 25,8 ккал/моль (108 кДж/моль) (для изотермических) и 28,6 ккал/моль (120 кДж/моль) (для неизотермических условий). Для процесса разложения ими приводятся значение  $E = 327-364$  кДж/моль и  $\lg Z = 29,0 - 33,9$  с<sup>-1</sup> [1].

Анализ экспериментальных данных по зажиганию НТО в форме куба [2], как это было сделано в [3], с учетом теплофизических параметров [4], позволил оценить энергию активации скорости взрывчатого разложения НТО ( $E = 165,621$  кДж/моль) и частотный фактор ( $Z = 1,69 \cdot 10^{12}$  с<sup>-1</sup>).

### **2. Постановка задачи**

Запишем уравнение теплопроводности с аррениусовским источником тепла:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \rho Q \frac{d\eta}{dt}, \quad (1)$$

$$\frac{d\eta}{dt} = Z(1-\eta) \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (2)$$

Уравнение (1) и (2) имеют следующие начальные и граничные условия:

$$T|_{t=0} = T_{ic}, \quad T|_S = T_S, \quad \eta(x, y, z, 0) = 0 \quad (3)$$

Здесь  $c$  – удельная теплоемкость;  $\rho$  – плотность вещества;  $T$  – температура;  $t$  – время;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  $Q$  – тепловой эффект реакции на единицу массы вещества;  $R$  – газовая постоянная;  $T_S$  – температура поверхности ВВ;  $S$  – поверхность ВВ;  $T_{ic} = 297$  К – начальная температура ВВ.

Уравнение (1) решалось численно с использованием неявной разностной схемы методом прогонки. Аррениусовская нелинейность линейризовывалась на каждом временном шаге при помощи преобразования Франк – Каменецкого. Численные расчеты проводились таким образом, чтобы отношение  $a\tau/h^2 \sim 1.0$ , где  $h$  – шаг по координате,  $\tau$  – шаг по времени. Кинетическое уравнение (2) для  $\eta$  решалось в каждой точке разностной схемы неявным методом Эйлера первого порядка точности.

### 3. Результаты расчетов и их обсуждение

Расчеты проводились как без учета реакции термического разложения, так и с учетом реакции термического разложения. На рис. 1 и рис. 2 приведены результаты численного решения системы уравнений (1, 2) для НТО при  $L=0.01$  м. На рис. 1 приведены зависимости температуры НТО в центре образца ( $\Delta T_c = T_S - 293$  К) от времени при температуре духовки  $T_S = 487.0$  К (кривая 1) и  $T_S = 488.0$  К (кривая 2). На рис. 2 приведены зависимости степени разложения НТО в центре образца от времени при температуре духовки  $T_S = 487.0$  К (кривая 1) и  $T_S = 488.0$  К (кривая 2).

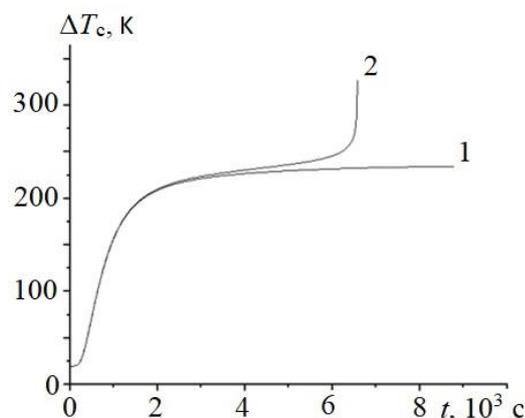


Рисунок 1. Зависимость температуры  $\Delta T_c$  в центре НТО в форме куба от времени при температуре поверхности:  $T_S = 487\text{К}$  (1),  $488\text{К}$  (2) (характерный размер куба  $L = 0,01$  м)

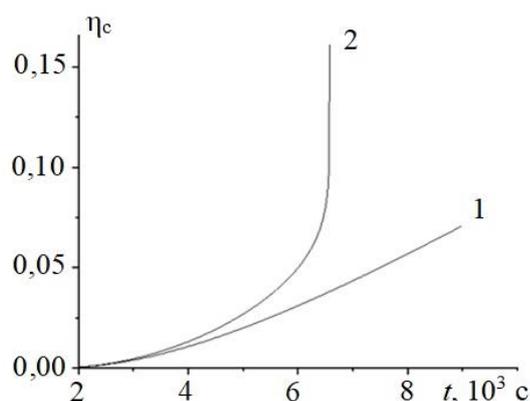


Рисунок 2. Зависимость степени разложения  $\eta_c$  в центре НТО в форме куба от времени при температуре поверхности:  $T_S = 487\text{K}$  (1),  $488\text{K}$  (2) (характерный размер куба  $L = 0,01$  м)

Как видно из рис. 1 (кривая 2), при температуре поверхности  $T_S = 487,0$  НТО происходит зажигание ВВ. Это приводит к резкому возрастанию скорости разложения НТО (рис. 2, кривая 2). При температуре ниже критической температура в центре образца вначале выходит на плато, и несколько выше температуры поверхности, вследствие саморазогрева экзотермической реакцией. Степень разложения близка к линейной зависимости от времени. Однако при больших временах, вследствие выгорания образца, температура в центре кубика начинает уменьшаться вследствие уменьшения скорости экзотермической реакции. Это приводит к выравниванию температуры по образцу: температура разложенного образца стремится к температуре поверхности.

Таблица. Зависимость экспериментальной и расчетной критической температуры  $T_S^*$  зажигания НТО от характерного размера

| $L$ , м | $T_S^*$ ,<br>эксперимент [2] | $T_S^*$ ,<br>расчет без учета<br>разложения | $T_S^*$ ,<br>расчет с учетом<br>разложения |
|---------|------------------------------|---|--|
| 0,005   | 505,0                        | 504,5                                       | 505,5                                      |
| 0,01    | 487,0                        | 486,5                                       | 488,0                                      |

Результаты расчетов критической температуры зажигания приведены в таблице. Как видно, учет реакции разложения при численном моделировании зажигания НТО привел к незначительному увеличению критической температуры зажигания. Хорошее совпадение результатов расчетов с экспериментом обусловлено тем, что при оценке энергии активации и частотного фактора использовался критерий зажигания ВВ в форме куба [3].

#### Литература и источники

1. Жилин В.Ф., Збарский В.Л., Юдин Н.В. Малочувствительные взрывчатые вещества. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. – 160 с.
2. Krause G. Volume-Dependent Self-Ignition Temperatures for Explosive Materials, Propellants Explos. Pyrotech.–2012. –V. 37 –P.107-115.
3. Khanef A. Determination of the Critical Temperature of Self-Ignition of Explosives from the Stability Analysis of the Thermal Conductivity Equation, Propellants Explos. Pyrotech.–2021. –V. 46. –P. 368-377.

4. Dubovik A.V., Kozak G.D, Aleshkina E.A. Theoretical estimation of explosion hazard of NTO, FOX-7, TNAZ, and CL-20. *New Trends in Research of Energetic Materials*, Czech. Republic. – 2007.–P.484-495.

*Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Ханефт А.В., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 544.225.2: 548.713.022.723**

**ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ДИНАМИКА РЕШЕТКИ СОЕДИНЕНИЙ  $Be_2AB$  СО СТРУКТУРОЙ АНТИ-ХАЛЬКОПИРИТА**

***Тимофеев В.С.***

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
slava.timofeev.mail@gmail.com

На основе первопринципных расчетов с использованием пакета программ Quantum Espresso исследована электронная структура и динамика решетки для группы гипотетических кристаллов  $Be_2AB$  ( $A = N, B = F, Cl, Br, I$ ) со структурой анти-халькопирита. Определены структурные параметры, рассмотрены особенности электронной структуры, химической связи, диэлектрических свойств и фононных спектров.

**Методы и параметры расчета**

Первопринципный расчет проводился с использованием пакета программ Quantum Espresso [1] (QE) в локальном приближении теории функционала плотности с использованием первопринципных псевдопотенциалов и базиса плоских волн. Для вычислений была сформирована следующая схема псевдопотенциалов: для Be и A ( $N$ ) – сохраняющие норму псевдопотенциалы, для B ( $F, Cl, Br, I$ ) – ультрамягкий псевдопотенциал. Исходя из принципа минимума полной энергии системы были определены параметры расчета: энергия обрезки для плоских волн -  $E_{cutwfc} = 100$  Ry, энергия обрезки для электронной плотности -  $E_{cutoff} = 1000$  Ry, размерность  $\mathbf{k}$ -сетки  $4 \times 4 \times 4$ . Данные параметры были использованы далее для всей группы кристаллов.

Начальные координаты атомов в структуре анти-халькопирита были получены на основе геометрии халькопирита (пространственная группа  $D_{2d}, I-42d.$ ) [2], в которой катионы заменялись на анионы и наоборот. Оптимизация структуры проводилась квази-ньютоновским методом по алгоритму Бройдена — Флетчера — Гольдфарба — Шанно (BFGS) [3].

**Результаты и обсуждение**

В таблице 1 представлены результаты расчета структурных параметров группы кристаллов  $Be_2AB$  ( $A = N; B = F, Cl, Br, I$ ) с решеткой анти-халькопирита.

Таблица 1. Структурные параметры кристаллов  $Be_2AB$

| Кристалл  | a, Å | c, Å | c/a   | Be-A, Å | Be-B, Å |
|-----------|------|------|-------|---------|---------|
| $Be_2NF$  | 3.97 | 7.98 | 2.007 | 1.57    | 1.91    |
| $Be_2NCl$ | 4.47 | 8.38 | 1.876 | 1.64    | 2.24    |
| $Be_2NBr$ | 4.62 | 8.57 | 1.856 | 1.66    | 2.37    |
| $Be_2NI$  | 4.81 | 8.94 | 1.858 | 1.7     | 2.56    |

Расчет зонной структуры проводился по всем характерным для тетрагональной решетки точкам и линиям высокой симметрии первой зоны Бриллюэна. Результаты для всей группы соединений  $Be_2AB$  ( $A = N; B = F, Cl, Br, I$ ) представлены на рисунке 1. Для наглядности используется сокращенный путь  $T \rightarrow \Gamma \rightarrow N \rightarrow P$ .

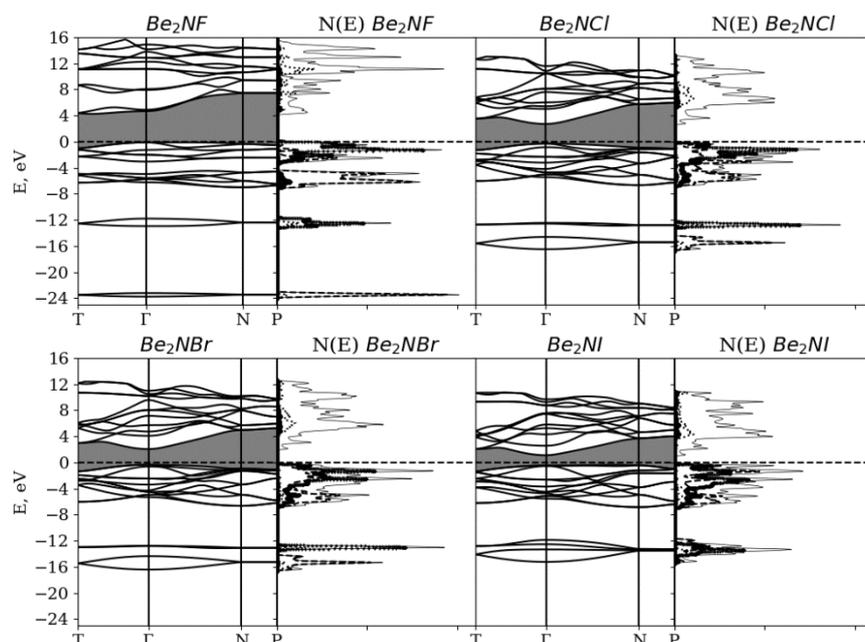


Рисунок 1. Зонная структура, полная и проектированные плотности электронных состояний группы соединений  $\text{Be}_2\text{AB}$ . Для плотности состояний: полная – сплошная линия, Be – точки, A – крестики и B – пунктирные линии.

Как видно из рисунка 1, ширина запрещенной зоны уменьшается при продвижении по изокатионному ряду от  $\text{Be}_2\text{NF}$  к  $\text{Be}_2\text{NI}$  и равна соответственно 4.47, 3.33, 2.73, 1.9 эВ. Электронная структура в валентной области энергий имеет вид характерный для кристаллов халькопирита и состоит из трех разрешенных полос, которые начинают заметно перекрываться при движении по ряду от  $\text{Be}_2\text{NF}$  к  $\text{Be}_2\text{NI}$ . Самая нижняя зона формируется s-состояниями атомов B, средняя s-состояниями атомов A, верхняя имеет смешанный характер с большими вкладами p-состояний атомов A и B. Состояния атома Be находятся преимущественно в зоне проводимости.

На рисунке 2 представлена функция электронной локализации для группы соединений  $\text{Be}_2\text{AB}$ .

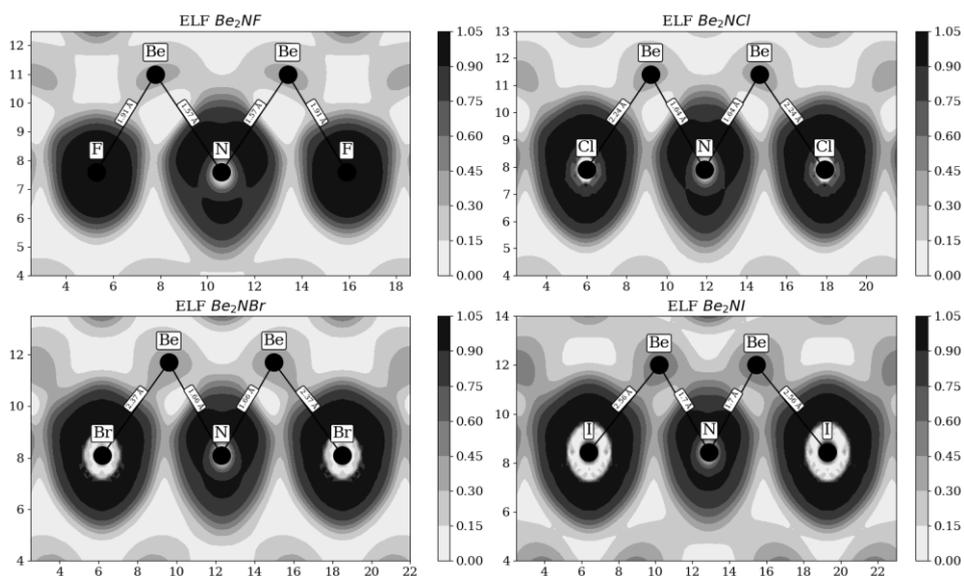


Рисунок 2. Функция электронной локализации для группы соединений  $\text{Be}_2\text{AB}$  с решеткой антихалькопирита.

Как видно из рисунка 2 распределение вероятности встретить электрон в данной точке пространства является изотропным и в областях максимальных значений имеет практически сферическую форму, что указывает на преимущественно ионный характер химической связи. Такое же свойство имеют рассчитанные тензоры эффективных зарядов по Борну.

В таблице 2 представлены диэлектрические константы для исследуемой группы кристаллов; высокочастотный и статический диэлектрические тензоры являются диагональными с двумя независимыми компонентами.

Таблица 2. Диэлектрические константы кристаллов  $Be_2AB$

| Кристалл<br>Л | $\epsilon_{\infty}^{\perp}$ | $\epsilon_{\infty}^{\parallel}$ | $\epsilon_{\infty}$ | $\epsilon_0^{\perp}$ | $\epsilon_0^{\parallel}$ | $\epsilon_0$ | $\Delta\epsilon_{\infty}$ | $\Delta\epsilon_0$ |
|---------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|--------------|---------------------------|--------------------|
| $Be_2NF$      | 3.44                        | 3.24                            | 3.37                | 13.41                | 5.38                     | 10.74        | -0.2                      | -8.03              |
| $Be_2NCl$     | 4.63                        | 4.19                            | 4.48                | 13.8                 | 6.1                      | 11.23        | -0.44                     | -7.7               |
| $Be_2NBr$     | 5.46                        | 4.8                             | 5.24                | 15.16                | 6.75                     | 12.36        | -0.66                     | -8.41              |
| $Be_2NI$      | 7.73                        | 6.38                            | 7.28                | 20.14                | 8.61                     | 16.3         | -1.35                     | -11.53             |

Высокочастотный диэлектрический тензор является изотропным в силу низкой диэлектрической анизотропии. Статический диэлектрический тензор является сильно анизотропным.

На рисунке 3 представлены полные фоновые спектры для группы соединений  $Be_2AB$ .

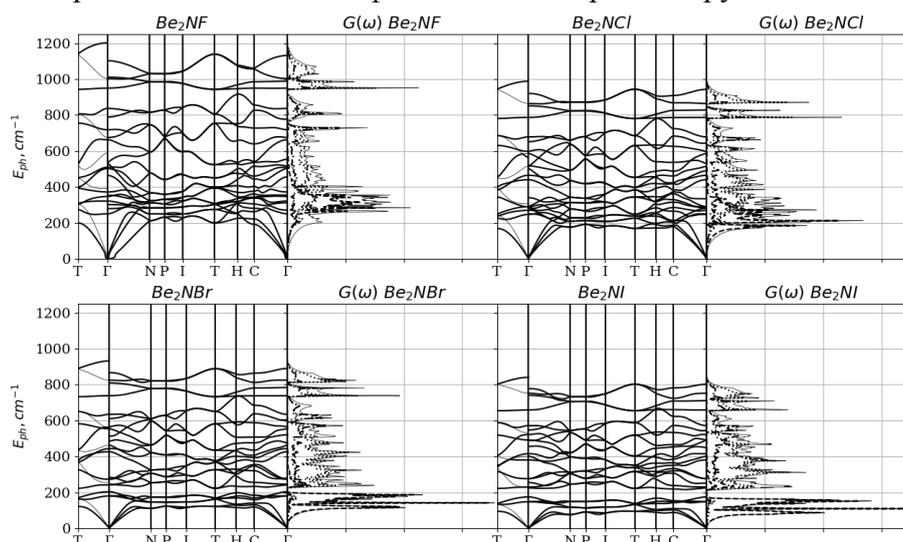


Рисунок 3. Фононный спектр, полная и проектированные плотности фононных состояний группы соединений  $Be_2AB$ . Для плотности состояний: полная – сплошная линия, Be – точки, A – пунктир и точка и B – пунктирные линии.

Их общей особенностью является уменьшение полной ширины при продвижении по изокатионному ряду. Отсутствие на спектрах отрицательных частот говорит о стабильности всех исследуемых соединений  $Be_2AB$  с решеткой анти-халькопирита.

### Литература и источники

1. GENERAL DOCUMENTATION for Quantum ESPRESSO Режим доступа: <https://www.quantum-espresso.org/resources/users-manual> (Дата обращения: 05.04.2022)
2. Басалаев Ю. М. Электронное строение тройных алмазоподобных соединений со структурой халькопирита: монография / Ю. М. Басалаев, А. С. Поплавной; ГОУ ВПО “Кемеровский государственный университет”. - Кемерово, 2009. - 226с.

3. Nocedal, Jeorge; Wright, Stephen J. Numerical Optimization. — 2nd edition. — USA: Springer, 2006. — ISBN 978-0-387-30303-1.

*Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Гордиенко А.Б., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 543.253

## ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ РЫБ

*Балдышкина А.Д., Щетинин Е.С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Baldyshkina1999@mail.ru

В связи с развитием промышленных предприятий Кузбасса увеличивается загрязнение природных вод региона. Рыба-гидробионт, способная накапливать тяжелые металлы в своих органах и тканях, играет важную роль в водной экосистеме. В данной работе рассматривается определение количественного содержания тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb и Cu) в тканях и органах рыб методом инверсионной вольтамперометрии. Для определения содержания ионов Zn, Cd, Pb и Cu применяли аттестованную методику с использованием ртутно-пленочного электрода в качестве индикаторного. Исследованию подлежали мышцы, икра, жабры и печень различных видов рыб. Все виды были привезены и предоставлены из разных мест обитания экологами из КемГУ. Было обнаружено высокое содержание цинка в образцах, что затрудняло его определение по известной методике и способствовало уточнению методики анализа в части условий регистрации аналитического сигнала. В качестве примера полученных результатов представлен анализ икры карася на содержание тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb и Cu). Методом добавок установлено высокое содержание цинка; медь и свинец на уровне ПДК, кадмий не обнаружен. Полученные результаты могут служить основой для мониторинга экологического состояния водоемов, из которых были привезены образцы.

Тяжелые металлы являются токсичными, они способны накапливаться в живых организмах, представляя серьезную опасность для здоровья человека, когда превышают предельно допустимую концентрацию. Кроме того, содержание тяжелых металлов в живых организмах может являться индикатором экологической обстановки в окружающей среде, ее «чистоты и здоровья». Накопление соединений в организме путем пассивной диффузии варьируется в зависимости от таких факторов, как скорость метаболизма животного, состояние питания, размер, возраст и температура окружающей воды [1]. Целью данного исследования является определение тяжелых металлов (цинка, кадмия, свинца и меди) в образцах органов и тканей рыбы методом инверсионной вольтамперометрии.

Для определения тяжелых металлов применялся анодный вариант инверсионной вольтамперометрии [2, 3]. В качестве рабочего электрода использовался ртутно – пленочный электрод. Для нанесения ртутной пленки на электрод применялся "механический" способ амальгамирования электрода. Электродами сравнения и вспомогательными служили хлорсеребряные электроды. Перед проведением анализа регистрировали вольтамперную кривую индикаторного электрода в фоновом электролите. Для этого в ячейку добавляли около 10 мл воды и 0,2 мл концентрированной HCOOH. Устанавливали потенциал накопления  $E = -1,7$  В, время электролиза  $\tau = 90$  сек, начало развертки  $E_s = -1,3$  В, конец развертки  $E_e = 0,1$  В. Запускали регистрацию фоновой кривой. Пробоподготовку осуществляли путем минерализации пробы HNO<sub>3</sub>(конц.) и 6 М HCl кислотами по ГОСТ 26929-94. Полученный минерализат использовали для обнаружения тяжёлых металлов на оборудовании ГА-2 с УФ – облучением проб. Определение содержания ионов Zn, Cu, Pb и Cd проводили из одной аликвотной части пробы. Так как в пробе рыб было обнаружено большое количество цинка в методику [4] были внесены следующие изменения: в проверенный на чистоту фоновый электролит добавляли объем пробы (от 50 мкл до 100 мкл), осуществляли электролиз при

потенциале накопления  $E = -1,7$  В, после добавляли стандартный раствор Zn (0,01 мг/кг) объемом 10 мкл для увеличения пика примерно в два раза, что можно наблюдать на рисунке 1.

После получения вольтамперной кривой для цинка снижали потенциал накопления до  $E = -1,2$  В для того, чтобы пик цинка не определялся. В ячейку еще дополнительно вводили пробу объемом до 700 мкл. После получения пиков Cu, Pb и Cd добавляли стандартный раствор смеси (0,01 мг/кг) объемом 10 мкл. Полученная вольтамперная кривая представлена на рисунке 2.

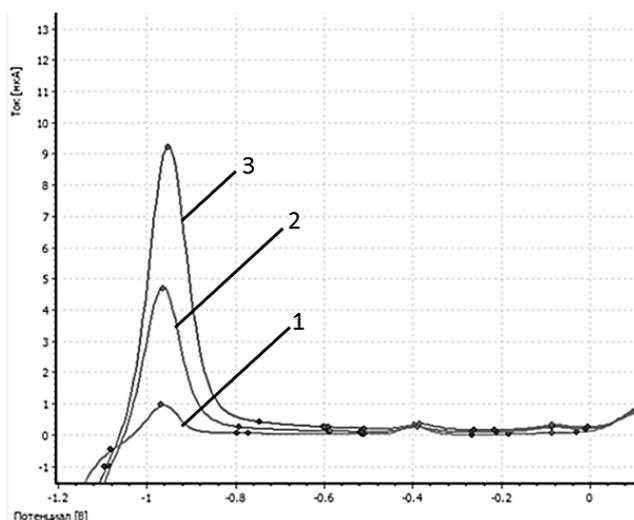


Рисунок 1. Вольтамперная кривая, полученная для пробы икры карася: 1 - фон, 2 - проба, 3 – проба с добавкой

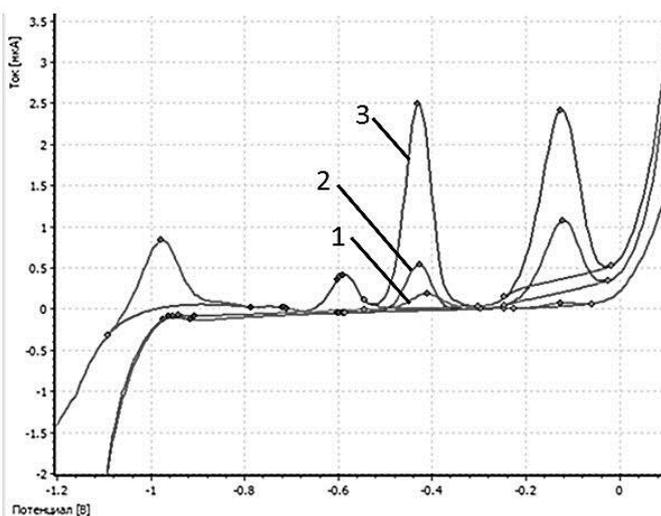


Рисунок 2. Вольтамперная кривая, полученная для пробы икры карася для Pb Cd и Cu: 1 - фон, 2 - проба, 3 – проба с добавкой

Данные методические уточнения в определении тяжелых металлов по описанию [4] позволяют осуществлять анализ проб икры и рыб на содержание указанных металлов без предварительного разделения и концентрирования. Результаты анализа икры карася представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты определения содержания тяжелых металлов в икре карася

|           | Содержание металлов, мг/кг |    |      |      |
|-----------|----------------------------|----|------|------|
|           | Zn                         | Cd | Pb   | Cu   |
| $X_1$     | 55,37                      | -  | 0,76 | 2,56 |
| $X_2$     | 46,21                      | -  | 0,73 | 2,76 |
| $\bar{X}$ | 50,79                      | -  | 0,75 | 2,66 |
| S         | 6,48                       | -  | 0,02 | 0,14 |
| Sr        | 0,13                       | -  | 0,03 | 0,05 |

Полученные результаты показывают высокое содержание Zn в пробах, что выше ПДК (40,0 мг/кг); Pb и Cu в пределах нормы ПДК (1,0 и 10,0 мг/кг)

### Литература и источники

1. Топал, Т. Определение тяжелых металлов и пестицидов в различных видах проб рыбы, собранных в четырех разных местах Эгейского и Мраморного морей/ Т. Топал, К. Онак. – М.: МГУ, 2014.- 83 с.
2. Остерюнг, Дж. Вольтамперометрия прямоугольных волн/ Д. Остерюнг, Р. А. Остерюнг. – М.: Аналитическая химия, 1985.- 57 с.

3. Бард, А. Электрохимические методы/ А. Бард, Л. Р. Фолкнер. – М.: Нью-Йорк: уайли, 1980.- 850 с.
4. ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.48-06. Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твердых отходов методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА.  
 Научные руководители – к.п.н., доцент Булгакова О.Н. и к.б.н., доцент Лучникова Е.М., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
 Научный консультант – к.х.н., доцент Иванова Н.В., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

УДК 547.567.2

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА ТИМОХИНОНА

*Буянкина Ю.С.*

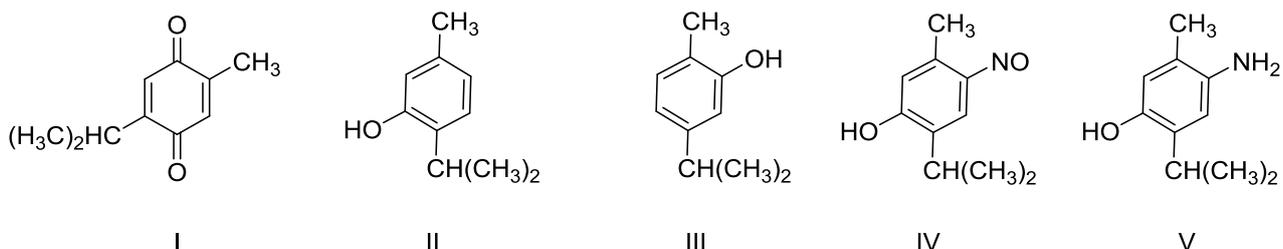
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
 buyankina\_99@mail.ru

Тимохинон (**I**) находит широкое применение в медицине в качестве лекарственного препарата при лечении желудочных заболеваний, т.к. защищает желудок от повреждений, которые вызывает этанол и снимает симптомы гастроэзофагеального рефлюкса; также он оказывает положительное влияние при сердечно-сосудистых расстройствах, диабете, репродуктивных расстройствах и респираторных заболеваниях. Совсем недавно было установлено, что тимохинон может эффективно бороться с коронавирусной инфекцией, так как связывается с S-белком SARS-CoV-2 и таким образом блокирует его распространение [1].

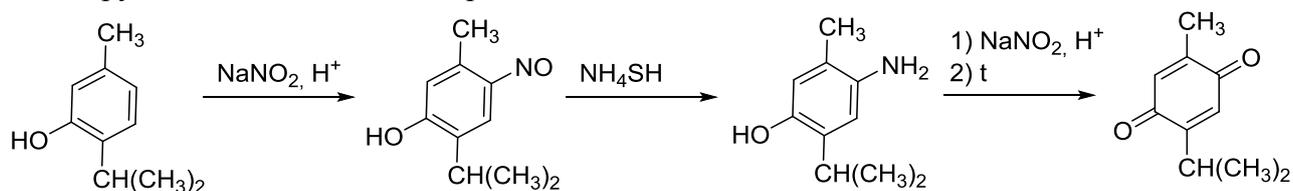
Ввиду его значительной практической значимости синтез данного соединения входит в план мероприятий по импортозамещению в отрасли химической промышленности в Российской Федерации, утверждённой приказом Минпромторга России и рассматривается как возможное вещество для производства на базе КАО «Азот».

Обычно тимохинон извлекают из природного сырья экстракцией из семян чернушки посевной [2]. В данной работе предложен синтез тимохинона из тимола нитрозированием исходного соединения, восстановлением нитрозотимола в амин, заменой аминогруппы на гидроксил через диазосоль и окислением полученного двухатомного фенола. Выход тимохинона составляет 76%.

Несмотря на то, что в настоящее время известно много различных методов синтеза хинонов, литературные сведения о получении тимохинона ограничиваются несколькими подходами, в которых в качестве исходных соединений используют тимол (**II**) или карвакрол (**III**). Сведений о промышленном получении тимохинона нами обнаружено не было.



Наиболее привлекательным методом является получение тимохинона путем окисления кислородом воздуха двухатомного фенола, который получают последовательным нитрозированием исходного тимола, восстановлением продукта в амин, диазотированием аминогруппы и заменой её на гидроксил.



В качестве исходного производного одноатомного фенола был использован тимол. Тимол, как и другие фенолы, при хранении достаточно легко окисляется. Поэтому перед введением в реакцию его необходимо очистить от продуктов окисления.

Неудачными оказались попытки очистить тимол переосаждением из водного раствора гидроксида натрия, перекристаллизацией из этилацетата, воды, уксусной кислоты, этанола. Чистый тимол удалось получить перекристаллизацией из смеси растворителей вода-уксусная кислота (1:1). Чистоту вещества определяли по данным ТСХ («silufol», хлороформ, проявляли в парах йода) и температуре плавления. Температура плавления очищенного тимола:  $t_{пл.} = 46 - 48^\circ\text{C}$  по литературным данным:  $t_{пл.} = 48 - 52^\circ\text{C}$  [3].

Очищенный тимол подвергали нитрозированию нитритом натрия в серной кислоте по описанной в литературе методике [4]. Нами обнаружено, что для увеличения выхода нитрозотимола (**IV**) необходимо использовать избыток нитрита натрия, добавлять его в реакционную смесь в виде концентрированного водного раствора и проводить реакцию при постоянном интенсивном перемешивании. Температура плавления перекристаллизованного из бензола нитрозотимола:  $t_{пл.} = 146 - 152^\circ\text{C}$  (по литературным данным:  $t_{пл.} = 160 - 164^\circ\text{C}$  [3]).

Нитрозотимол восстанавливали в амин (**V**) несколькими способами. Т.к. амин **V** неустойчив и легко окисляется при контакте с воздухом, его лучше не выделять из раствора. Т.к. дальнейшее диазотирование амина осуществляют в кислой среде, мы попытались восстановить нитрозотимол цинковой пылью в серной кислоте. Однако соединение **IV** не растворяется в растворе кислоты и плохо смешивается с ней. Добиться полного восстановления таким способом сложно. Достаточно гладко амин **V** образуется при восстановлении сероводородом. Полученный амин отфильтровывали и промывали холодной водой, контролируя, чтобы продукт был покрыт слоем воды и не находился в контакте с воздухом. Влажный аминотимол немедленно растворяли в водной серной кислоте для проведения диазотирования. В водном растворе диазогруппа замещается на гидроксильную, а образующееся производное гидрохинона окисляется при нагревании азотистой кислотой, присутствующей в растворе, в тимохинон. Полученный тимохинон выделяли из реакционной смеси перегонкой с водяным паром. Выход ярко-желтых кристаллов с температурой плавления:  $t_{пл.} = 40 - 44^\circ\text{C}$  (по литературным данным:  $t_{пл.} = 43 - 45$  [3]) составил 76%.

По литературным данным тимохинон может быть получен сульфированием тимола и окислением сульфомассы перекисью марганца или двухромовокислым калием. В процессе окисления сульфогруппа легко элиминируется и образуется хинон. Такой способ получения тимохинона пригоден для работы в большом масштабе и по трудоемкости более выгоден, чем способ получения, примененный выше. Мы попытались осуществить сульфирование тимола концентрированной серной кислотой при нагревании и провести окисление двухромовокислым натрием или диоксидом марганца. Получить тимохинон с хорошим выходом таким способом пока не удалось.

## Литература и источники

1. Черенева, В. Ученые нашли неожиданное эффективное средство от коронавируса [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://rg.ru/2021/08/04/uchenye-nashli-neozhidannoe-effektivnoe-sredstvo-ot-koronavirusa.html> - свободный.
2. Сампиев, А.М. Способ определения тимохинона методом капиллярного электрофореза: пат. 2571499 Рос. Федерация. №2014130294/15 / Сампиев А.М., Рудь Н.К., Якуба Ю.Ф., Давитавн Н.А. ; 22.07.2014 ; опубл. 20.12.2015 ; Бюл. №35. 8 с.
3. Хейльброн, И., Строение, физические и химические свойства важнейших органических соединений и их производных. Том 3. / И. Хейльбро, Г. М. Бэнбери. – М.: Издательство «Иностранной литературы», 1949. – 977 С.
4. Справочник химика [Электронный ресурс]: Тимохинон. Режим доступа: <https://chem21.info/info/120864/> - свободный.  
*Научный руководитель – к.х.н., доцент Ткаченко Т.Б., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 541.68:54.03**

## **ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

***Быкова Т.П.***

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

[bykova898@gmail.com](mailto:bykova898@gmail.com)

*В статье представлены методы получения нанокompозитов на основе поливинилового спирта и одностенных углеродных нанотрубок, приводится зависимость физико-механических свойств гидрогелей поливинилового спирта от концентрации и молекулярной массы полимера и типа растворителя.*

Ежегодно в мире летальность от сердечно-сосудистых заболеваний составляет более 17 миллионов – треть от общего числа смертей [1]. В связи с этим разработка и синтез новых биоматериалов, которые могут применяться в медицине в качестве заменителей тканей и сосудов, протезов сердечных клапанов представляет большой интерес для ученых. В качестве основы для создания таких материалов может быть использован поливиниловый спирт (ПВС), который является биосовместимым, нетоксичным материалом. Однако поливиниловый спирт имеет достаточно низкую износостойкость, поэтому для применения его в указанных целях необходимо улучшение физико-механических свойств. Возможным путем, который приведет к увеличению прочности полимера, может быть введение в полимерную матрицу углеродных нанотрубок (УНТ). Углеродные нанотрубки представляют собой цилиндрические частицы из свернутых листов графена – листов из атомов углерода, расположенных по углам сочлененных шестиугольников. Они обладают рядом уникальных свойств: малые размеры, огромная удельная поверхность, высокая прочность, способность к химическим превращениям [2].

Целью данной работы было получение нанокompозитов на основе ПВС и одностенных УНТ.

В качестве вещества для получения полимерной матрицы использовали линейный ПВС с молекулярной массой 89,000-98,000 Да и степенью гидролиза ацетатных групп 99% (Sigma Aldrich, США) и линейный ПВС с молекулярной массой 146,000-186,000 Да и степенью гидролиза ацетатных групп 99% (Sigma Aldrich, США). Нанонаполнителем выступали одностенные УНТ диаметром  $1.6 \pm 0.4$  нм, и длиной  $> 5$  мкм ( $\geq 93\%$  углерода в виде основного компонента, Sigma-Aldrich, США).

Для улучшения взаимодействия полимера и УНТ сначала проводили окислительную модификацию трубок, в процессе которой на поверхности УНТ происходило образование

кислородсодержащих функциональных групп, в частности, – карбоксильных. Для сравнения часть наночастиц окисляли смесью концентрированных серной и азотной кислот, другую часть – перманганатом калия в среде 0,5 н. серной кислоты. В ходе окислительной функционализации нанотрубок образуются карбоксильные группы, что подтверждается присутствием полосы поглощения в области  $1746\text{ см}^{-1}$ , характерной для валентных колебаний алифатических С=О или СООН-групп по данным ИК-спектроскопии. Методом кислотно-основного титрования по Бюэму определили, что эффективность окисления перманганатом калия в кислой среде почти в 2 раза выше, чем смесью кислот.

Функционализацию карбоксилированных нанотрубок осуществляли реакцией этерификации с ПВС. К раствору УНТ в диметилсульфоксиде (ДМСО) добавляли 1,3-дициклогексилкарбодимид, 4-диметиламинопиридина и гидроксibenзотриазола (Sigma-Aldrich, США) и подвергали полученную смесь ультразвуковому воздействию в течение 1 часа. После чего приливали раствор ПВС в ДМСО и обрабатывали ультразвуком еще 24 часа. Полученную суспензию центрифугировали при высоких скоростях (10000 оборотов в минуту). Супернатант осаждали в ацетоне, осадок растворяли в горячей воде и очищали от свободного полимера фильтрованием [3]. Структуру полученного соединения подтверждали данными ИК, КР-спектроскопии и просвечивающей электронной микроскопии.

Для выбора оптимальных условий приготовления нанокомпозитов предварительно исследовали свойства гидрогелей на основе ПВС без включения наночастиц в структуру. Прежде всего изучали зависимость механических свойств полученных гидрогелей от концентрации и молекулярной массы полимера, количества циклов замораживания-оттаивания и типа растворителя. Кратко процесс получения криогелей представляет собой растворение навески полимера при нагревании до получения однородной смеси, распределение раствора между стеклами, замораживание при  $-40^{\circ}\text{C}$  с последующим постадийным размораживанием до комнатной температуры и отмывкой дистиллированной водой от остатков линейного полимера и растворителя. Большое количество гидроксильных групп в структуре ПВС объясняет способность полимера к формированию гидрогелей при замораживании и оттаивании растворов. Это связано с образованием участков упорядочивания полимера за счет водородных связей. В таблице 1 приведены условия получения гидрогелей.

Таблица 1. Условия получения гидрогелей

| № группы | Молекулярная масса ПВС, Да | Концентрация ПВС, % | Количество циклов замораживание/оттаивание | Тип растворителя  |
|----------|----------------------------|---------------------|--|---|
| 1        | 89,000-98,000              | 10, 15, 20          | 1, 3, 5                                    | H <sub>2</sub> O  |
| 2        | 146,000-186,000            | 7, 10, 12, 15       | 1, 3, 5                                    | H <sub>2</sub> O  |
| 3        | 89,000-98,000              | 20%                 | 1  | ДМСО/ H <sub>2</sub> O<br>100/0<br>90/10<br>80/20<br>60/40<br>40/60<br>20/80<br>10/90 |

Механические свойства всех полученных криогелей изучали в условиях одноосного растяжения на универсальной испытательной машине серии Z «Zwick/Roell» (Германия).

Образцы для исследования готовили на вырубном прессе ZCP 020 (Zwick GmbH & Co. KG, Германия) с использованием ножа специальной формы (B083, соответствующий стандарту ISO 37:2017) ( $n = 4$  или  $5$ ).

Прочность полученных гидрогелей увеличивалась с ростом концентрации для полимеров обеих молекулярных масс (рис. 1). При этом большее число криоциклов соответствовало более прочному гидрогелю (рис. 1). При сравнении гидрогелей с разными молекулярными массами между собой обнаружили, что прочность выше для полимеров с большей молекулярной массой. Максимальные значения предела прочности среди всех групп исследуемых гидрогелей ПВС были получены для образца, содержащего 12% ПВС с  $M_w$  146,000-186,000 Да после 5 циклов замораживания-оттаивания (4,08 МПа), и для образца, содержащего 20% ПВС с  $M_w$  89,000-98,000 Да после 5 циклов замораживания-оттаивания (3,94 МПа). Среди гидрогелей, полученных на смесях растворителей, лучшие значения прочности были отмечены для образца, содержащего 20% ПВС с  $M_w$  89,000-98,000 Да, соотношение ДМСО/Н<sub>2</sub>О – 80/20 (2,66 МПа). Относительное удлинение для полимеров вне зависимости от молекулярной массы росло с увеличением концентрации, но не менялось с ростом количества циклов замораживания-оттаивания.

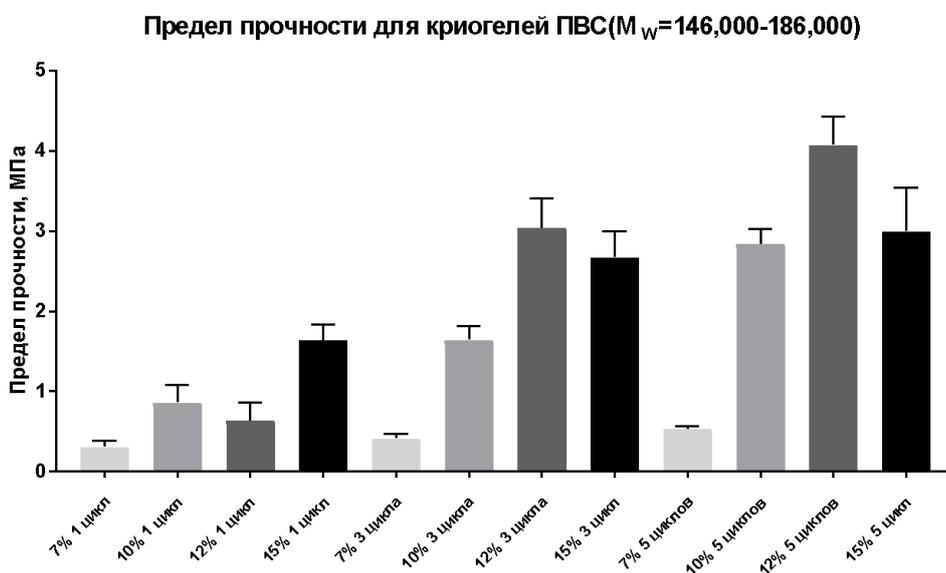


Рис. 1. Предел прочности криогелей, полученных на основе ПВС с молекулярной массой 146,000-186,000 Да.

Для получения нанокомпозитов на основе немодифицированных УНТ, наночастицы предварительно диспергировали в растворителе (смеси ДМСО/Н<sub>2</sub>О – 80/20) под действием ультразвукового дезинтегратора, затем в полученный раствор добавляли сухой полимер и полностью растворяли при перемешивании, нагревая смесь до 90°C. После чего полученный раствор охлаждали до комнатной температуры и подвергали криоструктурированию (описано выше).

Диспергирование УНТ в указанной смеси растворителей позволило получить стабильные, однородные дисперсии. В результате криоструктурирования смеси полимера и наночастиц в растворе образованы однородные полимеры с трехмерной сетчатой структурой со встроенными в нее нанотрубками, представляющие собой плотные гидрогелевые нанокомпозиты.

Как показали исследования, прочность криогелей зависит от количества циклов криоконструирования и от молекулярной массы полимера. Однако и тип растворителя тоже имеет влияние на прочность гелей. Предполагается изменение зависимости прочности и относительного удлинения в нанокомпозитах на основе немодифицированных УНТ.

### Литература и источники

1. Всемирная организация здравоохранения: сердечно-сосудистые заболевания [Электронный ресурс] // [http://www.who.int/ru/health-topics/hypertension/cardiovascular-diseases#tab=tab\\_1](http://www.who.int/ru/health-topics/hypertension/cardiovascular-diseases#tab=tab_1) (дата обращения 7.04.2022)
  2. Митрофанова И.В. Возможности биомедицинского применения углеродных нанотрубок / И.В. Митрофанова, И.В. Мильто, И.В. Суходоло, Г.Ю. Васюков // Бюллетень сибирской медицины. 2014. №1.
  3. Y. Lin Polymeric Carbon Nanocomposites from Carbon Nanotubes Functionalized with Matrix Polymer / B. Zhou, Fernando Shiral, K. A. Liu, P. Allard // L.E. & Sun, Y. P. (2003). *Macromolecules*, 36(19), 7199- 7204.
- Научный руководитель – к.х.н., доцент Ткаченко Т.Б., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

### УДК 548.5

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА СОВМЕСТИМОСТЬ ПРОИЗВОДНЫХ АНТРАХИНОНА С МАТРИЦЕЙ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНОВОГО КАУЧУКА СКТ

*Васильченко Л.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
[vasilchenko.lidok@mail.ru](mailto:vasilchenko.lidok@mail.ru)

*Методом оптической микроскопии изучены процессы растворения и кристаллизации 2-метилантрахинона в матрице полидиметилсилоксанового каучука СКТ при изменении температуры в разных по толщине ее слоях. Исследованиями показано, что температуры его растворения и кристаллизации в полимерной матрице довольно стабильны и практически не зависят от толщины слоя полимера.*

Силоксановые полимеры и каучуки, обладая высокой стойкостью к различного рода физическим и химическим воздействиям, в то же время имеют очень низкие механические характеристики и требуют для своего практического использования отверждения, которое обычно проходит в жестких условиях – при применении токсичных и взрывоопасных сшивающих агентов и катализаторов, высокой температуры или высоких доз ионизирующих излучений, в отсутствие кислорода воздуха [1, 2].

На кафедре фундаментальной и прикладной химии ИФН КемГУ разработан фотохимический метод их отверждения, заключающийся в воздействии на них ультрафиолетового света в присутствии ароматических карбонилсодержащих фотоинициаторов. Предложенный способ позволяет в мягких условиях получать различные тонкослойные изделия – покрытия и пленки [3-5].

Ранее проведенные исследования показали, что фотохимические процессы эффективно происходят только при высокой степени дисперсии фотоинициаторов в полимерной матрице – молекулярной, реализуемой только в гомогенных растворах.

Однако фотоинициаторы плохо совместимы с силоксановой полимерной матрицей и при получении полимерных образцов большая их часть выпадает в твердом виде в виде характерных кристаллов. В результате значительная часть инициатора не участвует в фотохимической реакции. Повышение температуры позволяет полностью растворить фотоинициатор в полимере с получением гомогенной системы. Но при понижении температуры он опять кристаллизуется, выпадая в твердом виде. Таким образом, температуры растворения (или совместимости) и кристаллизации инициатора являются важными

величинами для подбора инициаторов фотоотверждения полимеров, позволяющими оценить пределы температурной стабильности гомогенной системы. Наиболее подходящими инициаторами будут соединения с хорошей растворимостью в полимерной матрице, а значит – с низкими температурами совместимости и кристаллизации. Это позволит проводить фотохимические процессы при более низкой температуре, упростить технологическое оборудование, снизить энергозатраты.

Однако скорости растворения и кристаллизации фотоинициатора, а значит и соответствующие температуры, будут зависеть от процессов его диффузии в полимерной матрице. А процессы диффузии могут быть связаны с толщиной слоя полимера, т.к. в зависимости от размеров кристаллов и толщины слоя полимера диффузия фотоинициатора будет описываться разными уравнениями – для тонких слоев диффузия будет двумерной, для толстых – трехмерной.

Поэтому целью данной работы было изучение процессов растворения и кристаллизации 2-метилантрахинона – одного из наиболее активных фотоинициаторов, в матрице полидиметилсилоксанового каучука СКТ и влияния на них толщины полимерной матрицы.

Исследования были проведены методом оптической микроскопии с использованием установки, созданной на кафедре фундаментальной и прикладной химии ИФН КемГУ на основе цифрового микроскопа «Альтами» и нагревательной ячейки, управляемой универсальным программным измерителем-регулятором ТРМ-151.

Поскольку полидиметилсилоксановый каучук СКТ представляет собой очень вязкую жидкость, полимерные образцы для исследований, толщиной 0,1, 0,2 и 0,4 мм, были получены путем смешения толуольных растворов 2-метилантрахинона и СКТ с последующим поливом на небольшие тонкие стеклянные пластинки и сушкой. Концентрация 2-метилантрахинона составляла 0,01 моль/кг СКТ. Требуемая толщина слоя полимера достигалась путем сначала наложения на слой полимера по противоположным краям двух отрезков калиброванных медных проволок (диаметром 0,1, 0,2 или 0,4 мм соответственно), а затем на них – покровного стекла. Вся конструкция помещалась на 30 минут под груз 100 г для уплотнения и выравнивания слоя полимера по толщине.

Как и следовало ожидать, при такой концентрации 2-метилантрахинон плохо растворим в СКТ и выпадает в виде характерных кристаллов. При нагревании наблюдается растворение его кристаллов, при охлаждении – опять их выпадение. Температуры совместимости (растворения) и кристаллизации усреднялись по трем опытам.

Результаты исследований приведены в таблице 1.

Табл. 1

Зависимость температур совместимости и кристаллизации 2-метилантрахинона от толщины полимерной матрицы (скорость нагрева и охлаждения – 1 °С/мин, максимальная температура нагрева – 100 °С)

| № | Толщина слоя полимера, мм | Температура совместимости (растворения), °С | Температура кристаллизации, °С |
|---|---------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 0,1                       | 84,6±2,0                                    | 50,5±2,0                       |
| 2 | 0,2                       | 84,2±1,0                                    | 53,1±1,0                       |
| 3 | 0,4                       | 86,2±2,0                                    | 51,3±1,0                       |

Как показали исследования, температуры совместимости и кристаллизации 2-метилантрахинона довольно стабильны и не зависят от толщины образца. Предполагается, что из-за малых размеров кристаллов инициатора, даже при небольшой толщине слоя полимера наблюдается только трехмерный вариант диффузии инициатора в полимерной матрице.

### Литература и источники

1. Бажант, В. Силиконы / В. Бажант, В. Хваловски, И. Ратоуски. - М.: ГХИ, 1960. – 710 с.
2. Шетц, М. Силиконовый каучук / М. Шетц, - М.: Химия, 1975. - 200 с.
3. Лузгарев, С.В. Эффективный подход к модификации структуры и свойств полисилоксанов / С.В. Лузгарев, В.Я. Денисов // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – №8. – С. 34-35.
4. Денисов, В.Я. Многослойные композиционные материалы нового поколения на основе кремнийорганических полимеров и сополимеров для широкой сферы применения / В.Я. Денисов, С.В. Лузгарев, П.А. Пивень, Ю.А. Шевелева, А.С. Лузгарев // Современные наукоемкие технологии. - 2009. - № 1. - С. 11-12.
5. Лузгарев, С.В. Фотохимические превращения антрахинона и его производных в полидиметилсилоксановой матрице / С.В. Лузгарев, Ю.А. Шевелева, А.А. Лузгарев, В.Я. Денисов // Вестник Кемеровского государственного университета. - 2013. - Т.3. - С. 91-94.  
*Научный руководитель – Лузгарев С.В., заведующий кафедрой фундаментальной и прикладной химии, к.х.н., с.н.с., ИФН ФГБОУ ВО КеМГУ; научный консультант – Шевелева Ю.А., с.н.с. НИУ ФГБОУ ВО КеМГУ.*

**УДК 543.544**

### **ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ПАУ В ОБРАЗЦАХ СНЕЖНОГО ПОКРОВА Г. КЕМЕРОВО МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**

*Владимирова Е.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

[elizaveta.vladimirova.1999@mail.ru](mailto:elizaveta.vladimirova.1999@mail.ru)

Исследован качественный и количественный состав проб талого снега разных районов г. Кемерово на содержание 16 полиароматических углеводородов. Использовался метод высокоэффективной жидкостной хроматографии со спектрофотометрическим детектированием.

В современном мире велико влияние технического прогресса на окружающую среду. Заводы, автомобили, отопление частного сектора углём и дровами в холодный период, сжигание мусора и др. Из-за неполного сгорания органических соединений образуются полиароматические углеводороды (ПАУ), которые загрязняют почву, воду и воздух. Но они могут образовываться и в результате природных явлений (лесные пожары, извержение вулканов и т. д.). Многие ПАУ обладают мутагенными и канцерогенными свойствами, поэтому им присвоен первый класс опасности [1].

В данной работе исследовался талый снег из разных районов города с разной антропогенной нагрузкой методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЖЭХ) со спектрофотометрическим детектором. Анализ проводился на содержание 16 ПАУ.

Целью данной работы было определение содержания полиароматических углеводородов в образцах талого снега из разных точек города Кемерово. Для этого были выполнены следующие задачи: выбор методики пробоотбора снега, пробоподготовка, анализ методом ВЭЖХ на высокоэффективном жидкостном хроматографе SHIMADZU LC-20AD.

Пробоотбор производили в нескольких районах города на нетронутых участках снега методом конверта. Размечали квадрат 1×1 м, снег забирали по углам и на пересечении диагоналей при помощи стеклянного цилиндра на всю глубину снежного покрова, не доходя 5 см до почвы [2].

Пробоподготовка производилась по следующей методике [3]. Талый снег помещают в мерную колбу, добавляют гексан и производят экстракцию. Далее гексановый экстракт извлекают. Колбу с экстрактом убирают в морозильную камеру. Это обеспечивает переход

воды, которая осталась в экстракте, в лёд. Переносят экстракт и упаривают на песчаной бане. После добавляют 0,5 мл ацетонитрила и герметично закрывают.

С одной образца талого снега изготавливалось по 2 пробы.

Анализ производился методом ВЭЖХ. Детектор: спектрофотометрический с диодной матрицей. Обращённо-фазовая хроматография. Хроматографическая колонка металлическая с фазой на основе силикагеля с привитыми группами  $C_{18}$ . Элюент: ацетонитрил – вода.

Анализ градиентный, изменяется соотношение элюента. В начале анализа соотношение воды к ацетонитрилу - 50/50, в конце 100% ацетонитрила. Анализ длится 30 минут. Производилось по 2 параллельных измерения.

Заранее были внесены в базу данных программного обеспечения хроматографа ПАУ по градуировочным растворам. После анализа по этим данным вычисляется содержание ПАУ в талом снеге.

В результате анализа пяти проб из разных районов города с разной антропогенной нагрузкой было установлено содержание 16 ПАУ: нафталин, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а,н)антрацен, бифенил, 2-метилнафталин.

Наиболее загрязненной оказались пробы района частных застроек в черте города и вблизи крупного промышленного предприятия, суммарное содержание ПАУ составило  $2,94 \cdot 10^{-3}$  мг/л и  $2,91 \cdot 10^{-3}$  мг/л соответственно. Немного чище оказалась проба, взятая вблизи крупной транспортной узла, содержание ПАУ в ней  $2,29 \cdot 10^{-3}$  мг/л. Самыми незагрязненными исследуемыми ПАУ оказались проба из спального района города и проба, отобранная вдали от крупных промышленных предприятий и транспортной системы,  $7,49 \cdot 10^{-4}$  мг/л и  $5,88 \cdot 10^{-4}$  мг/л соответственно.

В пробе, отобранной вблизи крупной транспортной узла, и в пробе, взятой вблизи промышленного предприятия, были обнаружены все 16 исследуемых ПАУ. В пробе района частных застроек в черте города не был обнаружен бенз(к)флуорантен. Бенз(а)пирен, бенз(а,и)перилен не были обнаружены в пробе из спального района города и пробе, взятой вдали от крупных промышленных предприятий и транспортной системы. В спальном районе не был обнаружен 2-метилнафталин.

#### Литература и источники

1. Маринайте И. И. Полициклические ароматические углеводороды в окружающей среде Прибайкалья : автореф. дис. ... - канд. Хим. Наук : 26.03.05 / Маринайте Ирина Иозовна ; науч. рук. А. Г. Горшков ; Институт географии СО РАН. – Иркутск, 2005. – 20 с.
2. Методика отбора проб снега // Лекции.Орг : [сайт]. – 2016. URL: <https://lektsii.org/5-48698.html> (дата обращения: 10.04.2022).
3. ПНД Ф 14.1:2:4.70-96. Количественный химический анализ вод. Методика измерения массовых концентраций полициклических ароматических углеводородов в питьевых, природных и сточных водах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии : дата введения 24-11-2009 / Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – Изд. официальное. – Москва : 2012. – 25 с.  
*Научный руководитель – к.х.н., доцент Еремеева Г.О., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».*

УДК 612.664.1

#### ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МОЛОКА

*Деркачев А.Е., Суровая В.Э.*

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»  
sur.vik@mail.ru

Титриметрическим методом анализа в работе определена кислотность образцов молока разных производителей жирностью 2,5%. Установление показателей свежести молочной продукции проводили, суммируя градусы кислотности и числа свертывания молока.

В настоящее время наблюдается серьезное отставание модернизации развития молочного животноводства от других отраслей АПК. Увы, но увеличение производства молока в России до 2030 года не прогнозируется, а наоборот даже предполагается серьезное среднегодовое уменьшение: с 2020 по 2030 годы – 0,3%. Установлено, что натуральная молочная продукция будет вытесняться заменителями [1].

Главная составляющая проблема молочного животноводства – это получение молока высокого качества. Контроль качества молока очень важен. Для сбережения качества молока необходим жесткий контроль на всех этапах производства молочной продукции. Пищевая ценность молока состоит в том, что оно содержит более 200 различных компонентов и важнейших питательных веществ, таких как жир, белок, углеводы, витамины, минеральные вещества и др., которые кроме как в молоке не встречаются в природе ни в одном из других продуктов [2, 3].

Определение необходимых показателей в молоке осуществляется методами, соответствующими действующим государственным стандартам.

Данная работа преследует цель: исследовать физико-химические свойства молока жирность 2,5 % разных производителей.

В задачи работы входило:

1. проработать литературу по показателям качества молока;
2. рассмотреть методы исследования физико-химических свойств молока;
3. исследовать молоко 2,5 % жирности разных производителей титриметрическим методом анализа;
4. сделать вывод по качеству молока разных производителей.

Показатели качества молока представлены в ГОСТ Р 52054-2003 в соответствии с ним молочная проба не должна содержать мешающие компоненты, такие как привкус и запах, кроме того, плотность пробы необходимо поддерживать не менее 1,02, а температуру не более 10°C. Показатели качества, которые показывают полезность и ценность молочной продукции: кислотность, степень чистоты, бактериальная обсемененность по редуказной пробе. Данные показатели являются основополагающими, во всех лабораториях, осуществляющих контроль качества постоянно оценивают качество молока, данный фактор делает возможным вовремя определять и устанавливать нарушения технологии его получения [4,5].

Известно, что от породы и возраста животного, условий кормления и содержания зависит качество молока. Кроме того, способы консервации молока, условия транспортировки, хранения и добросовестности тех, кто производит (некоторые производители осознанно добавлять в молочную продукцию добавки, которые маскируют истинное качество молока) [6].

Молочная продукция определяется некоторыми основополагающими физико-химическими факторами: титруемой и активной кислотностью, плотностью, вязкостью, поверхностным натяжением, осмотическим давлением, температурой замерзания, электропроводностью, диэлектрической постоянной, температурой кипения, светопреломлением. Контроль качества молочной продукции проводится по указанным химико-физическим показателям [4, 5].

Образцы для исследований отбирали непосредственно перед исследованием:

образец 1 – молоко «Магнит» 2,5% жирность, производитель ООО Деревенское молочко» г. Северск, Томская область;

образец 2 – молоко «Ярче» 2,5% жирность, производитель «Алтайская буренка», Алтайский край;

образец 3 – молоко «Фермерское литвиновское» 2,5% жирность, производитель ООО Скоморошка, Кузбасс;

образец 4 – молоко Васьково фермерское 2,5% жирность, производитель «Деревенский молочный завод» г. Кемерово;

образец 5 – молоко Простоквашено 2,5% жирность, г. Москва.

Для установления кислотности молочной продукции возможно использования нескольких методов. Зная кислотность, можно сделать вывод о том, какой свежести молоко. Иногда возможно узнать сорт молока, подходит ли данная партия для пастеризации, переработки. Существуют приборы для установления pH, если активная кислотность молочной продукции варьируется в интервале 6,5 – 6,7, считается молоко удостоверяет предъявляемым требованиям. Вероятнее всего в лабораториях устанавливают кислотность титриметрическим методом анализа, определяют условные градусы или так называемые градусы Тернера ( $^{\circ}\text{T}$ ).

Главным показателем градусов Тернера бывает количество миллилитров 0,1 н. раствора щелочи, который идет на нейтрализацию (титрование) 100 мл молочной пробы, разбавленной вдвое водой, с индикатором фенолфталеин.

Свежесть молочной пробы, так называемая титруемая кислотность, должна варьироваться в пределах 16 – 18  $^{\circ}\text{T}$ . Она показывает несколько характеристик: кислотный характер белков (5-6  $^{\circ}\text{T}$ ); фосфорнокислотный, лимоннокислотный показатель соли (10-11  $^{\circ}\text{T}$ ); растворенную углекислоту (1-2  $^{\circ}\text{T}$ ).

Нейтрализация кислот раствором щелочи (гидроксид калия или натрия) является основой метода с индикатора фенолфталеина.

В результате исследования установили, что градусы Тернера для всех образцов превышают 18 T, образец 1 – 27,3 T; образец 2 – 25,7 T; образец 3 – 25 T; образец 4 – 23,6 T; образец 5 – 23 T, это свидетельствует о повышенной кислотности образцов и это не свежести.

Выполнения анализа по кипяtilьной пробе. Указанная проба отличает реально свежее молоко от смеси с различными компонентами, в частности возможность добавки изначально кислого молока. Метод позволяет определить вариацию свертывания молока при нагревании до температуры кипячения. Практически всегда при кислотности молока выше 25 T при нагревании молоко свертывается. Однако указанное явление возможно и при кислотности молока в 18 T, одновременно с показателем возможно значение кислотности и 22 T, полученная титриметрическим методом. Указанный метод обнаружения показателей качества молока очень прост и используется непосредственно перед тем, как молоко доставят на молочный завод.

Результаты исследований всех образцов показали, что пробы не свертывались при кипячении.

Установление кислотно-кипяtilьной проба образцов. Данный показатель определяет показатели кислотности и положение в молоке белковых молекул.

В ходе проведения эксперимента выявили, что все образцы молока свернулись при добавлении 0,1 мл серной кислоты, однако молоко образца 2, свернулось при добавлении 0,2 мл серной кислоты.

Известно, что чем свежее молоко, тем больше прибавленной кислоты выдерживает молоко без свертывания.

Показатели качества так называемой алкогольной пробы (влияние этилового спирта на пробу).

Этанол разрушает структуру белковой молекулы, денатурирует молоко. Если смешивать одинаковые объемы молочной пробы и 75% этилового спирта, то возможно наблюдать изменение структуры белковой молекулы в случае присутствия кислотности. Если молочная продукция не свежая, характеризующаяся повышенной кислотностью, молоко будет свертывается и образуется хлопьевидный осадок, свежее молоко свертываться не будет.

В несколько пробирок добавляли по 20 капель молока и аналогичный объем этанола. Интенсивно помешивали стеклянной палочкой. Контролировали результаты анализа через две минуты.

Для образцов 1, 3, 4, 5 обнаружили на стенках пробирок при стекании с них молока появились хлопья, это значит молоко не свежее. В образце 2 выявили едва заметные хлопья, что означает коагуляцию белка и как следствие повышенную кислотность молока -- пониженную стабильность.

#### **Литература и источники**

1. Молочное скотоводство России (в рамках реализации приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса» России) / под. ред. Н.И. Стрекозова и Х.А. Амерханова. – Москва. 2006. – 604с.
2. Боровков М.Ф., Фролов В. П., Серко С. А. Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии и стандартизации продуктов животноводства. – СПб.: Лань, 2013. – 480с.
3. Орехова А.С. Повышение белкомолочности коров в зависимости от генетических и паратипических факторов: Дис. канд. сельхоз. наук: 06.02.10 / М.П. Афанасьев. – Москва, 2020. – 113 с.
4. ГОСТ Р 52054-2003 Молоко натуральное коровье – сырое. Технические условия.
5. ГОСТ 32255-2013 Молоко и молочная продукция.
6. Родионов, Г.В. Производство молока. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 215 с.

**УДК 544.032**

#### **ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ Ni-Vi ПРИ 773 К**

*Жолболдуева Г.Ж., Бин С.В.*

ФГБОУ ВО "Кемеровский Государственный Университет"  
gul.malikova99@gmail.com

В настоящей работе представлены результаты изменений оптической плотности в системе Ni-Vi а также индивидуальных пленок никеля и висмута в зависимости от времени теплового воздействия при температуре  $T=773$  К.

Многослойные покрытия в широко применяются в качестве конструкционных элементов и функциональных покрытий в современных электронных устройствах, различных деталях авиакосмической техники. Микро,- наносистемы на основе металл-оксид используются в качестве твердых износостойких покрытий. Никель является одним из самых твердых и вязких металлов. Обладает высокой коррозионной химической стойкостью. Висмут применяется в атомной энергетике в качестве жидкого теплоносителя и охлаждающего агента, электронике (полупроводники на основе висмута). Низколегированные никелевые сплавы системы никель-висмут, используются в промышленности для изготовления электропроводов, контактов и электродов контактной сварки [1 - 3].

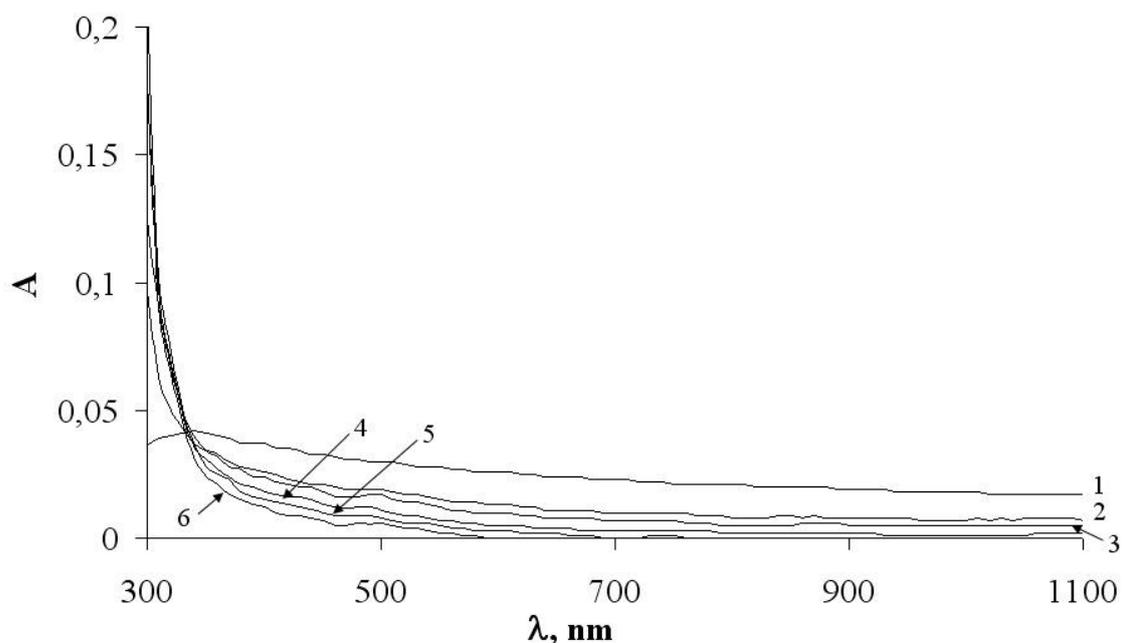
В работе приведены результаты исследований оптических свойств (оптической плотности) тонких пленок никеля, висмута и двухслойной системы никель-висмут на стеклянных подложках.

По методике, описанной в работах [4, 5] были получены образцы для исследования: тонкие пленки никеля, висмута и системы Ni-Vi. Измерения осуществляли методом оптической спектроскопии на приборе Shimadzu UV-1700. Были получены спектры поглощения до и после теплового воздействия и рассчитаны толщины исследуемых пленок никеля, висмута. Толщина пленки никеля составила 2 нм, а толщина пленки висмута 62 нм. Далее на образцы одновременно производилось воздействие тепла температурой  $T=773$  К в

муфельной печи. После каждого воздействия в течение определенного времени были измерены спектры поглощения пленок никеля, висмута и системы никель-висмут.

На рисунке 1 представлены спектры поглощения наноразмерной пленки никеля до и после воздействия тепла. Можно отметить следующие особенности. Даже после первых десяти секунд прогрева образца спектр поглощения его значительно стал отличаться от исходного спектра, полученного до воздействия тепла. Сформировалась полоса поглощения в коротковолновом диапазоне от 300 нм до 330 нм. Далее с увеличением времени нагрева наблюдается устойчивое поглощение в указанном диапазоне, но при этом в длинноволновом диапазоне от 330 нм до 1100 нм видно существенное уменьшение оптической плотности вплоть до ее нулевых значений. Таким образом, можно говорить об образовании нового вещества, а именно о превращении металлического никеля в оксид никеля (II).

На рисунке 2 представлены спектры поглощения пленки висмута до и после термической обработки при 773К. На спектре висмута мы можем видеть достаточно широкую полосу поглощения с максимумом  $\lambda = 450$  нм в диапазоне от 340 нм до 550 нм. А также явно выраженное поглощение от 550 нм до 1100. Начиная воздействовать на пленку висмута теплом, видно исчезновение указанных полос поглощения, и после 60 секунд нагрева они практически исчезают. Вместе с тем с увеличением нагрева можно наблюдать в коротковолновом диапазоне от 300 нм до 450 нм формирование спектров поглощения нового



вещества, предположительно оксида висмута (III).

Рис. 1. Спектры поглощения индивидуальной пленки никеля до и после термического воздействия при  $T = 773$  К (1 – до воздействия, 2 – 10 сек, 3 – 30 сек, 4 – 60 сек, 5 – 80 сек, 6 – 180 сек)

В целом наблюдается уменьшение оптической плотности исследуемого образца практически во всем измеряемом диапазоне. Лишь в диапазоне от 300 нм до 330 нм заметно некоторое увеличение оптической плотности относительно исходного спектра, полученного до воздействия тепла.

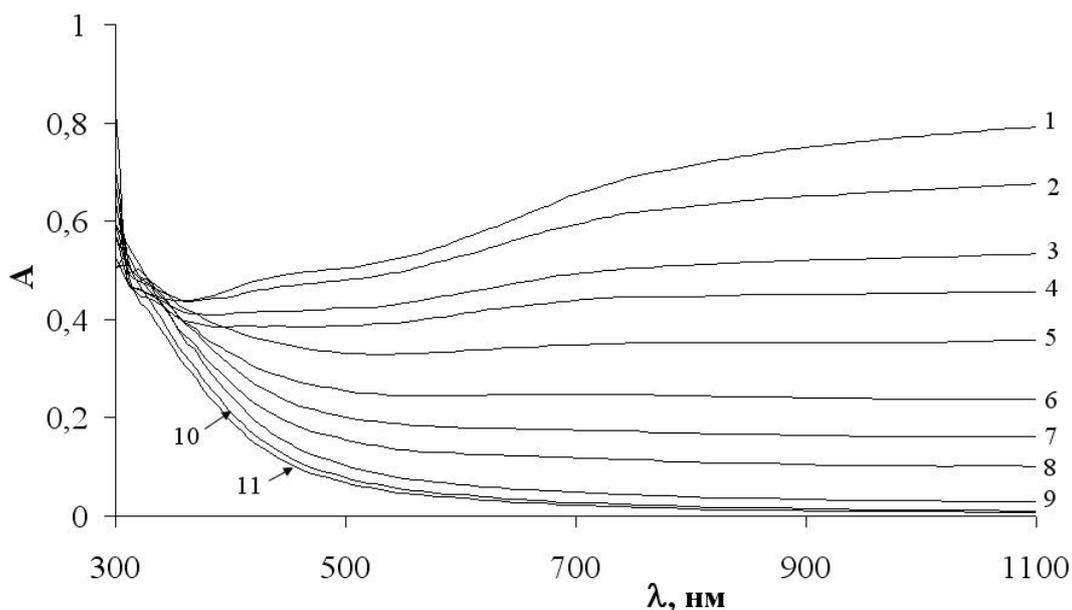


Рисунок 2. Спектры поглощения индивидуальной пленки висмута до и после термического воздействия при  $T = 773$  К (1-до воздействия, 2-10сек, 3 – 20сек, 4 – 40сек, 5-60сек, 6 – 80сек, 7 – 120, 8 – 160сек,9-180сек,10-200сек,11-220сек)

На рисунке 3 представлены спектры поглощения исследуемой системы никель-висмут до и после термической обработки при 773 К. Можно, отметить следующие особенности. Вид спектра системы идентичен виду спектра индивидуальной пленки висмута.

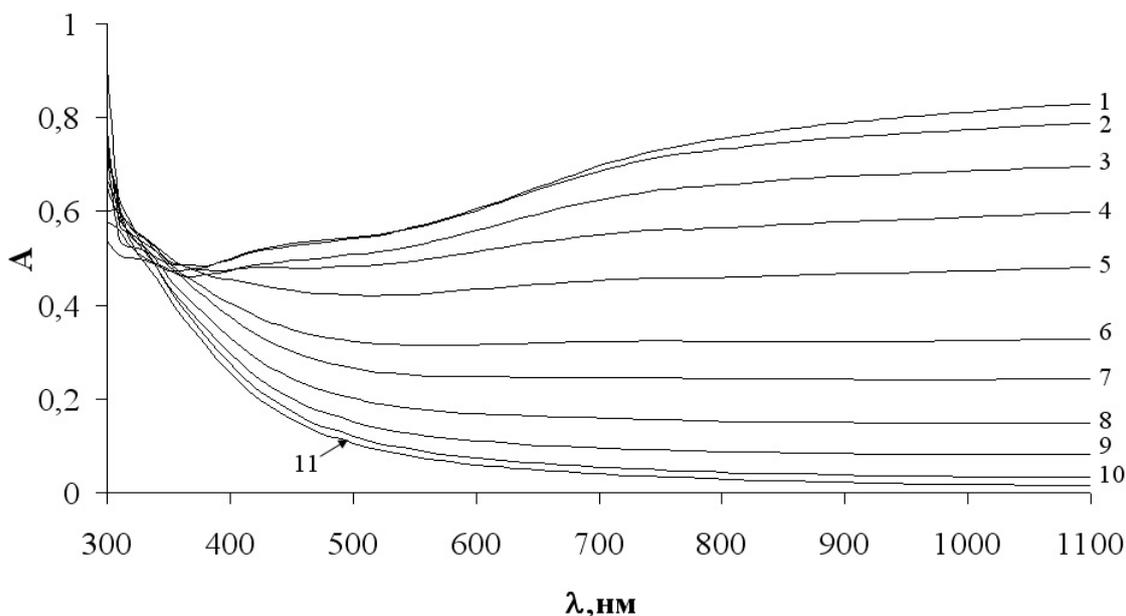


Рисунок 3. Спектры поглощения системы никель-висмут до и после термического воздействия при  $T=773$ К. (1-до воздействия, 2-10сек, 3 – 20сек, 4 – 40сек, 5 – 60сек, 6 – 80сек, 7 – 120сек,8-160сек,9-200сек,10-240сек,11-280сек.)

Очевидно, этот факт связан с тем, что толщина пленки висмута значительно превосходит толщину пленки никеля и, соответственно, поглощение всей системы определяется поглощением висмута. По мере нагрева на спектре поглощения системы отчетливо видно, что

форма кривой и оптическая плотность меняется, например, после 60 секунд термической обработки видим, что вид спектра начинает меняться более значительно. Так, например, широкая полоса поглощения с максимумом  $\lambda = 450$  нм в диапазоне от 340 нм до 550 нм и явно выраженное поглощение от 550 нм до 1100 перестают проявляться. В целом, оптическая плотность системы, также как у пленки висмута плавно уменьшается в результате воздействия тепла (773 К) до неизменных значений, при этом формируется спектр поглощения нового вещества, оксида висмута (III).

Особенно интересным наблюдением является более значительное изменение оптической плотности индивидуальной пленки висмута по сравнению с аналогичным изменением в системе никель-висмут при начальных временах прогрева.

#### **Литература и источники**

1. Дмитриенко, С.Г. Способ определения никеля/ С.Г. Дмитриенко, Ю.А. Золотов, О.А. Косырева, В.К. Рунов, Е.В. Фролова.- Бюл, 1993.- 120с.
  2. Садомцева, О.С. Качественное и количественное определение ионов никеля в объектах окружающей среды с использованием новейшей тест-системы/О. С.Садомцева, В.В. Шакирова, В.В. Уранова, М.В., Фадеева, А.Д. Кожина; Евразийский Союз ученых.- М.: ЕСУ, 2015.- 171с.
  3. Смирнов, В.И. Металлурги никеля. М.: Металлургиздат, 1947. – 128 с.
  4. Суевой Э.П., Еремеева Г.О. Закономерности формирования наноразмерных пленок системы In– In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> // Неорган. материалы. 2012. Т. 48. № 7. С. 819–824.
  5. Surovoi E.P., Bugerko L.N., Surovaya V.E., Bin S.V. General Aspects of the Growth of Copper Nitride Nanofilms // Inorganic Materials, 2016, Vol. 52, No. 12, pp. 1224–1229.
- Научный руководитель – к.х.н., доцент Шурыгина Л.И., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 543.61**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА МИНЕРАЛА**

*Иванов С.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

[stepanidze2004@gmail.com](mailto:stepanidze2004@gmail.com)

В работе представлены результаты исследования качественного и количественного состава природного минерала и установление его принадлежности к конкретной группе. Разложение образца проводилось смесью азотной и соляной кислот при нагревании, проведен качественный химический анализ, который позволил установить наличие в минерале железа, алюминия и кальция. Методом фотометрии определена массовая доля железа, которая составила 0,072 %. Гравиметрический анализ показал, что образец содержит 95,7 % оксида кремния, рентгенофазовый анализ подтвердил вышеупомянутые выводы, соотношение пиков на дифрактограммах со справочными данными показало, что образец с наибольшей вероятностью является кварцем с примесями соединений железа.

Минералы и горные породы являются самыми сложными объектами анализа, в силу крайней неоднородности состава, высокой твердости и химической стойкости матрицы пробы. Для определения состава минералов привлекаются различные методы качественного и количественного, а также фазового и структурного анализа. Целью настоящей работы является определение состава природного минерала и отнесение его к конкретной группе.

Образец был отобран в республике Саха(Якутия) на берегу реки Чара (координаты 57.0602958, 118.7168410), в районе населённого пункта Икабья. Образец представлял собой твёрдый минерал неоднородного желто-оранжевого цвета. Визуальный анализ позволил

предположить, что минерал относится к группе алюмосиликатов (нефелин). Измельчённый образец подвергли разложению раствором азотной кислоты при кипячении, не растворившийся осадок имел белый цвет. С использованием качественных химических реакций в фильтрате были обнаружены ионы железа, алюминия и кальция.

Следующий этап анализа заключался в растворении пробы в смеси соляной и азотной кислот при длительном кипячении. Сначала наблюдалось образование «облака» кремнезёма, после чего цвет раствора сменился на жёлтый, минерал полностью не растворился. Раствор охладили и разбавили водой для снижения кислотности. Провели фильтрование смеси с использованием стеклянного фильтрующего тигля. Фильтрат был прозрачен, осадок на фильтре имел белый цвет с незначительными чёрными вкраплениями. Осадок на фильтре промыли водой, после чего высушили в сушильном шкафу и взвесили на аналитических весах. Таким образом, с использованием гравиметрического метода анализа было установлено содержание оксида кремния в минерале - 95,7%.

Проведён фотометрический анализ фильтрата после отделения оксида кремния на содержание ионов железа, фотометрическим реагентом являлась сульфосалициловая кислота в кислой среде. Измерения проводились при длине волны 510 нм, на фотоэлектроколориметре АР-101. Концентрация ионов железа определялась методом калибровочного графика и составила 0,072 %.

Далее выполнили исследование твёрдого образца с помощью метода рентгеновской дифракции. Проба была просеяна и дополнительно измельчена в яшмовой ступке, далее пробу выложили ровным слоем на поверхность кюветы. Анализ проводился с помощью рентгеновского дифрактометра «Дрон-8». Результаты представлены на рисунке 1.

Проведён сопоставительный анализ экспериментальных данных и справочных данных для различных минералов. Производился поиск соответствия по количеству пиков на дифрактограмме и их относительной интенсивности. Показано, что объект исследования не является нефелином, его стоит относить к группе силикатов, наиболее вероятно, что это кварц и/или могоанит.

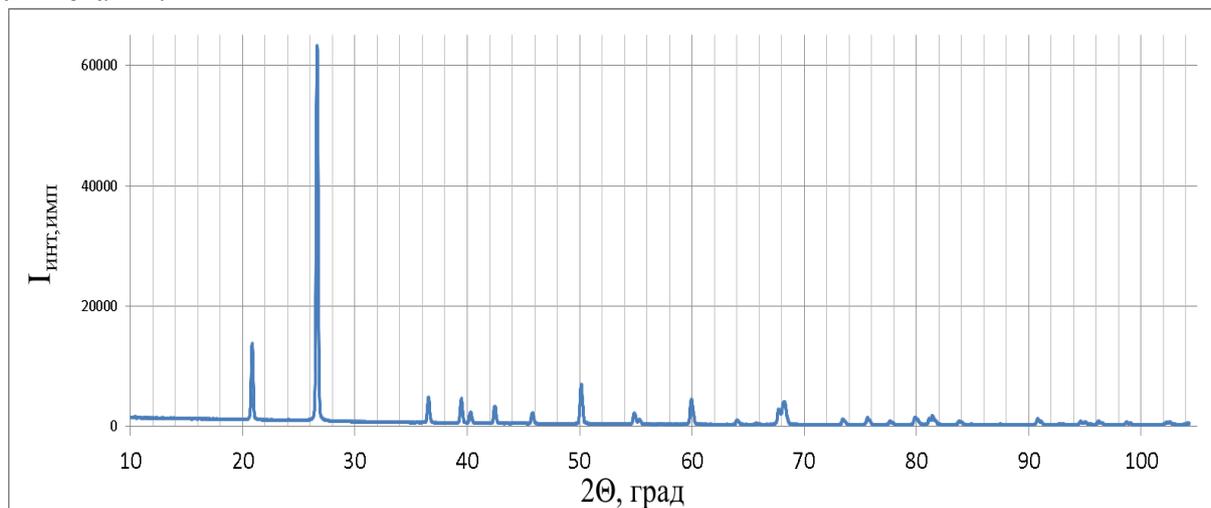


Рисунок 1. Рентгеновская дифрактограмма образца

Наибольшее совпадение выявлено для тригональной кристаллической решётки кварца. Вероятность совпадения для кварца составила  $16/22 = 0,72$ , для могоанита –  $11/35 = 0,35$ . Однако для могоанита, также как и для исследуемого образца наблюдается более богатая дифракционная картина (35 и 31 пик соответственно), чем для кварца (22 пика). Автоматическая расшифровка предложила в качестве единственного варианта кварц. Таким образом, оба варианта структур имеют право на существование. Возможно, имеет место смесь кристаллов кварца и могоанита с примесями соединений железа. Кроме того, на

дифрактограмме обнаружено два рефлекса крайне низкой интенсивности, принадлежность которых не установлена, возможно, они принадлежат фазам, содержащим железо, алюминий и кальций, то есть элементам, обнаруженным в качественном анализе.

Автор благодарит к.х.н., доцента кафедры ХТТиХМ КемГУ Пугачёва В.М. за помощь в выполнении анализа методом рентгеновской дифракции.

*Научные руководители – учитель химии Панюшкина Е.Г., МАОУ СОШ № 93; к.х.н., доцент Иванова Н.В., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».*

**УДК 543.552**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН ДЛЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЫШЬЯКА**

***Кривошеина В.Г., Вершинина А.И., Гордая О.Р.***

**ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»**

**ivikasuper46@gmail.com**

В статье описана методика изготовления, подготовки и применения микроэлектродов из волокон, изготовленных методом мокрого вытягивания из сеток одностенных углеродных нанотрубок двух типов. Установлено, что электроды из углеродных нанотрубок, допированных золотом, могут быть применимы для вольтамперометрического определения мышьяка в качестве индикаторного электрода. Показано, что электроды, модифицированные путём электрохимического накопления золота на их поверхность, обладают большей чувствительностью при определении мышьяка, но при длительном хранении теряют свои свойства. Аналитический сигнал зарегистрирован при концентрации мышьяка от 0,03 мг/л в фоновом электролите – 0,1М растворе HCl и времени накопления 120 с. Для эффективного применения электродов из углеродных нанотрубок необходим выбор оптимальных условий нанесения золотых наночастиц/пленок.

Современная аналитическая химия стремится к миниатюризации оборудования, поэтому актуальным является создание сенсорных устройств, имеющих отклик на содержание разнообразных аналитов: экотоксикантов, биологически активных веществ, метаболитов. В частности, к одной из важнейших аналитических задач следует отнести определение мышьяка, который является приоритетным загрязнителем окружающей среды и оказывает токсическое воздействие на гидробионты и человека. Целью настоящей работы является изготовление и исследование возможности применения в качестве сенсоров для вольтамперометрического определения мышьяка микроэлектродов на основе сеток из одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ).

Работа проводилась с использованием потенциостата/гальваностата VersaSTAT 3 в трехэлектродной электрохимической ячейке. Вспомогательным электродом служил стеклоуглеродный электрод, электродом сравнения - хлоридсеребряный электрод и индикаторным электродом - модифицированный золотом электрод из углеродного нановолокна. Фоновый электролит – 0,1 М раствор HCl.

Предложена новая методика изготовления вольтамперометрических сенсоров – электродов на основе волокон из сеток ОУНТ, в том числе, модифицированных золотом. Нановолокно двух типов (1 и 2, изготовленное в лаборатории углеродных наноматериалов НИУ КемГУ из двух типов сеток) модифицировали путём предварительного нанесения этанольного раствора  $\text{HAuCl}_4$  и с помощью электролитического накопления золота на поверхности электрода из раствора  $\text{HAuCl}_4$ .

Разработана методика подготовки электродов к работе. Электроды на основе волокна типа 1 перед анализом выдерживали в электролите в течение суток, затем проводили многократную

отмывку в растворе электролита при перемешивании. Электроды помещались в ячейку, подключались и далее выполнялись тренировочные циклы по специальной программе со сменой электролита. Электроды на основе волокна типа 2 требовали более тщательной подготовки: для очистки от примесей электроды предварительно обрабатывались разбавленной нитрующей смесью, ацетоном и затем промывались изопропанолом.

Изучены факторы, влияющие на электрохимические характеристики электрода и его работоспособность. При хранении электрода на воздухе, волокно сорбирует мешающие анализу соединения. Хранение электрода, модифицированного золотом, в растворе может привести к потере отклика. Выбраны оптимальные условия включения электрода в работу: линейное изменение потенциала  $E_1/E_2 = 0/0,4$  В с постепенным расширением границ до  $E_1/E_2 = -0,4/0,5$  В при перемешивании.

Исследование электродов, модифицированных золотом, путём нанесения этанольного раствора  $\text{HAuCl}_4$ , показало, что последующее «пересаживание» золота при циклировании потенциала повышает чувствительность электрода (пример ЦВА кривых электрода такого типа приведен на рисунке 1). Но невозпроизводимость условий создания наночастиц золота на поверхности УНТ существенно влияет на точность определения.

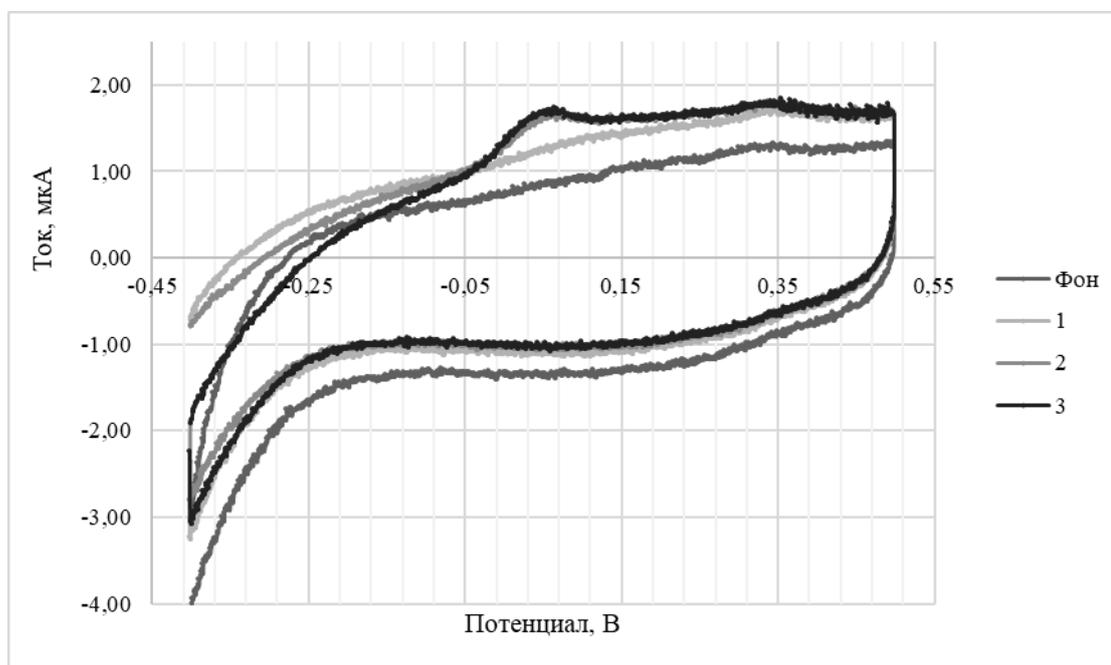


Рисунок 1. ЦВА кривые с добавками As, тип электрода 1, модифицирование золотом путём предварительного нанесения этанольного раствора  $\text{HAuCl}_4$  с последующим «пересаживанием»: 1 -  $c(\text{As})=0,2$  мг/л; 2 -  $c(\text{As})=0,4$  мг/л; 3 -  $c(\text{As})=0,7$  мг/л

Стандартная методика вольтамперометрического определения мышьяка предполагает электролитическое нанесение золотой пленки на поверхность углеродсодержащего электрода. В настоящей работе проведен выбор оптимальных условий электроосаждения золота на поверхность углеродного волокна и последующего проведения анализа: фоновый электролит 0,1 М  $\text{HCl}$ ; накопление золота при  $E = -0,5$  В в течение 200 с; накопление мышьяка в течение 120 – 200 с при  $E = -0,8$  В (деаэрирование азотом). В данных условиях пик мышьяка зарегистрирован при потенциале  $E = 51,5$  мВ, независимо от типа волокна. Следует отметить, что пик имеет большую полуширину, относительно эксперимента с «пересаживанным» золотом, что объясняется большей толщиной пленки золота и диффузионными ограничениями при электронакоплении. Разработанный сенсор позволяет обнаружить аналитический сигнал

As (III) в растворе при концентрации от 0,03 мг/л (при электрохимическом нанесении золотой пленки).

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZSR-2020-0007 в рамках государственного задания № 075-03-2020-097/1).

*Научный руководитель – к.х.н., доцент Иванова Н.В., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

## **УДК 544.032**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ Cu-Cr ПРИ T=623K**

*Солопов Н.А.*

ФГБОУ ВО "Кемеровский Государственный Университет"

[solopov.nk@gmail.com](mailto:solopov.nk@gmail.com)

В процессе исследований оптических свойств наноразмерных пленок меди, хрома и системы (Cu-Cr) при термическом воздействии (T=623K) виды спектров претерпевали существенные изменения в различных областях исследуемого диапазона длин волн. Так же выявлено, что в системе Cu-Cr образованный на поверхности оксид хрома не влияет на окисление меди.

Благодаря комплексу положительных свойств металлы, такие как медь и хром нашли широкое применение в различных областях науки, техники и промышленности. Они используются в качестве конструкционных материалов [1,2]. Медь применяется в интегральной электронике [3]. Тонкие металлические слои, «просветленные» оксидами данных металлов, применяются для изготовления теплоотражающих покрытий [3]. А оксиды хрома обладают легирующим действием и отлично защищают от коррозии.

В настоящей работе представлены исследования оптических свойств тонких пленок меди, хрома и системы на их основе при термическом воздействии (T=623K).

Приготовление образцов для исследований производилось методом термического испарения в вакууме ( $2 \cdot 10^{-3}$  Па) путем нанесения тонких слоев хрома и меди на подложки из стекла, так же готовили и систему на их основе (сначала наносили пленку меди, а затем хрома) используя вакуумный универсальный пост ВУП-5М [4]. В качестве испарителя использовали лодочки, изготовленные из молибденовой и танталовой жести. Оптимальное расстояние от лодочки - испарителя до подложки составляет 9-10 см. Подложками служили стекла от фотопластинок, которые подвергали предварительной обработке в концентрированной азотной кислоте, в растворе бихромата калия, в кипящей воде, промывали в дистиллированной воде и сушили [5,6]. Обработанные подложки оптически прозрачны на всем исследуемом диапазоне (300 – 1100 нм).

Далее провели исследование пленок на спектрофотометре «Shimadzu UV-1700 до и после воздействия температуры. Нагревание образцов производили в муфельной печи при T=623K. В результате были получены спектры поглощения. И по данным спектрам установили толщину пленок по закону Бугера-Ламберта-Бера. Для меди и для хрома она оказалась идентичной  $d=20$  nm.

В ходе работы установили, что данные образцы после термической обработки претерпели значительные изменения. С уменьшением в исследуемом диапазоне длин волн (1100-300nm) оптической плотности образцов формируются спектры поглощения новых веществ.

На рис.1 приведены спектры поглощения наноразмерной пленки хрома до и после термического воздействия, и во всей области спектра наблюдается плавное уменьшение оптической плотности. Это объясняется тем, что происходит окисление Cr до Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. (при рабочей температуре (T=623K) другие оксиды хрома не образуются).

На рис.2 представлены спектры поглощения наноразмерной пленки меди до и после термического воздействия. В отличии от хрома медь ведет себя достаточно «непредсказуемо».

В первые минуты термической обработки оптическая плотность уменьшалась в длинно волновой области (470-1100 nm), но дальнейшее температурное воздействие (после 5 мин) повлекло за собой последующее увеличение оптической плотности. Дело в том, что вероятно, происходит образование двух оксидов меди ( $\text{Cu}_2\text{O}$  и  $\text{CuO}$ ). Сначала медь окислялась до  $\text{Cu}_2\text{O}$ , а потом до  $\text{CuO}$ . Это объясняется тем, что ширина запрещенной зоны для  $\text{Cu}_2\text{O}$ , больше чем для  $\text{CuO}$  ( $E=2,15\text{эВ}$ ;  $E=1,2\text{эВ}$  соответственно).

На рис.3 показаны спектры поглощения системы на основе наноразмерных пленок меди и хрома до и после термического воздействия. Здесь так же, в отличие от хрома, система ведет себя не так как предполагалось в теории, но стоит заметить, что спектры поглощения меди и спектры поглощения системы очень похожи между собой. В первые 5 мин теплового воздействия оптическая плотность системы уменьшается, но при последующем нагреве возрастает. Вероятно, что при данной, достаточно высокой температуре ( $T=623\text{ K}$ ), происходит частичное разрушение пленки  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и путем диффузии кислорода из атмосферы происходит окисление подслоя меди и поэтому оптическая плотность растет в длинно волновой области спектра, также как в случае с индивидуальной пленкой меди.

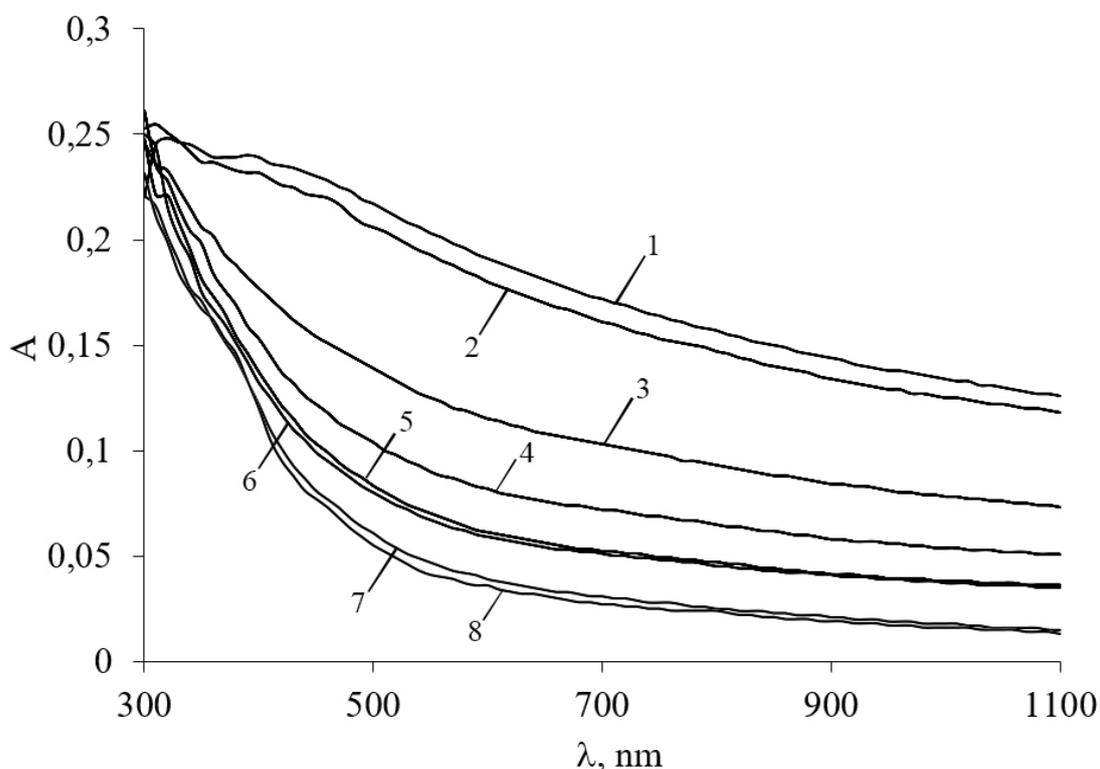


Рисунок 1. Спектры поглощения индивидуальной пленки хрома ( $d=20\text{ nm}$ ) до и после термического воздействия при  $T=623\text{K}$  1(0), 2(1), 3(5), 4(10), 5(30), 6(40), 7(240), 8(330) мин

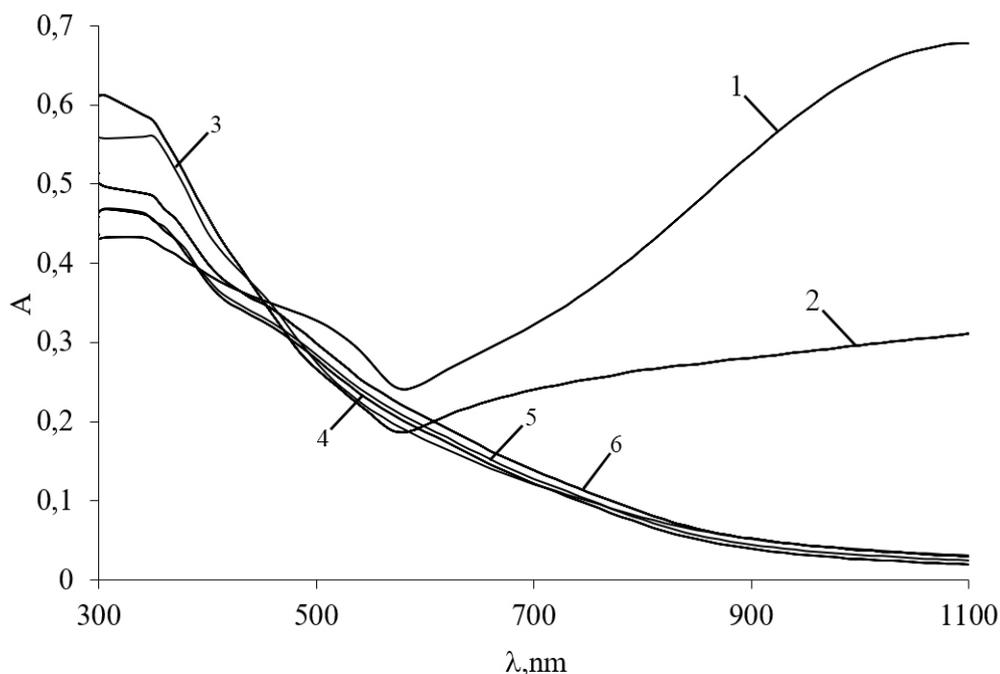


Рисунок 2. Спектры поглощения индивидуальной пленки меди ( $d=20\text{ nm}$ ) до и после термического воздействия при  $T=623\text{K}$ : 1(0), 2(1), 3(5), 4(20), 5(60), 6(330) мин

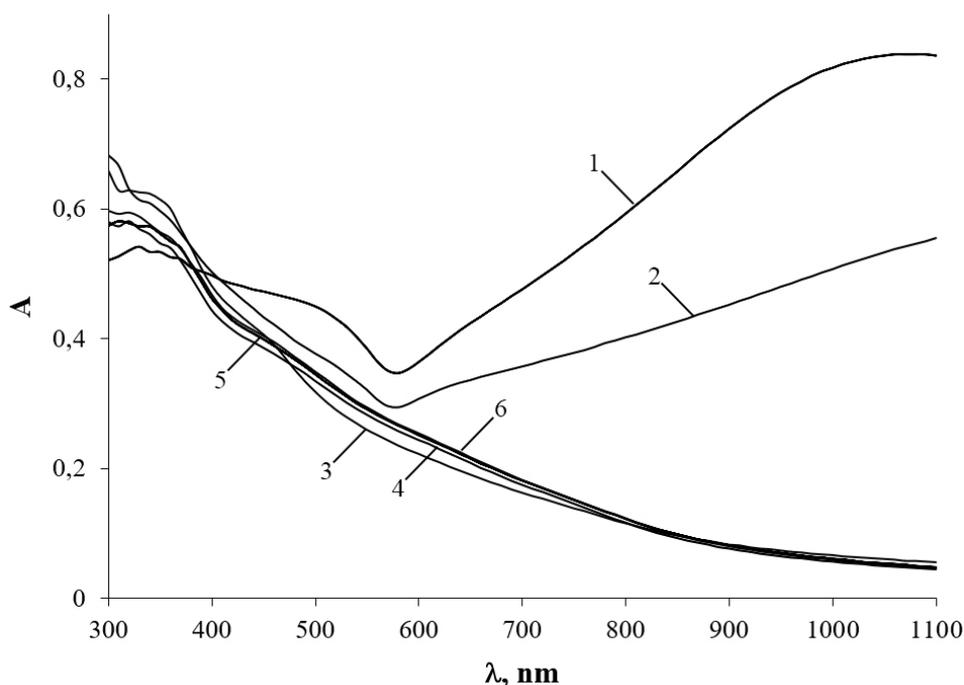


Рисунок 3. Спектры поглощения системы Cu-Cr до и после термического воздействия при  $T=623\text{K}$ : 1(0), 2(1), 3(5), 4(130), 5(240), 6(330) мин

В ходе исследования было выявлено, что наноразмерный хром ( $d=20\text{nm}$ ) при  $T=623\text{K}$  не защищает от окисления (коррозии) наноразмерную пленку меди ( $d=20\text{nm}$ ), тем самым можно судить о противоречии правилу Пиллинга-Бедворса о сплошности пленок[4]:

$$\alpha = V_{\text{Me}x\text{O}y} / V_{\text{Me}}$$

$V_{\text{Me}x\text{O}y}$  – мольный объем оксида металла

$V_{Me}$  – мольный объем металла

Условия сплошности пленок:

Если  $\alpha < 1$  – пленка не сплошная

Если  $\alpha > 1$  – пленка сплошная

Если  $\alpha \gg 1$  – может происходить отслаивания пленки

Для  $Cr_2O_3$   $\alpha=2,1$  – этот коэффициент достаточно значимый и теоретически пленка данного оксида хрома должна была защитить пленку меди от воздействия кислорода, но при нашей рабочей температуре ( $T=623K$ ) и при достаточно большом коэффициенте, вероятно, произошло разрушение оксидной пленки хрома.

### Литература и источники

1. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 592 с.
2. Стриха В.И., Бузанева Е.В. Физические основы надежности контактов металл-полупроводник в интегральной электронике. – М.: Радио и связь, 1987. – 254 с.
3. Бахвалов Г.Т. Защита металлов от коррозии. – М.: Металлургия, 1964. – 288 с.
4. Борисова, Н. В. Методы исследования неорганических материалов: учебное пособие// Н. В. Борисова, Л. Н. Бугерко, С. М. Сирик, Э. П. Суровой, И. В. Титов: ГОУ ВПО «КемГУ». – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. - 182 с.
5. Суровой Э.П., Еремеева Г.О. Закономерности формирования наноразмерных пленок системы In– In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> // Неорган. материалы. 2012. Т. 48. № 7. С. 819–824.
6. Э.П.Суровой и С.В. Бин, Русс. Журнал Физической химии, Химия, с.87,473(2013)  
*Научный руководитель – к.х.н., доцент Сирик С.М., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 665.6/.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Суровая В.Э., Тимофеева Е.Э.*

ФГБОУ ВО Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
sur.vik@mail.ru

В работе представлены результаты исследований показателей качества нефтепродуктов, таких как бензины АИ-95, АИ-92, дизельное топливо и керосин, а именно коррозионной активности, содержания водорастворимых кислот и щелочей.

Рост объемов производства нефтепродуктов, совершенствование технологии получения и увеличение требований к качеству, особенно в экологическом аспекте, определяют одно из актуальных проблем разработки методов оценки и принципов контроля качества товарных нефтепродуктов. Требования к показателям качества товарных нефтепродуктов определяются государственными стандартами (ГОСТ РФ). Производство, продажа заводом нефтепродуктов, не соответствующих требованиям ГОСТ, законодательно запрещается. Качество нефтепродуктов постоянно, непрерывно контролируется, начиная с момента производства и заканчивая получением товаров потребителем [1-2].

Сегодня более пятидесяти процентов нефтепродуктов составляют моторные топлива. Моторные топлива делят на автомобильные и авиационные бензины, ракетное и дизельное топливо. В мире потребление моторных топлив составляет более 1,5 млрд тонн в год.

Целью исследовательской работы: определить физико-химические показатели нефтепродуктов.

Задачами работы являлось:

1. провести аналитический обзор по показателям качества нефтепродуктов;
2. рассмотреть детонационную стойкость бензинов и дизельного топлива;

3. определить содержание водорастворимых кислот и щелочей в исследуемых объектах;
4. титриметрическим методом определить кислотность образцов.

Известно, что в двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением применяются бензины, это многосоставные углеводороды с интервалами кипения от 38 до 205 °С. Сгорая, бензин образует воду и угарный газ. Качество бензинов определяются показателями: детонационная стойкость, испаряемость, химическая стабильность, коррозионная активность [1-2].

Греческое *detono* – греметь, обозначает возможность бензина сгорать в двигателе с искровым зажиганием без детонации, и все это заложено в определении детонационной стойкости. Неспецифическое горение топливно-воздушной смеси называется явление детонации, другими словами, как следствие в цилиндре двигателя, когда углеводороды, состоящие в бензине, разрушаются и превращаются в пероксид, который в последующем распадается со взрывом [3].

Октановое число (ОЧ) – это мера детонационной стойкости углеводородов таких как бензин, определяется в сотой шкале. Ноль шкалы – это ДС н-гептана, 100 – ДС изооктана (2,2,4-три- 4 метилпентана). Согласно шкале октановым числом бензина называется содержание (% об.) 2,2,4-триметилпентана в смеси с н-гептаном, при котором детонационная стойкость этой смеси и данного бензина идентичны (при постоянной степени сжатия).

Добавление антидетонационных присадок в малых количествах существенно повышает детонационную стойкость бензина, как способ увеличения октанового числа бензинов.

Способность противостоять химическим изменениям при хранении, транспортировании и длительной их эксплуатации определяется химической стабильностью бензинов. Нормирование производят по содержанию фактических смол, которые образуются в результате окислительных превращений углеводородов и полимеризации олефинов.

В двигателях с воспламенением от сжатия применяют жидкое дизельное топливо. Основные потребители дизельного топлива – железнодорожный, водный транспорт, грузовой и легковой автотранспорт, военная техника, дизельные электрогенераторы, сельскохозяйственная техника. Легкие (маловязкие) топлива, кипящие в пределах 150–360 °С, применяются для быстроходных дизельных двигателей и газотурбинных установок (ГТУ). Тяжелые (высоковязкие) топлива с температурой кипения в пределах 250–420 °С применяются для среднеоборотных и тихоходных двигателей (тракторных, судовых и др.). К наиболее важным показателям качества дизельных топлив относятся воспламеняемость, вязкость, коррозионная активность, низкотемпературные свойства, температура вспышки, степень чистоты [3-4].

Цетановое число (ЦЧ) является мерой оценки воспламеняемости дизельного топлива. Чем больше цетановое число, тем меньше затраты топлива и двигатель работает более плавно и мягко. Оно определяет объемную долю  $\alpha$ -метилнафталина в смеси с н-гексадеканом (техническое название – цетан). В итоге, ЦЧ дизельного топлива это объемная доля в (% об.) цетана в смеси с  $\alpha$ -метилнафталином, при котором воспламеняемость смеси (по совпадению вспышек) идентична испытываемому дизельному топливу.

Содержание в бензине и диз. топливе серо- и кислородсодержащих соединений и водорастворимых кислот и щелочей определяет их коррозионную активность. Оценить показатель коррозионной активности позволяет кислотность, которая показывает какое содержание серы и меркаптановой серы, а также водорастворимых кислот и щелочей в нефтепродуктах. Испытание на медной пластине позволяет выявить такие показатели. Это очень чувствительный метод. Показатель качества, такой как содержание меркаптановой серы не должно быть больше чем 0,01 %.

В технических условиях на автобензины регламентируется только общее содержание серы. В процессе эксплуатации сера вместе с нефтепродуктом сгорает и образует агрессивные кислоты – серную и сернистую, которые разрушают детали двигателя. Кислотность

измеряется в миллиграммах КОН, пошедших на нейтрализацию кислот (100 мл). Норма для автобензинов – не более 0,8–3 мг КОН/100 мл бензина [4].

Объекты для изучения отбирали на автозаправочной станции Лукойл в канистры объемом 5 литров. Затем в лаборатории переносили необходимое количество нефтепродуктов в колбы для исследований. Образец 1 – бензин АИ-92, образец 2 – бензин АИ-95, образец 3 – дизельное топливо, образец 4 – керосин.

Содержания водорастворимых кислот и щелочей, один из показателей качества нефтепродуктов определяли, извлекая их водой, а затем с помощью индикаторов устанавливали реакцию среды.

В результате исследований наблюдали окрашивание водной вытяжки в красный цвет образца керосина по сравнению с цветом эталонной пробирки, данный факт указывает на наличие в испытуемом нефтепродукте водорастворимых кислот. Остальные образцы остались без изменений.

Во вторую пробирку с водной вытяжкой добавляли по 2 капли фенолфталеина. Окрашивание раствора в розовый или малиновый цвет указывало бы на слабощелочную или щелочную реакцию. Однако у нас во всех исследуемых образцах отсутствовало окрашивание водной вытяжки, поэтому все образцы нефтепродуктов не содержат свободную щелочь.

Кислотность светлых нефтепродуктов определяли титриметрическим методом. Титровали кислые соединения исследуемых образцов спиртовым раствором КОН в присутствии индикатора и измеряли кислотность, выраженную в миллиграммах (мг) на 100 см<sup>3</sup> нефтепродукта.

В ходе экспериментов установлено, что образцы бензинов АИ-92, АИ-95 и керосин после кипячения сохранили синюю окраску, что указывает на отсутствие кислотности.

А вот образец дизельного топлива изменил окраску с синей на желтую, что указало на наличие катионов Н<sup>+</sup>. В результате необходимо смесь охладить и заново оттитровать 0,05 М спиртовым раствором КОН при непрерывном перемешивании до изменения окраски спиртового слоя или смеси с желтой (или желтой с оттенками) в синюю (или синюю с оттенками). После того как окраска стала стабильной в течении 30 секунд эксперимент остановили.

Кислотность (К) образца дизельного топлива вычисляли по формуле:

$$K = \frac{V \cdot T \cdot 100}{V_0}$$

где V – объем 0,05 М спиртового раствора КОН, израсходованный на титрование образца, мл; T – титр 0,05 М спиртового раствора КОН, мг/мл (2,8 мг/мл); V<sub>0</sub> – объем исследуемого нефтепродукта, мл; 100 – фактор пересчета на 100 мл продукта.

Установили, что кислотность объектов анализа дизельного топлива составила 1,66. Данная кислотность соответствует физико-химическим показателям топлива, что регламентируется государственным стандартом ГОСТ 305-2013 Топливо дизельное.

#### Список литературы:

1. Рябов В. Д. Химия нефти и газа. – Москва: Форум, 2012. – 336 с.
2. Шарифуллин А. В. Анализ качества нефти, нефтепродуктов и метрологическая оценка средств измерений / А.В. Шарифуллин, Н.А. Терентьева. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2010. – 141 с.
3. Дияров И. Н. Химия нефти. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. – 464 с.
4. Кирсанов Ю.Г. Анализ нефти и нефтепродуктов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 88 с.

## ВЭЖХ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ТАЛОЙ ВОДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Суродин А. А.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
surodina1999@mail.ru

*В данной работе проведен качественный и количественный анализ полициклических ароматических углеводородов с помощью метода обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии. Объектами исследования стали 11 проб талой воды, отобранной с мест промышленного загрязнения по Кемеровской области.*

Актуальность работы обусловлена тем, что полициклические ароматические углеводороды являются приоритетными для исследования загрязнителями, так как некоторые из них обладают канцерогенной активностью и представляют опасность для живых организмов [1]. Исходя из этого научный интерес исследователей с различных областей наук к полициклическим ароматическим углеводородам за последние десять лет только растет. Загрязнение окружающей среды ПАУ связано с биогенными, нафтидогенными и пирогенными источниками [2,3].

Цель исследования – качественная и количественная оценка уровня загрязнения талых вод мест вблизи промышленного объекта в Кемеровской области. Для исследования были отобраны 11 проб.

В работе представлены результаты анализа талых вод на определения массовых концентраций полициклических ароматических углеводородов с помощью метода обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Пробоподготовки выполнялась согласно методике измерений массовых концентраций полициклических ароматических углеводородов в питьевых, природных и сточных водах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Данная методика позволяет определить совместно 16 наименований полициклических ароматических углеводородов: 2-метилнафталин; антрацен; аценафтен; бенз(g,h,i)перилен; бенз(a)антрацен; бенз(a)пирен; бенз(b)флуорантен; бенз(k)флуорантен; бифенил; дибенз(a,h)антрацен; нафталин; пирен; фенантрен; флуорантен; флуорен; хризен.

Измерения массовых концентраций полициклических ароматических углеводородов выполнялись после экстракции из водной пробы гексаноми, концентрирования экстракта и упаривания. Образцы с талой водой предварительно тщательно перемешивали, затем отбирали 100 мл образца в мерную колбу вместимостью 250 мл пипеткой добавляли 5 мл гексана и проводили экстракцию в течение 30 минут с помощью магнитной мешалки. Затем экстракт упаривали на песчаной бане с температурой (60±5) °С в токе воздуха. По окончании упаривания во флакон добавляли 0,5 см<sup>3</sup> ацетонитрила и герметично закрывали.

Идентификация проводилась методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии со спектрофотометрическим детектором УФ- и видимого спектров. Система LCMS + PDA с градиентом по высокому давлению высокоэффективного жидкостного хроматографа фирмы SHIMADZU включает в себя: насос LC-20AD, детектор SPD-M20A, колоночный термостат CTO-20A, автодозатор SIL-20A. Хроматографическую систему выводят на режим в соответствии с условиями. Для идентификации ПАУ в качестве элюента использовали смесь ацетонитрил: вода в соотношении 50:50 на старте, режим элюирования градиентный. Качественное определение ПАУ проводили по времени удерживания. Количественное определение ПАУ проводили методом абсолютной калибровки. Время анализа составляет 30 минут. Анализ включает в себя 2 параллельных измерения.

В ходе анализа в пробах было обнаружено содержание некоторых ПАУ, при этом можно отметить, что во всех пробах содержится антрацен и фенантрен, и отсутствуют аценафтен, аценафтилен и нафталин. Суммарное содержание анализируемых ПАУ в различных пробах варьируется от  $5,5 \cdot 10^{-5}$  мг/л и до  $5,15 \cdot 10^{-3}$  мг/л.

Пробой, в которой суммарная концентрация ПАУ наиболее велика, является проба с условным номером 2 (табл.1) и их содержание составило  $5,15 \cdot 10^{-3}$  мг/л, в ней обнаружено 9 наименований ПАУ. Пробой, в которой отмечено наибольшее число ПАУ, является проба №3. В ней были обнаружены 12 исследуемых ПАУ: 2-метилнафталин, антрацен, бенз(а)антрацен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бифенил, дибенз(а,һ)антрацен, пирен, фенантрен, флуорантен, флуорен, хризен, их концентрация составила  $8,7 \cdot 10^{-4}$  мг/л. Наименее загрязненной от ПАУ оказалась проба №9, содержание их составило  $5,5 \cdot 10^{-5}$  мг/л. В ней отмечено всего три наименования ПАУ: антрацен, бифенил и фенантрен.

В пробах талых вод с мест промышленного загрязнения по Кемеровской области, было отмечено, что наиболее встречаемыми ПАУ являются: антрацен, бенз(б)флуорантен, пирен, фенантрен, флуорантен, хризен. Наименее встречаемыми ПАУ являются: бенз(ɡ,һ,і)перилен, флуорен.

В таблице 1 представлено общее суммарное содержание ПАУ и их присутствие в пробах.

Таблица 3. Результаты анализа проб талых вод

| Наименование ПАУ               | Наличие в пробе      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                | 1                    | 2                    | 3                    | 4                    | 5                    | 6                    | 7                    | 8                    | 9                    | 10                   | 11                   |
| 2-метилнафталин                |                      |                      | +                    |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| антрацен                       | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    |
| аценафтен                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| аценафтилен                    |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| бенз(ɡ,һ,і)перилен             | +                    |                      |                      |                      |                      |                      |                      | +                    |                      |                      |                      |
| бенз(а)антрацен                |                      | +                    | +                    | +                    | +                    |                      | +                    | +                    |                      | +                    |                      |
| бенз(а)пирен                   |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | +                    |                      |                      |                      |
| бенз(б)флуорантен              | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    |                      | +                    |                      |
| бенз(к)флуорантен              |                      | +                    | +                    |                      | +                    | +                    | +                    |                      |                      |                      |                      |
| бифенил                        | +                    |                      | +                    |                      | +                    |                      |                      |                      | +                    | +                    | +                    |
| дибенз(а,һ)антрацен            |                      | +                    | +                    |                      | +                    |                      | +                    | +                    |                      |                      |                      |
| нафталин                       |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| пирен                          | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    |                      | +                    | +                    |
| фенантрен                      | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    |
| флуорантен                     |                      | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    |                      | +                    |                      |
| флуорен                        |                      |                      | +                    | +                    | +                    |                      |                      |                      |                      |                      | +                    |
| хризен                         |                      | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    | +                    |                      | +                    | +                    |
| Общее число обнаруженных ПАУ   | 6                    | 9                    | 12                   | 8                    | 11                   | 7                    | 9                    | 10                   | 3                    | 8                    | 6                    |
| Суммарное содержание ПАУ, мг/л | $5,95 \cdot 10^{-4}$ | $5,15 \cdot 10^{-3}$ | $8,70 \cdot 10^{-4}$ | $6,05 \cdot 10^{-4}$ | $1,03 \cdot 10^{-3}$ | $3,45 \cdot 10^{-4}$ | $4,20 \cdot 10^{-4}$ | $1,44 \cdot 10^{-3}$ | $5,50 \cdot 10^{-5}$ | $1,76 \cdot 10^{-3}$ | $4,60 \cdot 10^{-4}$ |

### Литература и источники

1. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer / T. Rengarajan, P.Rajendran, N. Nandakumar, B. Lokeshkumar, P. Rajendran, I.Nishigak. // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. – 2015. – Vol. 5. – P. 182–189.

2. C. Wang, X. Zou, J. Gao, Y. Zhao, W. Yu, Y. Li, Q. Song. Pollution status of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments from the Yangtze River Estuary and its adjacent coastal zone // Chemosphere – 2016. – V. 162. - P. 80-90

3. Ровинский, Ф.Я. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. / Ровинский, Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А./ – Ленинград. – Гидрометеоиздат. – 1988. – 516 с.

*Научный руководитель – к.х.н., доцент Еремеева Г.О., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 661.185.7**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МОЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ РАСТВОРОВ МЫЛА И СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ**

*Устьянцев Д.К., Старчаков Н.А., Суровая В.Э.*

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
sur.vik@mail.ru

В работе приведены исследования влияния жесткой воды на растворы мыла и синтетические моющие средства. Определен водородный показатель для исследуемых образцов. Рассмотрен экологический аспект и безопасность моющих средств.

До нашей эры, глубоко в древности известно человеку моющее средство как мыло. В римской империи многие ученые занимались изучением, исследованием мыла и получением его в ходе реакции омыления жиров. Одним из первых исследовал этот процесс Плиний Старший (23–79 гг.). В своих трудах «Естественная история» он изучал способы и методики производства жидких и твердых образцов мыла, которые получал из соды и поташа [1].

Технология производства мыла из животных жиров совершенствовалась многие века. В начале XIX века исследования французского химика М. Шевреля.

В настоящее время получение мыла особо не изменило свою технологию. Современное мыло представляет собой натриевые или калиевые соли стеариновой, олеиновой и других кислот с вариативными наполнителями.

Что же касается наших дней, в производстве и использовании мыла появилась альтернатива натуральным мылам, сделанным на основе природных жиров, такая как синтетическое мыло. С точки зрения экологии, сегодня существует проблема – отходы производства и продуктов жизнедеятельности людей [2].

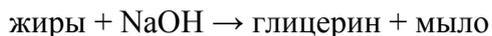
Исследование моющего действия растворов мыла и синтетического порошка является основной целью исследовательской работы.

На основе поставленной цели, решались следующие задачи:

1. рассмотреть литературу по свойствам мыла и синтетических моющих средств;
2. установить, чем обусловлено моющее действие мыла и СМС;
3. изучить влияние жесткой воды на объекты анализа;
4. определить значения рН среды;
5. сделать вывод по работе.

Состав синтетических моющих средств различен, они бывают в отсутствие перекисных соединений и биодобавок и с биодобавками и другие. Их применение однозначно требует характерного интервала температур. Структура и состав СМС отличается, в основе полимерные добавки, которые останавливают перенос красителей с ткани в раствор, ароматизаторы и другое. Порошки мелкокристаллические СМС соответствуют требованиям ГОСТ и модернизированной технологии обработки белья, поглощают различные виды изделий, применяются практически везде, в том числе и в стиральных машинах. Природное

мыло получают при температурном нагреве тристеарина с гидроксидом или карбонатом натрия:



Форму мыла создают постепенно, отделяя сначала полученное мыло от продуктов реакции потом постепенно приливают раствор хлорида натрия, через некоторое время мыло всплывает на поверхность, в дальнейшем его собирают с поверхности.

Получение карбоновой кислоты возможно из нефтепродуктов, это очень актуально в настоящее время, с целью экономии натурального жира. В последующем из нее производят натриевые и калиевые соли:



Известно, что натриевые соли – это твердые мыла, а калиевые – жидкие.

Указанный способ производства мыла указан в романе Ж. Верна «Таинственный остров». В романе колонисты производили мыло из тюленьего жира и водорослей. В наши дни мыло получают аналогичным способом – омылением жиров.

Натриевые соли синтетических кислот (сульфокилот, сложных эфиров высших спиртов и серной кислоты) это и есть основа синтетических средств моющих. СМС в основном состоят из алкилсульфатных солей натрия RO-SO<sub>2</sub>-ONa. R – углеводородный радикал, имеющий в составе от 8 до 18 атомов углерода [3].

Востребованность моющих средств определяется пригодностью моющих веществ к проявлению основной функции в различной среде, т.е. в условиях различных значений pH, жесткости воды и температуры моющего раствора. Возрастание жесткости воды моющая способность мыла практически полностью может утратиться, в виду расхода мыла на связывание ионов кальция и магния. Синтетические моющие вещества намного лучше по всем областям использования. В жесткой воде утрачивают лишь немного моющей способности и обладают моющим действием при более низких значениях температуре.

Относительно человека важным фактором является безопасность моющих средств. С точки зрения экологии это очень важный показатель. Термин безопасность определяет биологическую активность, в виду того, что некоторые моющие вещества обладают бактерицидными, общедезинфицирующими свойствами, а отдельные препараты – токсичностью. Сравнение с мылом, которое легко подвергается биохимическому распаду, синтетические моющие вещества, содержат бензольные ядра в углеродной цепи и разветвленные алкильные остатки, являющиеся биологически «твердыми»: не разлагаются в водоемах, а накапливаются в них, вызывая гибель животных и растительных организмов и затруднения при очистке воды.

Процесс адсорбции определяет моющий фактор, который показывает способность моющих веществ адсорбироваться на поверхностях воды и твердых тел, повышать их смачиваемость, образовывать пену и устойчивые взвеси частиц в воде. Для устранения загрязнений, моющая жидкость должно иметь отличную смачиваемой способностью (содержать мыло или другое поверхностно-активное моющее средство). Моющая жидкость быстро проникает в поры тканей и других материалов, в трещинки грязевых частиц, а также между загрязнениями и отстирываемой поверхностью. Частицы грязи набухают, дробятся, обволакиваются пленкой мыла, при этом уменьшается сцепление частиц грязи между собой и очищаемой поверхностью. При небольшом механическом воздействии (перетирании руками или в стиральной машине) частицы загрязнений легко отделяются и переходят в раствор, где находятся во взвешенном состоянии.

Для исследований сыпучие твердые образцы отбирали методом конуса и квартования. Образец 1 – порошок «Лоск» автомат; образец 2 – порошок «Тайд» автомат; образец 3 – порошок «Тайд» для ручной стирки; образец 4 – порошок «Миф» автомат.

Образцы мыла, настругали в стружку, измельчили в порошок: образец 5 – мыло хозяйственное; образец 6 – чистящее средство «Пемоксоль»; образец 7 – мыло «весна»;

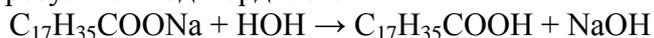
образец 8 – мыло «Palmolive».

Жидкие образцы моющих средств отбирали непосредственно перед испытанием: образец 9 – гель «Fairy»; образец 10 – средство для мытья посуды «Лимон»; образец 11 – гель для душа «Oriflame».

Для определения водородного показателя в пробирки помещали твердые кристаллики сыпучих образцов, стружки мыла и растворяли в дистиллированной воде, к жидким объектам также приливали небольшое количество воды. Погружали универсальную индикаторную бумажку и регистрировали рН по окраске индикатора, сравнивали значение водородного показателя с цветом бумажки.

В ходе эксперимента установили, что для образцов с 1 по 6 включительно рН составил 12-11, что соответствует щелочной среде, а для образцов с 7 по 11 значение рН среды 6-7, нейтральная.

Аналогичный эксперимент проверили с другими индикаторами, фенолфталеин и метиловый оранжевый, результат подтвердился.



Ацетат ион гидрофобен, т.е. не реагирует с молекулами воды, однако может проникать в жир; а вот натрий обладает гидрофильными свойствами, т.е. интенсивно реагирует с водой. В результате указанного процесса, создается мицелла грязного жира, она может без затруднений смыться водой.

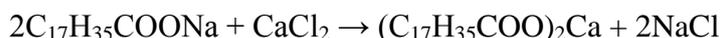
Определение влияния жесткой воды на объекты анализа.

В пробирки налили по 3-4 мл жесткой воды (раствора хлорида кальция). В каждую по каплям добавили растворы стиральных порошков, стружек мыла, и моющих средств, полученную смесь взболтали.

Для образцов 1-3, 6-7 и 9-11 наблюдали образование устойчивой пены, при чем не только порошки давали пену, но и растворы моющих средств и мыло «Весна».

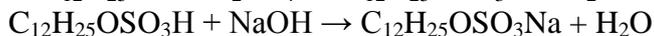
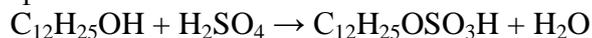
А вот для образцов 4 – порошок Миф, 5 – мыло хозяйственное и 8 – мыло «Palmolive» регистрировали выпадение хлопьев осадка.

Известно, что в жесткой воде мыло реагирует с растворимыми солями кальция и магния, что приводит к образованию хлопьев – нерастворимых солей кальция и высших карбоновых кислот:



Синтетические моющие средства лучше, чем мыло снижает поверхностное натяжение воды. Всё это позволяет сегодня СМС занимать лидирующие позиции на рынке моющих средств.

В ходе реакции получается лаурилсульфат, с последующим взаимодействием образуется натриевая соль лаурилсульфата.



Экологический аспект СМС, они активно обезжиривают кожу рук и способствуют образованию аллергических заболеваний и дерматитов. Стабильность молекул СМС к разложению, также является серьезным недостатком. Чем больше разветвлен углеводородный радикал, тем труднее бактериям к нему подобраться. Известно, что примерно около 30% массы стирального порошка составляют фосфаты, которые снижают жесткость воды. Попадая в сточные воды, а в последующем и в водоёмы, фосфаты оказывают серьезное развитие сине-зелёных водорослей, «цветение воды», и как следствие – гибель рыб и других водных обитателей.

#### Литература и источники

1. Николаев, П. В. Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств: учебное пособие / П. В. Николаев. – Иваново: ИГХТУ, 2007. — 116 с.

2. Чешкова, А. В. Ферменты и технологии для текстиля, моющих средств, кожи, меха: учебное пособие / А. В. Чешкова. — Иваново: ИГХТУ, 2007. — 282 с
3. Петрище, Ф. А. Синтетические моющие средства: потребительские свойства, нормирование, безопасность и эффективность использования: монография / Ф. А. Петрище, М. Н. Мальцева. — Москва: Дашков и К, 2014. — 150 с

УДК 537.226

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР В МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЛОЯХ НА ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ И ТАНТАЛАТА ЛИТИЯ

*Акиева Х. Б.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
akieva2000@bk.ru

*Работа посвящена изучению условий образования доменных структур в ионообменных приповерхностных слоях кристаллов ниобата лития и танталата лития при высокой концентрации вводимых примесей. Показано, что в случае дополнительной лазерной модификации таких слоев легко достижимо их разбиение на микродомены в освещаемой области, а в случае тяжелого дозирования дендритные домены могут появляться спонтанно при даже небольшом изменении температуры образцов. Эти результаты указывают на значительное уменьшение коэрцитивного поля в ионообменном слое локально легированных кристаллов ниобата и танталата лития.*

В настоящее время наблюдается большой интерес к созданию упорядоченных доменных структур на поверхности сегнетоэлектрических кристаллов, применяемых в нелинейной и интегральной оптике. К основным материалам современной интегральной фотоники по праву относятся кристаллы ниобата лития и танталата лития. Эти кристаллы со сформированной в них объемной регулярной доменной структурой применяются в оптических системах конверсии частоты лазерного излучения, а также в качестве датчиков различного назначения.

В данной работе микро- и нанодоменные структуры были сформированы в приповерхностных слоях  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$  и  $\text{Cu:H:LiTaO}_3$ , специально созданных на исходных подложках Z-среза номинально беспримесных исходных кристаллов методами ионного обмена. Для дополнительной лазерной модификации использована методика [1]. Экспозиция кристаллов сфокусированным лазерным пучком с длиной волны, подбираемой в пределах полосы поглощения примеси меди, проводилась с разными скоростями: 10 мм/с, 1 мм/с, 0,1 мм/с и 0,001 мм/с и глубинами погружения каустики: 0 мкм (т.е. на поверхности образца), 4 мкм, 8 и 12 мкм. Уже на этом этапе можно наблюдать формирование границ отдельных микродоменов в пределах области экспозиции.

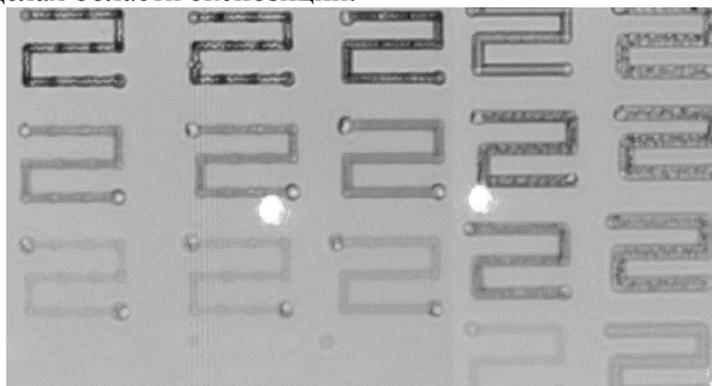


Рисунок 19. Кристалл НЛ после облучения лазерным пучком (слева-направо: скорость сканирования уменьшалась; сверху-вниз: увеличивалась глубина положения центра каустики)

Далее выполнено травление подготовленного образца в растворе плавиковой ( $\text{HF}$ ) и азотной ( $\text{HNO}_3$ ) кислот в соотношении 1:2. Травление продолжалось 24 часа при комнатной температуре ( $23^\circ\text{C}$ ). Ниже представлена фотография некоторых структур после травления.

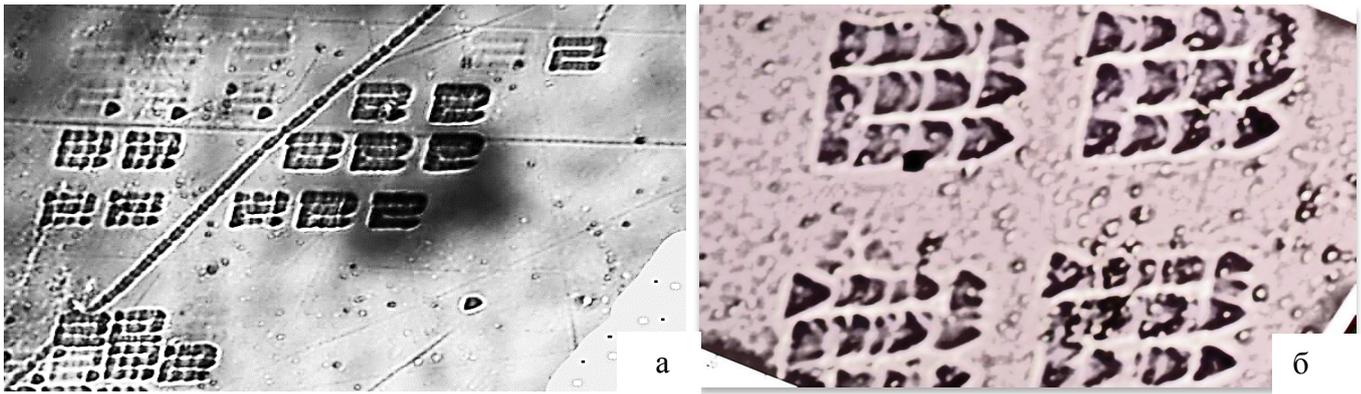


Рисунок 20. Образец  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$  после суточного травления в растворе  $\text{HF:HNO}_3(1:2)$ , (а) – обзорное изображение ряда структур, (б) - увеличенный фрагмент

На рисунке 2 можно видеть агрегаты изолированных микродоменов треугольной формы, расположенных строго по контуру области лазерной модификации в слое  $\text{Cu:H:LiNbO}_3$ . При продолжении травления доменная структура полностью исчезает, что означает ее локализацию исключительно в пределах ионообменного слоя по глубине вне зависимости от положения каустики при их лазерной записи.

В ионообменном слое  $\text{Cu:H:LiTaO}_3$  по завершении ионного обмена, спонтанно, за несколько минут сформировались разветвленные доменные структуры (дендритный тип). Процесс был запущен при изменении температуры кристалла на 50 градусов, путем размещения образца, находившегося при комнатной температуре на нагретой поверхности компонентов лабораторного оборудования.

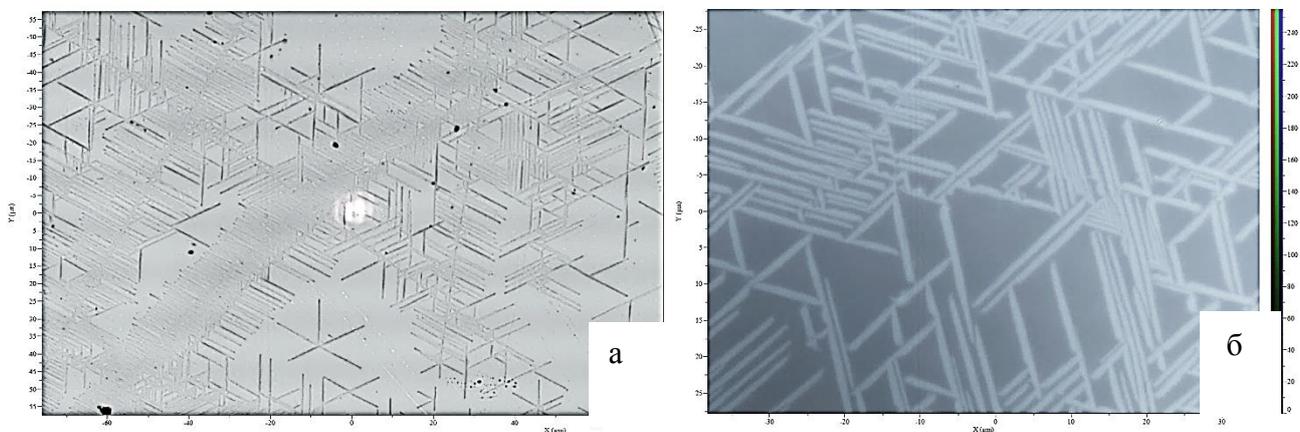


Рисунок 3. Образец  $\text{Cu:H:LiTaO}_3$ , (а) – обзорное изображение, (б) - увеличенный фрагмент

Полученные результаты указывают на многократное уменьшение величины коэрцитивного поля в полученном ионообменном слое кристаллов ниобата лития и танталата лития, что позволяет переходить к контролируемому формированию подобных структур в подобных образцах с позиций доменного инжиниринга.

### Литература и источники

1. Basnin P.P., et al., "Micro-optical structures written by photothermal method in a specially modified near-surface layer of lithium niobate crystals", Russian Physics Journal, V62, N4 (2019), pp. 732-734, DOI: 10.17223/00213411/62/4/154

УДК 544.454

**МИКРООЧАГОВАЯ МОДЕЛЬ ЛАЗЕРНОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЗРЫВНОГО  
РАЗЛОЖЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХ  
СВЕТОПОГЛОЩАЮЩИЕ НАНОЧАСТИЦЫ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ  
ПАРАМЕТРОВ ОБРАЗЦА ОТ РАЗМЕРА И ТЕМПЕРАТУРЫ**

*Газенаур Н.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
nikhasenauer@gmail.com

В работе представлены результаты моделирования самостоятельно ускоряющегося разложения вторичных взрывчатых веществ, содержащих светопоглощающие наночастицы, с учетом зависимости физико-химических параметров образца от размера и температуры на уровне, который позволяет оптимизировать экологические и производственные аспекты их использования для потенциального внедрения в исполнительные устройства различного назначения. В рамках модернизированной микроочаговой модели предложен пакет прикладных программ для расчета: коэффициента эффективности поглощения включений; зависимости коэффициента эффективности поглощения и критической плотности энергии от размеров наночастиц; температурного и временного распределения на границе энергетический материал - наночастица. Установлено, что сформированный за время порядка наносекунд очаг реакции взрывного разложения с течением времени смещается от наночастицы в объем вторичного взрывчатого вещества, что может быть связано с разницей значений их теплоемкости (низкого у энергетического материала и высокого у включения). Анализ температурных зависимостей (кинетики нагрева) на границе вторичное взрывчатое вещество – светопоглощающая наночастица показал, что резкий рост температуры системы, соответствующий тепловому взрыву, происходит при превышении критической плотности энергии; при значениях плотности энергии инициирования меньше критического наблюдается нагрев исследуемой системы с ее последующим остыванием.

Вторичные взрывчатые вещества в настоящее время широко используются в промышленности в связи со значительным удешевлением и ускорением проходческих работ. Однако негативными последствиями их использования являются техногенные катастрофы при эксплуатации, хранении и транспортировке вторичных взрывчатых веществ, сопровождающиеся негативными последствиями. Для изменения сложившейся ситуации необходимо применять при взрывных работах надежные и безопасные оптические детонаторы, селективно чувствительные к определенному типу воздействия, оптимизация аспектов использования которых в исполнительных устройствах различного назначения, в свою очередь, требует разработки механизма самостоятельно ускоряющегося разложения вторичных взрывчатых веществ, содержащих светопоглощающие наночастицы.

Добавки сильнопоглощающих светочувствительных наноразмерных включений, которые, как показано в работе, являются центрами поглощения энергии и излучения, значительно снижают критическую плотность энергии лазерного инициирования. При действии излучения на такие системы светопоглощающие наночастицы становятся центрами инициирования взрывного разложения, что позволило применить микроочаговую модель, в рамках которой написан пакет прикладных программ для моделирования инициирования. Рассчитаны: зависимости коэффициентов эффективности поглощения (учтен реальный коэффициент) критической плотности энергии от размеров наночастиц; минимальное значение плотности энергии, необходимое для инициирования взрывного разложения. Построены пространственное и временное температурные распределения на границе энергетический

материал – наночастица; проанализирована кинетика нагрева на ней. Показано, что для формирования очага реакции взрывного разложения требуется время порядка наносекунд; предложены возможные причины его смещения.

*Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Каленский А.В., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК: 564.171.8:544.522:544.032.52**

## **К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ ПОСЛЕ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ**

*Гусева Ю.Д., Латынов К.С., Кайтанова А.С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
juliakem1@mail.ru, latlev213@mail.ru, kaytanova-alina@mail.ru

В работе представлены результаты исследования влияния постоянного бесконтактного продольного и поперечного электрических полей различной интенсивности на колебательную стадию (пост-процессы) фотохимического разложения совершенных, с точки зрения реальной структуры, нитевидных кристаллов азида серебра, являющихся типичными представителями класса энергетических материалов. Показано ингибирующее влияние электрического поля на пост-процессы разложения. Анализ кинетических закономерностей протекания фотолиза в присутствии электрического поля показал значительное уменьшение, как амплитуды, так и длительности пост-процессов вне зависимости от интенсивности, полярности и направления вектора напряженности бесконтактного постоянного электрического поля. Экспериментально подтверждено предположение о том, что продольное постоянное бесконтактное электрическое поле способствует дрейфу, генерированных УФ-облучением носителей заряда из реакционных областей, что ведет к затуханию химической реакции. С помощью поперечного бесконтактного постоянного электрического поля можно менять величину приповерхностного изгиба зон в реакционных областях, что ведет также к уменьшению скорости химической реакции. Показана возможность «задавать рисунок» будущего разложения, как в анионной, так и в катионной подрешетках азиды серебра, регулируя напряженность бесконтактного электрического поля приложенного в момент облучения.

Экспериментальные [1-2] и теоретические исследования фотолиза азиды серебра (типичного представителя класса энергетических материалов [3]) показали протекание в них в колебательном режиме пост-процессов [1] длительное время (минуты) после внешнего воздействия. Модель твердофазного разложения азиды серебра включает ряд стадий (генерацию электрон - дырочных пар; их перенос в реакционной области (РО) поверхности кристалла; реализуемого в РО химической реакции по цепному механизму [1]), на протекание которые, как показали результаты последующих исследований [4] оказывают влияние электромагнитные поля разной интенсивности.

В настоящей работе проведено исследование влияния бесконтактного постоянного поперечного электрического поля напряженностью от 1 В/см до 10 В/см и бесконтактного постоянного продольного электрического поля напряженностью от  $10^{-4}$  В/см до 1 В/см на колебательную стадию (пост-процессы) фотохимического разложения нитевидных кристаллов (НК) азиды серебра, методика получения, физико-технические характеристики и размеры которых описаны в работе [4].

Для инициирования фотохимического разложения НК освещали УФ-светом в области собственного поглощения азиды (интенсивность освещения по данным актинометрии -  $1,924 \cdot 10^{15}$  квант/(см<sup>2</sup>·с)). Исследование кинетических закономерностей протекания пост-процессов оценивали по методике Хилла [5], фиксируя суммарный объем выделяющегося газообразного продукта разложения (молекулярного азота) с наиболее развитой грани НК, подвергнутого УФ-воздействию. Статистический разброс экспериментальных данных уменьшается,

если суммарный объем выделяющегося газообразного продукта относить к площади наиболее развитой поверхности кристалла.

Показано (см. рис. 1), что в присутствии, как постоянного бесконтактного продольного, так и поперечного электрических полей колебательная стадия фотолиза НК азида серебра «гасится» (уменьшается и амплитуда, и длительность пост-процессов). Отметим, что эффект «гашения» пост-процессов фотохимического разложения НК определяется не только длительностью действия электрического поля, но и его ориентацией относительно облучаемого образца. Так, например, в продольном бесконтактном электрическом поле напряженностью  $10^{-2}$  В/см амплитуда пост-процессов уменьшается примерно в 2 раза.

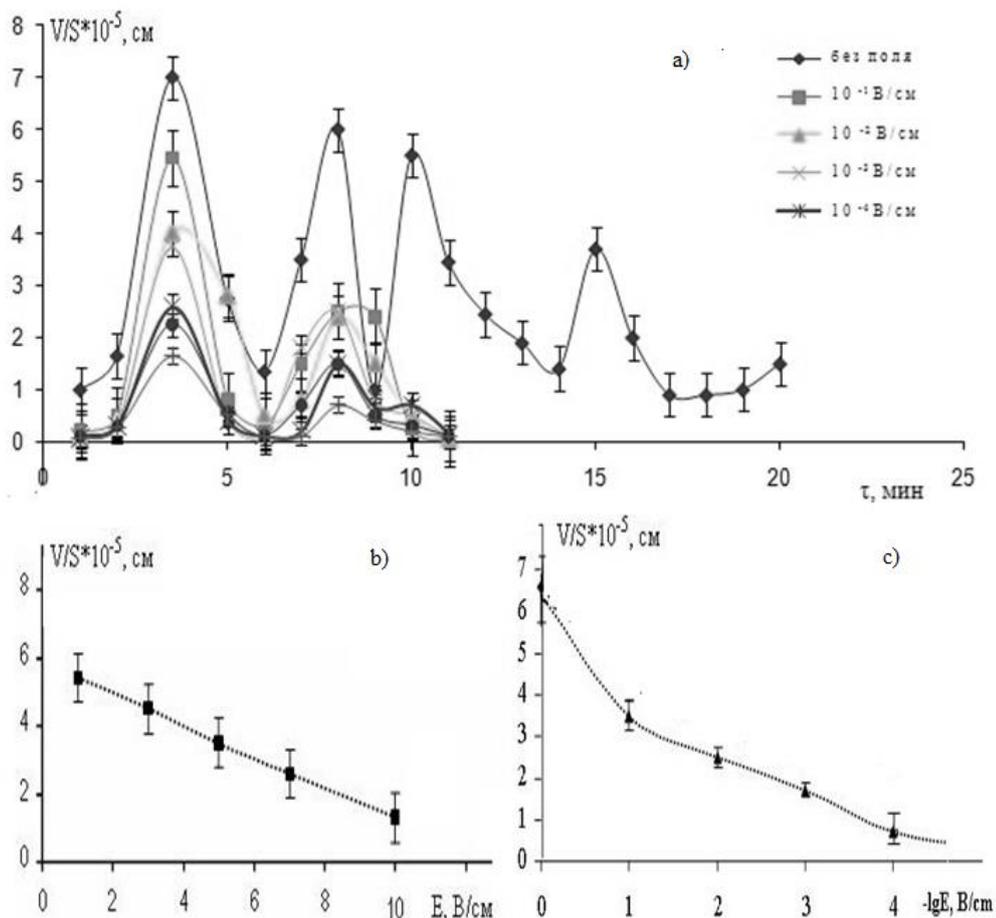


Рисунок 1. а) Кинетика пост-процессов фотохимического разложения НК азид серебра (без действия поля и совместно с бесконтактным продольным постоянным электрическим полем), б) и в) Зависимости суммарного объема выделяющегося газообразного продукта на первом максимуме пост-процессов от напряженностей поперечного и продольного бесконтактных электрических полей соответственно

Визуальные наблюдения в оптический микроскоп (увеличение на 120) за процессом разложения также показали возможность задавать «рисунок» будущего разложения (газовыделения после УФ-облучения), изменяя напряженность и полярность электрического поля, прикладываемого к исследуемому образцу в момент облучения.

Таким образом, результаты настоящего исследования свидетельствуют о возможности использования электрического поля в указанном диапазоне в качестве инструмента управления процессом фотохимического разложения НК азид серебра.

### Литература и источники

1. Крашенинин, В.И. О модели фотохимического разложения нитевидных кристаллов азидов серебра и свинца / В. И. Крашенинин, Е. Г. Газенаур, Л. В. Кузьмина, Д. С. Макеев. // Вестник ТГУ, 2006. - №19. - С. 100-103.
2. Krashenin, V.I. The Relaxation of Nonequilibrium Carriers of Charges in Photo- and Electroraised of Silver Azide / V.I. Krashenin, E.G. Gazenaur, A.P. Rodzevich, L.V. Kuzmina, and etc. // Russian Physicals Journal, 2012. – V. 55(11-3). – P. 87–91.
3. Багал, Л. И. Химия и технология иницирующих взрывчатых веществ / Л. И. Багал. - М.: Машиностроение, 1975. - 456 с.
4. Rodzevich, A.P. The Technology of Production and Treatment of Materials in the Electric Field / A.P. Rodzevich, E.G. Gazenaur and G.M. Belokurov. // Applied Mechanics and Materials, 2014 V. 682. – P. 206-209.
5. Heal, H.G. A microgazometric procedure / H.G. Heal. // Nature, 1953. – V. 172. – P. 30-32.  
*Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Газенаур Е.Г., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 537.311.1:541.182.023.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-ПЛАТИНА

*Захаров Н.С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии  
2metil4@gmail.com

В работе рассмотрен комплексный подход к исследованию морфологии частиц, их структурных характеристик и составов фаз на примере наноструктурированной системы железо-платина. При сочетании методов оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и рентгенофазового анализа было установлено, что при выбранных условиях синтеза формируется твёрдый раствор со структурой ГЦК-типа с предельной концентрацией железа  $11.6 \pm 0.7$  ат. %. Исходя из сопоставления данных полученных методами рентгенофазового и элементного анализов установлено, что в системе кроме дифракционно видимого твёрдого раствора формируется дифракционно невидимая фаза, богатая железом. Методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения показано, что размеры наблюдаемых частицы лежат в диапазоне от 1 до 15 нм, что согласуется с размерами областей когерентного рассеяния (от 7 до 9 нм), полученным из данных по уширению дифракционных рефлексов. Было показано, что помимо видимых на микрофотографиях нанокристаллов, в системе формируются бесформенные образования размерами 0.5-2 нм, которые примыкают к поверхности более крупных кристаллов. Естественно предположить, что наблюдаемые бесформенные образования являются частицами дифракционно невидимой фазы. Методом дифракции электронов, установлено, что дифракционно невидимой фазой является интерметаллид состава  $Fe_{12}Pt_{88}$  со структурой  $L1_2$ .

Наноразмерные и наноструктурированные биметаллические системы (НБС) на основе переходных металлов таких как Fe, Co в комбинации с благородными металлами Pt или Pd обладают рекордами значениями коэрцитивности в сочетании с высокими показателями намагниченности насыщения, а также высокой температурой Кюри. В связи с этим их применение возможно в качестве материалов для создания сред хранения информации сверхвысокой плотности, в биомедицинских целях (лазерная гипертермия злокачественных образований), а также для создания магнитов сверхмалого размера. Реализация описанных выше свойств возможна только при формировании в этих НБС нанокристаллов с узким распределением по размерам и с соотношением компонентов близким к 1:1 [1-4].

Наиболее распространённый способ получения наноструктурированной системы FePt является совместное восстановление водных растворов прекурсоров. При таком подходе основной проблемой является неравномерность процессов восстановления вследствие высокой разницы окислительно-восстановительных потенциалов между благородным и не благородным компонентами. В результате получаемая наноструктурированная система представляет собой неупорядоченный твёрдый раствор со структурой A1, обогащенный благородным компонентом и дифракционно невидимую фазу (ДНФ) с большим содержанием Fe [5, 6]. Перевод неупорядоченного твёрдого раствора в упорядоченные фазы возможен при нагревании, полученной системы, что может приводить к общему укрупнению системы и как следствие уменьшению её магнитных характеристик.

Целью настоящего исследования является комплексный подход к изучению особенностей фазового состава наноструктурированной системы FePt, основанный на сопоставлении данных элементного и рентгенофазового анализа с результатами просвечивающей электронной микроскопии.

Исследуемая в работе биметаллическая наноструктурированная система FePt была получена методом совместного восстановления щелочным раствором гидразин-гидрата водных растворов гексахлорплатината (IV) водорода и сульфата железа (II) в открытом термостатированном реакторе при 90 °С. Методом оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, выполненным на спектрометре iCAP DUO (США) были определены составы образцов: Fe<sub>13</sub>Pt<sub>87</sub>, Fe<sub>28</sub>Pt<sub>72</sub>, Fe<sub>54</sub>Pt<sub>46</sub>, Fe<sub>73</sub>Pt<sub>27</sub>. Данный ряд составов, согласно фазовой диаграмме [7], охватывает области существования неупорядоченного твёрдого раствора со структурой A1, интерметаллида FePt со структурой L1<sub>0</sub>, интерметаллидов Fe<sub>3</sub>Pt и FePt<sub>3</sub> со структурой L1<sub>2</sub>.

При исследовании образцов методом рентгенофазового анализа на порошковом дифрактометре Bruker D8 ADVANCE A25 (Германия) было установлено, что во всех образцах дифракционно видимой фазой (ДВФ) является ГЦК-твёрдый раствор железа в платине со структурой A1 (рис.1). Расчёт содержания железа выполняли по методике, описанной в [6] показал, что средняя концентрация железа в твёрдом растворе составляет 11.6± 0.7 ат. %, что согласуется с результатами, полученными в работах [5, 6].

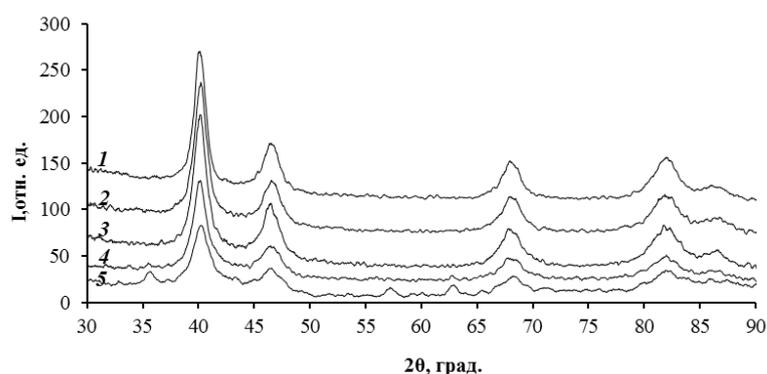


Рисунок 1. Рентгенограммы образцов FePt: Fe<sub>13</sub>Pt<sub>87</sub> (1), Fe<sub>22</sub>Pt<sub>78</sub> (2), Fe<sub>28</sub>Pt<sub>72</sub> (3), Fe<sub>54</sub>Pt<sub>46</sub> (4), Fe<sub>73</sub>Pt<sub>27</sub> (5)

Таким образом в полученных образцах наряду с твёрдым раствором с предельной концентрацией железа существует дифракционно невидимая фаза богатая железом. Стоит отметить, что количество данной фазы возрастает с ростом содержания железа.

Образцы исследовались методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) на микроскопе JEOL JEM-2100 (Япония). На ПЭМ-снимках образцов (рис. 2) наблюдаются частицы размерами от 1 до 15, что согласуется с размерами расчётов областей когерентного рассеяния (7-9 нм), полученным из данных по уширению дифракционных рефлексов (рис. 1).

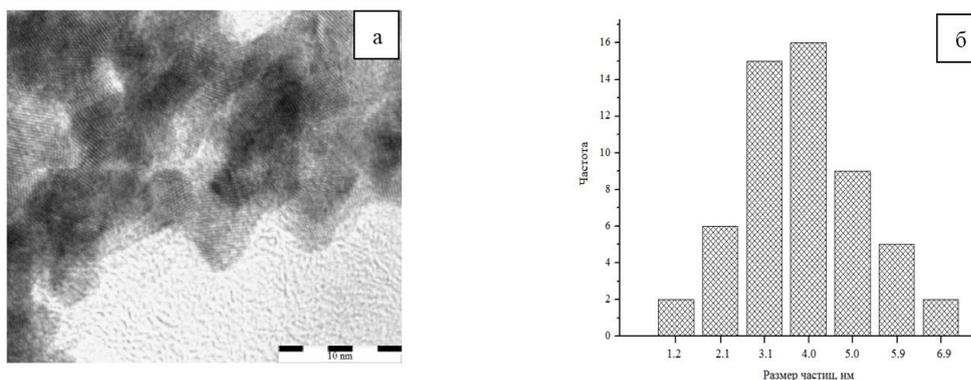


Рисунок 2. Типичные ПЭМ-микрофотографии (а) и распределение частиц по размерам на примере образца  $\text{Fe}_{13}\text{Pt}_{87}$

На ПЭМ-снимках образцов зачастую наблюдаются бесформенные образования размерами от 0.5 до 2 нм, которые примыкают к поверхности наночастиц. Стоит отметить, что их количество возрастает с ростом содержания железа образце в целом. Наблюдаемые образования естественно отнести к частицам ДНФ. Так в образце  $\text{Fe}_{73}\text{Pt}_{27}$  отчетливо фиксируются описанные выше структуры (на рисунке 2 а, отмечены стрелками). На представленной на рисунке 2 б электроннограмме фиксируется дифракционное кольцо (211), которое относится к кубической структуре  $L1_2$ . Расчёт состава по методике, изложенной в работе [6] даёт значение  $\text{Fe}_{88}\text{Pt}_{12}$ .

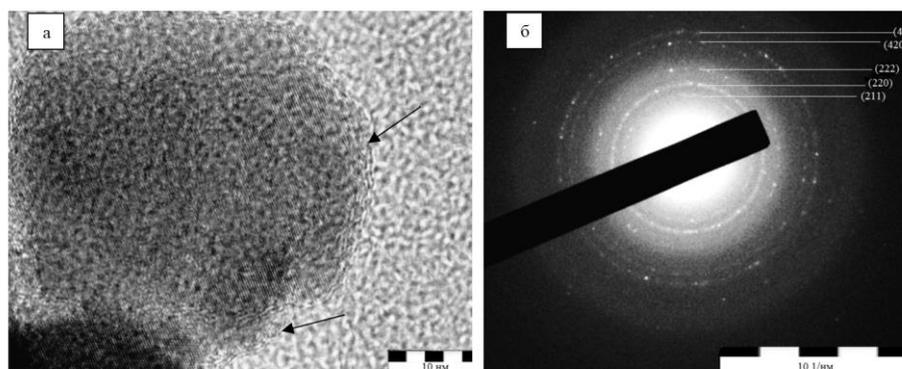


Рисунок 3. Фрагмент ПЭМ-снимка (стрелками отмечены бесформенные образования (ДНФ), окружающее частицы) (а) и электроннограмма (б) образца  $\text{Fe}_{73}\text{Pt}_{27}$

Таким образом дифракционно невидимой фазой в наноструктурированной системе FePt является интерметаллид  $\text{Fe}_{88}\text{Pt}_{12}$  со структурой  $L1_2$ . В последующих работах будут продемонстрированы результаты фазовых трансформаций, полученных образцов при нагревании их в высоком вакууме.

Работа выполнена с использованием оборудования КемЦКП ФИЦ УХХ СО РАН в рамках реализации государственного задания №121031500211-9. Автор выражает благодарность д.х.н, чл.-корр. РАН Захарову Ю.А., к.х.н. Поповой А.Н. и к.х.н. Пугачеву В.М. за помощь в получении экспериментальных результатов их интерпретации.

#### Литература и источники

1. Li D., Poudyal N., Nadwana V. et al. Hard magnetic FePt nanoparticles by salt-matrix annealing // Journal of applied physics. 2006. V. 99. №. 8. P. 08E911.

2. Rong C. B., Li D, Nandwana V et al. Size- dependent chemical and magnetic ordering in L10- FePt nanoparticles // *Advanced Materials*. 2006. Т. 18. №. 22. P. 2984-2988.
1. Elkins K., Li D., Poudyal N., Nandwana V., Jin Z., Chen K., Liu J. P. Monodisperse face-centred tetragonal FePt nanoparticles with giant coercivity // *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2005. V. 38. №. 14. P. 2306.
2. Rellinghaus B., Stappert S., Acet M., Wassermann E. F. Magnetic properties of FePt nanoparticles // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2003. V. 266, №. 1-2. P. 142-154.
3. Pugachev V. M. Zakharov Y. A., Popova A. N., Russakov D. M., Zakharov N. S. Phase transformations of the nanostructured iron-platinum system upon heating // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. V. 1749. №. 1. P. 012036.
4. Zakharov N.S., Pugachev V.M., Popova A.N. Platinum-rich solid solution in nanostructured FePt system // *Chemistry for sustainable development*. 2021. V. 29. № 5. P. 536-542
3. Лякишев Н. П. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник в 3 т. Т. 2. М.: Машиностроение. 1997. 1024 с.

**УДК 544.032.1**

## **ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ КРАЕВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ НА МАГНИТОПЛАСТИЧНОСТЬ И РАЗЛОЖЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ АЗИДА СЕРЕБРА**

*Кириллова Е.С., Копылова А.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет  
lena.kirillova.55@mail.ru, nastya0412ro04@yandex.ru

*В данной работе проведены исследования влияния плотности краевых дислокаций на магнитопластичность и разложение в нитевидных кристаллах азида серебра. В качестве способа изменения плотности краевых дислокаций выбрано механическое напряжение – локальное индентирование (использовали индентор из вольфрама с радиусом закругления 10 мкм и локальным давлением  $5 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>), который выставляли на образец в течение нескольких секунд под микроскопом. В качестве способа управления плотностью дислокаций на заданной грани кристалла выбрано магнитное поле с индукцией от магнитного поля Земли до 0,3 Тл. Магнитное поле создавали постоянными магнитами и измеряли с помощью миллитесламетра с чувствительностью  $10^{-5}$  Тл. Для наблюдения внешнего газовыделения в вазелиновое масло в момент действия механического напряжения либо магнитного поля, а в отдельных экспериментах их совместного действия, на один из концов кристалла выставляли индентор и наблюдали в окуляр микроскопа за выделением газообразных продуктов химической реакции (метод Хилла). Пузырьки газа (продукты разложения в анионной подрешетке) выделяются через 1 минуту после выставления индентора со всех граней кристалла, но преимущественно с боковых граней, как показывают многочисленные эксперименты – наиболее реакционноспособных. Длительность газовыделения зависит от времени воздействия. В области выставления индентора кристалл покрывается коллоидным серебром и наблюдается появление микро и макротрещин, это происходит в результате выхода на поверхность наиболее подвижных катионов серебра и дислокаций. Реакцию разложения можно стимулировать магнитным полем, действующим с механическим напряжением. В этом случае за более короткое время нарушается целостность образца в результате изменения дислокационной структуры и протекания химической реакции разложения.*

В настоящее время решение задач управления полезными физико-химическими свойствами материалов с помощью различных обработок, оказывающих непосредственное или опосредованное воздействие на дефектную структуру, по-прежнему является актуальным. Эта проблема также относится и к энергетическим материалам, что связано с улучшением

некоторых свойственных им рабочих характеристик, таких как стабильность и реакционная способность.

В настоящей работе продолжено исследование дислокационной структуры и реакционной способности одного из представителей энергетических материалов – нитевидных кристаллов азида серебра.

Азид серебра до настоящего времени считается модельным объектом в химии твердого тела. Этот объект представляет интерес для исследования магнитопластичности в связи с тем, что может находиться в двух состояниях – без подвижных дислокаций и с некоторым ограниченным числом способных перемещаться краевых дислокаций, которые легко визуализируются методом ямок травления либо порошковых фигур [1]. В качестве способа изменения плотности краевых дислокаций выбрано механическое напряжение – локальное индентирование (использовали индентор из вольфрама с радиусом закругления 10 мкм и локальным давлением  $5 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>), который выставляли на образец в течение нескольких секунд под микроскопом (Рис. 1).

Также отметим еще одну важную причину использования нитевидных кристаллов, которая состоит в том, что для механических испытаний инициирующих взрывчатых веществ макрообразцы – не безопасны.

В качестве способа управления плотностью дислокаций на заданной грани кристалла выбрано магнитное поле с индукцией от магнитного поля Земли до 0,3 Тл. Магнитное поле создавали постоянными магнитами и измеряли с помощью миллитесламетра с чувствительностью  $10^{-5}$  Тл.

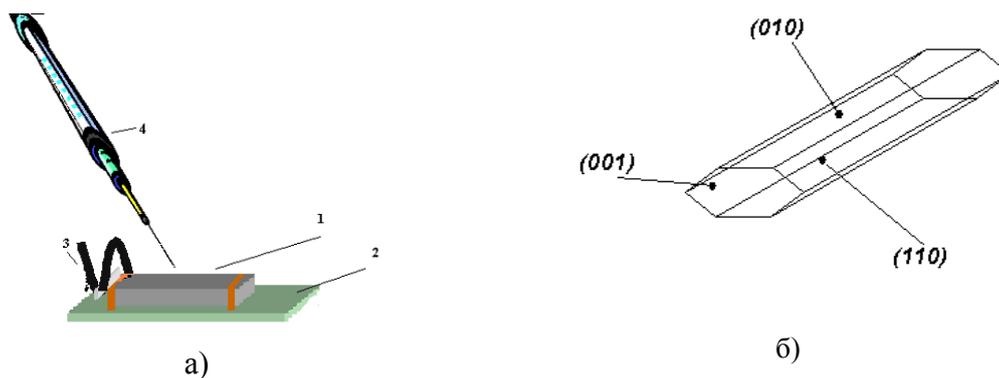


Рис. 1. Схема проведения экспериментов по индентированию образца (а): 1 – кристалл, 2 – стеклянная подложка, 3 – вольфрамовый индентор, 4 – дозатор; (б) – схематическое изображение кристаллографических граней и направлений в кристалле

Для наблюдения внешнего газовыделения в вазелиновое масло в момент действия механического напряжения либо магнитного поля, а в отдельных экспериментах их совместного действия, на один из концов кристалла выставляли индентор и наблюдали в окуляр микроскопа за выделением газообразных продуктов химической реакции (метод Хилла [2]). Газообразные пузырьки (продукты разложения в анионной подрешетке) выделяются со всех граней кристалла, но преимущественно с боковых граней, как показывают многочисленные эксперименты – наиболее реакционноспособных. Газовыделение начинается через одну минуту после выставления индентора и длится до 1 минуты. Разложение в катионной подрешетке фиксировали по почернению образца в области выставления индентора, это происходит в результате выхода на поверхность наиболее подвижных катионов серебра. Если длительное механическое напряжение будет превосходить прочность кристалла, то можно наблюдать появление микротрещины, видимой в оптический микроскоп с увеличением на 120. В этом же месте наблюдается выделение очень мелких пузырьков газа

(примерно 5 мкм в диаметре). Показано, что при индентировании до 3 секунд, внешнее газовыделение не наблюдается, при больших временах воздействия процесс разложения фиксируется данной методикой, но после 8 секунд происходит разрушение образца. Это говорит о том, что при наведении дислокаций определенной плотности, кристалл частично разлагается. Этот экспериментальный факт следует учитывать всегда, когда в образец вносят определенную неоднородность структуры без учета ее физической природы. Экспериментально показано, что эффект открепления дислокаций в магнитном поле зависит от наличия примеси с сильными магнитными свойствами, а также показано, что увеличение плотности дислокаций («лес дислокаций») не оказывает влияния на «магнитный порог магнитопластического эффекта». Таким образом, реакцию разложения можно стимулировать магнитным полем, действующим с механическим напряжением. В этом случае за более короткое время нарушается целостность образца в результате изменения дислокационной структуры и протекания химической реакции разложения.

#### Литература и источники

1. Крашенинин, В. И. Реакционная способность кристаллов азидов серебра в постоянном и переменном магнитных полях / В. И. Крашенинин, Л. В. Кузьмина, М.А. Дорохов, В. Е. Храмченко // *Материаловедение*. – 2005. – № 10. – С. 14–18.
2. Heal, H.G. A microgaseometric procedure / H.G. Heal // *Nature*. 1953. – V.172. – P. 30.  
*Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Кузьмина Л.В., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 544.0154

### ПОЛУЧЕНИЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, НАПОЛНЕННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ

*Моисеева А.И.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» Россия, Кемерово  
alisa.moiseeva.00@list.ru

*В наше время большой научный и практический интерес представляют нанотрубки (НТ). Благодаря особенностям своего строения НТ имеют уникальные физико-химические и механические свойства. Наиболее популярным и актуальным стало использование углеродных нанотрубок (УНТ), наполненных металлом. Вследствие чего следует отметить, что металл находящийся в НТ в небольшом размере значительно отличается свойствами от макроскопического металла, и при взаимодействии с углеродом изменяются некоторые его свойства. На основе этих факторов были проанализированы литературные источники и научные статьи с примерами получения нанокомпозитов «металлическое ядро – углеродная оболочка». Представленные в литературе синтезы являются технически сложными в плане аппаратуры и используемых реактивов. Проанализировав, составив свой ход синтеза и проведя систематическую работу, полученные образцы были исследованы последующим набором физико-химических методов.*

В последние годы активно продвигается исследование наноматериалов. Одним из перспективных направлений являются одностенные углеродные нанотрубки (ОСНТ), которые представляют собой полый бесшовный цилиндр, без дефектов от 0,4 до нескольких нанометров в диаметре и до нескольких сотен микрометров. НТ, которые наполнены металлом или их сплавами (электропроводящими, оптическими или магнитными) образуют новый класс нанокомпозитов, применяемых в качестве активных элементов электронных устройств и цепей, обладающих высокой проводимостью и ферромагнетизмом. [1]

Работа посвящена поиску литературных данных и на этой основе и выбору метода синтеза наполненных наночастицами одностенных углеродных нанотрубок.

Подбор оптимального способа синтеза включал в себя обзор литературных и интернет-источников, научных статей и постановку пробного эксперимента. Провели анализ современных методов [например, 2-7] заполнения внутренних каналов одностенных углеродных нанотрубок. Наиболее интересные из них:

1. При температуре 20-100°C УНТ помещают в раствор азотной кислоты. После промывают нейтральным реагентом и проводят сушку при 100-120°C. Далее, НТ насыщают водным раствором соли данного нам металла. Композит «УНТ- соль соответствующего металла» получают выпариванием жидкости из смеси, используя металлическую мешалку с подогревом. Полученные НТ сушат, нагревают в инертной смеси и выдерживают в среде метано-водородной смеси. При выдержке в выше перечисленных средах на поверхности УНТ образуется нитрат металла, разлагающийся до оксида металла, и далее до металла. В результате чего получают нанокompозиты с соответствующим металлом. [7]

2. При получении нанокompозитного материала на основе азотосодержащих УНТ с инкапсулированными наночастицами кобальта или никеля, используют метод основанный на введении раствора хлоридов, ацетатов или ацетилацетонатов кобальта или никеля в толуоле в смеси с этанолом. Также добавляется триметиламин при температуре 580 – 630°C и помещают в высокотемпературный герметичный проточный реактор, продуваемый инертным газом. [8]

Отталкиваясь от изученных научных источников, нами был предложен свой способ получения углеродных нанотрубок наполненных наночастицами Fe-Pt:

Навеску углеродных нанотрубок, помещенные в пробирку Эппендорфа, промываем ультразвуком. После, добавляем царскую водку. Отмываем УНТ на воронке Бюхнера. Далее, добавляем кристаллогидрат и раствор платинохлористоводородной кислоты для дальнейшего заполнения нанотрубок, помещаем пробирку в ультразвук. Полученный образец промываем и сушим на открытом воздухе.

Полученные образцы были исследованы следующим набором физико-химических методов (рентгенофазовый анализ, малоугловое рентгеновское рассеяние, просвечивающая электронная микроскопия). На рисунке 1 представлена фотография УНТ наполненные наночастицами Fe-Pt полученные синтезом, описанным выше. Снимок сделан во время метода просвечивающей электронной микроскопии. [9-14]

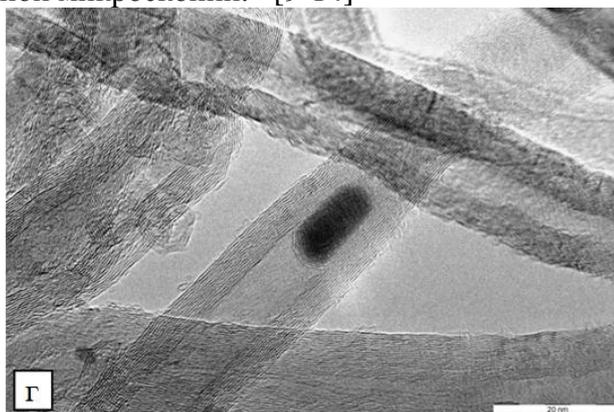


Рисунок 1 Углеродные нанотрубки, наполненные частицами Fe-Pt

#### Литература и источники

1. Geekometr [Электронный ресурс]. URL: <https://geekometr.ru/statji/grafenovye-nanotrubki-primenenie.htm>
2. Елисеев А.А. Способы получения и свойства одностенных углеродных нанотрубок, заполненных неорганическими соединениями / А.А. Елисеев, М.В. Харламова, М.В.

- Чернышева – г. Москва: Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского, 2009. – 901-906 с.
3. Чернышева М.В. Синтез и исследование нанокристаллов во внутренних каналах одностенных углеродных нанотрубок / М.В. Чернышева, Е.А. Киселева, А.А. Елисеев – г. Москва: Факультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова, 2008. – 23-24 с.
  4. Елисеев А.А. Заполнение каналов одностенных углеродных нанотрубок нанокристаллами FeCl<sub>3</sub> и FeI<sub>2</sub> / А.А. Елисеев, М.В. Харламов, М.В. Чернышев – Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2009. – 126 -127 с.
  5. Ефимов М.Н. Получение и структура каталитических нанокompозитных углеродных материалов содержащих металлы платиновой группы / М.Н. Ефимов, Л.М. Земцов, Г.П. Карпачева – Вестник МИТХТ, 2008. – Т. 3. – 71 с.
  6. Пирский Ю.К. Биметаллические палладиевые электрокатализаторы на основе углеродных нанотрубок и хлоридов Co, Ni, Fe / Ю.К. Пирский, О.С. Крупенникова – Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, 2013. – Т. 26. 249 – 250 с.
  7. Рябых В.В. Способ получения нанокompозитных материалов на основе медной матрицы / Свидетельство о государственной регистрации № 2015148902 от 13.11.2015. – М.: Роспатент, 2015.
  8. Савилов С.В. Нанокompозит на основе азотосодержащих углеродных нанотрубок с инкапсулированными частицами кобальта и никеля и способ его получения / Свидетельство о государственной регистрации №20101485545/05 от 29.11.2010. – М.: Роспатент, 2010.
  9. Бобров А.И. Устройство и принцип работы просвечивающего электронного микроскопа высокого разрешения / А.И. Боброва, А.В. Пирогова – г. Нижний Новгород: Электронное учебно-методическое пособие под редакцией профессора Д.А. Павлова, 2012.
  10. Захаров Ю.А. Получение наноструктурированных композитов на основе высокопористых углеродных матриц, наполненных Ni или Ni(OH)<sub>2</sub>, и определение факторов, влияющих на их физико-химические свойства / Ю.А. Захаров, Р.П. Колмыков – г. Кемерово: Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук, 2014. – 31 – 33 с.
  11. Куленкова А.О. Рентгенографическая диагностика твердых тел / А.О. Куленкова – г.Пенза: Пензенский государственный университет, 2017.
  12. Васильев Е.К. Качественный рентгенофазовый анализ /Е.К. Васильев, М.М. Нахмансон – г. Новосибирск: Наука, 1986.
  13. Недома И.Н. Расшифровка рентгенограмм порошков / И.Н. Недома - г. Москва: Металлургия, 1975.
  14. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронно-оптический анализ / С.С.Горелик, Л.Н. Расторгуев, Ю.А. Скаков - г. Москва: Металлургия, 1970.

*Научный руководитель – к.х.н., доцент Корчуганова К.А., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».*

#### **УДК 544.015.4**

### **ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НАПОЛНЕННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ Fe-Pt**

*Плотников Д.И.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» Россия, Кемерово  
dmitrij.plotnikov.2000@mail.ru

Углеродные нанотрубки имеют достаточно широкую область применения в разных областях материаловедения, но благодаря заполнению их 3d-металлами данная область существенно расширяется (транзисторы, микросхемы, электрокатализаторы и т.д.). В ходе

решения проблем по выбранному направлению были изучены и структурированы методики получения углеродных нанотрубок, наполненных наночастицами Fe-Pt, а также предложен и осуществлен наиболее оптимальный метод синтеза частиц.

В последние десятилетия набирают обороты исследования по различным наноразмерным системам [1-10]. Одними из интересных с точки зрения применения служат углеродные нанотрубки (далее УНТ), наполненные наночастицами Fe-Pt, которые, кроме всего прочего, вызывают особенное внимание у исследователей также ввиду своей относительной дешевизны и особых свойств. Среди наиболее актуальных направлений использования данных наноструктур можно выделить следующие:

- потребление для накопления и хранения водорода;
- использование в роли элементов транзисторов нового поколения;
- создание элементов микросхем меньше 10 нанометров;
- создание доступных и дешевых электрокатализаторов топливных элементов;
- применение в качестве активных элементов электронных устройств и цепей и другие.

В литературных источниках описано множество способов внедрения биметаллических ядер в УНТ. Наиболее перспективные для дальнейшего использования методы представлены ниже.

**1.** Требуемое количество тетрахлооропалладоата калия  $K_2PdCl_4$  берут из соответствия 15% по палладию к УНТ. Водные растворы хлоридов металлов (Co (II), Ni (II) или Fe (III)) берут из расчета металлов к палладию 1:3, затем вместе с углеродными нанотрубками обрабатывают ультразвуком. Полученную в ходе проведения опыта систему УНТ с хлоридами металлов сушат на воздухе сутки при комнатной температуре.

Далее берут навеску полученных нанокмозитов и помещают в трубчатый кварцевый реактор, через который пропускают водород и аргон в соотношении 1:4. Реактор постепенно нагревают до следующих температур: 300, 500, 700, 900°C. Последнюю температуру держат в течении часа, затем снижают до комнатной [1].

**2.** Прекурсоры готовят путём растворения в N,N-диметилформамиде 1-(2-пиридилазо)-2-нафтола и хлоридов платины (IV)  $PtCl_4$  и рутения (III)  $RuCl_3$ . Количественное отношение платины к рутению в смеси составляет 9:1. При приготовлении прекурсоров, содержащих многостенные УНТ, вводят дополнительную стадию ультразвукового измельчения в растворе смеси 1-(2-пиридилазо)-2-нафтола и солей металлов в течении 1 часа.

Приготовленные растворы подвергают ИК-отжигу, процесс которого выполняют в 2 стадии: подготовительный отжиг на воздухе при 150 и 200°C в течении 15 минут на каждую температуру и основной отжиг в инертной атмосфере при необходимой интенсивности ИК-излучения. Интенсивность основного отжига лежит в пределах от 400 до 1000°C, время основного отжига варьируется в промежутке от 10 до 120 секунд [2].

**3.** В воду помещают УНТ в присутствии цетилтриметиламмония бромида  $C_{19}H_{42}BrN$  и обрабатывают ультразвуком при комнатной температуре 3 часа. Далее добавляют водные растворы солей палладия и нужного металла (Ni (II), Co (II) или Fe (III)) и обрабатывают ещё 1 час.

В другой стакан последовательно помещают тетраэтоксисилан  $Si(OC_2H_5)_4$ , метилтриэтоксисилан  $CH_3(OC_2H_5)_3$ , воду, водный раствор щавелевой кислоты, этиловый спирт. К полученной смеси прибавляют ранее полученный раствор и перемешивают при комнатной температуре 4 часа.

Далее берут навеску (не более 100 мг) полученного геля и помещают в трубчатую кварцевую печь, через которую пропускают аргон и постепенно нагревают до требуемой температуры. При таких условиях навеску выдерживают в течении 1 часа, затем снижают температуру до комнатной. Температуры нагрева печи: 250, 350 и 600°C [3].

В ходе анализа литературы были также отобраны и структурированы и другие методы получения [4-10], которые представляют не меньший интерес у исследователей.

Для постановки эксперимента был выбран метод синтеза наполненных УНТ, основанный на капиллярном явлении, то есть заполнении трубок раствором прекурсоров (кристаллогидрат  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и раствор платинохлористоводородной кислоты  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$ ) в присутствии ПАВ (поливинилпироллидон) в ультразвуке и восстановление гидразингидратом в щелочной среде.

Полученный образец направлен на комплекс физико-химических методов исследования (просвечивающая электронная микроскопия, малоугловое рентгеновское рассеяние, рентгенофазовый анализ). На рисунке 1 представлена фотография УНТ, наполненных наночастицами Fe-Pt, полученная методом просвечивающей электронной микроскопии.

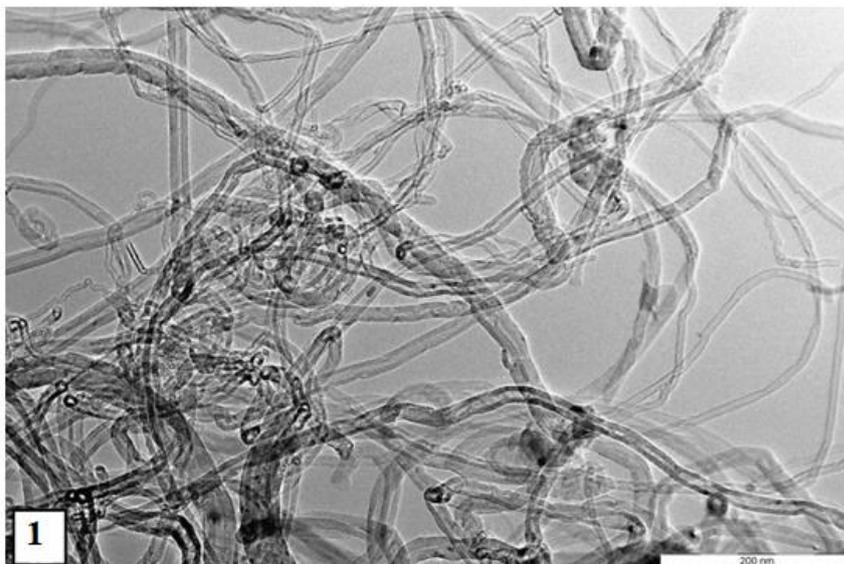


Рисунок 1. УНТ, наполненные частицами Fe-Pt

Работы в этом направлении будут продолжены.

#### Литература и источники

1. Пирский, Ю.К. Биметаллические палладиевые электрокатализаторы на основе углеродных нанотрубок и хлоридов Co, Ni, Fe / Ю.К. Пирский, О.С. Крупеникова // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2013. – №. 2. – С. 248–255.
2. Ефимов, М.Н. Получение и структура каталитических нанокompозитных углеродных материалов, содержащих металлы платиновой группы / М.Н. Ефимов, Л.М. Земцов, Г.П. Карпачева [и др.] // Вестник МИТХТ. – 2008. – том 3. – № 1. – С. 66–69.
3. Пирский, Ю.К. Гибридные Pd-M (M= Ni, Co, Fe) кремнезем-углеродные электрокатализаторы восстановления кислорода / Ю.К. Пирский, В.М. Огенко, Л.Ф. Шаранда [и др.] // Ученые записки Таврического федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2013. – №. 4. – С. 323–333.
4. Чернышева, М.В. Синтез и исследование нанокристаллов во внутренних каналах одностенных углеродных нанотрубок / М.В. Чернышева, Е.А. Киселева, А.А. Елисеев [и др.] // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2008. – Вып. 1 (57). – С. 22–29
5. Kozlov, V. V. Nanocomposites based on carbon nanotubes and Cu (Ni) nanoparticles / V. V. Kozlov, G. P. Karpacheva, Yu. M. Korolev // XI Internat. Conf. «Hydrogenmaterials science and chemistry of carbon nanomaterials» (ICHMS'2009). – Киев: АНУ, 2009. – P. 724–725.
6. Харламова, М.В. Донорное легирование одностенных углеродных нанотрубок путем заполнения каналов серебром / М.В. Харламова, Ниу Дж. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2012. – том 142. – Вып. 3 (9). – С. 547–555.

7. Способ направленного заполнения одностенных углеродных нанотрубок тугоплавкими полупроводниковыми соединениями путем проведения химической реакции в каналах нанотрубок [Текст]: пат. 2397946 Рос. Федерация: МПК7 В 82 В 3/00, В 29 С 35/00 / Елисеев А.А., Киселев Н.А., Киселева Е.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Институт кристаллографии имени А.В. Шубникова Российской академии наук. – N 2007148047/28; заявл. 25.12.07; опубл. 27.08.10, Бюл. N 24.

8. Нанокompозит на основе азотсодержащих углеродных нанотрубок с инкапсулированными частицами кобальта и никеля и способ его получения [Текст]: пат. 2546154 Рос. Федерация: МПК7 С 01 В 31/02, В 82 В 3/00, В 82 Y 30/00 / Савилов С.В., Лунин В.В., Иванов А.С. [и др.]; заявители и патентообладатели Савилов С.В., Лунин В.В. – N 2010148545/05; заявл. 29.11.10; опубл. 10.04.15, Бюл. N 10.

9. Способ получения нанокompозитных материалов на основе медной матрицы [Текст]: пат. 2625692 Рос. Федерация: МПК7 С 22 С 9/00, С 22 С 47/14, С 22 С 101/10, С 22 С 49/04, В 82 Y 30/00 / Рябых В.В.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Карбон тех». – N 2015148902; заявл. 13.11.15; опубл. 18.07.17, Бюл. N 20.

10. Елисеев, А.А. Способы получения и свойства одностенных углеродных нанотрубок, заполненных неорганическими соединениями / А.А. Елисеев, М.В. Харламова, М.В. Чернышева [и др.] // Успехи химии. – 2009. – том 78. - №.9. – С. 901–923.

*Научный руководитель – к.х.н., доцент Корчуганова К.А., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».*

**УДК 661.183**

## **МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЫ**

*Помесячная Е. С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

pomesyachnaya2016@yandex.ru

*В представленной работе описаны свойства магнитного углеродного сорбента, полученного по предложенной ранее методике нанесения магнетита. Данный метод основан на реакции термического разложения лабильной соли двухвалентного железа, в данном случае оксалата железа (II). В качестве матрицы использовались активированные угли марки БАУ-А и АГ-3, размер частиц составил 0,1-0,5 мм. Полученный сорбент обладает магнитными свойствами. Нанесение железа доказано с помощью рентгенофлуоресцентного анализа, фаза магнетита – рентгеноструктурным методом. Модифицированный данным способом пористый углеродный материал сохраняет свои сорбционные характеристики в сравнении с чистым углем, что подтверждает адсорбция насыщенных паров бензола и красителя метиленового синего из водного раствора. Также в ходе исследования было выявлено, что образцы на основе угля марки БАУ-А лучше сохраняют свои сорбционные характеристики, в сравнение с образцами на основе угля марки АГ-3. Исследование актуально для отраслей, которые занимаются очищением поверхности воды и земли от различного рода загрязнений, потому что такого рода сорбенты можно беспрепятственно удалить после эксплуатации при помощи внешнего постоянного магнитного поля. Преимущество данной методики это отсутствие инертной атмосферы, что делает ее более простой в реализации.*

В связи с экологической обстановкой идет активный поиск сорбционных материалов, которые бы обеспечили качественное очищение различных поверхностей от загрязнений. Одним из немаловажных аспектов в эксплуатации таких материалов, является возможность быстро убрать сорбент после очистки от загрязняющих веществ. Опираясь на это условие, особое место занимают пористые тела с магнитными свойствами.

Сфера применения магнитных сорбентов распространяется на фармацевтическую промышленность, где магнитные сорбенты участвуют в процессе выделения популяций клеток, субклеточных культур, белков и ДНК [3]. Магнитные материалы на основе оксидов железа все шире применяются для очищения вод от загрязняющих веществ методом магнитной сепарации [4].

**Целью работы** является исследование свойств магнитного сорбента синтезированного на основе активированных углей марок БАУ-А и АГ-3 .

В качестве исходных реактивов применяли  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (х. ч) и  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (х. ч). Модельной углеродной матрицей служил активированный уголь марки БАУ-А (ГОСТ 6217–74, ЗАО «Вектон») и АГ-3, который был механически измельчен и разделен на фракции. В синтезе использовали уголь размером от 0, 1 мм до 0, 5 мм. Метод синтеза приведен в работе [5].

После проведения синтеза полученный порошок обладает магнитными свойствами и черным цветом без оттенков (рис. 1), что свидетельствует об отсутствии маггемита, который имеет кирпичный оттенок. Также на основе исследования [6] можно утверждать, что температуры, которая используется в ходе синтеза, недостаточно для образования вюститита.

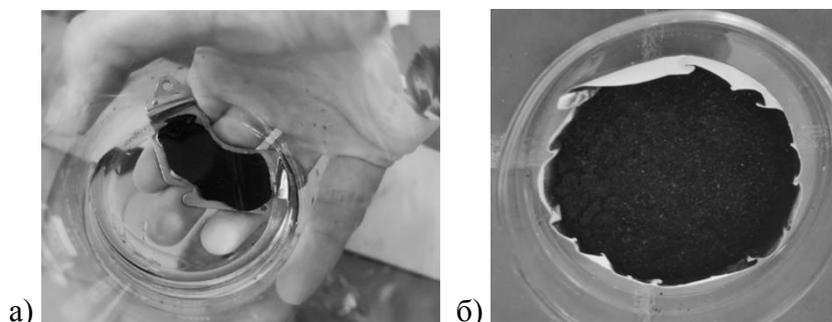


Рисунок 1. Углеродный материал, притягивающийся к постоянному магниту (а) и фильтр с полученным магнитным сорбентом (б)

Для определения состава минеральной составляющей на полуколичественном уровне использовался рентгенофлуоресцентный метод анализа (РФА). Исходный активированный уголь содержал медь ( $<0.1\%$ ), железо ( $0.09 \pm 0.04\%$ ), марганец ( $0.08 \pm 0.03\%$ ) и цинк ( $0.04 \pm 0.02\%$ ). После функционализации поверхности содержание железа возрастает до  $6.0 \pm 1.3\%$ , что является подтверждением осаждения магнетита на поверхность БАУ-А (Рис.2.а)

На рентгенограммах обоих образцов регистрируются широкие пики в диапазоне углов  $15-35^\circ$  и  $40-45^\circ$ , характерные для углеродных турбостратных структур. Основным компонентом минеральной составляющей является диоксид кремния. На рентгенограмме полученного магнитного сорбента регистрируются рефлексы фаз смешанного оксида железа — магнетита (Рис. 2.б).

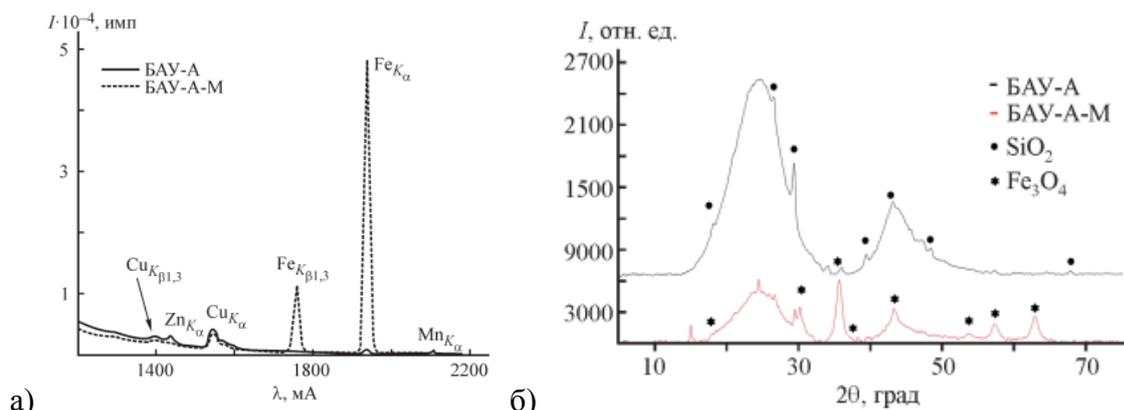


Рисунок 2. а- Рентгенофлуоресцентный спектр и б- Порошковые диффрактограммы

Текстурные характеристики пористых образцов определены методом низкотемпературной адсорбции азота. Удельный объем пор и их средний радиус остаются неизменными.

Для характеризации сорбционных свойств продукта применялись методы адсорбции насыщенных паров бензола и красителя метиленового синего из водного раствора. Уменьшение сорбционных свойств для БАУ-А после нанесения  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  составляет 10%, а для АГ-3 порядка 26%. Что говорит о преимуществе использования угля марки БАУ-А.

**Вывод.** Предложенный ранее способ нанесения магнетита на углеродную матрицу, заключающийся в термическом разложении соли железа (II), приводит к продукту, действительно содержащему магнетит, сорбционные характеристики которого близки к параметрам исходного материала.

### Литература и источники

- Gao X., Zhang Y., Dai Y., Fu F. High-performance magnetic carbon materials in dye removal from aqueous solutions // *Journal of Solid State Chemistry*. 2016. V. 239. P. 265–273.
  - Пат. РФ 2626363 (опубл. 2016). Способ получения магнитного композиционного сорбента для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов.
  - Gupta A.K., Gupta M. Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications. // *Biomaterials*. 2005. V. 26. P. 3995 – 4021.
  - Ambashta R.D., Sillanpaa M. Water purification using magnetic assistance: A review. // *J. Hazard. Mat.* 2010. V. 180. P. 38 – 49.
  - Помесячная Е.С. «Получение магнитного сорбента на основе БАУ-А» // *Фундаментальные и прикладные исследования в физике, химии, математике и информатике. Материалы симпозиума в рамках XVI (XLVIII) Международной научной конференции студентов и молодых ученых "Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей"*, приуроченной к 300-летию Кузбасса. Сост. Ю.А. Степанов, С.Ю. Завозкин. Кемерово КеМГУ 01–30 апреля 2021 Издательство: Кемеровский государственный университет (Кемерово). С. 92 - 94.
  - Hermanek M., Zboril R., Mashlan M., et al. Thermal behaviour of iron(II) oxalate dihydrate in the atmosphere of its conversion gases // *J. Mater. Chem.* 2006. V. 16. P. 1273–1280.
- Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Звекон А.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

# НИТ В СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И В ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТАХ

УДК 81`32 : 519.765

## ЧИСЛЕННЫЕ И НЕЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕКСТОВ

*Абдукамилов-Арин Р. Т.*

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека  
spanta8@yandex.ru

*Аннотация. В статье исследованы особенности вербальных и музыкальных текстов математическими численными и нечисленными методами – функционально-аналитическими, матричными, графами. Обнаружены закономерности в текстах и предложены соответствующие реконструкции.*

Предмет, цель и методы. Предмет – тексты IE – Y-28.5, Y-34.2, Y-47, Yt-1, Av, Sh-N, S-H-B, SF, BD, Edda, IS. Цель: на основе анализа текстов, синтеза промежуточных результатов обнаружить закономерности генезиса моделей MZ и особенностей текстов. Методы: математические – численные и нечисленные – функционально-аналитические, матричные, графы. Предыдущие исследования: [1], [2].

Графики функционально-аналитических моделей  $H(t)$  для MZ текстов изображены на рис. 1, 2, 3.

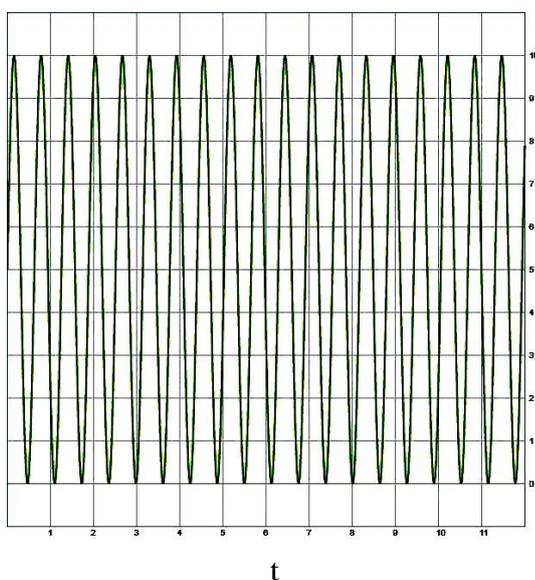


Рисунок 1. Модель  $H(t)$  для MZ(Av)

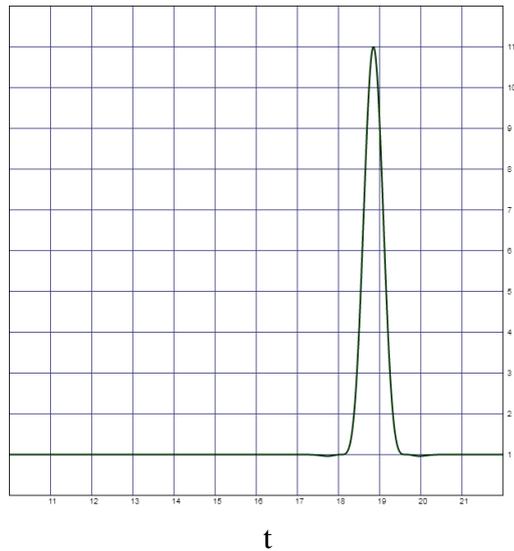


Рисунок 2. Модель  $H(t)$  для  $MZ(Sh-N, S-H-B)$

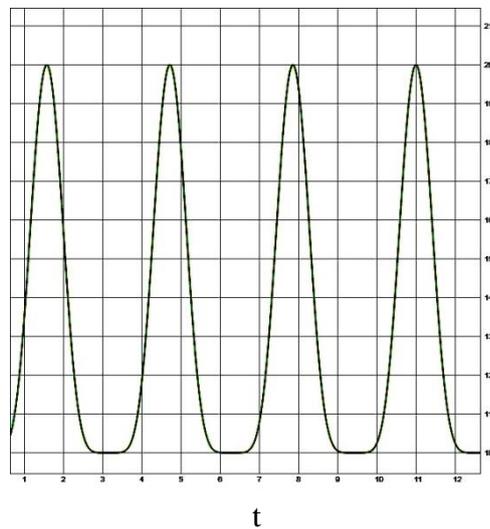


Рисунок 3. Модель  $H(t)$  для  $MZ(SF, BD, Edda, IS)$

Матричные модели текстов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Особенности текстов

| Признаки  | IE                  |                 |              |                                       |                  |               |
|---|---------------------|-----------------|--------------|---------------------------------------|------------------|---------------|
|   | Av                  | Sh-N, S-H-B     | SF           | BD                                    | Edda             | IS            |
| Доля важных событий в тексте от общего количества событий | Максимальная        | Минимальная     | Максимальная | Максимальная                          | Максимальная     | Средняя       |
| Ландшафт  | Лес Razuga          | Степи, горы     | Лес          | Равнина, море                         | Равнина, море    | Равнина, море |
| Доминир. принцип  | Mazda —<br>Мудрость | Хшайя —<br>Сила | Добро        | Veseliba—<br>Обеспечение,<br>здоровье | Rto —<br>Порядок | Красота       |
| Доминир. часть речи                                       | Все                 | Сущест-         | Прилаг. —    | Прилаг.                               | Глаг.            | Прилаг. —     |

|  |   |                |                           |                         |                       |                                     |
|--|---|----------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
|  | главные   | вительные      | добрый,<br>красная        |                         |                       | огненный,<br>активный               |
| Цвет   | Spenta,<br>Sraeta —<br>белый  | Огненный       | Красная                   | Белая                   | Красный               | Рыжий                               |
| Грамм. род доминиру-<br>ет персон  | Гармония<br>родов   | Муж. —<br>боец | Женс. —<br>девица         | Женс. —<br>Saule, Laime | Муж. —<br>Odinn, Thor | Женс. —<br>Emer, Maha,<br>Morri-gan |
|  | Av — гармония родов женск. — ранн. Mazdā, Haurvatat-, Ameretat-, Spentā Armaiti-, средн. Арта-, Хшатра-, мужск. поздн. Мазда-, Манас- |                |                           |                         |                       |                                     |
| Доминир. сословный<br>принцип  | Мудрец,<br>певец,<br>жрец   | Боец           | Мудрая<br>волшеб-<br>ница | Красивая<br>волшебница  | Боец                  | Пастухи,<br>богини                  |
| Доминир.<br>музыкальный принцип  | Гармония  | Монодия        | Легато                    | Легато                  | Синкопа               | Черес-<br>полосица                  |
| Av — гармония, полифония, многоголосие, Y.29, Y.53 — аккордный, оперный, распределение по персонажам |   |                |                           |                         |                       |                                     |
| Sh-N, S-H-B — монодия, концентрический, моноцентрический   |   |                |                           |                         |                       |                                     |
| SF — легато, распределение по персонажам   |   |                |                           |                         |                       |                                     |
| BD — легато, распределение по персонажам   |   |                |                           |                         |                       |                                     |
| Edda — синкопа, стаккато   |   |                |                           |                         |                       |                                     |
| IS — Emer, Deirdre — Чересполосица легато и стаккато   |   |                |                           |                         |                       |                                     |

Выводы и научная новизна. Математическими численными и нечисленными методами анализа обнаружены особенности текстов.

Сокращения: IE – Indo-European; Y – Yasna; Yt – Yasht; Av – Avesta; Sh-N – Shah-Name; S-H-B – Sruti-Husravaniki-Barbad, SF – Slavic Folklore, BD – Baltu Dainas, IS – Irish Scelas, MZ — музыка и/или семантика, H – высота (степень) признаков.

#### Литература и источники

1. Герценберг Л. Г. Реконструкция индоевропейских слоговых интонаций. – Исследования в области сравнительной акцентологии индоевропейских языков. АН СССР. Ин-т языкознания. Л. Изд-во «Наука», 1979. С. 3 – 89.
2. Абдукамилов-Арин Р. Т. Авестийские и ARIО тексты — модели порождения структур форм. — Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. участников XII Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании», 26 марта 2020 г.: / Филиал КузГТУ в г. Белово. Великотырновский университет им. святых Кирилла и Мефодия (Велико Тырново), Болгария. Шуменский университет им. Епископа Константина Преславского (Шумен), Болгария. – Белово: Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, Россия; Изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия», Велико Тырново, Болгария, 2020. С. 173 — 175.  
*Научный руководитель – к.ф.н., проф. Махмудова Г. Т., Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека*

УДК 004.41

#### МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТУПА К УСЛУГАМ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОВЗ

*Воробьев Н.А., Гудов А.М., Каба У., Сергеев А.И.*

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

worik42@gmail.ru, good@kemsu.ru, ousmanealama87@gmail.com, proma7.1679@gmail.com

В Кемеровской области насчитывается более 200 тысяч человек с ограниченными возможностями здоровья [1]. Среди этой группы населения можно выделить категорию инвалидов, лишь 15% из которых отмечают достаточное количество возможностей для реализации своей роли в виде полноценного члена общества. Однако даже после создания всех условий люди с ОВЗ могут не узнать о предлагаемых форматах участия. Для предотвращения социального неравенства администрация города Кемерово занимается вопросом улучшения уровня жизни людей с ОВЗ, участвуя в федеральных программах. Согласно постановлению Коллегии Администрации Кемеровской области от 27.05.2016 № 196 «Об утверждении комплексной программы «Доступная среда в Кемеровской области» на 2016 - 2024 годы», [2] были проведены мероприятия по обеспечению равного доступа инвалидов к приоритетным объектам и услугам в сферах жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп населения в Кемеровской области. В рамках этой работы часть зданий различных организаций и городских дорог были оборудованы необходимыми приспособлениями, а также проводится социальное и медицинское обслуживание инвалидов. Таким образом, разработка и обновление мобильного приложения для организации удобного доступа к услугам для людей с ОВЗ является актуальной проблемой.

В работе [3] было рассмотрено мобильное приложение организации удобного доступа к услугам для людей с ОВЗ. Опытная эксплуатация приложения выявила ряд проблем, мешающих целевым пользователям полноценно использовать предлагаемое программное обеспечение, к которым, в частности, относятся:

- отсутствие функций, позволяющих организовать обратную связь с разработчиками различными способами, в частности, отсутствие технологий аналитики пользовательской активности;
- наличие определенных трудностей с использованием пользовательского интерфейса;
- отсутствие функций автоматического поиска организаций, предоставляющих специфические услуги для людей с ОВЗ;
- наличие дефектов при реализации архитектурных решений, обеспечивающих связь мобильного приложения с сервером.

Результаты анализа упомянутых проблем привели к необходимости провести реинжиниринг проекта, в рамках которого составлены требования к обновленному мобильному приложению, серверной логике, машинному обучению, нейронной сети и выбраны инструменты разработки, а именно:

- оптимально изменить архитектуру приложения;
- полностью переписать мобильную и серверную части приложения (на Рисунке 1 представлена диаграмма классов серверной части);
- расширить функциональную составляющую приложения;
- создать интерфейс, удобный и понятный в эксплуатации людьми с ОВЗ;
- интегрировать инструменты аналитики пользовательской активности;
- интегрировать нейронную сеть для автоматизации учета результатов обратной связи.

Для кроссплатформенной разработки мобильного приложения использован React-Native [4] - фреймворк для разработки кроссплатформенных приложений на основе ReactJS, созданный компанией Facebook. Его плюс в том, что нативные компоненты платформы завернуты в js-модули, в отличие от других инструментов, где приложение работает в webview.

В разработке серверной логики задействована технология TypeScript [5], отличающаяся возможностью явного статистического назначения типов, поддержкой использования полноценных классов (как в традиционных объектно-ориентированных языках), а также поддержкой подключения модулей, что призвано повысить скорость разработки и компиляции, а также ускорить выполнение программ.

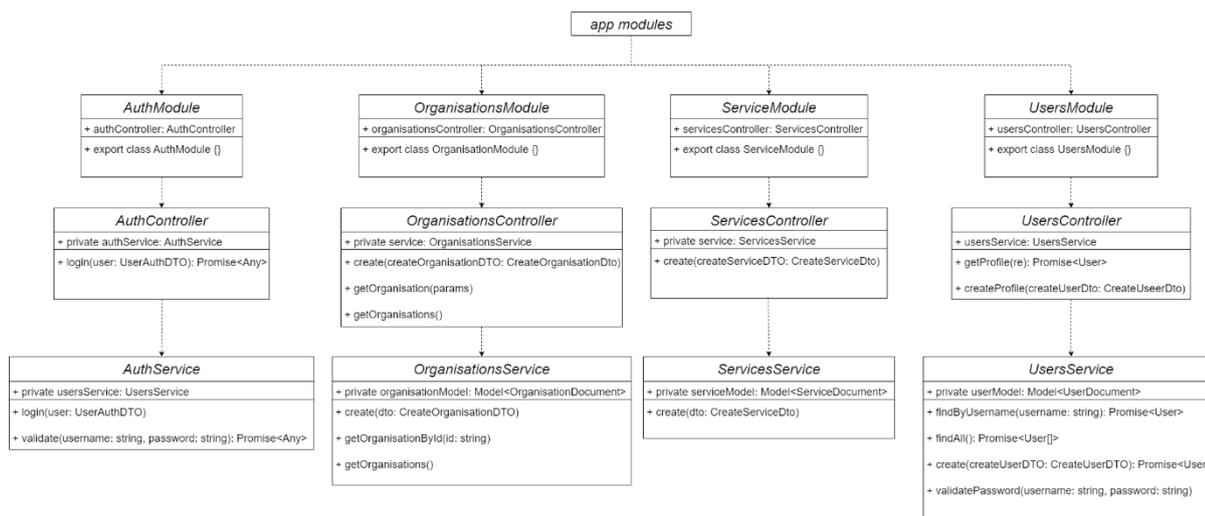


Рисунок 1. Диаграмма классов Backend-приложения

Для создания эффективного и масштабируемого серверного приложения была использована платформа NestJS [6]. Она полностью поддерживает TypeScript, но при этом позволяет писать код и на чистом JavaScript, а также сочетает в себе элементы объектно-ориентированного, функционального и функционально-реактивного программирования.

Потребность в использовании быстрой в разработке и легко расширяемой базы данных реализована развертыванием СУБД MongoDB. Эта СУБД удобна в использовании при помощи GUI – MongoDB Compass, а порог вхождения минимален из-за отсутствия обязательного проектирования БД, наличия возможности использования динамического распределения памяти, а также существования варианта хранения данных в виде JSON-объектов.

Проблема автоматического учета результатов обратной связи решена с помощью использования Google-аналитики и ее обработки нейронной сетью. В ходе работы с нейронными сетями были использованы следующие библиотеки: TensorFlow для обучения и вывода нейронных сетей; Keras для обеспечения взаимодействия с нейронными сетями; NumPy для поддержки больших многомерных массивов и матриц; Matplotlib для построения графиков. Благодаря данным технологиям обученную нейронную сеть можно использовать в различных модулях аналитики данных, затрагивающих пользователей и потенциальных клиентов мобильного приложения.

На базе обученных нейронных сетей на языке Python были разработаны модули поиска организаций, предоставляющих услуги для людей с ОВЗ, а также анализа целевой аудитории по пересекающимся признакам.

На данный момент в мобильном приложении были реализованы следующие особенности: авторизация, регистрация, запись на услуги, просмотр услуг на календаре, просмотр профиля, поиск организаций, предоставляющих услуги, обратная связь (на Рисунке 2 представлен вид интерфейса пользователя). В серверной логике были реализованы аналогичные особенности.

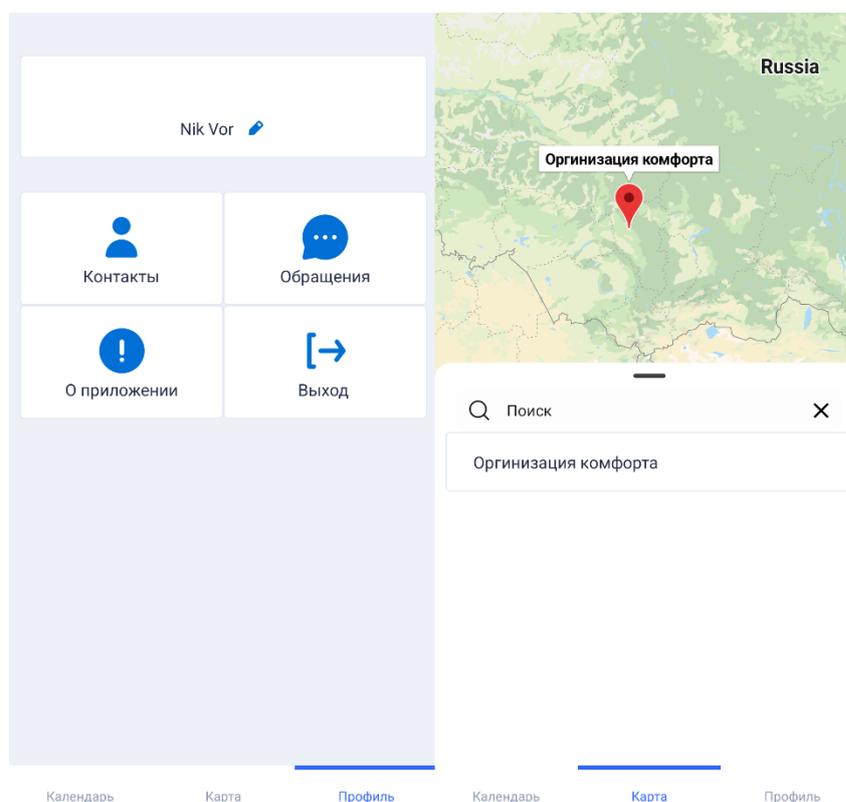


Рисунок 2. Интерфейс мобильного приложения.

В настоящее время идет тестовая эксплуатация модуля, реализующего анализ отзывов пользователей в автоматическом режиме с использованием элементов искусственного интеллекта.

### Литература и источники

1. Численность инвалидов по причинам инвалидности в разрезе субъектов РФ: сайт. – URL: <https://sfri.ru/analitika/chislennost> (дата обращения: 21.01.2022). – Текст: электронный.
  2. О внесении изменений в постановление Коллегии Администрации Кемеровской области от 27.05.2016 № 196 «Об утверждении комплексной программы «Доступная среда в Кемеровской области» на 2016 - 2024 годы» [Текст]: постановление Администрации Кемеровской области от 25 ноября 2021 г. №707
  3. Мобильное приложение организации удобного доступа к услугам для людей с ОВЗ [Текст] / Воробьев Н.А., Ефимова А.М // *Фундаментальные и прикладные исследования в физике, химии, математике и информатике: сб. статей.* – Кемерово, 2020. – С. 92-95.
  4. React-native - Learn once, write anywhere. – URL: <https://reactnative.dev/> (дата обращения: 21.01.2022). – Текст: электронный
  5. Репозиторий TypeScript: сайт. – URL: <https://github.com/Microsoft/TypeScript> (дата обращения: 26.01.2022). – Текст: электронный.
  6. NestJS - A progressive Node.js framework. – URL: <https://nestjs.com/> (дата обращения: 21.01.2022). – Текст: электронный.
  7. Введение в MongoDB: сайт. – URL: <https://mkdev.me/posts/vvedenie-vmongodb> (дата обращения: 21.01.2022). – Текст: электронный.
- Научный руководитель – д.т.н., доцент Гудов А.М., директор ИФТ, ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет».*

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ПРОДУКТОВ***Горбатенко Д.А, Шарифуллин А.Р, Шипилов А.В.*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
spukipuki85@gmail.com, sharifullin\_a@inbox.ru, 445566tir@mail.ru

*В статье описывается решение проблемы, связанной с нехваткой доказательств прохождения успешно пройденных тестовых сценариев. Для ее решения необходимо провести анализ возможности улучшения процессов тестирования, рассмотреть возможность использования программного комплекса различными взаимодействующими ролями. Также, для экономии времени разработки необходимо осуществить анализ и последующий выбор различных необходимых сервисов интеграции. В итоге, необходимо спроектировать полноценную модель программного комплекса, а затем, на основе данной модели, реализовать мобильное приложение.*

**Введение**

В современном мире существует необходимость в постоянном развитии IT-технологий. Все больше различных сервисов переходит в онлайн, сегодня можно не выходя из дома, заказать продукты, доставку из любимого заведения и даже заправить автомобиль. Для всех этих удобств необходимо использовать собственные цифровые решения.

Растет скорость и объем создания новых приложений для всевозможных сервисов, но сделать качественный продукт, который не будет уступать конкурентам не легкая задача. Новые приложения зачастую включают в себя множество сложных функций и задач, которые должны корректно работать, не вызывая вопросов у пользователей.

Создать с нуля такое приложение без багов невозможно, или возможно при наличии неограниченной суммы денег и времени. Чтобы сделать процесс создания приложения менее затратным и снизить время на разработку существует такое направление, как тестирование приложений. Это специальные люди, которые составляют тестовые сессии, после прохождения которых находят сбои или подтверждают корректную работу приложения.

Основной проблемой является то, что не существует доказательств прохождения успешных сценариев в отличие от найденных дефектов, что в свою очередь создает необходимость дополнительного обоснования, затраченного заказчиком финансового ресурса.

Целью данной работы является создание программного комплекса для сбора доказательств прохождения сценариев для подтверждения объема выполненного тестирования.

**Анализ возможности улучшения тестирования**

Идея улучшения данного бизнес-процесса заключается в том, чтобы создать инструмент, к которому могут обращаться разработчики для тестирования своих приложений. При возникновении необходимости у компании она обращается к соответствующему сервису для проверки качества своего приложения. В ответ она получает выбор различных видов тестирования, узнает точные сроки выполнения и необходимую сумму денежных средств. При этом после завершения тестирования, необходимо предоставить полный отчет о проделанной работе. То есть, не только отчет по найденным сбоям, а еще и отчет по успешно пройденным тестам с подтверждением их скриншотами. Это однозначно даст понять на что заказчик потратил свои деньги, понять объем выполненного тестирования.

Положительной возможностью такого решения является создание большого объема рабочих мест. Это поможет решить одну из весомых проблем, заключающуюся в том, что, есть определенный риск того, что отдел будет простаивать пока приложение не будет

доведено до этапа пригодного к тестированию. Эта проблема возникает из-за непонятной нелинейной нагрузки на персонал, нет возможности однозначно установить в какой момент времени требуется выполнить работу и в каких объемах. Соответственно компании придется понести некоторые убытки. Так как для прохождения тестовых сессий зачастую не нужны специальные знания, этим может заняться любой человек желающий получить материальную выгоду. Особое внимание стоит сфокусировать на студентах. Студентам зачастую требуется работа на не постоянной основе, например, во время летних каникул или для совмещения работы с обучением. Поэтому приложение должно работать по следующей структуре: пользователь регистрируется в приложении, проходит краткое обучение. Далее пользователь выбирает тестовую сессию для выполнения, после чего модератор некоторым образом проверяет качество прохождения тестирования и если все хорошо, то назначает небольшую почасовую оплату этому тестировщику. Важными артефактами в результате данного проекта являются факты подтверждения проведенного тестирования снимками экрана или видеозаписями, позволяющими доказать прохождение тестовых сессий. При реализации такой возможности следует сделать упор на простоту и дружелюбность интерфейса, а также организовать удобную систему прикрепления снимков экрана или видео.

Методы улучшения бизнес процессов:

- Создание инструмента, который позволит быстро и удобно сохранять снимки экранов для успешно пройденных тестовых сценариев. С указанием точного времени, вшитого прямо в загружаемые данные.

- Создание отчетов в виде таблицы, которые можно было бы расшарить на заказчика или на команду, где были бы указаны различные столбцы с именем тестировщика, девайсом, тест раном, тестовым сценарием, комментарием от тестировщика, ссылкой на место со скриншотами или напрямую на сами скриншоты, для возможности быстрого просмотра. У системы будет возможность обновляться в реальном времени, благодаря этому можно прямо во время проведения тестового сценария смотреть, как проходит тестирование, а также видеть сколько процентов пройдено и сколько тестовых сценариев осталось. Еще для улучшения качества тестирования и морального духа персонала, будет существовать выводимое оповещение о том, что требуется сделать перерыв.

- Возможность смотреть срезы по кейсам, статистики сотрудников. Примеры срезов: время, затраченное на прохождение отдельных кейсов, время, затраченное специалистом на полное тестирование различных систем. Это можно использовать при будущей оценки трудозатрат на тестирование.

- Возможность сделать интеграцию с уже внедренной в компанию системой контроля задач API JIRA, инструментом проведения тестирования TestRail, а также Slack для оповещения руководителей проекта о начале тест-рана. Эти системы и инструменты пользуются наибольшей популярностью среди IT компаний, с ними можно взаимодействовать в обход интерфейса через API. Целью является создание некой прослойки с получением выборочной информации для пользователя системы.

- В качестве безопасности предлагается вшивать Exif стандарт, который позволяет добавлять к изображениям и прочим медиафайлам дополнительную информацию (метаданные), комментирующую этот файл фотографии. Это необходимо для того, чтобы убедиться, что это уникальный скриншот, загруженный с девайса тестировщика.

- Оказание услуг регрессионного тестирования (тестовые сценарии и отчет по сессии)

- Выработка рекомендаций по покрытию наиболее проблемных кейсов юнит-тестами или функциональными UI-тестами. То есть собирать информацию по всем пройденным кейсам и делать срез по кейсам, вызывающим наибольшее количество ошибок. А далее предложить рекомендации по созданию автоматического тестирования.

- Создание отчетов об уровне качества продукта - как системы в целом, так и отдельных её компонентов. Измерение меры ценности по количеству успешно пройденных сценариев. Сводка статистики в графическом представлении.

- Анализ регрессии системы. Анализ дальнейшего развития системы после внесения обновлений.

### Описание программного комплекса обеспечения качества цифровых продуктов в стандарте IDEFO

В обобщенном виде программный комплекс качества цифрового качества должен представлять собой систему, взаимодействующую с тестовыми сценариями, медиафайлами, пользователями системы, а также с техническим заданием. Эта система преобразует полученные сведения в отчеты по выполнению тест-ранов, статусы и ссылки.

При более детальном рассмотрении система образует несколько блоков, которые последовательно отвечают за формирование отчетов, получение статуса выполнения тестового сценария и ссылки на баг-репорт в системе ведения задач (рисунок 1).

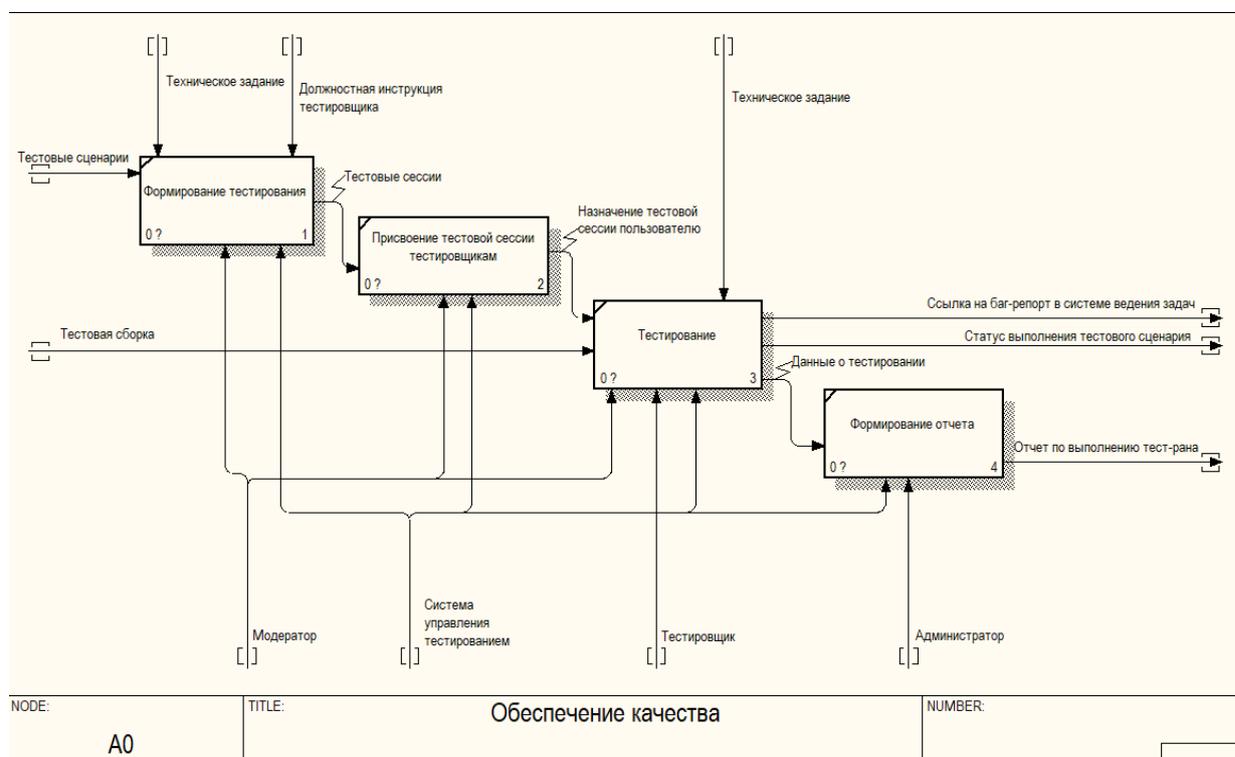


Рисунок 21. Диаграмма первого уровня "как будет"

В итоге необходимо создать инструмент, который будет ориентирован на Российский рынок, будет иметь локализацию на русском языке и стоимость ниже зарубежных конкурентов. Мобильное приложение будет разработано для тестировщиков и должно иметь быстрый и удобный интерфейс, с функцией быстрого обучения новых тестировщиков. Тестировщик в ходе тестирования будет последовательно загружать скриншоты успешно выполненных кейсов, а также заводить баги о невыполненных кейсах. После того, как тестирование приложения будет завершено, должен автоматически создаваться отчет для заказчика, с помощью которого он сможет убедиться, что его приложение точно прошло тестирование, и он не просто так заплатил свои деньги.

### Литература и источники

1. Architectural Styles vs. Architectural Patterns vs. Design Patterns [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://herbertograca.com/2017/07/28/architectural-styles-vs-architectural-patterns-vs-design-patterns/>
2. Выбор системы управления тестированием. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/463333/>
3. OwnCloud. Материал из Национальной библиотеки им. Н. Э. Баумана. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.bmstu.wiki/OwnCloud>  
*Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры ЮНЕСКО по ИВТ Бурмин Л.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.418**

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ  
УСПЕВАЕМОСТИ, СОХРАНЕНИЯ КОНТИНГЕНТА И НАУЧНОЙ  
РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ В КЕМГУ**

*Гуров Е.С., Давзит И.П.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
gurov@kemsu.ru, davzit@kemsu.ru

**Введение**

В современном мире совершенствованию основных процессов в организациях, полагаясь на полученные знания, отводится особая роль. В том числе и деятельность ВУЗов с каждым годом все больше направлена на улучшение процесса обучения, поддержания научной эффективности, основываясь на уже имеющихся данных и полученном опыте.

Задача эффективного анализа, а затем и использования накопленной информации является приоритетной и требует тщательной проработки всех источников данных, их подготовку, сбор необходимой информации и адекватное отображение, чтобы стать единым источником правды в организации.

Целью работы является создание и внедрение системы, которая позволит принимать своевременные решения на основе актуальной информации, охватывающей основные направления деятельности университета, включая набор обучающихся, их академическую успеваемость, нагрузку и научную эффективность профессорско-преподавательского состава.

**Постановка задачи**

Кемеровский государственный университет в ходе своей деятельности собирает следующую информацию об образовательном процессе:

- Результаты сессий.
- Сведения о контрольных цифрах приема.
- Сведения об учебной и внеучебной нагрузке.
- Список направлений и форм обучения с их стоимостью.
- Списки дисциплин и преподавателей.
- Списки групп и студентов.
- Списки стран и регионов.

На основании собираемых данных, необходимо создать информационная систему, которая предоставит актуальную информацию для поддержки принятия решений по основным аспектам деятельности ВУЗа.

**Используемые методы решения**

Весь набор методов и инструментов для организаций, обеспечивающих перевод транзакционной деловой информации в человекочитаемую форму, а также средства для массовой работы с такой обработанной информацией принято называть Business Intelligence (BI).

Для охвата всех этапов создания BI системы, от подготовки «сырых» данных до их отображения конечным пользователям, существует много систем, при внедрении которых могут возникать сложности с совместимостью на границе каждого этапа. Поэтому были выбраны инструменты компании Microsoft, которые позволяют выполнить работу на каждом шаге подготовки BI-системы и без проблем взаимодействуют между собой. Так, средствами SQL Server Integration Services (SSIS) осуществляется подготовка, сбор и своевременное обновление информации для анализа.

Чтобы собрать информацию была создана база данных, модель которой можно увидеть на рисунке 1.

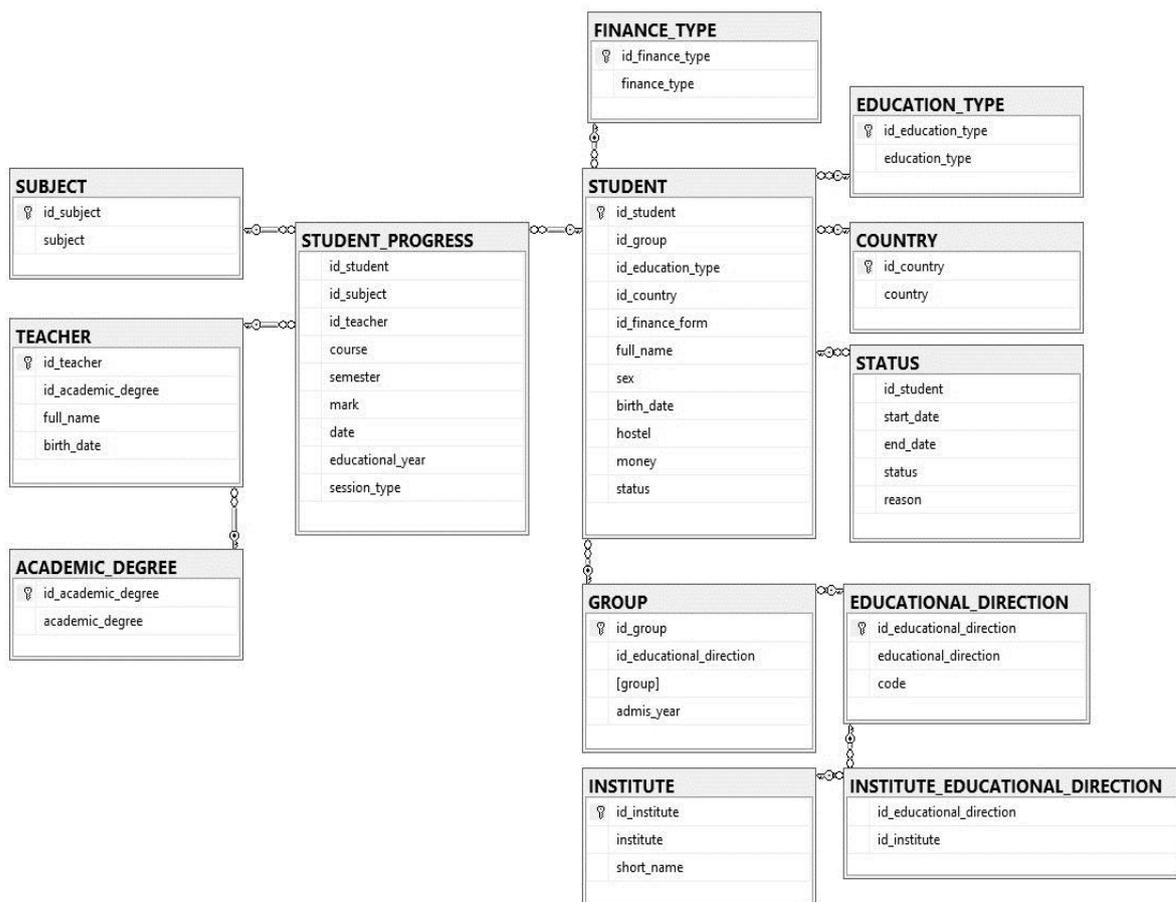


Рисунок 22. Диаграмма базы данных

Схема потоков задач, включающая в себя потоки данных для миграции изображена на рисунке 2.



1. Отчет, отображающий количество вакантных мест и контрольные цифры приема по каждому году и направлению.
2. Отчет, отображающий качественную успеваемость и средний бал студентов по результатам сессий и общую картину.
3. Отчет, отображающий динамику закрытия академических задолженностей в течение недели и с начала семестра;
4. Отчет, отображающий учебную нагрузку и публикационную активность кафедр и их преподавателей.

### **Результаты**

На текущем этапе заполнена витрина данных об успеваемости студента, составлена табличная семантическая модель, развернуты серверы отчетов для BI-аналитики, составлены отчеты о текущей успеваемости для студентов по различным признакам, отчеты о посещаемости пар, задолженностях, отчеты о качественной успеваемости и учебной деятельности преподавателей.

### **Литература и источники**

1. Data Analysis with Microsoft Power Bi [2019] by Brian Larson
2. Baker, R.S., Ocumpaugh, J.L., Andres, J.M.A.L. (2020) BROMP Quantitative Field Observations: A Review. In R. Feldman (Ed.) Learning Science: Theory, Research, and Practice, pp. 127-156. New York, NY: McGraw-Hill. (Дата обращения: 09.04.2022).

*Научный руководитель - к. ф.-м. н, доцент, заведующий кафедрой Информационной безопасности Карабцев С.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.51**

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

***Зенкина Е.С., Игнатьев В.Д., Спиридонова А.А.***

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
lizazenkina@ya.ru, ignatevvd@gmail.com, anyaspiridon@gmail.com

*В работе поднят вопрос реализации информационной системы для автоматизации процессов воспитательной деятельности среднего общеобразовательного учебного заведения. Описана актуальность разработки данной системы, необходимость ее внедрения в работу учебного заведения. Проведен обзор приложений-аналогов. Приведены цели и задачи, поставленные перед информационной системой. Представлены пользовательские требования в виде перечня ролей пользователей информационной системы, приведено описание функций и прав доступа для этих ролей, представлена диаграмма вариантов использования. Описаны системные требования. Представлены средства реализации для создания графического интерфейса системы, а также средства реализации для написания внутренних функций. Описана система, использованная для реализации базы данных и работы с ней, показана диаграмма «сущность-связь», отражающая одну из частей базы данных реализованной информационной системы. Перечислены функции, доступные на данный момент в веб-приложении, представлены некоторые скриншоты разработанного приложения для информационной системы. Сделаны выводы о проделанной работе, рассказано о текущем состоянии информационной системы. Внедрение информационной системы позволит эффективно планировать воспитательную деятельность на учебный год, создавать отчеты о проведенных мероприятиях и итогах конкурсного движения.*

С развитием технологий появляется все больше возможностей для упрощения повседневных задач. Образовательным учреждениям приходится сталкиваться с большим объемом информации, и в наше время существует возможность предоставления им программных решений для осуществления контроля над ней. Добавление автоматизма к задаче структурирования информации об обучающихся и о воспитательной деятельности в школе, а также к составлению отчетностей касаясь этой информации, может сильно сократить время, необходимое на выполнение этих задач. Этим и обусловлена актуальность разработки информационных систем организации воспитательной деятельности, в частности, для МБОУ СОШ №11. В 2021 году в Кемеровском государственном университете (далее КемГУ), в рамках выполнения выпускной квалификационной работы, началась разработка информационной системы (далее ИС) организации воспитательной деятельности.

Перед разработкой системы был проведен обзор существующих аналогичных или похожих приложений: 1С, Notion, SAP ERP.

Целью работы является реализация информационной системы для автоматизации процессов воспитательной деятельности. Данная система позволит эффективно планировать мероприятия и формировать отчеты, позволяющие осуществлять аналитическую деятельность над данными о воспитательной деятельности.

На основе цели были поставлены следующие задачи:

1. Реализация веб-приложения для пользователей ИС;
2. Реализация прав доступа для ролей в рамках ИС (заместитель по воспитательной работе, классный руководитель, социальный педагог, заместитель по БЖ, педагог дополнительного образования);
3. Добавление возможности создания, редактирования и удаления аккаунтов через роль заместителя по воспитательной работе;
4. Получение данных об учащихся для формирования необходимых организации отчетов;
5. Формирование отчетов с возможностью их выгрузки из системы в виде документов.

Пользовательские требования к ИС организации воспитательной деятельности изображены на рисунке 1 и предусматривают наличие нескольких ролей пользователей. Заместитель по воспитательной работе обладает следующим функционалом: авторизация и редактирование личных данных; создание, редактирование, удаление профилей пользователей; редактирование своего профиля, назначение классного руководства, создание социального паспорта школы на основании социальных паспортов классов, формирование отчетов, создание направлений, заполнение списка сетевого взаимодействия, описание классов, задание форм воспитательных событий, создание личных карточек программ, работа с дополнительным образованием, создание плана воспитательной деятельности школы, заполнение списка приглашенных.

Классный руководитель предполагает следующие функции: авторизация и редактирование личных данных, редактирование своего профиля, заполнение списка приглашенных, создание плана воспитательной деятельности класса, работа с конкурсными движениями, формирование и пересылка исходных данных для приказа на сопровождение, описание класса, работа с дополнительным образованием, создание отчетности по проведенному воспитательному событию, возможность формирования/редактирования отчета о выполнении собственного плана.

Социальный педагог обладает возможностью авторизации и редактирования личных данных, редактирования своего профиля, создания социального паспорта школы на основании социальных паспортов классов.

Заместитель по БЖ может выполнять авторизацию и редактировать личные данные, получать на подпись приказа на сопровождение.

Педагогу дополнительного образования доступны авторизация и редактирование личных данных, редактирование своего профиля, работа с конкурсными движениями.

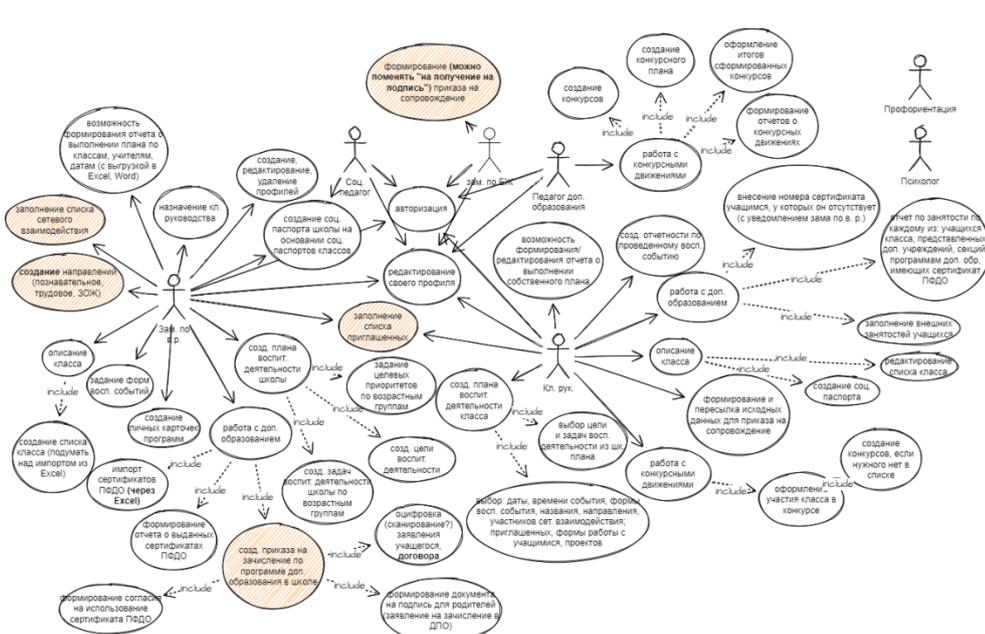


Рисунок 1. Диаграмма вариантов использования системы

Системные требования к ИС организации воспитательной деятельности: сервис-ориентированный подход, реляционная база данных (далее БД) для хранения данных ИС, веб-приложение. Таким образом ИС организации воспитательной деятельности включает в себя следующие подсистемы: веб-приложение для пользователей системы, БД.

Для реализации системы была выбрана связка Node.js и React.js с целью создания графического интерфейса веб-приложения. Также с помощью Node.js были написаны все внутренние функции ИС, включая обработку запросов к БД. Для реализации и хранения БД был выбран MySQL. Часть структуры БД показана на рисунке 2.

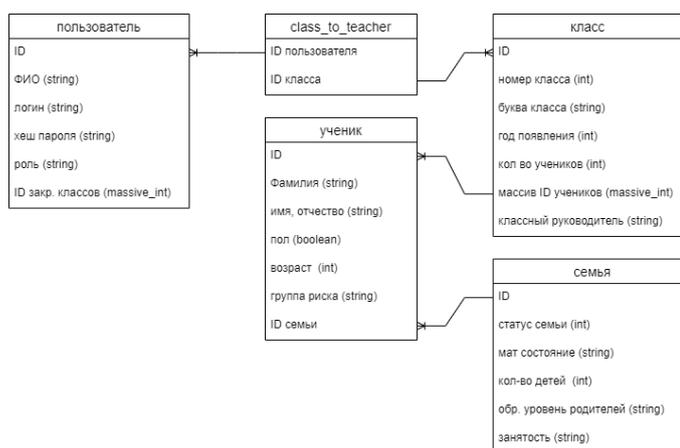


Рисунок 2. Диаграмма «сущность-связь» для классов

На данный момент в нашем веб-приложении доступны следующие функции:

- Авторизация пользователей в системе;
- Просмотр информации о пользователе и возможность её редактирования;
- Просмотр списка учеников в классе и информации об учащемся (рисунок 3);
- Просмотр событий воспитательной работы (рисунок 4);

- Предпросмотр отчетов.



Рисунок 3. Просмотр списка учеников в классе и информации об одном из учащихся

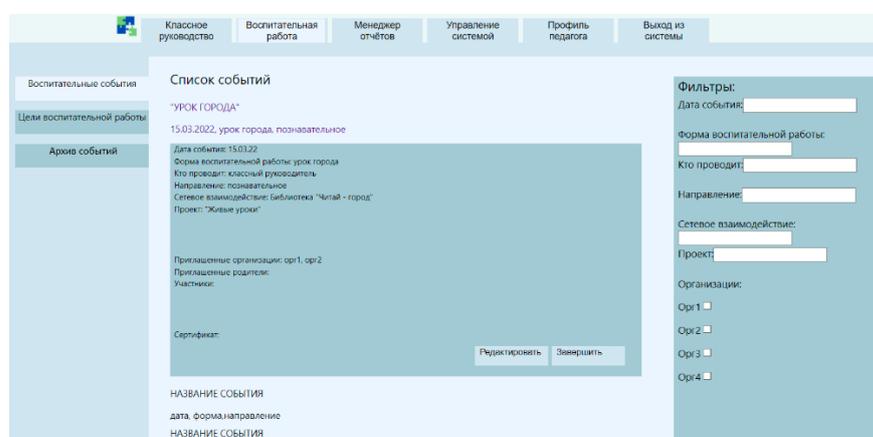


Рисунок 4. Просмотр событий воспитательной работы

В результате была разработана система, позволяющая эффективно планировать воспитательную деятельность образовательного учреждения и формировать отчеты. В данный момент доступны практически все заявленные функции.

*Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой Информационной безопасности Карабцев С.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.41**

## **МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АГРЕГАЦИИ ВСЕХ ТУРИСТИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ И РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В ПРЕДЕЛАХ РОССИИ**

***Ковацenco И.О., Чжан Ю.***

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
ilyakovatsenko@gmail.com, chianuuu@gmail.com

Существует множество приложений, которые позволяют пользователю выбирать места к посещению, например, Coral Travel, Anex Tour, и другие. Основная проблема в том, что сайты и мобильные приложения туроператоров отображают туры только своей турфирмы, без возможности сравнить цены с конкурентами, а также ориентированы в основном на зарубежные курорты.

Целью работы является мобильное приложение в сфере туризма, которое будет автоматически подбирать рекомендованные места к посещению пользователем, на основе уже

просмотренных туристических продуктов и выбранных категорий. В приложении возможно посмотреть карточку места с подробным описанием, фотографиями и отзывами, а также увидеть цены на этот же туристический продукт у других тур операторов. С помощью приложения будет возможность перейти на сайт туроператора который поставяет туристический продукт и получить экономический эффект с помощью реферальной ссылки.

В начале работы был проведен обзор существующих решений:

- Coral Travel
- Aviasales
- Booking
- Anex Tour
- Пегас Туристик
- TopTripTip Russia
- Мореленд
- Sunmar
- Слетать.ру

На основании обзора были составлены требования к МП:

- Возможность делиться карточкой места с друзьями в соц. сетях
- Роль пользователя, который может просматривать списки мест и выбирать понравившиеся направления.
- Возможность выбора изначальных категорий
- Наличие не обязательной авторизации для оставления отзывов, получения доп скидок или перехода на сайт туроператора
- Создание алгоритма для подбора актуальной ленты карточек мест для пользователя используя геопозицию, выбранные категории и анализа действий пользователя (Просмотр ленты, анализ лайков, избранного и т.д)

Проведенный обзор показал, что существуют различные программные решения в сфере туризма. Однако все из из рассмотренных систем либо предоставляют просмотр и выбор туров только своей турфирмы, либо работают исключительно для туров за границу. Поэтому было принято решение разработать свою ИС для агрегации всех туристических приложений.

ИС включает две подсистемы – базу данных и мобильное приложение. Авторизация является необязательным шагом. Но для того чтобы перейти к покупке и получить экономический эффект, пользоваться такими инструментами как Push-уведомления, синхронизацией данных, необходима будет авторизация. Без авторизации пользователю будет доступен просмотр лично подобранной ленты мест к посещению на основании выбранных ранее категорий. Каждая категория имеет систему оценок, которая изменяется согласно действиям пользователя, благодаря этому пользователю отображается лента из мест к посещению которые наиболее близки для него.

В качестве средств реализации мобильного приложения был выбран следующий стек технологий:

- Локальное хранилище: Async Storage, Secure Storage
- Анимации: Reanimated v2, Gesture Handler
- Пуши: Firebase messaging
- Диплинки: Branch
- Авторизация: OAuth 2.0
- Анализ кода: ESLint, Prettier
- Основные принципы: Hooks only, Named exports, No any types, Композиция, Общая абстрактность
- Основные сторонние библиотеки: react-native-svg, rn-fetch-blob, date-fns, react-native-contacts, react-native-config, react-native-bootsplash, react-native-app-auth, react-native-fast-image, react-native-fs

- База данных: MongoDB

На данный момент ведется разработка мобильного приложения. Было выстроена архитектура, и полностью настроена среда разработки. В мобильном приложении реализованы: экран выбора категорий, главный экран ленты карточек мест, а также фильтрация и сортировка карточек, настроен механизм Push уведомлений, сервисы сбора ошибок и аналитики.

#### Литература и источники

1. Разработка UI Live Typing [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://livetyping.com/ru/blog/chto-takoe-razrabotka-polzovatel'skogo-interfeisa-i-zachem-tt-zakazyvat> (дата обращения 01.02.2022)
2. Популярные среды разработки и их недостатки [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://gb.ru/posts/ide\\_negative](https://gb.ru/posts/ide_negative) (дата обращения - 02.02.2022)
3. Разработка мобильного приложения: от идеи до результата [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vc.ru/dev/59202-razrabotka-mobilnogo-prilozheniya-ot-idei-do-rezultata> (дата обращения 07.02.2022)

*Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.41**

### **РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ДОСТИЖЕНИЙ СТУДЕНТОВ**

*Лось М.А., Колбаса О.А., Большаков С.С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

mihail.los124@gmail.com, 773o@mail.ru, 2ndbol@mail.ru

*В работе описываются этапы развития информационной системы учета достижений студентов. В рамках выполнения работы реализовано веб-приложение для ролей «Модератор» и «Администратор», мобильное приложение под операционную систему iOS для роли «Студент», переработано мобильное приложение под операционную систему Android для роли «Студент».*

В 2020 году в Кемеровском государственном университете (далее КемГУ), в рамках выполнения выпускной квалификационной работы, началась разработка информационной системы (далее ИС) учета достижений студентов [1]. В рамках данной работы были реализованы веб-сервисы для ИС и мобильное приложение для пользователя в роли «Студент» под операционную систему (далее ОС) Android.

В результате анализа реализованных компонент и в соответствие с требованиями проректора по цифровизации КемГУ, Котова Р.М., были определены следующие задачи в рамках дальнейшего развития ИС учета достижений студентов:

- Реализация веб-приложения для пользователей в роли «Модератор» и «Администратор»;
- Реализация мобильного приложения под ОС iOS для пользователя в роли «Студент»;
- Переработка мобильного приложения под ОС Android для пользователя в роли «Студент»;
- Добавление возможности авторизации пользователей в роли «Студент» через Единую систему защиты Электронной информационно-образовательной среды (далее ЭИОС) КемГУ;
- Получение данных об обучении студента (институт, направление, группа, курс, уровень получаемого образования) из ИС «Деканат»;

- Добавление возможности подачи заявки и добавления достижений к заявке на повышенную государственную академическую стипендию (далее ПГАС);

Пользовательские требования к ИС учета достижений студентов:

- Студент: авторизация с помощью Единой системы защиты ЭИОС КемГУ, добавление достижений в систему с премодерацией, просмотр рейтинга студентов с заданной фильтрацией, просмотр личного профиля, просмотр профилей других студентов, подтверждение выполнения достижений с премодерацией, отслеживание статуса обработки отправленных заявок, отправка сообщений об ошибках, получение баллов и награды за выполненное достижение, отправка заявок и достижений в ИС ПГАС.
- Модератор: просмотр информации о студентах своего института, просмотр и изменение статусов заявок на получение и создание достижений, поданных студентами, блокировка аккаунтов студентов с указанием причины блокировки.
- Администратор: просмотр данных всех пользователей, удаление и восстановление аккаунтов пользователей, добавление новых достижений в систему без премодерации, управление наградами за выполнение достижений, регистрация модераторов, администраторов, сотрудников дирекции, просмотр лога, просмотр и изменение статусов сообщений об ошибках, созданных студентами.

Системные требования к ИС учета достижений студентов: сервис-ориентированный подход, реляционная база данных (далее БД) для хранения всех данных ИС, контейнер сервлетов для размещения веб-сервисов, мобильные приложения для студента под ОС iOS и Android, веб-приложение для модератора и администратора, интеграция с Единой системой защиты ЭИОС, ИС “Деканат”, сервисом для подачи заявок на ПГАС КемГУ.

ИС учета достижений студентов включает в себя следующие подсистемы: мобильные приложения для студента под ОС iOS и Android, веб-приложение для модератора и администратора, контейнер сервлетов и БД. В основу реализации положен сервисно-ориентированный подход. Мобильные и веб-приложения получают данные из БД, используя написанные REST-сервисы, которые содержит контейнер сервлетов. На рис. 1 представлена диаграмма развертывания в нотации UML [2], описывающая аппаратные компоненты ИС и их взаимодействие.

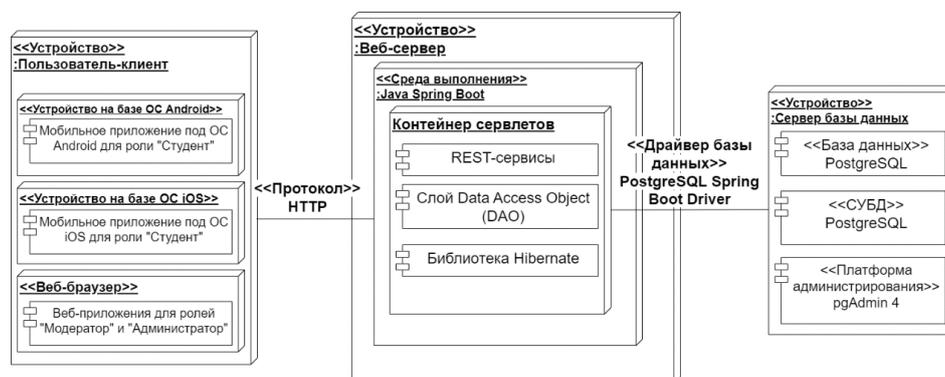


Рисунок 1. Диаграмма развертывания ИС учета достижений студентов

Интеграция с Единой системой защиты ЭИОС осуществляется с помощью веб-сервиса КемГУ, принимающего на вход логин и пароль, зарегистрированные в ЭИОС и возвращающий персональную информацию об обучающемся, а также токен авторизации, дающий доступ к остальным сервисам КемГУ. На рис. 2 представлена диаграмма последовательности в нотации UML, описывающая авторизацию студента в ИС учета достижений студентов через Единую систему защиты.

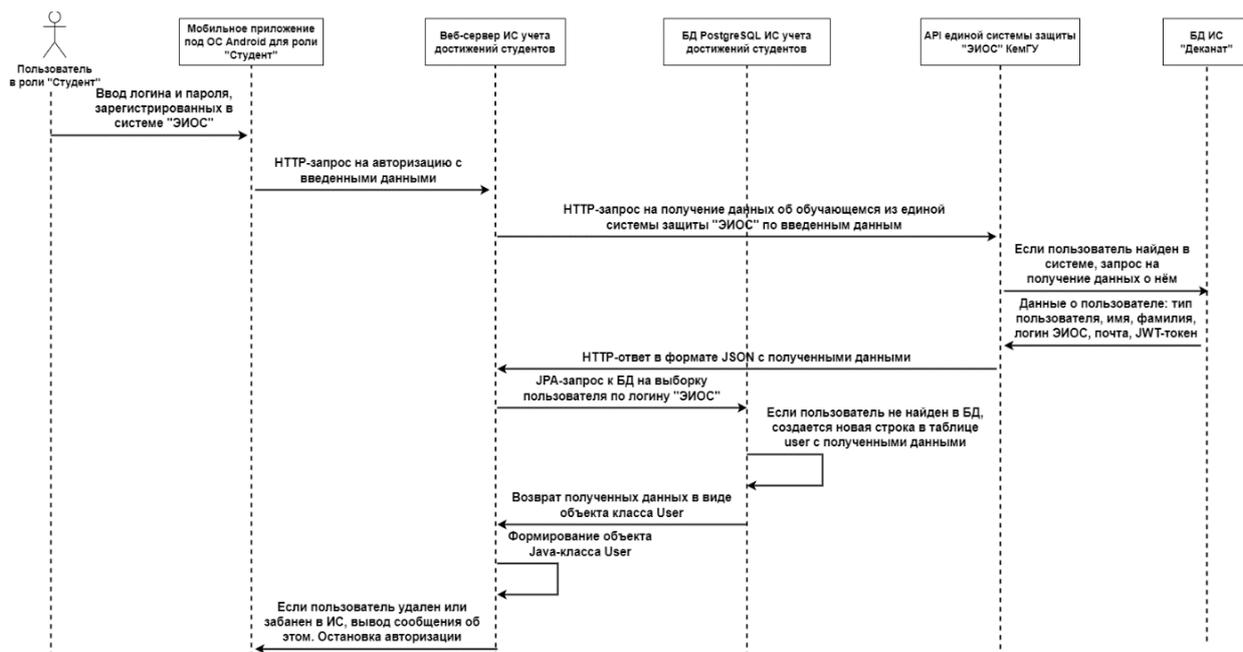


Рисунок 2. Авторизация студента через Единую систему защиты

Интеграция с ИС «Деканат» осуществляется с помощью веб-сервиса КемГУ, принимающего на вход токен авторизации Единой системы защиты и возвращающий данные об обучении студента.

Интеграция с ИС ПГАС будет осуществляться с помощью веб-сервиса КемГУ, принимающего на вход токен авторизации Единой системы защиты и позволяющий создавать, изменять, удалять и просматривать заявку на получение ПГАС, а также добавлять достижения в заявку с прикреплением файлов, подтверждающих получение этих достижений.

Тестирование мобильного приложения под ОС Android для роли «Студент» проводилось на устройствах с Android версий 7.1.2 и 10.0. В ходе тестирования мобильного приложения, были выявлены следующие недостатки, требующие переработки:

- При открытии экрана «Заявки» на устройстве с Android версии 7 и ниже, в приложении происходит сбой;
- При долгом времени бездействия в приложении и открытии любого экрана, в приложении происходит сбой;
- Долгое время получения данных с сервера и отображения их на экране приложения (около 8 сек.).

В ходе проведенной переработки, удалось оптимизировать работу мобильного приложения и внести обновленный функционал:

- Устранение сбоя в приложении при просмотре заявок на устройствах с Android версии 7 и ниже, вызванного использованием технологий, поддерживаемых только SDK Android версии 10;
- Устранение сбоя в приложении при длительном бездействии, путем реализации обновления JWT-токена авторизации, по мере истечения его срока действия;
- Время получения ответа с сервера и отображения данных на экране было уменьшено на 35% (с 7.8 сек. до 5.1 сек.), в результате применения архитектуры MVVM;
- Реализован модуль авторизации через единую систему защиты ЭИОС;
- Реализовано получение и отображение данных об образовании из ИС «Деканат»;
- Реализован модуль подачи, просмотра и редактирования заявок на ПГАС;

- Переработан дизайн в соответствии с мобильным приложением под ОС iOS.

Средства реализации веб-приложения для модератора и администратора:

- Текстовый редактор Notepad++;
- Язык программирования JavaScript;
- JavaScript библиотека для разработки пользовательского интерфейса React;
- Менеджер пакетов для загрузки сторонних библиотек Npm.

Средства реализации мобильного приложения для студента под ОС iOS:

- Среда разработки Xcode;
- Язык программирования Swift;
- Набор инструментов для создания пользовательского интерфейса SwiftUI.

Средства переработки мобильного приложения для студента под ОС Android:

- Среда разработки Android Studio;
- Язык программирования Dart;
- Программная платформа для создания мобильных приложений Flutter;

В результате развития, были разработаны мобильное приложение под ОС iOS для роли «Студент», веб-приложение для ролей «Модератор» и «Администратор», было переработано мобильное приложение под ОС Android для роли «Студент».

В рамках дальнейшего развития, планируется внедрить ИС учета достижений студентов в ИС КемГУ, а также провести её тестовую эксплуатацию среди сотрудников и обучающихся КемГУ в следующем учебном году.

#### **Литература и источники**

1. Астахова А.Д., Резинкина Е.А. Информационная система учета достижений студентов / Материалы XVI (XLVIII) Международной научной конференции студентов и молодых учёных «Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей» - г. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2021. – 101-104 с.
  2. Крэг Ларман. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. — 3-е изд. — М.: Диалектика, 2020. — 737 с. — ISBN 978-5-907144-36-1.
- Научный руководитель – к.т.н., доцент Завозкин С.Ю., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.41**

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ**

***К.Г. Каретин, В.С. Матрос, А.И. Нейман***

Кемеровский государственный университет

karetin322@gmail.com, vowa.matros@yandex.ru, arthurneiman@mail.ru

*В работе представлено описание процесса разработки информационной системы для офтальмологического отделения Кузбасской областной клинической больницы им. С.В. Беляева. Информационная система включает мобильное приложение для пациентов и веб-приложение для врачей и администратора.*

В век информационных технологий обмен информацией является неотъемлемой частью жизни каждого человека. Такие устройства, как телефоны, планшетные компьютеры, смартфоны, становятся основой цифровой жизни. Практически любая предоставляющая услуги организация нуждается в информационных средствах связи со своими клиентами, и отсутствие этих средств негативно сказывается на возможностях коммуникации, консультации и в целом взаимодействия с клиентами.

Медицинские учреждения в том числе пришли к пониманию, что в современном обществе необходимы информационные средства представления информации для удобного взаимодействия с пациентами, такие как мобильные приложения. Благодаря мобильному приложению потенциальные и текущие пациенты смогут максимально быстро получать актуальную информацию об организации, её услугах и персонале, а также будут иметь возможность связываться с врачом либо колл-центром организации, записываться на приём и отслеживать назначения врача. В КемГУ с предложением разработки для них информационной системы (ИС) обратился заведующий офтальмологическим отделением Кузбасской областной клинической больницы им. С.В. Беяева Хатминский Николай Юрьевич.

На начальном этапе разработки был проведен обзор существующих ИС и мобильных приложений для медицинских организаций и, в частности, для офтальмологических клиник и больниц. Обзор проводился с целью выявления наиболее популярных медицинских приложений, которые соответствовали сформированным критериям: возможность просмотра и добавления результатов анализов, просмотр назначений и рекомендаций врача, наличие функции связи с врачом онлайн.

Был проведен обзор таких приложений, как «Urban.Medic - Современная медицина online 24/7», «Имидж-Оптика», «ФГБУ Клиническая больница №1 Управления делами Президента РФ (Волынская)». На основании преимуществ и недостатков рассмотренных приложений было принято решение разработать ИС в виде мобильного и веб-приложения, которые будут взаимодействовать с базой данных с помощью веб-сервисов.

Перед разработкой ИС на основании требований заказчика были сформированы пользовательские требования к мобильному и веб-приложению. Основные требования ИС:

- Для роли «Гость»: просмотр информации о клинике, просмотр новостей, просмотр информации о врачах, просмотр информации об услугах, просмотр часто задаваемых вопросов, запись к врачу, связь с врачом, регистрация.
- Для роли «Пациент»: авторизация по логину и паролю, управление своим профилем, просмотр назначенных обследований, просмотр результатов анализов и обследований, просмотр назначенных рекомендаций, а также возможность использовать все функции роли «гость».
- Для роли «Врач»: авторизация по логину и паролю, управление своим профилем, управление списком прикрепленных пациентов, управление графиком приёма пациентов, назначение обследований, назначение лечащих рекомендаций, связь с пациентом, добавление новостей.
- Для роли «Администратор»: авторизация по логину и паролю, добавление/удаление/изменение пользователей, задание роли пользователя, изменение роли пользователя, добавление/удаление/изменение информации о врачах, услугах, информации о клинике, просмотр лога действий.

В ИС реализован сервисно-ориентированный подход. ИС включает в себя мобильное и веб-приложения взаимодействие которых с базой данных осуществляется с помощью специально написанных REST-сервисов. Архитектура системы представлена на рисунке 1 в виде диаграммы размещения в нотации UML.

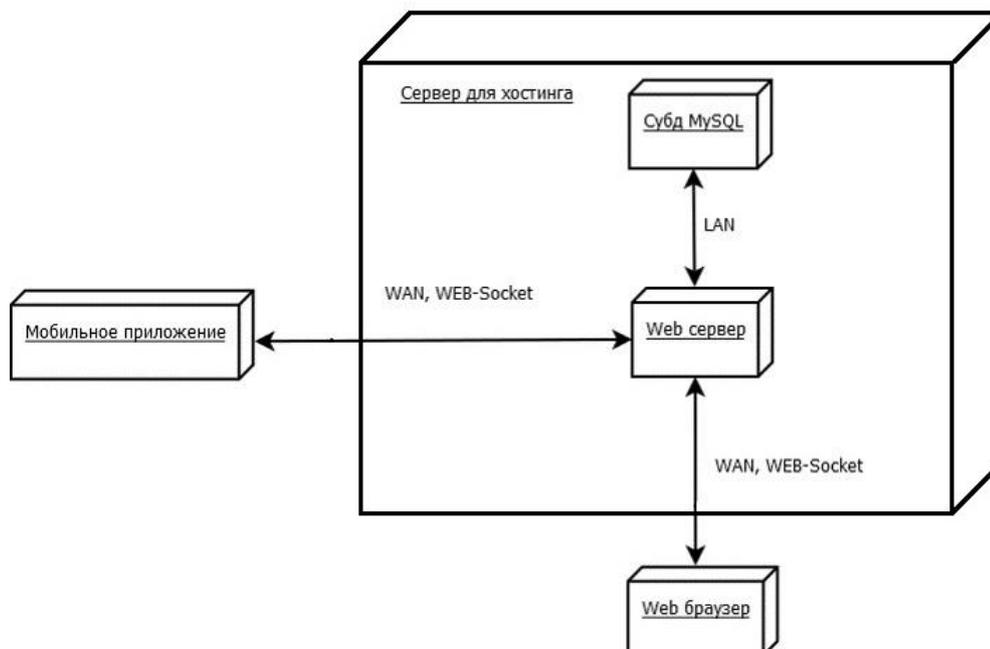


Рисунок 1. Диаграмма размещения

На данной диаграмме можно увидеть, что данные с мобильного и веб-приложения передаются с помощью REST-сервисов на WEB сервер, где выполняется распределение этих данных в базу данных. Также с помощью REST-сервисов выполняется отправка данных из базы данных для отображения их на клиентской части ИС.

Для реализации ИС были выбраны следующие технологии: Node JS, MySQL, Vue JS, React Native, React-redux. Node JS выступает в качестве веб-сервера. Данные информационной системы хранятся и обрабатываются в СУБД MySQL.

Мобильное приложение реализовано с помощью JavaScript-библиотеки React Native компонентов и менеджера состояний React Redux. React Native - кроссплатформенный фреймворк с открытым исходным кодом. React Redux - библиотека для централизованного хранения данных приложения. Она позволяет гибко управлять состоянием приложения и получать доступ к данным из любого места приложения.

Для реализации веб-приложения была использована библиотека Vue JS. Vue JS - технология, используемая для разработки пользовательских интерфейсов.

На рисунке 2 представлены примеры интерфейса мобильного приложения - экран списка услуг и экран с описанием выбранной услуги. При выборе конкретной услуги открывается экран с её описанием, а также списком врачей, которые оказывают эту услугу. При выборе определенного врача открывается экран с подробной информацией об этом враче: ФИО, должность, специализация.

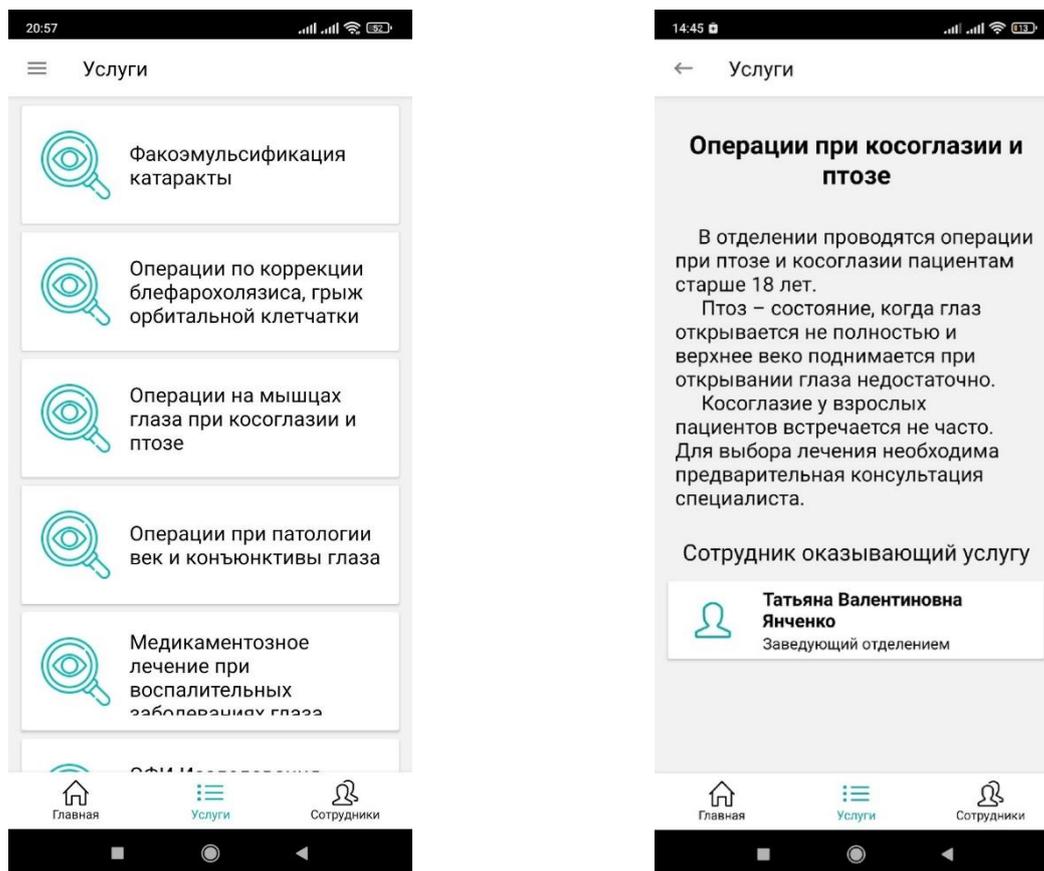


Рисунок 2. Экран списка услуг и экран с описанием выбранной услуги

На данный момент ведется разработка мобильного приложения и веб-приложения. В мобильном приложении реализованы: начальный экран, где содержится меню навигации, экраны с информацией об услугах, врачах, контактах, экран с информацией о клинике, экран с часто-задаваемыми вопросами, экран с информацией как добраться до клиники. Реализованы REST-сервисы. В веб-приложении реализованы страница авторизации и административная панель управления для редактирования информации об услугах, врачах, информации о клинике, контактах.

В будущем планируется реализовать в ИС взаимодействие с наручным устройством для отслеживания таких показателей пациента, как пульс, количество шагов, уровень кислорода в крови, артериальное давление, температура [1]. Также, наручное устройство позволит отслеживать физическую активность пациента, качество сна. Это поможет сформировать статистические данные для каждого пациента с выделением его критических показателей, чтобы в дальнейшем своевременно отреагировать на них после операций и предотвратить возможные патологии у пациента во время и после реабилитации.

### Литература и источники

1. Zavozkin S.Y. Patient Health Monitoring Information System // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). Vladivostok. 2020. pp. 1-5. doi: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271545.

*Научный руководитель – к.т.н, доцент С.Ю. Завозкин, ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННОГО БРОНИРОВАНИЯ ГОСТИНИЧНЫХ МЕСТ

*Мишунин К.Б., Лаврентьев И.А., Булычев П.Д.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

mishuninkirill25@gmail.com, ivan.lavrentjev2018@yandex.ru, pasha.bulychev@gmail.com

*Аннотация: в настоящее время существует множество различных сервисов по предоставлению апартаментов. Все они собирают и хранят большое количество информации, но никак ее не анализируют. Например, нет анализа таких показателей как процент загрузки гостиницы в определённый период времени года, процентное соотношение реальных доходов с потенциально возможными. С помощью которых можно оценить работоспособность гостиницы.*

*Целью нашего проекта является разработка системы дистанционного бронирования гостиничных номеров. Отличительной чертой будет являться то, что система будет обрабатывать данные и предоставлять аналитику и прогнозы. Это поможет принимать решения для улучшения ведения гостиничного дела, а возможность дистанционного бронирования позволит владельцу гостиницы экономить средства на персонале.*

*В работе описываются этапы разработки информационной системы предоставления и дистанционного бронирования гостиничных мест. В рамках выполнения данной работы реализовано мобильное приложение для ролей «Пользователь» и «Администратор», под операционные системы iOS и Android.*

Перед разработкой веб приложения был проведен обзор существующих аналогичных или похожих решений, которые обладают как положительными, так и отрицательными качествами. К ним можно отнести: Booking, Airbnb, Trivago, KAYAK. Целью обзора существующих аналогичных решений было изучение функциональности, дизайна и особенностей реализации приложений. На основании обзора были сформированы требования к нашему приложению. Оно должно удовлетворять следующими требованиям:

- возможность поиска;
- возможность фильтрации;
- вывод структурированной информации;
- не допускать переизбытка информации на экране;
- возможность просмотра статистики;
- возможность просмотра прогнозов;

Необходимо собирать следующую информацию о гостинице: кол-во забронированных номеров, кол-во номеров пригодных для эксплуатации, кол-во гостей, цену номеров. На основании собранных данных при помощи следующих параметров: Процент загрузки гостиницы, кол-во номеров в эксплуатации, доход от номера, средний тариф на гостя и т.д. Будет производиться аналитика и прогнозирование, что дает возможность владельцу гостиницы принять необходимое решение для получения прибыли.

В результате поставленной задачи была спроектирована диаграмма последовательности действий в нотации UML. На рисунке 1 показан процесс взаимодействия пользователя с приложением. Пользователь заходит в приложение, где вводит свои данные для входа и дает согласие на обработку персональных данных. На серверной стороне происходит проверка полученных данных на соответствие, после чего на клиентскую часть приходит ответ. Если введенные данные авторизации неверны – пользователь получит сообщение о несоответствии данных. Если же введенные данные верны – серверная часть отправляет GET-запрос для добавления данных в БД. После чего пользователю предоставляются необходимые данные для бронирования, после выбора и оплаты нужного номера, данные передаются на сервер для

обработки и отправки результата пользователю, после чего формируется GET-запрос в БД на добавление данных о бронировании.

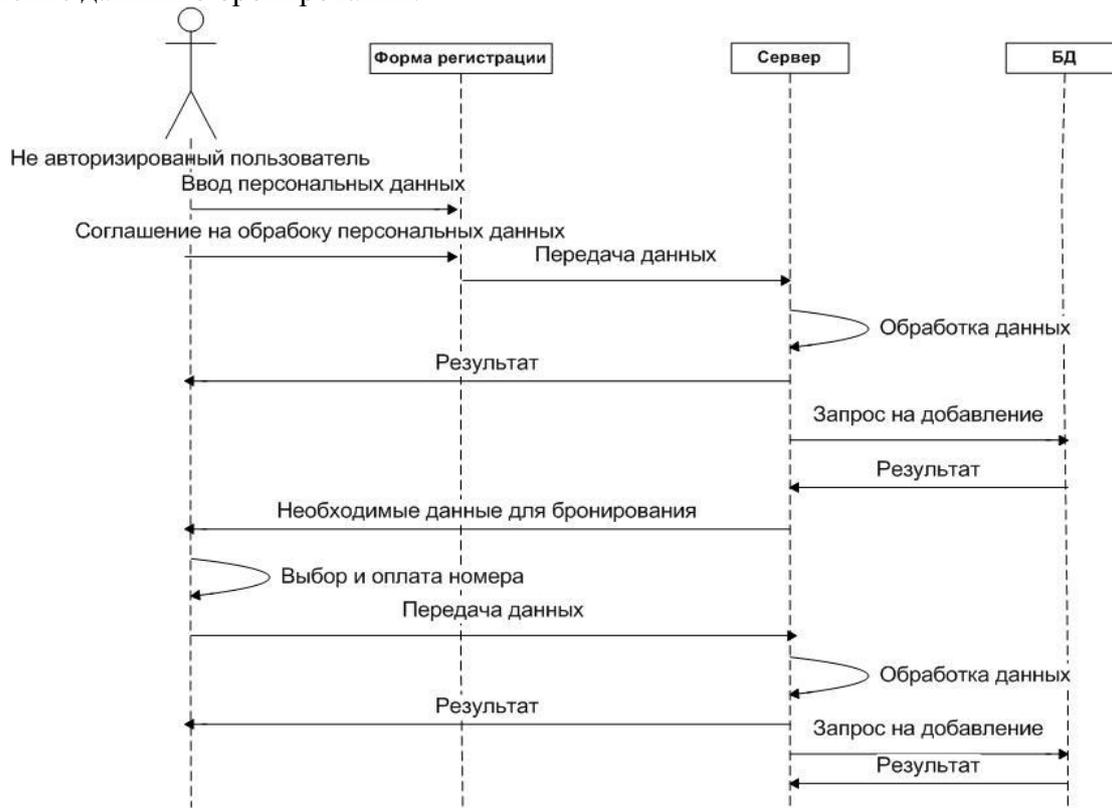


Рисунок 1. Диаграмма последовательности. Авторизация и работа

В предлагаемом приложении для дистанционного бронирования доступны такие функции как:

- регистрация/авторизация пользователей;
- возможность пользователя изменить свои личные данные;
- просмотр доступных гостиниц;
- просмотр доступных номеров;
- возможность узнать оценки и подробную информацию о гостинице;
- просмотр истории бронирования;
- возможность написать в чат отелю;
- возможность забронировать и оплатить номер;
- возможность заказать уборку в номер;
- возможность заказать еду в номер (при наличии кафе в отеле);

В приложении для администратора доступны следующие функции:

- авторизация;
- возможность редактировать данные отеля и его номеров;
- возможность просмотра статистики работы отеля и прогноза его будущей работы;
- возможность проконсультировать клиентов в чате;

В результате мы имеем практически готовый продукт, в котором были учтены недочеты аналогичных сервисов. Таким образом, предлагаемый программный продукт позволит существенно упростить, процесс бронирования номеров для пользователя, а встроенные

средства анализа данных позволят облегчить процесс принять верного решение для владельца гостиницы.

Средства реализации информационной системы, использующиеся при разработке клиентской части:

- Среда разработки Android Studio;
- Язык программирования Dart;
- Программная платформа для кроссплатформенной разработки мобильных приложений Flutter;
- Notepad++;

Средства реализации информационной системы, использующиеся при разработке серверной части:

- Notepad++;
- Среда разработки для БД Oracle – dbForge Studio 2022 for Oracle;
- ПО для виртуализации ОС Oracle VirtualBox;
- ОС Oracle Linux 8;
- СУБД Oracle 19c;
- Проприетарная среда быстрой разработки прикладного программного обеспечения на основе СУБД Oracle Database – APEX (Oracle Application Express);
- Веб-сервер для запуска веб-приложений Apache Tomcat;
- Веб-сервис Oracle REST Data Services для связи клиентской и серверной части приложения, путём передачи http запросов;

#### **Литература и источники**

1. Приложения для поиска и бронирования отелей - [Электронный ресурс] - <https://geeker.ru/travel/poisk-i-bronirovanie-otelej/>
2. Кристиан Дари, Богдан Бринзаре, Филип Черчез-Тоза, Михай Бусика. AJAX и PHP. Разработка динамических веб-приложений. – М.: Символ-Плюс, 2009. – 336 с
3. Hans-Erik Eriksson, Magnus Penker. Business Modeling With UML: Business Patterns at Work. – М.: John Wiley & Sons, 0. – 464 с.

*Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004**

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРНОГО ОТВОДА**

***Потапенко Н.С, Сабуров К.В.***

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

kronusol@yandex.ru, krizis265@bk.ru

*В статье описывается решение проблемы связанной с построением и визуализации дискретной цифровой модели произвольного размера для визуализации и моделирования, представленной в виде воксельного пространства. Для ее решение необходимо определить наиболее оптимальные структуры данных, их создания и взаимодействия с ними. В итоге необходимо спроектировать полноценную модель системы для работы с воксельными данными, а затем реализовать данную модель в рамках информационной системы для дальнейшего применения.*

#### **Введение**

Особенное внимание в современных задачах моделирования уделяется визуализации расчетов в виде трехмерного компьютерного изображения. Принципиальная необходимость

визуализации, возникающая в широком спектре современных задач, стимулирует развитие программных продуктов, технологий и методов, с помощью которых осуществляется построение трехмерных компьютерных изображений с возможностью интерактивного взаимодействия.

В горной промышленности существует актуальная проблема построения модели горного отвода. Для визуализации полноценной трехмерной модели горного отвода требуется огромное количество разнообразных данных. Соответственно, для того, чтобы добиться достаточной производительности визуализации на конечной рабочей станции пользователя, необходимо оптимизировать процессы обработки данных, их структуру и взаимодействие в информационной системе.

Основной проблемой является то, что невозможно заранее предсказать, какой объем пространства предстоит моделировать, как и то, что именно будет в его наполнении.

Целью данной работы является создание программной системы для работы с произвольным объемом дискретных данных представленных вокселями.

### **Реализация воксельной модели данных**

Воксель - наименьший элемент трехмерного пространства, обладающий определенными свойствами, такими как цвет и положение. В отличие от полигональных моделей, воксели требуют больше ресурсов, что компенсируется более точным отображением и моделированием, при достаточно высоком разрешении. При этом, работа с вокселями порождает следующие проблемы:

- Как эффективно создавать необходимые воксели
- Как визуализировать данные воксели
- Как организовать работу с вокселями

Для обеспечения максимальной эффективности работы с вокселями, необходимо минимизировать число информации, которую необходимо хранить для работы с ними. В частности, если воксель имеет изначально множество параметров, такие как: положение в мире, цвет, тип, плотность и прочие дополнительные атрибуты, то все вспомогательные группы атрибутов можно вынести в отдельные группы свойств и хранить только информацию, достаточную для определения этих свойств из группы, например ее идентификатор.

Также для более контролируемого и производительного процесса работы по созданию и удалению групп вокселей они были сгруппированы в чанки. Чанк – структура вокселей, образующая куб и имеющая фиксированный размер, например 10x10x10 вокселей. Использование чанков также позволяет сократить число информации, хранящейся в вокселях, например – на основе положения чанка и индекса вокселя в нем, можно однозначно определить конечную позицию в пространстве. Также чанки образуют структуры: килочанки, мегачанки и гигаганки, состоящие из аналогичных структур чанков, килочанков и мегачанков соответственно.

Наиболее эффективным способом обработки большого числа данных объектов, а именно тысячи и миллионы вокселей, содержащихся в них, является параллельная или асинхронная обработка. Для этого была внедрена система задач, использующая пул потоков, распределяемых между ядрами процессора. Что позволяет визуализировать цифровую модель в реальном времени. Также важно учитывать то, что к чанку может быть применено несколько одинаковых операций, например: чанк А начал построение визуализации, чанк Б завершил построение визуализации и была отдана команда чанку А на перестроение визуализации с учетом состояния чанка Б, для решения этой проблемы была введена система тикетов, позволяющая отслеживать выполнение конкретной задачи и при необходимости отменять ее, высвобождая занятые ресурсы, что исключает наложение результатов выполняемых действий.

### Визуализация цифровой модели

Поскольку наша цифровая модель имеет дискретное представление, а именно строго организованную воксельную структуру, то для построения ее визуализации можно использовать несколько типовых подходов.

Marching cubes - алгоритм в компьютерной графике, создающий треугольные модели поверхностей постоянной плотности на основе трехмерных данных. Алгоритм проходит скалярное поле, на каждой итерации осматривает 8 угловых точек вокселя и ставит полигоны, необходимые для изображения части изоповерхности, идущий через куб. Таким образом 8 угловых точек куба порождают 256 возможных ситуаций. Одним из преимуществ данного алгоритма является то, что все возможные ситуации можно предварительно просчитать и сохранить в определенную программную таблицу для использования.

Marching tetrahedra - аналог алгоритма Marching cubes. Отличает то, что для построения куб вокселя делится на шесть неправильных тетраэдров методом трехкратного разреза куба пополам, отсоединяя по диагонали каждую из трех пар противоположных граней. Порядок построения аналогичен Marching cubes, но итоговое число комбинаций – 16.

Surface nets - алгоритм в компьютерной графике, который использует сетку вершин и применяет к ним определенный алгоритм сглаживания. В процессе сглаживания крайне важно учитывать, чтобы вершина не покидала границ своего вокселя.

Поскольку ключевым критерием выбора способа представления является итоговая производительности системы был выбран алгоритм Surface nets, поскольку его использование обеспечивает наименьшее число вершин и наибольшую скорость визуализации.

### Заключение

Итогом данной работы стала информационная система для работы с воксельными данными, предоставляющая достаточную производительность для построения и визуализации воксельной цифровой модели достаточного размера в реальном времени, а также предоставляющую необходимые интерфейсы для взаимодействия с воксельными данными.

Пример визуализации изображен на рисунке 1.

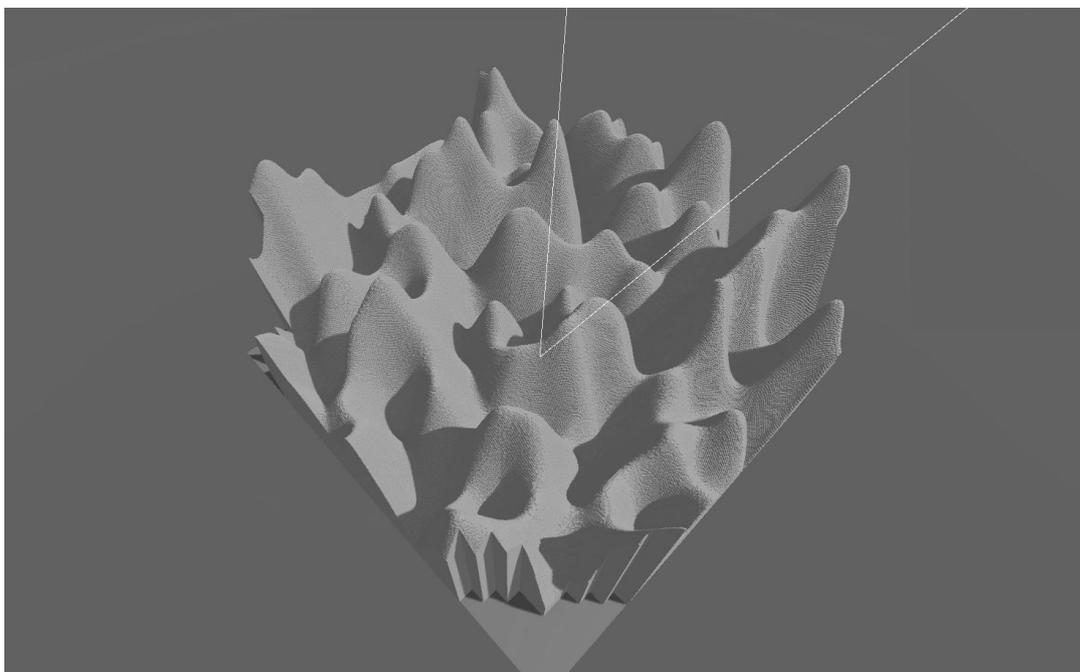


Рисунок 1. Пример визуализации произвольных воксельных данных

В дальнейшем необходимо интегрировать данную программную систему в информационную систему моделирования горного отвода для обеспечения построения, визуализации и проведению экспериментов с цифровой моделью.

#### **Литература и источники**

1. William E. Lorensen, Harvey E. Cline: Marching Cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. In: Computer Graphics, Vol. 21, Nr. 4, July 1987
2. Charles D. Hansen, Chris R. Johnson. Visualization Handbook. — Academic Press, 2004. — С. 7–11.
3. Adriano N. Raposo, Abel J.P. Gomes. Pi-surfaces: products of implicit surfaces towards constructive composition of 3D objects // Journal of WSCG. — 2019. — arXiv:1906.06751. (International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision)

*Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры ЮНЕСКО по ИВТ Бурмин Л.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 533.6.011.6**

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В ОСРЕДНЕННОЙ ПОСТАНОВКЕ**

**Фенько В.В.**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
vvf16@tpu.ru

*В данной работе была представлена математическая модель возникновения и распространения верхового лесного пожара. С помощью метода контрольного объема получен дискретный аналог – система нелинейных алгебраических уравнений, которая решена численно. Полученные распределения полей температуры, скорости, концентраций и объемных долей фаз в различные моменты времени описывают процесс распространения верхового лесного пожара. Получены зависимости основных характеристик лесного пожара от метеорологических условий (температура, скорость ветра и т.д.), параметров и состояния лесного массива.*

Пусть очаг зажигания имеет конечные размеры, причем начало система координат  $XOZ$  связано с центром очага. Ось  $OZ$  направлена вертикально вверх, а ось  $OX$  – параллельно земной поверхности. Ось  $OY$  совпадает с направлением ветра. В начальный момент времени заданы координаты очага зажигания. Под действием ветра очаг верхового пожара начинает распространяться по лесному массиву. На рисунке 1 схематично изображен изучаемый процесс.

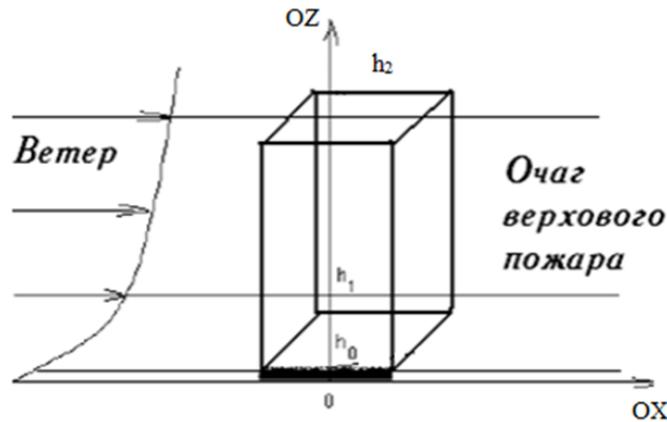


Рисунок 25. Система координат с очагом зажигания в центре

Математическая постановка задачи опирается на физическую и представляет собой дополненную и измененную модель, приведенную в работе [1]. Основные допущения, принятые при выводе системы уравнений начальных и граничных условий:

1. Ветер направлен вдоль оси  $X$ ;
2. Течение носит развитый турбулентный характер, и молекулярным переносом пренебрегаем по сравнению с турбулентным;
3. Полог леса предполагается недеформируемой пористо-дисперсной средой;
4. Среда в пологе леса считается двухтемпературной, т.к. различаются температура газовой и конденсированной фазы;
5. Известна скорость движения воздуха над пологом леса в стационарном состоянии;
6. Рассматривается так называемый продуваемый лесной массив, когда объемной долей конденсированной фазы лесных горючих материалов (ЛГМ), состоящей из сухого органического вещества, воды в жидко-капельном состоянии и золы можно пренебречь по сравнению с объемной долей газовой фазы, включающей в себя компоненты воздуха и газообразные продукты пиролиза и горения;
7. Плотность газовой фазы не зависит от давления, т.к. скорость течения мала по сравнению со скоростью звука;
8. Перенос энергии осуществляется путем турбулентной конвекции и излучения;
9. Для описания процесса переноса энергии излучением используется диффузионное приближение, для описания конвективного переноса, обусловленного действием силы тяжести, используется уравнение Рейнольдса.

Исходя из того, что вертикальные размеры лесного массива несопоставимо меньше его горизонтальных размеров, общая система дифференциальных уравнений процесса тепломассопереноса в трехмерном массиве [1] может быть проинтегрирована по вертикальной координате  $Z$ . Для этого исходная система уравнений была приведена к дивергентному виду, затем проинтегрирована по высоте. При этом высота  $h$  – уровень осреднения, то есть:  $\int_0^h \phi dz = \bar{\phi}h$ , где  $\bar{\phi}$  – среднее значение величины  $\phi$ . Проинтегрированная система уравнений выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) = \dot{m} - \frac{(\dot{c}^- - \dot{c}^+)}{h}, \quad (1)$$

$$\rho \frac{du}{dt} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(-\rho \overline{u'^2}) - \rho s c_{du} |\vec{V}| - \dot{m}u + \frac{(\tau_x^- - \tau_x^+)}{h}, \quad (2)$$

$$\rho \frac{dv}{dt} = -(p_{z=h} - p_{z=0}) + \frac{\partial}{\partial x}(-\rho \overline{u'v'}) - \rho s c_{dv} |\vec{V}| - \dot{m}v + \frac{(\tau_y^- - \tau_y^+)}{h}, \quad (3)$$

$$\vec{V} = (u, v);$$

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (-\rho c_p u' \bar{T}') + q_5 R_5 + \alpha_v \cdot (T_s - T) - \frac{q_T^- - q_T^+}{h} + k_g (cU_R - 4\sigma T^4), \quad (4)$$

$$\rho \frac{dC_\alpha}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} (-\rho \bar{u}' C_\alpha') + R_{5\alpha} - \dot{m} C_\alpha + \frac{J_\alpha^- - J_\alpha^+}{h}, \alpha = \overline{1,3}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x} \right) - \kappa (cU_R - 4\sigma T^4) + \frac{q_R^- - q_R^+}{h} = 0, k = k_g + k_s; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^3 \rho_i C_{pi} \varphi_i \frac{\partial T_s}{\partial t} = q_3 R_3 - q_2 R_2 - k_s (cU_R - 4\sigma T^4) + \alpha_v \cdot (T - T_s); \quad (7)$$

$$\rho_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = -R_1; \quad \rho_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial t} = -R_2; \quad \rho_3 \frac{\partial \varphi_3}{\partial t} = \alpha_c R_1 - \frac{M_c}{M_1} R_3; \quad \rho_4 \frac{\partial \varphi_4}{\partial t} = 0; \quad (8)$$

$$\sum_{\alpha=1}^3 c_\alpha = 1, p_e = \rho RT \sum_{\alpha=1}^3 \frac{c_\alpha}{M_\alpha};$$

$$\dot{m} = (1 - \alpha_c) R_1 + R_2 + \frac{M_c}{M_1} R_3; \quad (9)$$

$$R_{51} = -R_5 - \frac{M_1}{2M_2}; \quad R_{53} = v_c (1 - \alpha_c) R_1 - R_5; \quad R_{51} = 0.$$

$$R_1 = k_1 \rho_1 \varphi_1 \exp\left(-\frac{E_1}{RT}\right); \quad R_2 = k_2 \rho_2 \varphi_2 T^{-0.5} \exp\left(-\frac{E_2}{RT}\right); \quad (10)$$

$$R_3 = k_3 \rho_3 \varphi_3 S_\sigma C_1 \exp\left(-\frac{E_3}{RT}\right); \quad R_5 = k_5 M_2 \left(\frac{C_1 M}{M_1}\right)^{0.25} \left(\frac{C_2 M}{M_2}\right) T^{-2.25}.$$

При решении вышеизложенной системы уравнений следует учитывать следующие начальные и граничные условия:

$$t = 0: u = 0; T = T_e; c_\alpha = c_{\alpha e}; T_s = T_e; \varphi_i = \varphi_{ie} \quad (11)$$

$$x = 0: u = V_e; v = 0; T = T_e; c_\alpha = c_{\alpha e}; -\frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x} + \frac{cU_R}{2} = 0; \quad (12)$$

$$x = x_e: \frac{\partial u}{\partial x} = 0; \frac{\partial v}{\partial x} = 0; \frac{\partial c_\alpha}{\partial x} = 0; \frac{\partial T}{\partial x} = 0; \frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x} + \frac{cU_R}{2} = 0; \quad (13)$$

Величина температуры в очаге зажигания ( $x_1 \leq x \leq x_r$ ) изменяется в зависимости от времени:

$$T = T_s = \begin{cases} T_e + \frac{t}{t_0} (T_0 + T_e), & t \leq t_0 \\ T_e + \left( T_0 - T_e \exp\left[-k \left(\frac{t}{t_0} - 1\right)\right] \right), & t > t_0 \end{cases}, \quad (14)$$

где  $T_0$  – температура горения,  $t_0$  – момент времени максимума тепловыделения от очага зажигания. С помощью метода контрольного объема получен дискретный аналог – система нелинейных алгебраических уравнений, которая решена численно. Полученные распределения полей температуры, скорости, концентраций и объемных долей фаз в различные моменты времени описывают процесс распространения верхового лесного пожара [3]. В данной работе с помощью математического моделирования были получены результаты численного решения одномерной задачи. На их основе были построены графики зависимости исследуемых параметров с течением времени.

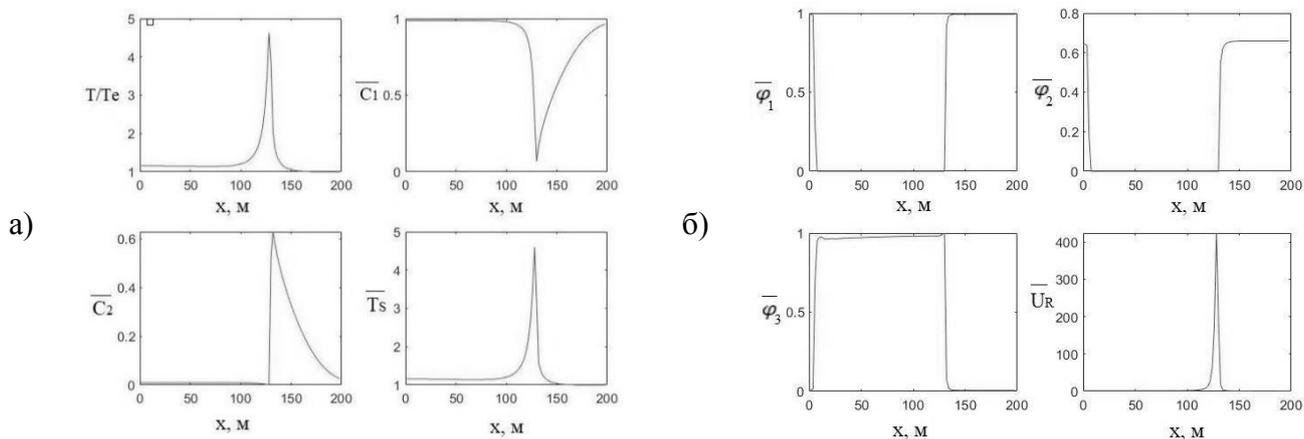


Рисунок 26. Графики распределений: а) температуры газовой фазы, массовой концентрации кислорода  $\bar{C}_1$ , газообразных горючих продуктов пиролиза  $\bar{C}_2$ , температуры твердой фазы  $\bar{T}_s$  от расстояния  $x$ ; б) относительной объемной доли сухого органического вещества  $\bar{\varphi}_1$ , воды в жидко-капельном состоянии  $\bar{\varphi}_2$  и кокса  $\bar{\varphi}_3$ , плотности энергии излучения  $\bar{U}_R$  от расстояния  $x$  в момент времени  $t = 10$  сек;  $\bar{T} = T/T_e$ ;  $T_e = 300R$ ;  $\bar{C}_a = C_i/C_{1e}$ ;  $\bar{T}_s = T_{si}/T_e$ ;  $\bar{\varphi}_1 = \varphi_1/\varphi_{1e}$ ;  $\bar{\varphi}_2 = \varphi_2/\varphi_{2e}$ ;  $\bar{\varphi}_3 = \varphi_3/\varphi_{3e}$ ;

### Литература и источники

1. А.М. Гришин, Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – Т., М.: Наука, 1997.
2. А.М. Гришин, А.Д. Грузин, В.Г. Зверев. Математическая теория верховых лесных пожаров // Теплофизика лесных пожаров: сборник научных трудов / Академия наук СССР, Сибирское отделение, Институт теплофизики; под ред. В.Е.Накорякова. – Новосибирск: Институт теплофизики, 1984. – С. 38 – 75.
3. Патанкар С. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984.-152с.

Научный руководитель – д.ф.-м.н, профессор Перминов В.А., ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

УДК 621.315.3:621.315.61-004.923:519.876

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДА

Шмидт Ю.А.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
yas32@tpu.ru

Работа посвящена обнаружению дефектов в изоляции одножильного электрического провода по изменению погонной ёмкости. В простейшем варианте одножильный электрический провод состоит из металлической жилы и диэлектрической изоляции. Показана зависимость погонной ёмкости провода от геометрических размеров дефектов. Исследование проводилось путем численного моделирования в среде Mathcad. В качестве модели бездефектного провода рассматривался цилиндрический конденсатор. В работе рассмотрены простые для моделирования дефекты, такие как: утолщение и утонение изоляции по всей длины провода, локальное утолщение и утонение изоляции. Для каждого вида дефекта выведена математическая формула, на основе которой построены графики зависимости ёмкости от изменения размеров дефектов.

В результате исследования, получено, что утонение изоляции провода приводит к увеличению ёмкости, а утолщение — к уменьшению. Приводится график зависимости

относительного изменения ёмкости провода при наличии дефектов от абсолютного изменения радиуса изоляции в зоне дефекта.

В дальнейшем планируется перейти к моделированию более реальных дефектов (часто встречающихся на практике): инородное включение в изоляции, пузырьки воздуха, отслоение изоляции от жилы и прочие.

Провод предназначен для передачи электрической энергии и является важным элементом для любой области, где используется электричество, поэтому для корректной работы провода важно тщательно подходить к его контролю. Согласно ГОСТ 15467-79 дефектом является каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям [1]. В простейшем варианте провод состоит из металлической жилы и изоляции [2]. Изоляция кабельных изделий служит для создания диэлектрического промежутка достаточной электрической прочности между токопроводящими жилами и другими заземленными элементами. Обнаружение дефектов по изменения ёмкости является достаточно простым и эффективным методом [2].

Целостный провод (без дефектов) можно представить в виде цилиндрического конденсатора, показанного на рисунке 1.

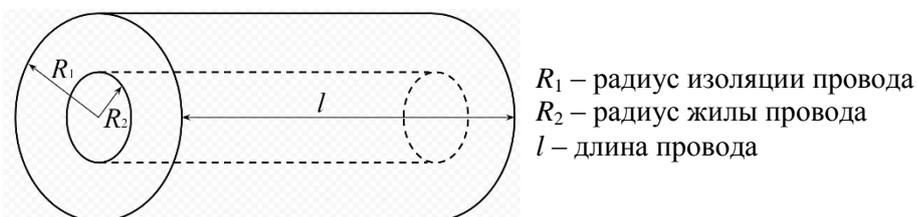


Рисунок 27. Модель бездефектного провода

Параметры рассматриваемой модели провода:  $R_1 = 1,5$  мм;  $R_2 = 0,5$  мм;  $l = 1000$  мм. В качестве изоляции используется полиэтилен, для которого диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 2,3$  [2]. Ёмкость цилиндрического конденсатора рассчитывается по известной формуле (1):

$$C = \frac{2\pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot l}{\ln(R_1 / R_2)} \quad (1)$$

При производстве и эксплуатации проводов могут возникать разного рода дефекты: инородное включение в изоляции, пузырьки воздуха, отслоение изоляции от жилы. Обнаружить наличие дефектов можно по изменению ёмкости, так как их наличие приводит к изменению геометрических размеров.

Цель данной работы путем численного моделирования определить степень влияния геометрических размеров дефектов на значение емкости.

Исследование проводится путем моделирования, так как это эффективный метод, позволяющий получить адекватные результаты, не используя большие материальные затраты на создание банка моделей с различными размерами дефектов.

Так как исследование находится на начальном этапе, то в качестве дефектов выбраны те, которые довольно легко смоделировать, используя численные методы. В данной работе рассматриваются дефекты: утонение/утолщение изоляции по всему участку провода и на локальном участке.

При утонении и утолщении изоляции провода, меняется внешний радиус изоляции  $R_{изм}$ . На рисунке 2 штрихпунктирной линией показаны описываемые дефекты изоляции. В данной работе рассматривается изменение внешнего радиуса изоляции на 2 мм от  $R_1$ .

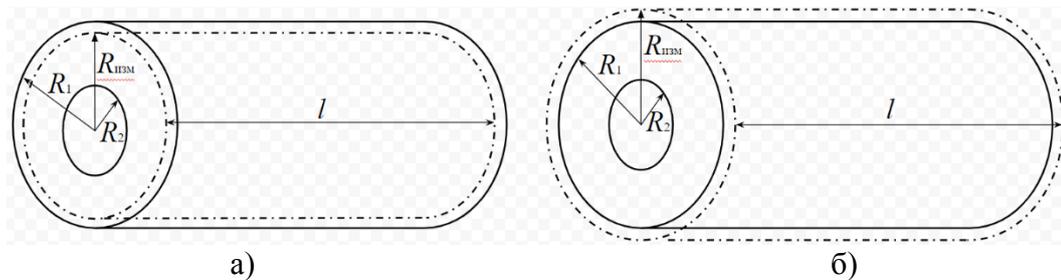


Рисунок 28. Модель провода с утонением (а) и утолщением (б) изоляции по всей длине провода

С учётом изменения радиуса изоляции при наличии дефекта ( $R_1 \rightarrow R_{ИЗМ}$ ), формула (1) преобразуется в формулу (2):

$$C = \frac{2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot l}{\ln(R_{ИЗМ} / R_2)} \quad (2)$$

На следующем этапе исследования рассматриваются более сложные с точки зрения моделирования дефекты: локальное утонение и локальное утолщение изоляции провода (рисунок 3). Данные дефекты являются более реалистичными, т.е. часто встречаются на практике [2].

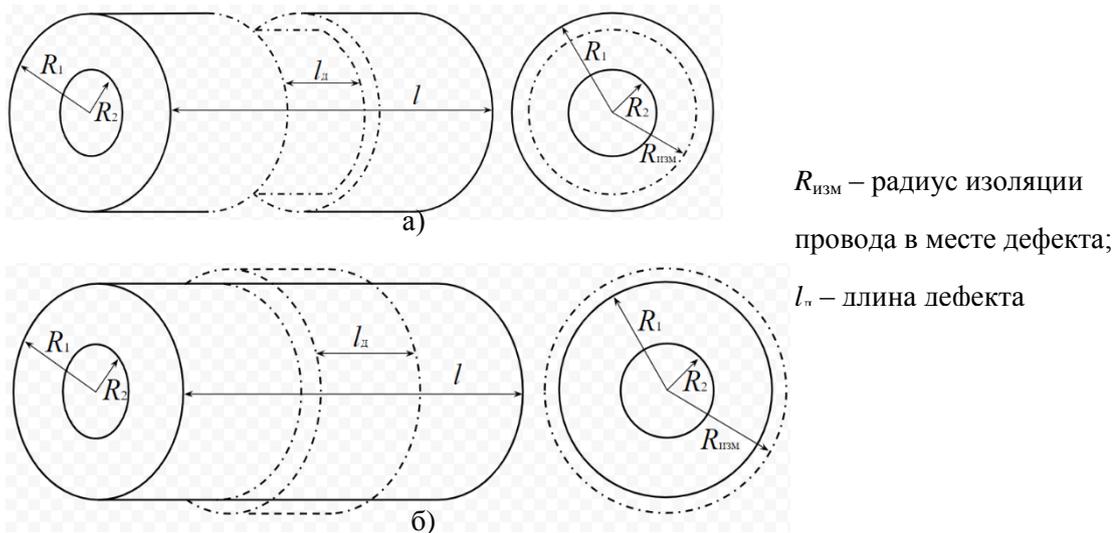


Рисунок 29. Модель провода с локальным утонением (а) и локальным утолщением (б) изоляции

При моделировании рассматривается изменение внешнего радиуса изоляции на 2 мм от  $R_1$ . В обоих случаях длина дефекта постоянна,  $l_d = 100$  мм.

Расчет ёмкости при наличии локального утонения/ утолщения рассчитывается по преобразованной формуле (1):

$$C = 2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \left( \frac{l - l_d}{\ln(R_1 / R_2)} + \frac{l_d}{\ln(R_{ИЗМ} / R_2)} \right) \quad (3)$$

На рисунке 4 представлен график зависимости относительного отклонения погонной ёмкости по модулю от номинальной ёмкости бездефектной модели провода при изменении радиуса изоляции в зоне дефекта  $R_{ИЗМ}$ .

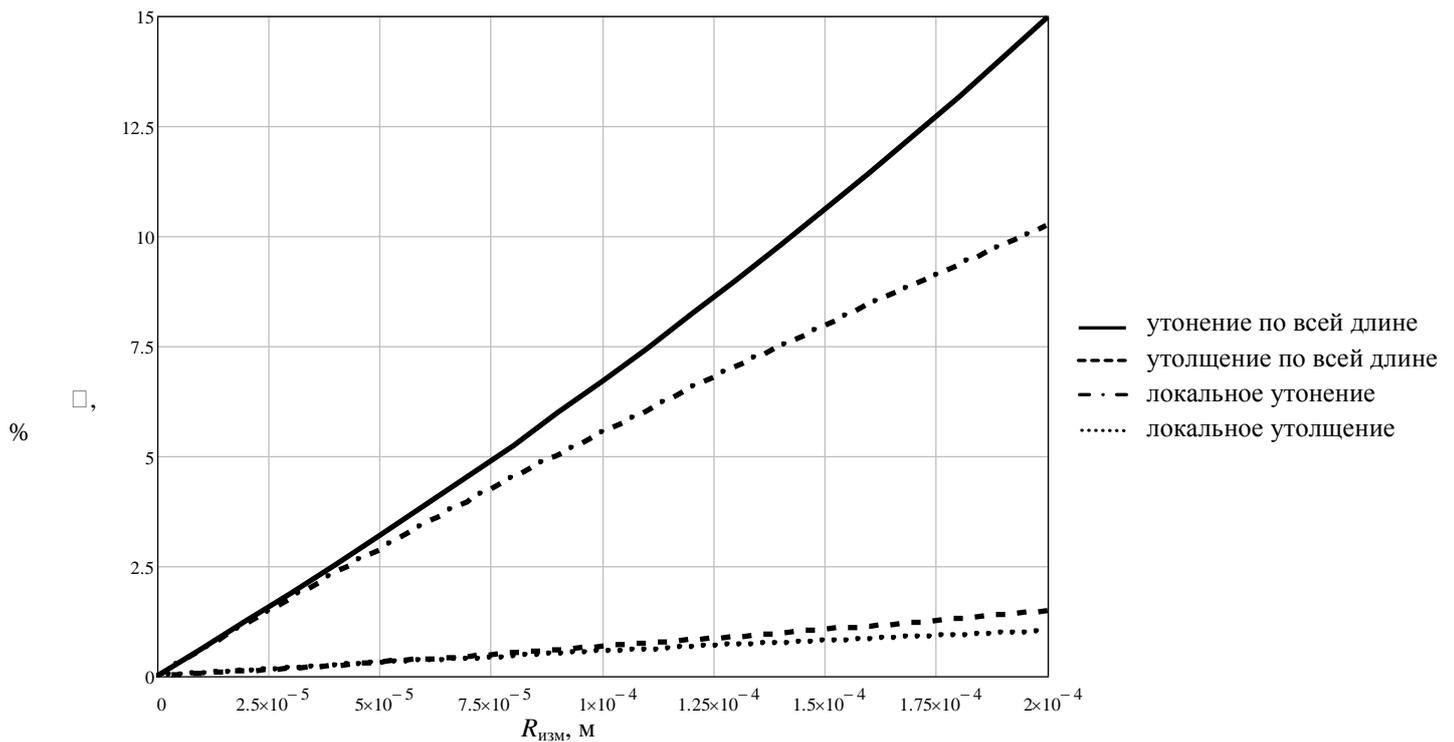


Рисунок 30. Относительное отклонение погонной ёмкости от радиуса изоляции в зоне дефекта

В работе рассмотрены дефекты простых форм и показана зависимость ёмкости от изменения радиуса изоляции. Данная работа является подготовительной для моделирования более сложных дефектов, которые чаще встречаются в реальности.

#### Литература и источники

- ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. [Электронный ресурс] – Введ. 1979.07.01. – Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001719>. (дата обращения 10.04.2022).
- Рюмкин А.В., Вавилова Г.В. Выявление локальных дефектов изоляции провода с помощью измерителя емкости// Измерение, контроль, информатизация. Материалы XVII международной научно-технической конференции. 2016. С. 169-172.  
*Научный руководитель – к.т.н., доцент Вавилова Г.В., Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

# ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

УДК 517.9

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИНАМИКА В ТЕЛЕ С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

*Ануфриев Д.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
nufa.s@yandex.ru

*Задача оптимизации технологии изготовления гранулированного льда требует изучения распределения температуры в теле с учетом взаимодействия его с окружающей средой, чему и посвящается настоящая работа.*

В настоящее время искусственный лед широко используется в различных отраслях промышленности: создание изотермических условий химических реакций, охлаждение скоропортящихся продуктов пищевой промышленности, строительство объектов социального назначения – катки, ледяные скульптуры, а также ледовые переправы.

Пусть тело  $D$  представляет собой шар в евклидовом пространстве  $R^3$  точек  $(x, y, z)$  с центром в начале координат радиуса  $R$ :  $D = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 < R^2\}$ . Процесс распространения тепла в однородном изотропном теле, определяется уравнением теплопроводности [1, 2]

$$V_t = k\Delta V \text{ в } D, \quad (1)$$

где  $V$  – температура точки  $(x, y, z)$  в момент времени  $t$ ,  $k$  – коэффициент теплопроводности. К уравнению (1) присоединим начальное условие:

$$V|_{t=0} = v_0(x, y, z), \quad (x, y, z) \in D, \quad (2)$$

где  $v_0$  – заданная функция, отражающая распределение тепла в теле  $D$  в начальный момент времени и граничное условие

$$\frac{\partial V}{\partial n} = -\lambda(V - \theta) \text{ на } \Sigma = \partial D, \quad (3)$$

соответствующее теплообмену по закону Ньютона на границе  $\Sigma = \partial D$  тела  $D$  с окружающей средой, температура  $\theta$  которой известна. Величина  $\lambda$  обозначает коэффициент теплообмена.

С учетом формы тела  $D$  целесообразно перейти к сферическим координатам  $(r, \varphi, \psi)$ :  $x = r \cos \varphi \sin \psi$ ,  $y = r \sin \varphi \sin \psi$ ,  $z = r \cos \psi$ . Уравнение теплопроводности (1) в результате

примет вид: 
$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{k}{r^2} \left[ \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{\sin \psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left( \sin \psi \frac{\partial V}{\partial \psi} \right) + \frac{1}{\sin^2 \psi} \frac{\partial^2 V}{\partial \varphi^2} \right].$$

Предположим, что начальная функция температуры  $v_0$  в (2) зависит только от радиальной координаты  $r \in [0, R]$ , а функция  $\theta$  в (3) зависит от временной переменной  $t$ . Тогда единственное решение  $V$  задачи (1)-(3) будет функцией только переменных  $r, t$  и мы приходим к задаче

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{k}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right), \quad 0 < r < R, \quad t > 0 \quad (4)$$

$$V|_{t=0} = v_0(r), \quad r \in [0, R] \quad (5)$$

$$-\frac{\partial V}{\partial r} = \lambda(V - \theta), \quad r = R, \quad t > 0 \quad (6)$$

Вводя новую неизвестную функцию по формуле  $u(r, t) = r \cdot V(r, t)$ , получаем уравнение

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} \quad (7)$$

Начальное условие (5) и граничное условие (6) примут соответственно вид

$$u|_{t=0} = u_0(r), \quad \text{где } u_0(r) = r \cdot v_0(r) \quad (8)$$

$$-\frac{\partial u}{\partial r}(R, t) = \left( \lambda - \frac{1}{R} \right) u(R, t) - \lambda R \theta(R, t) \quad (9)$$

Если входные данные  $v_0(r)$ ,  $\theta(t)$  – непрерывные ограниченные функции, то задача (4)-(6) имеет единственное классическое решение  $V(r, t)$ . Тем самым начальная функция  $u_0(r)$  в (8) и решение  $u(r, t)$  уравнения (7) обладает специфическим свойством

$$u_0(0) = 0, \quad u(0, t) = 0, \quad t > 0, \quad (10)$$

которое мы принимаем в качестве второго граничного условия для уравнения (7). С целью упростить краевое условие третьего рода (9), введем новую функцию

$$\Phi(r, t) = u + \frac{1}{\omega} \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \omega = \lambda - \frac{1}{R}, \quad (11)$$

дифференциальное уравнение для которой сохранит прежний вид, т.е.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = k \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2}, \quad 0 < r < R, \quad t > 0 \quad (12)$$

Начальное условие примет вид

$$\begin{aligned} \Phi|_{t=0} &= \Phi_0(r), \quad 0 \leq r \leq R \\ \Phi_0(r) &= u_0(r) + \frac{1}{\omega} \frac{\partial u_0(r)}{\partial r} \end{aligned} \quad (13)$$

а граничные условия (9) и (10) преобразуются к виду:

$$\Phi(0, t) = \frac{1}{\omega} v_0(0), \quad t \in [0, T] \quad (14)$$

$$\Phi(R, t) = \frac{\lambda}{\omega} R \theta, \quad t \in [0, T] \quad (15)$$

Таким образом, была получена неоднородная краевая задача (14)-(15) для однородного одномерного уравнения теплопроводности (12).

Решение  $\Phi(r, t)$  задачи (12)-(15) будем искать в виде

$$\Phi(r, t) = Z(r, t) + W(r, t), \quad (16)$$

$$\text{где } Z(r,t) = \left(1 - \frac{r}{R}\right) \frac{v_0(0)}{\omega} + r \left(\frac{\lambda}{\omega} \theta(t)\right) \quad (17)$$

удовлетворяет неоднородным граничным условиям (14), (15).

Предположим, что температура  $\theta$  окружающей среды не зависит от времени, т.е.  $\theta = \theta_0 = \text{const}$ . Тогда для  $W(r,t)$  получаем краевую задачу

$$\frac{\partial W}{\partial t} = k \frac{\partial^2 W}{\partial r^2}, \quad 0 < r < R \quad (18)$$

$$W|_{r=0} = \Phi|_{r=0} - Z(r) = W_0(r) \quad (19)$$

$$Z(r) = \frac{v_0(0)}{\omega} \left(1 - \frac{r}{R}\right) + \frac{\lambda}{\omega} r \theta_0 \quad (20)$$

$$W|_{r=0} = 0, \quad W|_{r=R} = 0$$

Решение задачи (18)-(20) может быть построено методом разделения переменных и представлено в виде абсолютно сходящегося ряда  $W(r,t) = \sum_{n=1}^{\infty} c_n e^{-k\left(\frac{\pi n}{R}\right)^2 t} \sin\left(\frac{\pi n}{R} r\right)$ , где коэффициенты  $c_n$  определяются по формулам

$$c_n = \frac{2}{R} \int_0^R W_0(r) \sin\left(\frac{\pi n}{R} r\right) dr, \quad n = 1, 2, \dots \quad (21)$$

Особый интерес представляет случай, когда начальная температура  $v_0$  в (5) постоянна, т.е.  $v_0 = \text{const}$ , и, следовательно,

$$\begin{aligned} \Phi_0(r) &= v_0 \left(r + \frac{1}{\omega}\right) \\ Z(r,t) &= \frac{v_0}{\omega} \left(1 - \frac{r}{R}\right) + \frac{\lambda}{\omega} r \theta_0 \end{aligned} \quad (22)$$

Из формул (19), (22) следует, что  $W_0(r) = Q \cdot r$ , где  $Q = \left(v_0 - \frac{\lambda}{\omega} \theta_0 + \frac{v_0}{\omega R}\right) = \text{const}$ . Тогда коэффициенты  $c_n$  определяются по формулам

$$c_n = \frac{2QR}{\pi n} (-1)^{n+1}, \quad n = 1, 2, \dots \quad (23)$$

Согласно формулам (16), (17) получим

$$\Phi(r,t) = \sum_{n=1}^{\infty} c_n e^{-k\left(\frac{\pi n}{R}\right)^2 t} \sin\left(\frac{\pi n}{R} r\right) + \frac{v_0}{\omega} \left(1 - \frac{r}{R}\right) + \frac{\lambda}{\omega} r \theta_0 \quad (24)$$

Функция  $u(r,t)$  находится как решение обыкновенного дифференциального уравнения (11) с начальным условием (10), решение которого имеет вид:  $u(r,t) = \omega \left(\int_0^r \Phi(s,t) e^{\omega s} ds\right) e^{-\omega r}$

Исходная функция температуры  $V(r,t)$  тогда находится по формуле

$$V(r,t) = \frac{\omega}{r} \left(\int_0^r \Phi(s,t) e^{\omega s} ds\right) e^{-\omega r} \quad (25)$$

Полученные формулы дают возможность построения в явном виде приближенных решений рассматриваемой задачи. Например, удерживая в формуле (24) первые десять членов в ряду, получим картину распределения температуры шара, представленную на рисунках ниже (Рисунок 1).

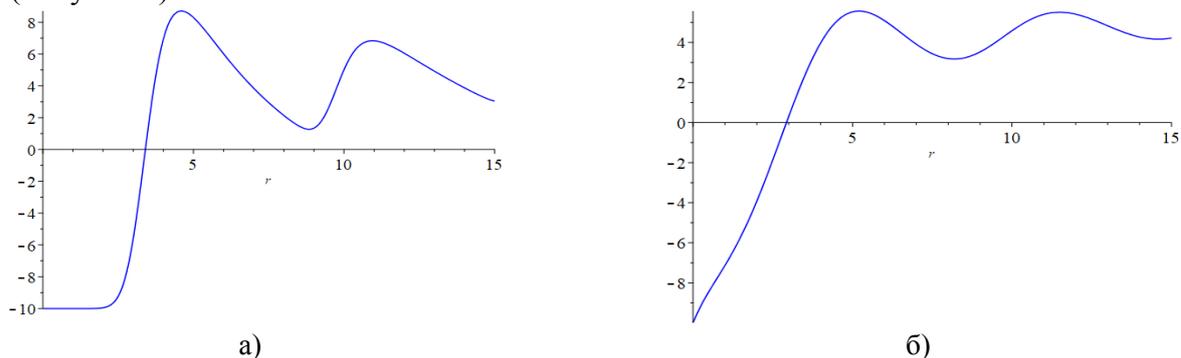


Рисунок 1. Начальная температура шара  $v_0 = -10^\circ\text{C}$ , а температура окружающей среды  $\theta_0 = 3^\circ\text{C}$  а) в

момент  $t = t_1 = \frac{1}{10}$ , б) в момент  $t = t_2 = 1$

На рисунке а) указано приближенно распределение температуры в момент времени  $t = \frac{1}{10}$ , а на графике б) в момент времени  $t = 1$ .

#### Литература и источники

1. Тихонов, Андрей Николаевич (1906-). Уравнения математической физики: [Учеб. пособие для вузов] / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. - 5-е изд., стер. - Москва : Наука, 1977. - 735 с.
  2. Стеклов, Владимир Андреевич (1864-1926). Основные задачи математической физики / В. А. Стеклов; Под ред. [и с вступ. ст.] В. С. Владимирова. - 2-е изд. - М. : Наука, 1983. - 432 с.
- Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Жалнина А.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 372.800.2

#### МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «СФЕРА И ШАР» ДЛЯ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ПРОФИЛЯ

**Воронов А. А.**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
voronov.sasha2010@mail.ru

Зачастую ученики, не представляя расположение фигуры в пространстве, её свойства и соотношения с другими фигурами, начинают сомневаться в правильности своих действий и верности составленного чертежа, так как, выполняя одну и ту же операцию в разных ситуациях можно легко ошибиться. Знание объекта так же вызывает сложности у учеников, опознание объекта подразумевает знание его свойств, характерных признаков и его структуры, соотношение с другими объектами в пространстве.

Для облегчения изучения пространственных фигур, можно изготовить наглядное пособие, где ученики хорошо усваивают полученные теоретические знания и навыки, при этом свойства и особенности фигур легко познаются и прочно закрепляются в памяти учащихся.

На основе изученной соответствующей учебно-методической литературы и анализа проблем изучения стереометрии, будет создаваться online-курс. Данный курс будет «живым» благодаря интерактивности, добавления геймификации и эффектов визуализации с помощью программных продуктов:

- Microsoft PowerPoint.

- iSpring Suite.
- GeoGebra.

iSpring Suite используется в режиме надстройки для Microsoft PowerPoint, и является конструктором электронных курсов, данный инструмент предоставляет возможность создания презентаций в интерактивном режиме [1], ниже мы видим пример (Рисунок 1).



Рисунок 1. Пример курса

Для иллюстраций и интерактивных рисунков будет использоваться динамическая математическая программа GeoGebra, которая позволяет создавать наглядные рисунки, для визуализации геометрических тел [2] (Рисунок 2).

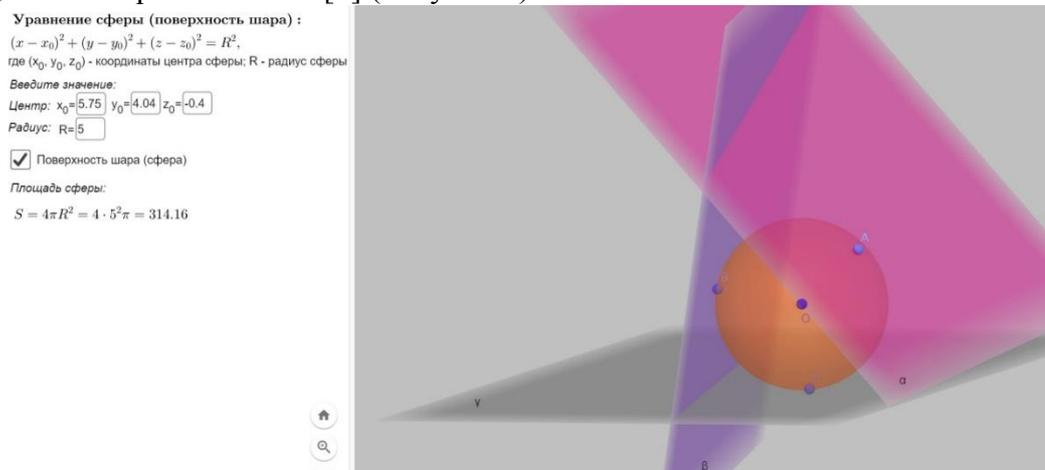


Рисунок 2. Пример реализации в «Geogebra»

Большое внимание уделено на закрепление материала. Каждый раздел теории подкреплен тестом. Идея дизайна заключается в эффекте написания текста мелом на доске. Добиться данного эффекта помог специальный шрифт «LC Chalk», фон доски и звук пишущего мела по доске. Начальный вид электронного пособия (Рисунок 3).

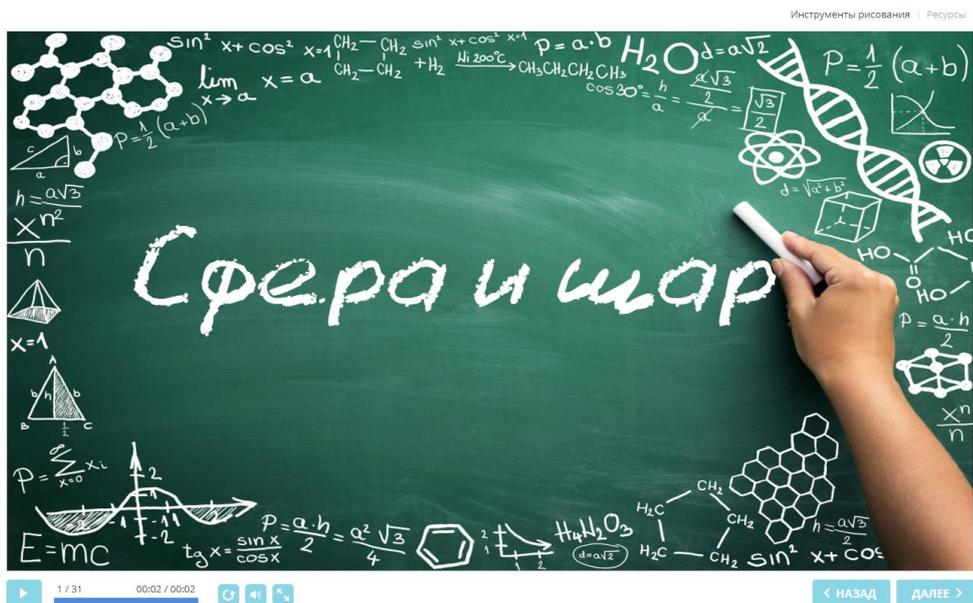


Рисунок 3. Начальный вид онлайн - курса

По содержанию расположенном на панели навигации можно перейти к слайду или вернуться назад с помощью кнопок «Далее» и «Назад». Так же можно сделать курс на весь экран, настроить звук и повторить запуск слайда. В каждом разделе присутствует тест, после решения которого выводится результат. На рисунке изображен тест (Рисунок 4).

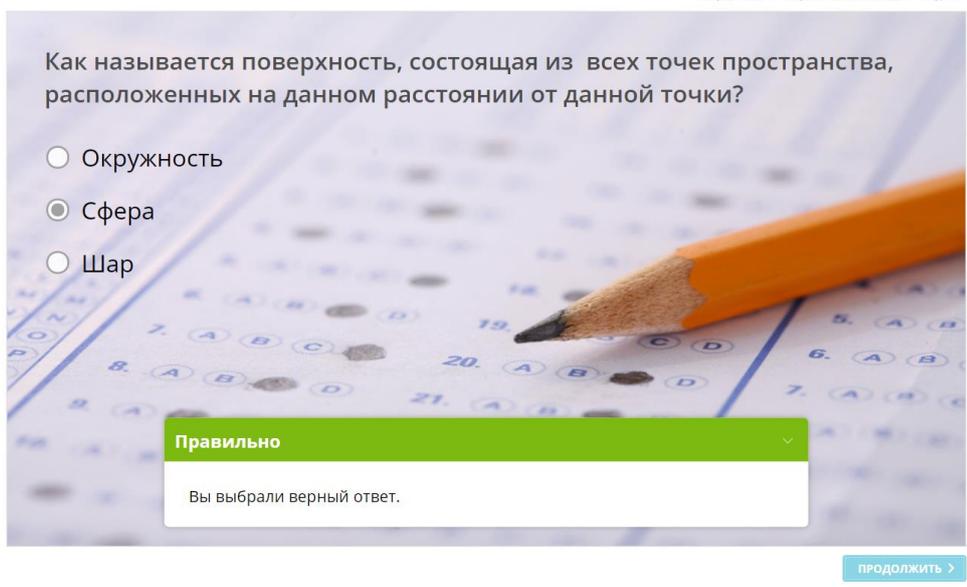


Рисунок 4. Первый тест

Данный онлайн – курс содержит пять тем, каждый слайд имеет звуковое сопровождение. Полностью анимирован для оживления дизайна, от набора текста до построения чертежей. Так же в сумме получается пять тестов с озвученными вопросами, для закрепления материала. На рисунке ниже продемонстрированы использующие анимации на одном из слайдов (Рисунок 5).



Рисунок 5. Область анимации

Таким образом, с помощью данного курса можно познакомиться с важным разделом математики в комфортных условиях, что делает продуктивным процесс обучения. Полученные знания из курса способствуют подготовке высокого уровня знаний.

#### Литература и источники:

1. iSpring: Ведущий разработчик технологий для корпоративного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ispring.ru/>
2. Материалы по стереометрии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fmclass.ru/math.php?id=48f3aa7eca202>  
*Научный руководитель – к.т.н., доцент Саблинский А.И., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 372.800.2

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ ПЕРВЫХ РАЗДЕЛОВ СТЕРЕОМЕТРИИ

*Еремин М. С., Еремина К. П.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
 Sweet\_angel999@mail.ru, Maksimeremin96@gmail.com

На сегодняшний день, центром образовательной деятельности является ребенок, поэтому для учителя основная задача - сформировать в нем всесторонне развитую личность. У современных учителей все большую популярность набирает применение современных технологий обучения, направленных на помощь учителю и ученику в учебном процессе. И одной из таких технологий считается - интерактивная технология обучения.

Для понимания термина «интерактивные технологии обучения» рассмотрим ключевые слова: «интерактивные» и «технологии». Термин «интерактивные» в литературном источнике Е. Карпенко трактуется как взаимодействие, нахождение в режиме беседы, диалога, с хорошо организованной обратной связью. «Технология» – понимается как мастерство, умение, поэтому под интерактивными образовательными технологиями подразумевается хорошо организованный, последовательный и в тоже время творческий процесс применения научно – практических методов и педагогических приемов, направленный на достижение целей обучения [2]. Более широким значением термина «интерактивное обучение» является

рассмотрение его как способность взаимодействовать или находиться в режиме общения с чем-либо (например, компьютером) или кем-либо (человеком).

При изучении состояния проблемы плохого усвоения материала по стереометрии у учащихся 10-11 классов, прежде всего, следует отметить то, что за частую материал подается в неинтересной, скучной для школьников форме. Поэтому, есть потребность в изучении первых разделов стереометрии с использованием интерактивных технологий обучения. Что привело к разработке электронного учебного курса «Некоторые сведения из планиметрии. Введение в стереометрию».

Электронные учебные курсы позволяют активизировать учебную деятельность [1] и делают процесс обучения наиболее привлекательным и простым [3]. Электронный учебный курс «Некоторые сведения из планиметрии. Введение в стереометрию» предназначен для учителей и обучающихся на занятиях по стереометрии в 10 – 11 классах, для изучения нового материала, и его последующего закрепления.

Возможными сферами его использования могут быть:

- самостоятельное изучение материала (самообразование);
- дистанционное обучение;
- дополнительное образование, повышение квалификации, переподготовка.

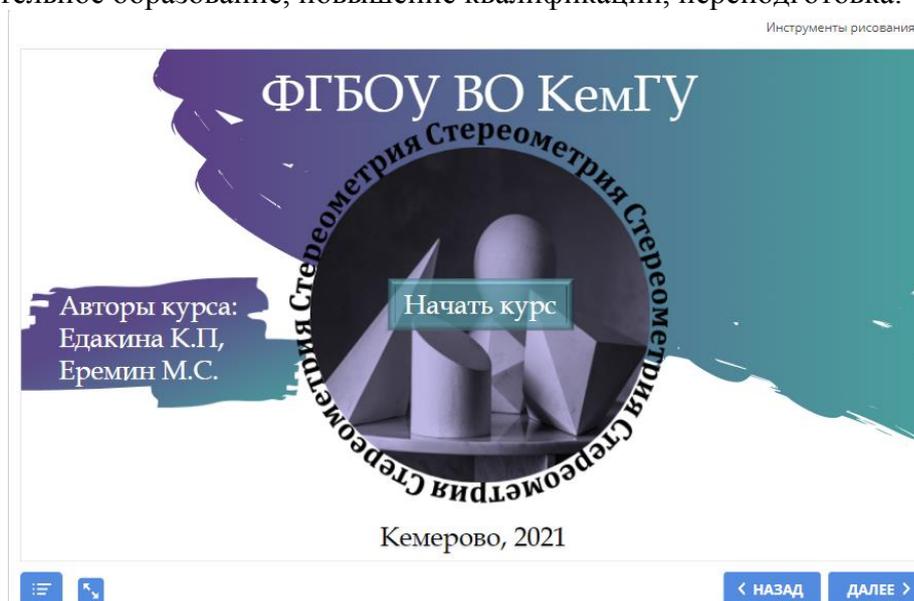


Рисунок 1. Главная страница курса

ЭУК «Некоторые сведения из планиметрии. Введение в стереометрию» был разработан при помощи инструментов сервиса iSpring Suite, который является наиболее популярным на сегодняшний день. iSpring Suite – надстройка для MS PowerPoint включающая инструменты для создания интерактивных курсов, обучающих видео, тестов, диалоговых тренажёров.

На основе анализа различных курсов по стереометрии, геометрии и математики, был разработан дизайн курса, который представлен на Рисунке 1. Для того чтобы школьники были максимально вовлечены в процесс обучения, а изучаемый материал был занимательным и интересным, было решено встроить элементы геймификации. Геймифицированный курс – это система учебных материалов по предмету, которая сопровождается элементами игры [4].

Для лучшего усвоения материала по стереометрии ЭУК имеет озвучку и голосового помощника Катю, который появляется после нажатия на выбранный раздел Рисунок 2.

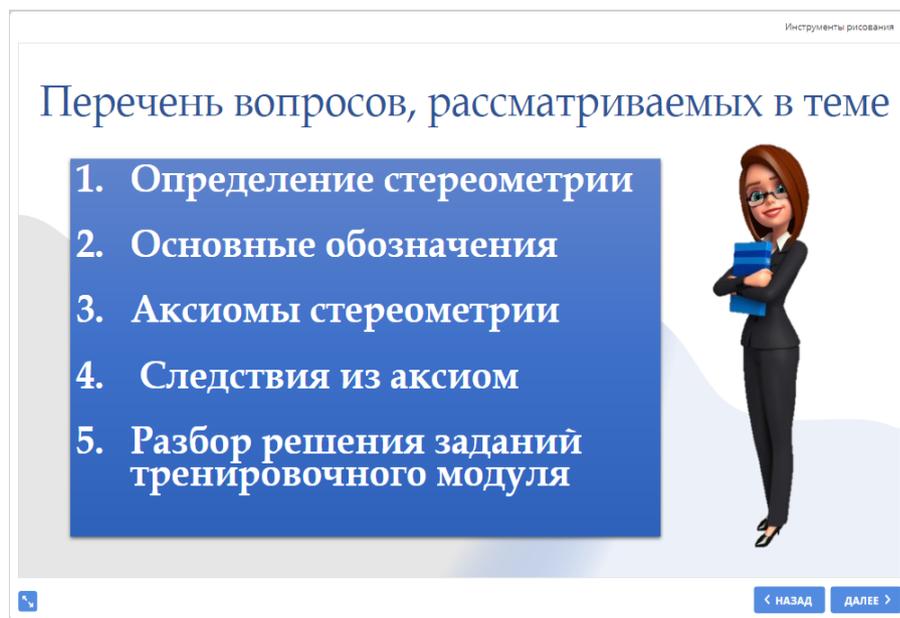


Рисунок 2. Голосовой помощник Катя

В рамках данного курса рассматриваются основные понятия из планиметрии для того, чтобы перейти на следующую ступень изучения геометрии – перейти к изучению стереометрии. Материал разделен на несколько тем. В каждой теме рассматривается основной теоретический материал, представлены интерактивные упражнения, для закрепления либо для актуализации знаний по данной теме, затем представлен разбор типовых задач с методическими рекомендациями. И в конце каждой темы находится перечень задач для самостоятельного решения.

Таким образом, использование интерактивных технологий в изучении первых разделов стереометрии, дает возможность не только поднять интерес обучающихся к изучению стереометрии, но и улучшить их уровень усвоения материала, и даже развить их творческую самостоятельность.

#### Литература и источники:

1. Глухова О.Ю. Особенности обучения школьников на занятиях элективного курса. В сборнике: МАК: Математики - Алтайскому краю. сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. Главный редактор профессор Н.М. Оскорбин. 2019. С. 192-194.
  2. Карпенко, Е. «Интерактивные технологии в обучении. Педагогика нового времени»/ О. Райс, Е. Карпенко. - Издательство: Литагент Ридеро, 2017. -167 с.
  3. Российская Электронная школа. Режим доступа - <https://resh.edu.ru/>
  3. Электронное образование Кемеровской области. Режим доступа - <https://eschool.kuz-edu.ru/>
- Научный руководитель – к.п.н., доцент Глухова О.Ю., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 517.93**

### **КАЧЕСТВЕННЫЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ МОДЕЛИ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

*Камалова Д.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
dasha.kamalova@mail.ru

В данной работе проводится качественное параметрическое исследование модели биохимических реакций. С использованием скрипта, написанного в пакете Maple, выполняется анализ точек системы и осуществляется их локализация. Проводится анализ их появления и исчезновения при изменении значений параметров. С помощью теоремы Хопфа о бифуркации цикла с использованием программы Diff5 исследуются вопросы, связанные с рождением и устойчивостью циклов, которые возникают при различных значениях параметров.

Дифференциальные уравнения – это математический инструмент, позволяющий моделировать различные природные процессы. При этом реальные модели многомерны и, как правило, содержат множество параметров. Изменение значений параметров может привести к тому, что при пересечении некоторого критического значения, установившийся в системе режим, приобретает качественные изменения (бифуркация в системе) [1]. Поэтому выделение допустимых областей изменения параметров и изучение бифуркаций является важнейшей задачей при исследовании таких моделей.

Объектом данного исследования являются ферментативные биохимические реакции, протекающие внутри клеток живого организма. Необходимость в исследовании такого рода систем возникает при разработке новых лекарств, медицинских препаратов. Эти реакции происходят при постоянной температуре, кроме того, диффузионные эффекты не играют большого значения в таких реакциях. Поэтому они хорошо описываются системами автономных обыкновенных дифференциальных уравнений [2]. Целью работы является качественное параметрическое исследование системы уравнений, моделирующих конкретную ферментативную биохимическую реакцию.

Математическая модель реакции имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{x} = \frac{1}{e} \cdot \left( v_{1m} - b_1 x - \frac{axy}{c + x + x^3} \right) \\ \dot{y} = 1 - y - \frac{axy}{c + x + x^3} \end{cases} \quad (1)$$

Величины  $v_{1m}$ ,  $b_1$ ,  $a$ ,  $c$ ,  $e$  – положительные параметры. Точки покоя данной системы уравнением четвертой степени с параметрами:

$$0 = (v_{1m} - b_1 x) \cdot (c + x \cdot (1 + a) + x^3) - ax. \quad (2)$$

С помощью скрипта, написанного в пакете Maple, выполняется анализ количества точек покоя системы и осуществляется их локализация. Анализируется их появление и исчезновение при изменении значений параметров. Анализ показывает, что это количество при различных значениях параметров изменяется от 2 до 4. При этом одна из точек находится вне области физичности и нами не рассматривается. С помощью программы Diff5 [4] строятся фазовые портреты системы при различных значениях параметров.

На рисунке 1 изображена зависимость количества точек покоя от значений параметров  $b_1$  и  $v_{1m}$ , при фиксированных значениях остальных параметров  $a = 1$ ,  $c = 0.1$ ,  $e = 0.02$ .

Область, отмеченная символом « $\alpha$ », содержит одну точку покоя, назовем ее точка  $O_1$ .

Линия «А» на рисунке 1 соответствует значениям параметров, при которых появляется новая точка, но она сразу же раздваивается, это будут точки  $O_2$  и  $O_3$  соответственно. Поэтому область « $\beta$ » – это область существования трех точек покоя  $O_1, O_2$  и  $O_3$ .

Линия «В» соответствует слиянию точек  $O_1$  и  $O_2$ , и их одновременному исчезновению. Следовательно, в области « $\gamma$ » продолжает существовать только одна точка  $O_3$ .

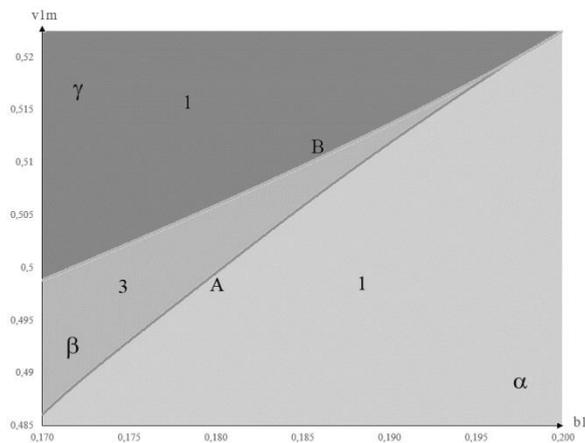


Рисунок 1. Количество точек покоя

Изменение типа и характера устойчивости каждой точки покоя исследуется в отдельности. На рисунке 2 приведены бифуркационные диаграммы точек  $O_1$  и  $O_2$  по параметрам  $b_1$  и  $v_{1m}$ .

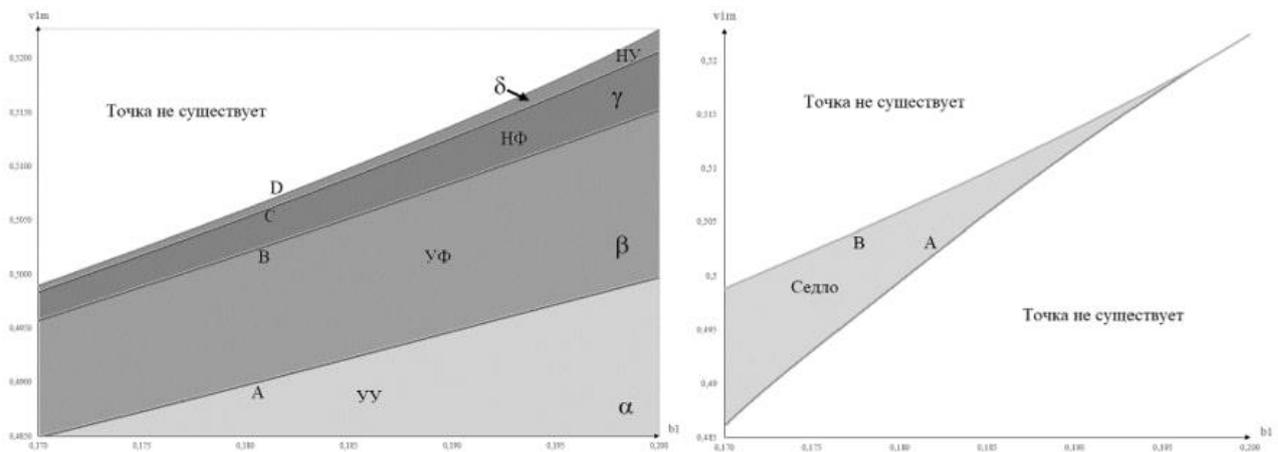


Рисунок 2. а) бифуркационная диаграмма точки  $O_1$ , б) бифуркационная диаграмма точки  $O_2$

Области  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  (рисунок 2, а) – это области, где точка покоя  $O_1$  имеет тип:

- « $\alpha$ » – устойчивый узел (УУ);
- « $\beta$ » – устойчивый фокус (УФ);
- « $\gamma$ » – неустойчивый фокус (НФ);
- « $\delta$ » – неустойчивый узел (НУ).

Линии «А», «В», «С» и «D» – это линии, где точка  $O_1$  претерпевает бифуркации.

Точка покоя  $O_2$  существует только в области параметров, где существуют все три точки и на всей области имеет тип – седло (рисунок 2, б). Линии «А» и «В» отвечают за рождение и исчезновение точки  $O_2$

На рисунке 3 приведена бифуркационная диаграмма точки  $O_3$  по параметрам  $b_1$  и  $v_{1m}$ .

Области  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – это области, где точка покоя  $O_3$  имеет тип:

- « $\alpha$ » – неустойчивый узел (НУ)
- « $\beta$ » – неустойчивый фокус (НФ);
- « $\gamma$ » – устойчивый фокус (УФ);

Линии «А», «В», «С» – это линии, где точка  $O_3$  претерпевает бифуркации. Линия «D» - граница исчезновения точек  $O_1$  и  $O_2$ . Область за этой линией – область существования только точки  $O_3$ .

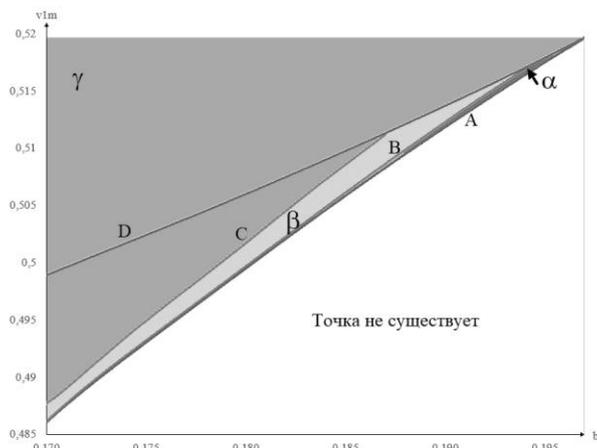


Рисунок 3. Бифуркационная диаграмма точки  $O_3$

С помощью теоремы Хопфа о бифуркации цикла [5] с использованием программы Diff5 исследуются, также вопросы, связанные с рождением и устойчивостью циклов (от одного до трёх), которые возникают при различных значениях параметров  $b_1$  и  $v_{1m}$ . На рисунке 4, в качестве примера, приведен фазовый портрет системы при наличии двух циклов. Рождение малого цикла определяется в момент потери устойчивости точки покоя  $O_3$ .

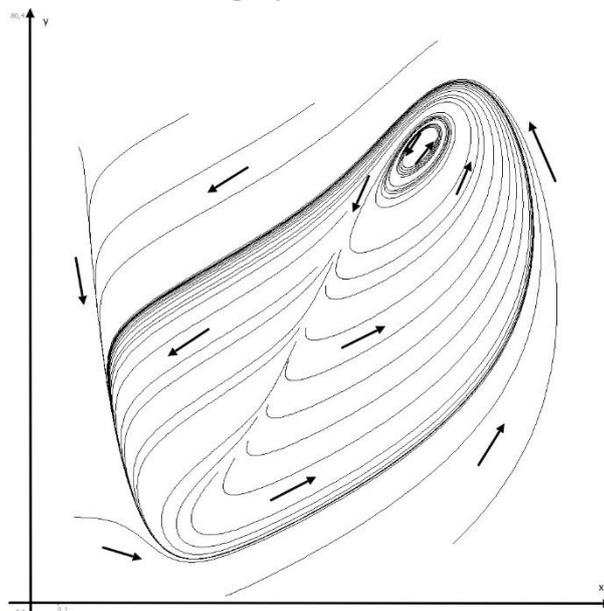


Рисунок 4. Фазовый портрет системы при  $b_1 = 0.196$  и  $v_{1m} = 0.523$

### Литература и источники

1. Элементы теории бифуркаций и динамических систем. Часть 1: учебно-методическое пособие по курсу Аналитическая механика / сост. А.В. Фомичев. – М.: МФТИ, 2019. – 42 с.
2. Колебательные химические реакции / Д. Гарел, О. Гарел; Пер. с англ. Л. П. Тихоновой; Под ред. К. Б. Яцимирского. - М. : Мир, 1986. - 148 с. : ил.
3. Математическая биофизика клетки [Текст] / Г.Р. Иваницкий, В.И. Кринский, Е.Е. Сельков. - Москва : Наука, 1978. - 310 с. : ил. - (Серия "Теоретическая и прикладная биофизика").

4. Борисов, В. Г. Прикладные задачи теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Механическое движение : учебное пособие / В. Г. Борисов. – Кемерово : Кемеровский госуниверситет, 2015. – 130 с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481485>.
5. Бифуркация рождения цикла и ее приложения / Дж. Марсден, М. Мак-Кракен; Пер. с англ. Л. М. Лермана, Под ред. Н. Н. Баутина, Е. А. Леонтович. - М. : Мир, 1980. - 368 с. : ил. *Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Борисов В.Г., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 003.26**

## **МАТРИЧНЫЕ АЛГОРИТМЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

*Кутовая А.С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

askutovaia@mail.ru

*В статье исследуется возможность использования матричных преобразований в криптографических алгоритмах с целью повышения их криптостойкости. В качестве примеров приводятся комбинированные криптоалгоритмы с использованием шифра Хилла, алгоритмов Диффи-Хеллмана и RSA, разрабатывается способ матричного кодирования текста.*

В наши дни современная криптография активно развивается и все глубже внедряется в различные сферы жизни обычного человека. В ней появляются новые направления, которые используют самые последние достижения фундаментальных наук в том числе и математики.

Многие криптографические системы с развитием технологий становятся более уязвимыми, а значит теряют криптостойкость. Эту проблему частично может решить комбинирование различных способов шифрования, которые сочетают в себе достоинства симметричных и асимметричных криптосистем, а также дополняют криптостойкость друг друга. В качестве элементов комбинирования могут выступать математические идеи матричных преобразований элементов открытого текста.

В качестве информации, подлежащей шифрованию и расшифрованию, в криптографии рассматриваются тексты, записанные в некотором алфавите. Алфавит в криптографии – это конечное множество символов, используемых для кодирования информации. В этой статье будет предложен матричный способ кодирования открытого текста и соответствующие ему криптоалгоритмы. В случае использования матрицы при кодировании алфавита уже на первом этапе шифрования можно будет работать с ними, не производя преобразований сообщения, закодированного иным способом.

Матричный способ кодирования открытого текста заключается в следующем: каждый символ будет представлен матрицей  $2 \times 2$ . Для этого зададим каждому символу алфавита одну точку в пространстве с координатами  $(x, y, z)$ , причем  $x, y, z \in \mathbb{N}$ . Так как точек в пространстве с координатами заданными натуральными числами бесконечное множество, ограничим его, задав параллелепипед. Все точки на его границах и внутри, удовлетворяющие условия  $x, y, z \in \mathbb{N}$ , будут кодировать алфавит.

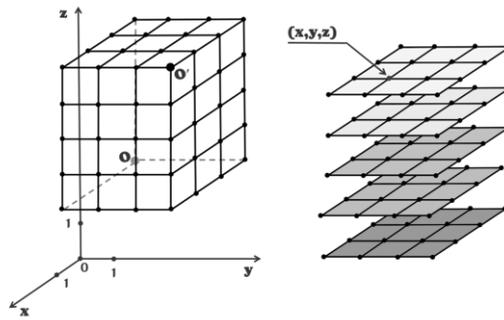


Рисунок 1. Параллелепипед

Имея три координаты, каждую букву представляем в виде матрицы следующим образом:

$$\begin{pmatrix} x & y \\ z & x \end{pmatrix} \quad (1)$$

где по главной диагонали матрицы расположены элементы  $a_{11}$ ,  $a_{22}$  равны первой координате  $x$  точки, задающей символ алфавита, на вспомогательной диагонали на месте элемента  $a_{12}$  – вторая координата  $y$ , на месте элемента  $a_{21}$  – третья координата  $z$ .

Параллелепипед в пространстве можно построить, зная его начальную точку  $O = (x_0, y_0, z_0)$  – дальняя нижняя левая точка – и конечную точку  $O' = (x', y', z')$  – ближняя верхняя правая точка, которые выбирают пользователи. Также должно учитываться, что произведение разностей между соответствующими координатами увеличенных на единицу зависит от количества символов в выбранном алфавите. Другими словами, это произведение должно равняться мощности  $M$  алфавита.

$$(x' - x_0 + 1)(y' - y_0 + 1)(z' - z_0 + 1) = M \quad (2)$$

Представлять алфавит в трёхмерном пространстве может быть не удобно, поэтому предлагается разделить параллелепипед на плоскости, как это представлено на рисунке 1. Используя координаты точек каждой плоскости построить таблицы. В каждую ячейку таблицы вписывается буква, столбцы в таблице – это первые координаты точек ( $x$ ), строки – это вторые координаты ( $y$ ), номер таблицы – это третьи координаты ( $z$ ).

На таком кодированном алфавите есть возможность использовать матричные  $k$ -граммы. Принцип составления матричной  $k$ -граммы аналогичен составлению числовой  $k$ -граммы. Есть один нюанс, который нужно учитывать при ее формировании.

Чтобы шифровать  $k$ -граммы, необходимо получить их числовой эквивалент. Для этого существует формула:

$$n_j = p^k \cdot x_1 + p^{k-1} \cdot x_2 + \dots + p \cdot x_{k-1} + x_k \quad (3)$$

где  $(x_1, x_2, \dots, x_k)$  –  $k$ -грамма,  $x_i$  – числовой эквивалент  $i$ -ого символа  $k$ -граммы,  $i = 1, \dots, k$ ,  $p$  – количество символов в используемом алфавите,  $j = 1, \dots, m$ , где  $m$  – количество  $k$ -грамм в тексте.

В случае построения алфавита на базе параллелепипеда число  $p$  вычисляется по формуле:

$$p = \max\{x', y', z'\} + 1 \quad (4)$$

где  $O' = (x', y', z')$  – координаты конечной точки.

Это связано с тем, что, когда работа идет с числовыми  $k$ -граммами, каждый символ имеет свое индивидуальное число – порядковый номер, в случае матричных  $k$ -грамм – три числа – координаты точки в пространстве. Поэтому для расшифрования в первом случае нужно знать количество символов в алфавите, во втором случае необходимо выбрать наибольшее число из трех имеющихся значений координат.

Разница лишь в том, что не все элементы множества вычетов  $Z_p = \{0, 1, \dots, p-1\}$  будут участвовать в кодировании алфавита, ведь ранее ставилось ограничение области всеми точками параллелепипеда, координаты которых – натуральные числа. Также начальная точка не всегда есть точка начала координат, а координаты  $x_0, y_0, z_0$  не всегда равны между собой, как и координаты  $x', y', z'$ .

Таким образом, кодирование символов алфавита происходит с использованием подмножества множества вычетов  $Z_p$  это гарантирует взаимно-однозначность шифрования.

Кроме рассмотренного матричного кодирования открытого текста в данной работе предлагаются новые способы шифрования/расшифрования с использованием матричных преобразований. Далее приводится короткое описание алгоритмов двух разработанных шифров на основе построенного выше матричного алфавита.

В первом алгоритме шифрования, назовем его блочным, секретный ключ будет состоять из двух точек трехмерного пространства, задающих алфавит, и одной ключ-матрицы. Кодирование текста в этом случае осуществляется на базе параллелепипеда. Для формирования таблицы необходимо задать его начальную точку  $O$  и конечную точку  $O'$ .

Обязательными условиями шифрования являются:

- все числа, участвовавшие в формировании ключа, должны быть одной разрядности, то есть двузначные, трёхзначные и так далее;
- ключ-матрица – квадратная, порядка  $n$ , где  $n$  – четное число (связано с тем, что блочное шифрование будет происходить матрицами  $2 \times 2$ ).

Рассматриваемый алгоритм можно разделить на два этапа:

Этап 1. Этап генерации и обмена ключом.

Так как ключевой обмен включает в себя два этапа договоримся, что

- ключи на первом этапе будут называться исходными ключами,
- ключ на втором этапе будет называться секретным ключом.

Генерация исходных ключей происходит по алгоритму RSA. Формирования секретного ключа выполняется одной из сторон, которая учитывает обязательные условия шифрования. Передача секретного ключа происходит по алгоритму RSA.

Этап 2. Этап шифрование/расшифрование.

Шифрование (расшифрование) происходит по аналогии с шифром Хилла, но с изменениями в формировании матриц открытого текста. А именно: отправитель кодирует открытый текст при помощи построенного выше алфавита, получая последовательность матриц. Выбирает произвольное число  $q < m$ , где  $m$  – длина открытого текста. Далее он делит последовательность матриц на подпоследовательности длиной  $q$ . Если при этом в последней подпоследовательности не хватает элементов, то нужно их добавить так, чтобы  $m$  нацело делилось на  $q$ . Кроме того, количество  $k$  таких подпоследовательностей должно нацело делиться на  $(n/2)$ . Если это не выполняется, то их также требуется добавить. Отправитель составляет матрицы (размерностью  $n \times 2q$ ), построчно вписывая в них элементы матричных представлений для символов.

Рассмотрим второй алгоритм, назовем его  $k$ -граммный.

Секретным ключом выступают: одна константа и две ключ-матрицы. При шифровании алфавит задается на базе куба, то есть длина его стороны известна, для формирования таблицы необходимо сгенерировать только начальную точку  $O$ , все координаты которой будут равняться константе (из секретного ключа).

Обязательными условиями шифрования являются:

- две ключ-матрицы – квадратные, порядка 2, (связано с тем, что шифрование открытого текста будет происходить матрицами  $2 \times 2$ ).

Этот алгоритм можно также разделить на два этапа:

Этап 1. Этап генерации и обмена ключом.

Используется ключевой обмен с идеей Диффи-Хеллмана с заданной последовательностью. Выбираются две последовательности из двух чисел и одно число. По алгоритму формируются две матрицы и точка, сумма координат которой приравнивается к константе.

Этап 2. Этап шифрование/расшифрование.

Шифрование (расшифрование) происходит матричными  $k$ -граммами по принципу шифра Хилла с чередованием ключ-матриц.

В криптографии не так много алгоритмов, в которых используются матрицы. Поэтому этот вопрос можно расценивать как интересный, малоизученный и актуальный. Таким образом, рассмотренные в данной работе комбинированные криптоалгоритмы на основе матричных преобразований и матричный способ кодирования открытого текста расширяют возможности использования матриц в криптографии.

### **Литература и источники**

1. Фороузан Б.А. Криптография и безопасность сетей: Учебное пособие. / Б.А. Фороузан; Пер. с англ. Под ред. А.Н. Берлина. – Москва: Интернет-Университет Информационных технологий: БИНОМ, 2010. – 784 с.
2. Сергеева О.А. Криптографические методы защиты информации на Python. Часть 1: электронное учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Сергеева. – Кемерово: Кемеровский государственный университет. – Текстовое электронное издание (объем 11,1 Мб), 2015.
3. Коблиц Н. Курс теории чисел и криптографии / Н. Коблиц – Москва: Научное изд-во ТВП, 2001 – 254 с.

*Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Сергеева О.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 372.851**

### **АНАЛИЗ ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО МАТЕМАТИКЕ**

***Лалин К.А.***

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

konst.lapin.60@gmail.com

*Обучение с использованием онлайн-инструментов стало невероятно актуально в XXI веке. В 2020 году в связи с всемирной пандемией COVID-19 перед системой образования появились новые задачи и трудности: организация всего школьного процесса обучения в онлайн-режиме, освоение новых инструментов для работы педагогов, приложение имеющегося у педагога опыта в преподавании дисциплины к новым реалиям. В статье приводится анализ результативности сдачи стереометрической задачи единого государственного экзамена по математике, опыт составления, проведения тестов в России, выделяются основные трудности, возникающие при организации тестирований. Эти трудности оказывают влияние, в том числе, и на сдачу международных тестов по математике PISA и TIMSS. Анализ контрольно измерительных материалов тестов по математике других стран показывает, что изучению геометрии в России уделяется значительно больше внимания, однако в школьной программе методу координат в пространстве уделяется недостаточно времени. Подготовка учащихся к решению*

*нестандартных задач методом координат возможна при использовании современных средств обучения, таких как онлайн-курсы.*

Математика традиционно считается одним из самых сложных школьных предметов [1]. В 2020 году стереометрическую задачу повышенного уровня сложности (задание 14) на ЕГЭ по математике на высший балл решили только 2,5 процента участников экзамена. В 2021 году процент выполнения задания повысился до 7,2. Растущий, но все еще относительно низкий процент выполнения геометрических заданий повышенного и высокого уровней сложности свидетельствует о сохраняющихся проблемах в преподавании геометрии. Одна из причин – рассмотрение тех типов задач, которые встречались на экзамене в предыдущие годы, а не обучение полноценной геометрии [4][5].

Таким образом, результаты участников профильного экзамена 2021 г. близки к результатам 2019 г. и несколько выше результатов 2020 г. Методисты ФГБНУ «ФИПИ» связывают это с совершенствованием дистанционной формы обучения во многих регионах, где в 2020 г. могли наблюдаться значительные трудности с обеспечением доступа обучающихся и учителей к дистанционным учебным платформам. Создание инструментов обучения стереометрии является актуальной задачей [5].

Стоит отметить, что использование тестовых заданий в образовательном процессе имеет значительные преимущества по сравнению с традиционно применяемыми средствами обучения и контроля.

Однако изучение зарубежного опыта показывает, что научный уровень тестирования в нашей стране (разработка тестов, проведение тестирования, обработка, представление, педагогический анализ результатов и т.д.) не соответствует международным стандартам в этой области. [2]

Рассматривая трудности, вызванные объективными причинами, А.П. Майоров выделяет следующие: кадровая; согласования; проблема заинтересованности и объективности; психологические особенности оценивания педагогов; отсутствие внутренних стандартов; отсутствие исторического опыта; «тоталитарность» мышления; временные, технические, финансовые, психологические трудности [3].

Проанализируем результаты российских школьников при сдаче международных тестов по математике.

Международные сравнительные мониторинговые обследования качества образования, к числу которых относятся PISA и TIMSS, приобретают все большее значение, поскольку их результаты все чаще используются в качестве основы при формировании образовательной политики разных стран [7].

Исследование PISA (Международная программа по оценке образовательных достижений учащихся) проводится трехлетними циклами, начиная с 2000 года. Участники пишут тесты по чтению (умению работать с информацией), математике и естественнонаучным предметам, а также заполняют анкеты с контекстной информацией.

Исследование TIMSS (Тренды в математическом и естественнонаучном образовании) проводится четырехлетними циклами, начиная с 1995 года. Тестируются учащиеся 4 и 8 классов по математике и естественнонаучным предметам. Исследование проводится более чем в 50 странах мира по репрезентативной выборке учащихся соответствующих классов.

PISA и TIMSS ставят перед собой различные цели и отличаются по типам измеряемых знаний и навыков. TIMSS измеряет то, насколько хорошо ученики усвоили школьную программу на момент обучения в 4 и 8 классах. В случае России программа тестов TIMSS действительно во многом совпадает с содержанием учебных программ соответствующих классов. PISA, в свою очередь, измеряет, насколько хорошо 15-летние школьники и ученики профессиональных образовательных учреждений могут применить полученные знания и навыки в практических, реальных жизненных ситуациях, обычно не знакомых для учащихся.

Вследствие этого, тесты TIMSS и PISA могут приводить к разным результатам и показывать различные тенденции в сфере математики и естественных наук внутри одной и той же страны или образовательной системы.

Согласно анализу Высшей школы экономики по уровню средних баллов школьники из России относятся к странам со сравнительно низкими результатами в обследовании PISA и высокими — в TIMSS. В последние годы российские школьники показывали одни из лучших результатов в тесте по математике TIMSS, значимо опережая по количеству баллов учеников из Швеции, Литвы, Финляндии и Венгрии. В то же время, достижения российских школьников в обследовании PISA по математике, оценивающем способность применять полученные знания на практике, стали более скромными: в 2012 году учащиеся набрали за тест больше баллов, чем представители Венгрии и Швеции, столько же, сколько школьники из Литвы и значимо меньше, чем ученики из остальных стран — Латвии, Чешской Республики, Германии, Польши, Финляндии и Эстонии.

Обращаясь к зарубежному опыту преподавания математики, необходимо проанализировать контрольно измерительные материалы выпускных экзаменов других стран.

В США выпускники школ могут сдавать экзамен SAT и AP. Экзамен SAT состоит из пяти блоков, два из которых по математике: один выполняется без калькулятора, задания второго блока могут выполняться с использованием калькулятора.[8][9]

Экзамен AP представляет собой единую годовую контрольную работу и предназначен для поступающих в высшие учебные заведения по профилю. AP Calculus AB, AP Calculus BC содержат вопросы, характерные для первых курсов математических специальностей вузов России: дифференциальное и интегральное исчисление, ряды, пределы [7].

Несмотря на то, что в России изучению геометрии уделяется значительно больше внимания, чем в других странах, учебные пособия в значительной мере различаются друг от друга, в зависимости от позиции автора определенного учебника меняется способ введения определений, степень раскрытия понятий, методов. В целом, в школьной программе по математике методу координат уделяется сравнительно мало внимания. В разделе «Цели изучения курса геометрии» говорится: «При доказательстве теорем и решении задач... применяются геометрические преобразования, векторы и координаты». В программе так же говорится, что «в результате изучения курса геометрии учащиеся должны уметь использовать координаты для решения несложных стандартных задач».

Можно выделить общую схему изучения метода координат в пространстве:

1. Введение координат. Координатные оси и координатные плоскости
2. Векторы в пространстве
3. Простейшие задачи, решаемые методом координат в пространстве (расстояние от точки до точки, расстояние от точки до прямой, расстояние от точки до плоскости, нахождение середины отрезка, деление отрезка в заданном отношении)
4. Применение метода координат к решению задач стереометрии

Задача по составлению онлайн-курса по методу координат в пространстве усложняется следующими факторами:

5. Метод координат - точка соприкосновения геометрии и алгебры. Доказательства геометрических фактов, нахождение неизвестных строится на вычислительном подходе

6. При этом многие во многих задачах чертеж, являющийся главным средством реализации принципа наглядности обучения, становится менее важным фактором верного решения задачи. При использовании объемных моделей так же зачастую теряется наглядность - сложно устанавливать верные соотношения между векторами, плоскостями, прямыми в пространстве даже при создании интерактивного 3D изображения

В рамках образовательного проекта «стереометрия» был создан прототип онлайн-курса по теме «Метод координат в пространстве».

### Литература и источники

1. Баракова, Е. А. Сущность методики формирования регулятивных учебных действий учащихся общеобразовательной школы (на примере обучения математике) / Е. А. Баракова. - Текст : непосредственный - Педагогический журнал. 2018. Т. 8. No 4А. С. 55-60.
  2. Ефремова Н.Ф. Тестовый контроль качества учебных достижений в образовании: Дисс. докт. пед. наук. – Ростов н/Д, 2003.
  3. Майоров А.Н. Тесты школьных достижений: конструирование, проведение, использование. – СПб.: Образование и культура, 1997.
  4. Яценко И. В. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2020 года по математике / И. В. Яценко, А. В. Семенов, И. Р. Высоцкий. - М.: 2020. - 17 с. - Текст : электронный. - URL : [https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2020/Matematika\\_mr\\_2020.pdf](https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2020/Matematika_mr_2020.pdf)
  5. Яценко И. В. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2021 года по математике / И. В. Яценко, И. Р. Высоцкий, А. В. Семенов. - М.: 2021. - 31 с. - Текст : электронный. - URL : <https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2021/ma-mr-2021.pdf>
  6. Anderson, Chiu, Yore, 2010; McKinsey, 2010; Morgan, Shahjahan, 2014; OECD, 2010a; OECD, 2011; Sahlberg, 2011; Schmidt et al, 1997
  7. CollegeBoard: web site of mission-driven organization : сайт. Нью-Йорк - США, 2021 - .- URL : <https://apstudents.collegeboard.org/courses/ap-calculus-ab>
  8. KhanAcademy: web site of Khan Academy, Inc., a 501(c)(3) organization : сайт. Маунтин-Вью - Калифорния - США, 2008 - .- URL : <https://www.khanacademy.org/test-prep/sat/new-sat-tips-planning/about-the-sat-math-test/a/the-sat-math-test>
  9. The SAT: Practice Test №9 / CollegeBoard: 2021. - 64 с. - Текст : электронный. - URL : <https://collegereadiness.collegeboard.org/pdf/sat-practice-test-9.pdf>
- Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Смоленцев Н.К., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 514.76

### ЛЕВОИНВАРИАНТНЫЕ ПАРАКОМПЛЕКСНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ПРЯМЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЯХ ТРЕХМЕРНЫХ ГРУПП ЛИ

*Суворова Ю.П.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

*Yulia-suvorova-1998@mail.ru*

В данной работе строятся левоинвариантные паракомплексные структуры на прямых произведениях трехмерных алгебр Ли. Прямое построение паракомплексной структуры для шестимерной алгебры Ли является очень непростой задачей. В данной работе предлагается другой подход, основанный на идеях работы [1], и который позволяет достаточно просто найти паракомплексные структуры, согласованные с симплектическими формами на алгебре Ли. Все построения демонстрируются на примере алгебры Гейзенберга  $\mathfrak{h}(3) \times \mathfrak{h}(3)$ . Вычисления проведены в системе Maple.

Приведем основные понятия, связанные с паракомплексными структурами.

**Определение 1.** Почти паракомплексной структурой на  $2n$ -мерном многообразии  $M$  называется поле  $J$  эндоморфизмов касательного расслоения  $TM$ , таких, что  $J^2 = \text{Id}$ , причем ранги собственных распределений  $T^\pm M := \ker(\text{Id} \mp J)$  равны.

**Определение 2.** В случае, когда распределения  $T^\pm M$  инволютивны, почти паракомплексная структура  $J$  называется интегрируемой или паракомплексной структурой.

Почти паракомплексная структура  $J$  интегрируема тогда и только тогда, когда кручение Нейенхейса  $N_J(X, Y) = [X, Y] + [JX, JY] - J[JX, Y] - J[X, JY]$  обращается в нуль для всех векторных полей  $X, Y$  на  $M$ .

Паракомплексную структуру  $J$  будем определять из некоторой начальной паракомплексной структуре  $J_0$  по формуле [1]:

$$J(P) = (1 - P)J_0(1 - P)^{-1},$$

где оператор  $P = (P_i^j)$  обладает свойствами:

1.  $P$  антикоммутирует с начальной паракомплексной структуры  $J_0$ :

$$P \cdot J_0 = -J_0 \cdot P$$

2.  $P$  симметричен относительно начальной метрики  $g_0$ :

$$g_0(PX, Y) = g_0(X, PY)$$

Рассмотрим прямое произведение алгебр Гейзенберга  $\mathfrak{h}(3) \times \mathfrak{h}(3)$ . Напомним ненулевые скобки Ли:  $[e_1, e_2] = e_3$ ,  $[e_4, e_5] = e_6$ . По классификации [2] симплектическую структуру  $\omega$  на алгебра Ли  $\mathfrak{h}(3) \times \mathfrak{h}(3)$  можно привести к следующему каноническому виду

$$\omega = E^1 \wedge E^6 + E^2 \wedge E^5 + E^3 \wedge E^4$$

в базисе  $E_1, E_2, \dots, E_6$  алгебры Ли  $\mathfrak{h}(3) \times \mathfrak{h}(3)$  со скобками Ли  $[E_1, E_4] = E_6$ ,  $[E_2, E_3] = E_5$ . Выразим эту форму  $\omega$  в нашем базисе. Для этого переобозначим:

$$E_1 \rightarrow e_1, \quad E_4 \rightarrow e_2, \quad E_2 \rightarrow e_4, \quad E_6 \rightarrow e_3, \quad E_3 \rightarrow e_5, \quad E_5 \rightarrow e_6.$$

Тогда форма  $\omega$  принимает вид:

$$\omega = e^1 \wedge e^3 + e^4 \wedge e^6 + e^5 \wedge e^2.$$

Выберем на алгебре Ли  $\mathfrak{h}(3) \times \mathfrak{h}(3)$  начальную паракэлэрову структуру  $J_0$ . Тогда начальная псевдориманова метрика определяется формулой  $g_0(X, Y) = \omega(X, J_0 Y)$ . Легко видеть, что начальная паракэлэрова структура  $J_0$  может быть определена в виде диагональной матрицы:  $J_0 = \text{diag}(+1, -1, -1, -1, +1, +1)$ .

Тогда оператор  $P$ , удовлетворяющий указанным выше условиям имеет вид:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & \psi_{12} & \psi_{13} & \psi_{14} & 0 & 0 \\ \psi_{21} & 0 & 0 & 0 & \psi_{25} & \psi_{26} \\ \psi_{31} & 0 & 0 & 0 & \psi_{21} & \psi_{36} \\ \psi_{36} & 0 & 0 & 0 & -\psi_{26} & \psi_{46} \\ 0 & \psi_{52} & \psi_{12} & \psi_{54} & 0 & 0 \\ 0 & -\psi_{54} & -\psi_{14} & \psi_{64} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Напомним, что оператор  $P$  – это оператор, касательный к деформации начальной паракомплексной структуры. Если взять деформацию  $J_t$  в виде  $J_t = (1 - tP)J_0(1 - tP)^{-1}$ , то касательный оператор  $\left. \frac{d}{dt} \right|_{t=0} J_t$  имеет вид  $2J_0P$ . Поэтому с точностью до малых более высокого порядка можно считать, что  $J_t(P) \approx J_0 + t2J_0P$ .

Для нахождения паракомплексной структуры по формуле  $J = (1 - P)J_0(1 - P)^{-1}$  нужно вычислить обратную матрицу оператора  $1 - P$ . У нашего оператора  $P$  обратная матрица получается слишком большой. Поэтому рассмотрим 4 случая частных. Поскольку у нас алгебра Ли есть прямое произведение, то оператор  $P$  имеет естественный блочный вид:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{pmatrix}.$$

Блок  $P_{11}$  отвечает за поведение паракомплексной структуры только на первом сомножителе. Блок  $P_{22}$  отвечает за поведение паракомплексной структуры только на втором сомножителе. Блоки  $P_{12}$  и  $P_{21}$  отвечают за взаимодействие паракомплексной структуры на первом и втором сомножителях.

Рассмотрим 4 случая, когда ненулевыми остаются только те параметры, которые входят в один из блоков.

**Случай 1.**  $P = \begin{pmatrix} P_{11} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ . В данном случае следующие параметры равны нулю:  $\psi_{14} = 0, \psi_{25} = 0, \psi_{26} = 0, \psi_{36} = 0, \psi_{46} = 0, \psi_{52} = 0, \psi_{54} = 0, \psi_{63} = 0$ . Теперь строим интегрируемую паракомплексную структуру  $J(P) = (1 - P)J_0(1 - P)^{-1}$ . Условие интегрируемости выполняется при  $\psi_{12}$  и  $\psi_{13}$  равных 0. Тогда получаем:

$$2J_0P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2\psi_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2\psi_{31} & 0 & 0 & 0 & -2\psi_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$J(P) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2\psi_{21} & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2\psi_{31} & 0 & -1 & 0 & -2\psi_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = J_0 + 2J_0P.$$

Определим инвариантные подпространства для паракомплексной структуры  $J$ :

- собственное подпространство, относящееся к собственному значению  $+1$ :  
 $e_6, e_5 - \psi_{21}e_3, e_1 - e_2\psi_{21} - e_3\psi_{31}$ ;
- собственное подпространство, относящееся к собственному значению  $-1$ :  
 $e_2, e_3, e_4$ ;

**Случай 2.**  $P = \begin{pmatrix} 0 & P_{12} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ . В данном случае следующие параметры равны нулю:  $\psi_{12} = 0, \psi_{13} = 0, \psi_{21} = 0, \psi_{31} = 0, \psi_{46} = 0, \psi_{52} = 0, \psi_{54} = 0, \psi_{64} = 0$ . Условие интегрируемости паракомплексной структуры  $J(P)$  выполняется при  $\psi_{14} = 0, \psi_{26} = 0$  и при  $\psi_{36} = \sqrt{\psi_{25}}$ . Тогда

$$2J_0P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -2\psi_{25} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2\sqrt{\psi_{25}} \\ -2\sqrt{\psi_{25}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$J(P) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -2\psi_{25} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -2\sqrt{\psi_{25}} \\ 2\sqrt{\psi_{25}} & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = J_0 + 2J_0P.$$

Определим инвариантные подпространства для паракомплексной структуры  $J$ :

- собственное подпространство, относящееся к собственному значению  $+1$ :  
 $e_6 - e_3\sqrt{\psi_{25}}, e_5 - \psi_{25}e_2, e_1 - e_4\sqrt{\psi_{25}}$ ;
- собственное подпространство, относящееся к собственному значению  $-1$ :  
 $e_2, e_3, e_4$ ;

**Случай 3.**  $P = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ P_{21} & 0 \end{pmatrix}$ . В данном случае следующие параметры равны нулю:  $\psi_{12} = 0, \psi_{13} = 0, \psi_{14} = 0, \psi_{21} = 0, \psi_{25} = 0, \psi_{26} = 0, \psi_{31} = 0, \psi_{36} = 0, \psi_{46} = 0, \psi_{54} = 0, \psi_{64} = 0$ .

Интегрируемая паракомплексная структура  $J(P)$  существует только при  $\psi_{52}$  равных 0, т.е. при  $P = 0$ .

**Случай 4.**  $P = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & P_{22} \end{pmatrix}$ . В данном случае следующие параметры равны нулю:  $\psi_{12} = 0$ ,  $\psi_{13} = 0$ ,  $\psi_{14} = 0$ ,  $\psi_{21} = 0$ ,  $\psi_{25} = 0$ ,  $\psi_{26} = 0$ ,  $\psi_{31} = 0$ ,  $\psi_{36} = 0$ ,  $\psi_{52} = 0$ . Интегрируемая паракомплексная структура  $J(P) = (1 - P)J_0(1 - P)^{-1}$  существует при  $\psi_{46} = 0$ .

Тогда

$$2J_0P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2\psi_{54} & 0 & 0 \\ 0 & -2\psi_{54} & 0 & 2\psi_{64} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$J(P) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2\psi_{54} & 1 & 0 \\ 0 & -2\psi_{54} & 0 & 2\psi_{64} & 0 & 1 \end{pmatrix} = J_0 + 2J_0P.$$

Определим инвариантные подпространства для паракомплексной структуры  $J$ :

- собственное подпространство, относящееся к собственному значению  $+1$ :  
 $e_6, e_5, e_1$ ;
- собственное подпространство, относящееся к собственному значению  $-1$ :  
 $e_2 + e_6\psi_{54}, e_3, e_4 - e_5\psi_{54} - e_6\psi_{64}$ ;

#### Литература и источники

1. Смоленцев Н.К. Пространства римановых метрик. Серия «Современная математика и ее приложения». Тематические обзоры, т. 31, 2003, Москва, ВИНТИ РАН, С. 69-146.
2. Goze M., Khakimdjanov Y., Medina A. Symplectic or contact structures on Lie groups. Differential Geom. Appl. Vol. 21, no. 1, 41-54, 2004, (arXiv:math/0205290v1 [math.DG]).  
*Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Смоленцев Н.К., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 514**

### АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТЬ ОТРЕЗКОВ

*Уфимцев Т.А.*

ГБНОУ «Губернаторский многопрофильный лицей-интернат»  
2019052@kemgmli.ru

При изучении школьного курса математики именно геометрия вызывает больше всего затруднений у учащихся. Какого-либо определенного алгоритма, который можно было бы применить в той или иной задаче, нет. Из-за этого решения задач или доказательства различных утверждений могут получиться достаточно громоздкими и сложными. Пропорциональность отрезков — одна из самых трудных, но в то же время интересных и увлекательных тем геометрии. В рамках данной исследовательской работы мы решили рассмотреть различные способы решения задач на эту тему.

Данная исследовательская работа поможет ученикам развить нестандартное мышление и креативный подход к решению задач. Каждый учащийся сможет изучить представленные в работе методы и выбрать наиболее подходящий для себя.

На начальном этапе работы с данной темой, мы выделили следующие методы: подобие фигур, метод площадей, решение с помощью применения теорем Чевы и Менелая, метод масс, метод индексов. Метод масс и метод индексов не освещаются в курсе школьной математики, но значительно упрощают доказательства теорем и решения задач, поэтому в своей исследовательской работе мы решили остановиться на их рассмотрении.

В ходе работы мы: рассмотрели понятие и свойства метода масс и метода индексов, доказали теорему Чевы и теорему Ван-Обеля о треугольнике с помощью метода масс, решили задачи различной сложности (в том числе из ЕГЭ).

Более подробно с каждым озвученным пунктом можно ознакомиться в тексте исследовательской работы.

### МЕТОД МАСС

Прародителем понятия центра тяжести и метода масс (барицентрического метода) стал Архимед, великий эллинский мыслитель. Он обнаружил возможность использования свойств метода масс системы точек для доказательства новых геометрических фактов. Именно с помощью этого метода Архимед и доказал теорему о точке пересечения медиан треугольника.

Барицентрический метод решения геометрических задач подразумевает использование физических свойств центра масс, а также терминов из области механики: масса, центр масс, правило рычага, материальная точка и т.д.

Суть метода: использование центров масс систем материальных точек, которые связаны с данной геометрической задачей. В место любой пары точек мы можем рассмотреть их центр масс, в нем сосредоточена сумма масс этих точек. Метод геометрии масс заключается в применении правила рычага к материальным точкам, поэтому для начала опишем данное правило.

Рычаг – это твердое тело, способное вращаться вокруг неподвижной опоры. Плечи рычага – это кратчайшие расстояния между точкой опоры и точкой, на которые действует сила. Правило рычага гласит: рычаг находится в равновесии, если приложенные к плечу сила обратно пропорциональна длине плеча (1).

(1)

Из формулы следует: (2).

(2)

В нашем случае  $F$  – это сила тяжести, поэтому справедливо равенство: (3).

(3)

Сокращаем: (4).

(4)

Получаем, что отношение масс обратно пропорционально длине плеч (рисунок 1).



Рисунок 31. Отношение масс и длин плеч

Центр тяжести – это точка, через которую проходит равнодействующая сил тяжести, действующих на все точки тела при любом положении тела в пространстве. Бариецентр двух грузов можно найти, сложив их массы.

Свойства центра масс:

- Для системы, состоящей из конечного числа материальных точек, существует единственный центр масс.
- Центр масс двух материальных точек расположен на отрезке, соединяющем эти точки, и его положение определяется архимедовым правилом рычага («золотым правилом механики»).
- Если в конечной системе материальных точек отметить несколько точек и массы всех отмеченных точек перенести в их центр масс, то от этого положение центра масс всей системы не изменится.

**МЕТОД ИНДЕКСОВ**

Метод индексов же получил официальное признание после публикации статьи Евгения Леонидовича Ситкина в журнале «Математика в школе» в 2016 году. В статье рассматривается оригинальный метод решения задач на сечение многогранников. Данный метод не только позволяет строить сечения многогранников, но и одновременно определять отношение отрезков, на которые секущая плоскость делит рёбра, что очень важно при вычислении площадей сечений и отношений получившихся при этом объёмов частей.

Суть метода индексов можно описать при помощи следующих утверждений:

1. Дана прямая  $a$  и отрезок  $CD$ . Пусть прямая задана уравнение  $ax + by + c = 0$ . Левая часть представляет собой линейную функцию от двух переменных  $x$  и  $y$ ,  $f(x, y) = ax + by + c$ . Значение функции  $f(x, y)$  в точке  $M(x, y)$  будем называть индексом точки  $M$  относительно прямой  $a$ .
2. Точки  $C(x_1, y_1)$  и  $B(x_2, y_2)$  находятся по разные стороны от прямой тогда и только тогда, когда  $f(C)$  и  $f(D)$  имеют разные знаки (рисунок 2).

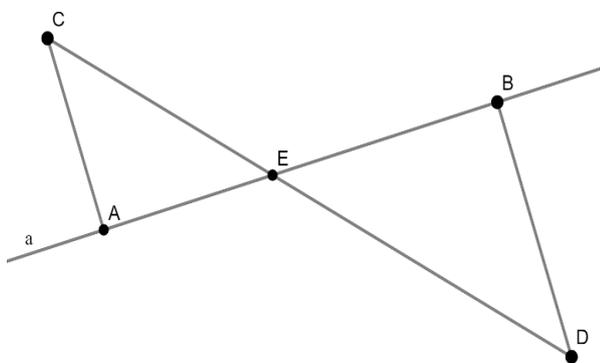


Рисунок 2. Метод индексов

3. Точки, лежащие по одну сторону от прямой и равноудаленные от нее, имеют также одинаковые индексы. На рисунке 3:  $f(D) = f(H)$ .
4. Пусть точки  $E, B, H, D$  таковы, что  $EB = HD$ . Тогда:  $f(B) - -f(E) = f(D) - f(H)$ .

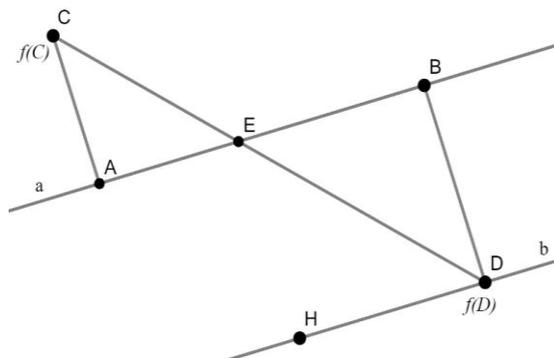


Рисунок 3. Метод индексов

5. При любом расположении точек  $C$  и  $D$  относительно прямой  $a$ , справедливы следующие равенства:  $\frac{|CH|}{|DH|} = \frac{|f(C)|}{|f(D)|} = \frac{|CE|}{|DE|}$  (рисунок 4).

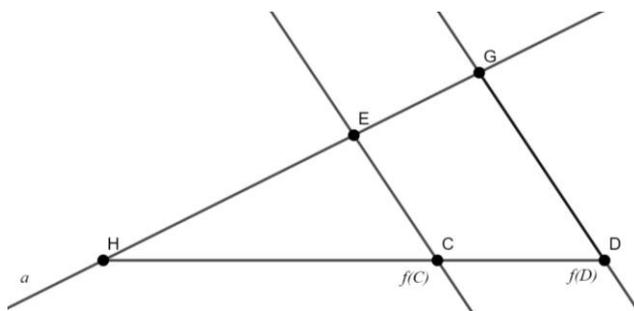


Рисунок 4. Метод индексов

#### Литература и источники

1. Балк М. Б. Геометрия масс / М. Б. Балк, В. Г. Болтянский. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
2. Прасолов В.В. Задачи по планиметрии – 4-е изд. – М.: 2001. – 640 с.
3. Задания 16 (С4) ЕГЭ 2018. – URL: <https://ege.sdangia.ru/test?id=20176983>
4. Ситкин Е.Л. Построение сечений многогранников методом Слободника // Математика в школе – 2016. – № 6. – С. 13-16.
5. Ситкин Е.Л. Экспресс-обучение решению задач по стереометрии: 10-11 классы – М.: ИЛЕКСА, 2018. – 78 с.

Научный руководитель – учитель математики первой квалификационной категории Евдокимова Ю.Б., ГБНОУ «Губернаторский многопрофильный лицей-интернат»

УДК 519.87

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ МУЛЬТИСИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА С ОДИНАКОВЫМИ АМПЛИТУДАМИ СОСТАВЛЯЮЩИХ

*Банникова А.О.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

an-ban12@mail.ru

*Приготовление композиций из различных материалов и их дальнейшее смешение является процессом, широко используемым в пищевой промышленности. Входной сигнал смесителя является суммой гармоник. В работе рассмотрен метод идентификации мультисинусоидального сигнала, амплитуды составляющих которого – одинаковы.*

Изучение характеристик работы различного рода смесительного оборудования является насущной необходимостью, так как это позволяет повысить требования к качеству смесей. Подходом, решающим эту задачу, является математическое моделирование. В работе рассмотрено моделирование процесса работы двух дозаторов смесителя непрерывного действия, который обеспечивает предварительный начальный этап качественного смешения компонентов. Наличие помех в дозаторе, обусловленных комкованием вещества, отсутствием очистки дозатора при смене вида составляющей смеси, приводит к стохастическим изменениям его выходного сигнала. Это существенно усложняет процесс моделирования. Для решения данной проблемы в работе использованы последовательные структурные преобразования сигнала, обладающие фильтрующим свойством помех и аппарат непрерывных дробей, позволяющий построить математическую модель сигнала дозатора в форме гармонической составляющей с некоторой амплитудой и круговой частотой.

Воспользуемся структурным анализом случайных процессов [1, 2] для построения модели зашумленного мультисинусоидального сигнала. Пусть модель мультисинусоидального сигнала имеет следующий вид:

$$x(t) = \mu + \sum_{i=1}^n C_i \sin(\omega_i t) + a(t), \quad (1)$$

то есть представляет собой сумму  $n$  гармоник с неизвестными частотами  $\omega_i$ , амплитудами  $C_i$ , постоянного смещения  $\mu$  и шумовой составляющей  $a(t)$ . Оцифрованные значения сигнала с шагом дискретизации  $\Delta t$  для  $k = 0, 1, 2, \dots$  определяются соотношением (2):

$$x(k\Delta t) = \mu + \sum_{i=1}^n C_i \sin(\omega_i k\Delta t) + a(k\Delta t). \quad (2)$$

Структурные функции своим поведением показывают наличие осциллирующих компонент исследуемого случайного сигнала, что может быть использовано для оперативного определения параметров мультисинусоидальных составляющих процесса.

При наличии оцифрованных измерений случайного сигнала построение структурной функции осуществляется по формуле (3):

$$C_x(k) = \frac{1}{N_1 - k} \sum_{i=1}^{N_1 - k} (x(i) - x(i+k))^2, \quad (3)$$

где  $N_1$  – число измерений сигнала  $x(t)$ . В дальнейшем будем называть операцию нахождения структурной функции по формуле (3) первым структурным преобразованием и обозначать

$$C_x^1(k) = C_x(k)_{[1]}.$$

Следовательно,  $m$ -ое структурное преобразование представляется в виде (4):

$$C_x^m(k) = \frac{1}{N_m - k} \sum_{i=1}^{N_m - k} (C_x^{m-1}(i) - C_x^{m-1}(i+k))^2, \quad (4)$$

где  $N_m < N_{m-1}$ . Практические исследования показали, что при моделировании зашумленного мультисинусоидального сигнала целесообразно использовать три последовательных структурных преобразования над исходным процессом. Это объясняется высокой селективностью структурного преобразования по отношению к гармонике с наибольшей амплитудой [1]. Построим модель третьего структурного преобразования сигнала на основании его значений, используя при этом теорию непрерывных дробей и, в частности, модифицированный алгоритм В. Висковатова [3, 4].

Рассмотрим построение математической модели выходного сигнала на примере (см. рис. 1). Значения сигнала для сухих смесей были рассчитаны со следующими параметрами: шаг дискретизации  $\Delta t = 0.1$ , амплитуда  $C_1 = C_2 = 0.35$ , частота  $\omega_1 = 2.1$  (сухое молоко), частота  $\omega_2 = 4$  (мука), смещение  $\mu = 2$ .

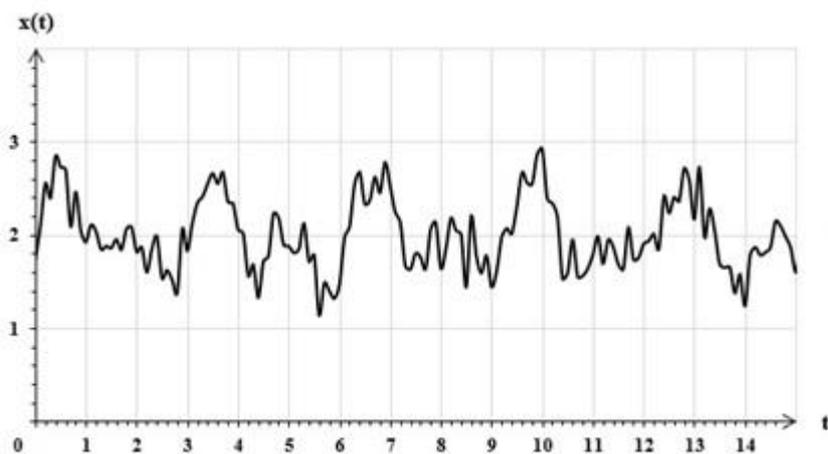


Рисунок 1. Исходный сигнал

Первая гармоническая составляющая найдена с помощью данного метода приобретает вид:

$$x_1(t) = 0,36 \cdot \sin(4,1 \cdot t). \quad (5)$$

Выходной сигнал после вычитания из него первой гармонической составляющей представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. Остаток после выделения первой гармонической составляющей

Для полученного сигнала нужно снова повторить всю процедуру выявления остальных гармоник.

Вторая гармоническая составляющая найдена с помощью данного метода приобретает вид:

$$x_2(t) = 0,34 \cdot \sin(2,39 \cdot t). \quad (6)$$

На рисунке 3 показан сигнал после вычитания второй гармонической составляющей. Под  $b(t)$  понимается  $(x(t) + n_i) - y(t)$ , где  $x(t)$  – исходный сигнал,  $n_i$  – шумовая составляющая,  $y(t)$  – модель гармоники.

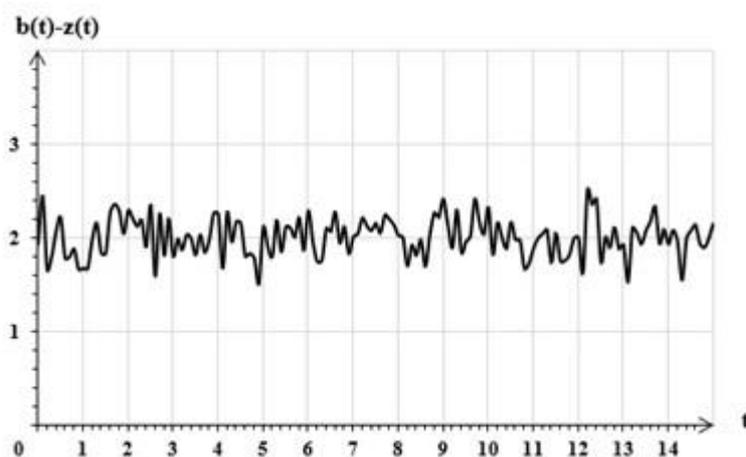


Рисунок 3. Остаток после выделения второй гармонической составляющей

Чтобы проверить, что мы нашли все гармонические составляющие надо еще раз применить метод структурных преобразований.

Применение метода остатком, приведенным на рисунке 3, показало, что больше гармонических составляющих нет.

Таким образом, в работе рассмотрен метод нахождения гармонических составляющих и их параметров для мультисинусоидального сигнала с одинаковыми амплитудами. С его помощью можно осуществить моделирование процесса работы спирального и шнекового дозаторов, подающие составляющие на СНД для приготовления сухих смесей в пищевой промышленности. В качестве сухих смесей были рассмотрены сухое молоко и мука.

### Литература и источники

1. Новосельцева М. А. Выявление скрытых периодичностей зашумленных сигналов с помощью модели структурной функции в форме непрерывной дроби // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2010. – №. 4.
2. Непрерывные дроби и их приложения к задачам технической кибернетики: учеб. пособие/ ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»; сост. В. Я. Карташов, С. Г. Гутова. – Кемерово, 2012. – 136 с.
3. Novoseltseva M. A., Gutova S. G., Kazakevich I. A. Structural and parametric identification of a multisinusoidal signal model by using continued fractions // 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – IEEE, 2018. – С. 1-5.
4. Романенко, А.Ф. Вопросы прикладного анализа случайных процессов [Текст] / А. Ф. Романенко, Г. А. Сергеев. - Москва : Сов. радио, 1968. - 255 с.  
*Научный руководитель – к.т.н., доцент Гутова С.Г., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 519.85:331.2

### СОЗДАНИЕ КУРСА «БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ»

*Борисов И. М., Чуешев А. В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

igor\_borisov\_1999@mail.ru

Цель работы: создать практический курс 1С по использованию «Бизнес-процессов» в реальных предприятиях различных форм собственности. На практических примерах разобрать функционал «Бизнес-процессов», структурировать теоретический материал, а также разработать самостоятельные задания.

Учитывая, что большинству предприятия необходимо автоматизировать свои бизнес-процессы, отслеживать дисциплину и выполнение поставленных задач, особенно в современных реалиях, тему можно считать тему актуальной.

Для реализации цели необходимо изучить общие принципы работы с объектами объектов «Бизнес-процесс» и «Задача», научиться формировать карты маршрута произвольного вида (несколько точек старта, завершения, бизнес-процессы с произвольным количеством этапов, групповые точки действия, работа с вложенными бизнес-процессами и т.п.), механизмы адресации, определить возможности взаимодействие с другими объектами («подмена» открываемых форм, программное исполнение задач).

Деятельность любой организации разбивается на хозяйственные операции, причем под каждую хозяйственную операцию определяется объект конфигурации - документ. Более того, деятельность организации это не просто набор документов, а цепочки хозяйственных операций. При автоматизации этих цепочек повышается отдача от системы учета на предприятии. Заметим, что одну и ту же операцию иногда можно отразить по-разному, в зависимости от нюансов, причем пользователь может не учесть нюанс и отразить информацию неверно. Объекты конфигурации «Бизнес-процессы» и «Задачи» автоматизируют хозяйственные цепочки, и повышают отдачу от всей системы автоматизирующий учет. Реализация такого учета позволяет повысить, не только эффективность работы пользователя в системе, но и получить детальную статистику деятельности предприятия, а также более гибко реагировать на различные экономические ситуации.

Рассмотрим краткое содержание курса:

В первой, самой объемной главе рассматривается общий функционал объектов конфигурации «Бизнес-процесс» и «Задача». Поэтапно создается, и в процессе работы формируется карта маршрута. Глава заканчивается самостоятельной работой.

Во второй главе происходит знакомство с механизмом принудительного завершения «Бизнес-процесса», а также происходит работа с регламентными заданиями. Вторая глава, как и ранее, заканчивается самостоятельной практической работой.

Третья глава включает в себя работу над бизнес-процессами с большим количеством этапов. Здесь рассматриваются бизнес-процесс с произвольным количеством шагов, и более сложные карты маршрута.

В четвертой главе подробно разбирается вложенный бизнес-процесс.

Пятая глава посвящена решению задачи «Инвентаризация». Создается карта маршрута под эту задачу, которая содержит точки разделения и слияния.

В заключительной шестой главе рассматриваются карты маршрута с двумя точками старта, а также с точками выбора варианта. В заключении приводится итоговая самостоятельная работа, приближенная к задачам на реальных предприятиях.

Заметим, что курс включает в себя несколько приложений с подробными решениями практических задач, и ответами на типовые вопросы.

В качестве примера курса, рассмотрим поэтапное создание и функционирование одного из бизнес-процессов «Продажи»:

На первом этапе происходит создание карты маршрута. Она состоит из точки «Старта», нескольких точек «Действия» и точки «Завершения».

Второй этап заключается в запуске проверки работы цепочки.

Третий этап посвящен старту бизнес-процесса, создания экземпляра объекта «Продажи».

На четвертом этапе изучается формирование «Задач». В списке «Задач исполнителя» последовательно создаются и выполняются задачи: «Заказ клиента» и «Продажа Товаров».

Пятый этап отражает проверку работы цепочки и возникновение задачи «Поступление денежных средств».

На заключительном шестом этапе завершаем бизнес-процесс так как все задачи процесса были выполнены.

Объекты конфигурации «Бизнес-процесс» и «Задача», которым посвящен этот курс, повышают эффективность пользователя в системе, а также избавляют выполнения рутинных и часто «ошибочных» действий. По окончании курса у слушателей должны появиться знания: о создании карт маршрута, о настройке механизмов адресации, о принципах работы «Бизнес-процессов» и «Задач», а также о их взаимодействии с другими объектами конфигурации. Данный курс включен в план и будет читаться у направления «Математика и компьютерные науки».

## Литература

1. Программирование в режиме управляемого приложения 1С: предприятие 8.2 [Текст] : учеб.-метод. пособие / Кемеровский гос. ун-т, Кафедра математического анализа ; сост.: А. В. Чуешев, А. П. Патшина. - Кемерово : [б. и.], 2011.
  2. Программирование в режиме управляемого приложения 1С: предприятие 8.2 [Текст] : учеб.-метод. пособие / Кемеровский гос. ун-т, Кафедра математического анализа ; сост.: А. В. Чуешев, А. П. Патшина. - Кемерово : [б. и.], 2011.
  3. Радченко М. Г. 1С: Предприятие 8.1. Практическое пособие разработчика/ М.Г. Радченко. П., 2007
  4. Дадян Э.Г. «Разработка бизнес-приложений на платформе "1С:Предприятие". Учебное пособие» 2019.
- Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Чуешев А. В. , ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГРАФОАНАЛИЗАТОР КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

*Гвоздикова Е.В., Якунин Т.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

gvozdikova03@mail.ru

*С использованием пакета прикладных программ теоретически обобщена формула зависимости скорости движения парашютиста от высоты, построены практически важные графики указанных зависимостей при варьировании массы тела парашютиста, получен ответ на практически важный вопрос о массе тела парашютиста, при которой достигается экспертно задаваемое значение скорости падения. Сделан вывод о возможности рассматривать математическую модель в виде функциональной зависимости и автоматизированный программный комплекс, как основу разработки систем поддержки принятия решений в задачах из такого раздела физики, как кинематика движения тела под действием силы тяжести.*

Актуальность выбранной темы состоит в том, что в настоящее время информационные технологии активно внедряются в образовательный процесс и способствуют таким важным процессам в образовании, как активизация мыслительной деятельности педагогов и обучающихся, развитие их творчества, повышение эффективности дистанционных методов обучения, ускоренное получение закономерностей при анализе исследуемых процессов и явлений и др. Не составляет исключения здесь и такая область знаний, как физика. Следует сказать, что аналитическое исследование функций, описывающих различные закономерности, является, зачастую, затратным процессом для исследователя как по времени, так и по интеллектуальным усилиям. В этом случае «...целесообразно применение численных методов и алгоритмов анализа функций и компьютерной обработки соответствующей информации. Хотя численные методы не всегда дают верные ответы на возникающие у исследователя вопросы (в силу, например, возможного накопления компьютером ошибок округления), но они помогают реализовать необходимые исследовательские действия в течение долей секунды там, где человеку, для получения решения задачи, пришлось бы потратить несопоставимо больше времени без их применения» [1]. Кроме того, точности графоаналитических методов, как правило, с запасом хватает для анализа многих прикладных задач. В данной работе, с использованием описанного в [2] автоматизированного программного комплекса, производится многопараметрический анализ одной из физических задач раздела кинематики движения тела под действием силы тяжести.

Пусть необходимо решить следующую задачу. Парашютист массой  $m$  прыгает из вертолета с высоты  $h$  метров без начальной скорости. Соппротивление воздуха при спуске пропорционально квадрату его скорости с коэффициентом пропорциональности  $k$ . Определить зависимость скорости спуска от пройденного пути и установить, при какой массе тела парашютиста скорость его приземления не превышает заданного экспертом значения.

Общее решение данной задачи методами дифференциального исчисления приведено в работе [3, с.124]. В указанной работе коэффициент  $k$  принимался равным 4. Нами полученное решение обобщено на случай произвольного значения параметра  $k$ . С учетом условия  $v(0)=0$ , обобщенное решение имеет вид:

$$v(h) = \sqrt{\frac{mg \left( 1 - e^{-\frac{2kh}{m}} \right)}{k}}, \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Формула (1) является функцией переменной  $h$ , но может рассматриваться и как трехпараметрическая зависимость (от параметров  $m, h, k$ ), причем два из трех параметров могут быть зафиксированы, а третий – считаться независимой переменной, от которой строится соответствующая функциональная зависимость. Поэтому удобно проанализировать данную формулу, занеся ее в нотации графоанализатора в виде:  $y(x)=\sqrt{m \cdot g / (k + 0.0001) \cdot (1 - \exp(-2 \cdot k \cdot x / (m + 0.0001)))}$ , где переменная  $x$  содержательно соответствует  $h$ , переменная  $y$  –  $v$ , а параметры  $m, g, k$  графоанализатор распознает автоматически. Константы 0.0001 введены в формулу для избежания деления на ноль при инициализации пакета и практически не влияют на точность расчетов.

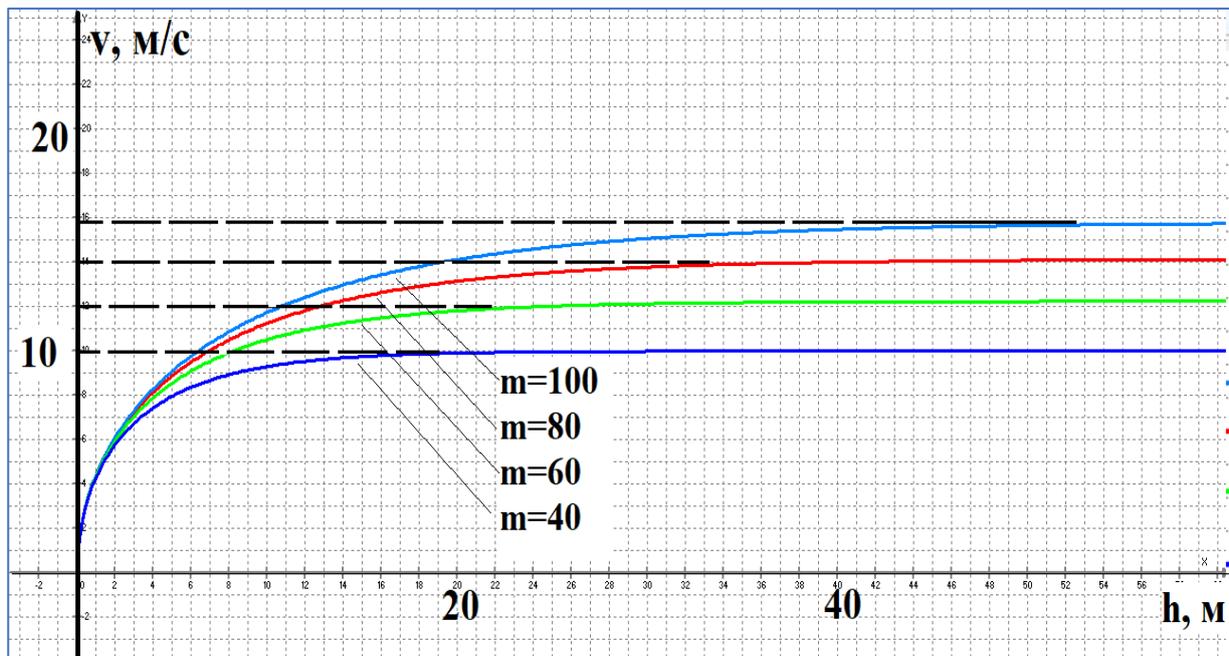


Рисунок 1. Зависимости  $v(h)$  при варьировании параметра  $m$

На рисунке 1 представлены зависимости  $v(h)$  при следующих значениях параметра  $m=40,60,80,100$  кг. Анализ графиков позволяет выдвинуть гипотезу, что при любой массе тела парашютиста, начиная с некоторой минимальной высоты, скорость падения парашютиста становится постоянной, что говорит об уравнивании действующих на него сил – тяжести и сопротивления воздуха. На поставленный выше вопрос о том, какова должна быть масса тела парашютиста, чтобы скорость его приземления равнялась 10 м/с, исследователь может быстро получить ответ по представленным графикам. В частности, из графика для  $m=40$  максимальная скорость приземления не более 10 м/с, при этом минимальная высота, на которой достигается данная скорость,  $h_m \approx 18$  м (см. рис.1). Представленные результаты и оперативность их получения с помощью автоматизированного программного комплекса на основе математической модели имеет важное практическое значение, например, для военно-космических сил страны, позволяя отвечать на поставленные вопросы оперативно и научно обоснованно. Используемый пакет позволяет построить графики, подобные изображенным на рисунке, в любом допустимом диапазоне изменения входящих в формулу (1) параметров, тем самым обосновывая принятие аналитиком практически важных решений.

В данной работе получены следующие результаты:

- 1) теоретически обобщена формула зависимости скорости движения парашютиста в зависимости от высоты;
- 2) построены практически важные графики указанных зависимостей при варьировании массы тела парашютиста;

3) получен ответ на практически важный вопрос о массе тела парашютиста, при которой достигается экспертно задаваемое значение скорости падения.

Таким образом, можно сделать вывод, что визуальное представление различных закономерностей в виде графиков и их параметрический экспресс-анализ могут значительно ускорить как изучение этих закономерностей, так и получение знаний об описываемых ими физических процессах [4].

#### Литература и источники

1. Медведев А.В., Муравьев С.А., Пинаев В.А., Славолубова Я.В. О некоторых приложениях инструментария многопараметрического анализа функций в ситуационных центрах социально-экономического развития // *Фундаментальные исследования*. – 2017. – №4(2). – С.271-275.
2. Медведев А.В. Применение параметрического графоанализатора для решения учебных и прикладных задач естественнонаучного и экономического содержания [Электронный ресурс] / *Современные проблемы науки и образования*. – 2021. – №5. – URL: <https://science-education.ru/article/view?id=31095> (дата обращения: 28.03.2022). DOI: 0.17513/spno.31095.
3. Ровенская А.Г., Белых Н.В. *Прикладные задачи математического анализа*. – Краматорск: ДГМА, 2011. – 152 с.
4. Камалидинова А.К. К разработке обучающего комплекса по решению задач параметрического анализа в предметах естественнонаучного цикла // *Актуальные проблемы современного образования: опыт и инновации: Материалы всероссийской научно-практической конференции с дистанционным и международным участием*. – Ульяновск: Изд-во «Зебра»), 2020. – С.424-429.

*Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Медведев А.В., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

#### УДК 519.25

### ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ДЛЯ ТИПОЛОГИЗАЦИИ ПАЦИЕНТОВ И ВЫДЕЛЕНИЯ КЛАССОВ РИСКА

*Ельчищев В.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

05maker05@gmail.com

*В статье исследуется возможность применения алгоритма нечеткой типологизации для выделения классов риска развития послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов с ишемической болезнью сердца. На основе алгоритма нечеткого вывода Сугено 0-порядка, производится разбиение пациентов на классы. Сравнительный анализ, проведенный с помощью критерия Стьюдента, позволил выделить классы риска.*

В медицинских исследованиях нередко возникают задачи классификации, требующие для выявления закономерностей исследовать небольшой объем информации. В подобных задачах хорошо зарекомендовал себя аппарат нечеткой типологизации объектов, позволяющий извлечь достоверную информацию из выборок малых объемов.

Выявление классов риска пациентов, путем решения задачи классификации, позволяет скорректировать протоколы лечения с целью предотвращения или снижения последствий проведения медицинских вмешательств.

В рамках статьи будет описано применение аппарата нечеткой типологизации для решения задачи классификации группы пациентов, перенесших коронарное шунтирование, с целью выявления классов риска возникновения послеоперационной когнитивной дисфункции.

Сотрудниками лаборатории нейрососудистой патологии НИИ КПССЗ совместно с преподавателями кафедры прикладной математики на первоначальном этапе исследования была построена двухуровневая иерархическая модель когнитивного статуса пациента, предназначенная для его комплексной оценки [1].

Каждый из показателей этой иерархической модели может принимать значение из диапазона от 0 до 1, соответствующие тому, насколько показатель обладает статусом сохранности. (1 – наивысшая сохранность показателя, а 0 – показатель не сохранен).

Представление когнитивного статуса в виде иерархической модели, позволяет осуществлять комплексную оценку также основных его составляющих, а именно, памяти, внимания и нейродинамики.

Для выделения классов риска используется инструментарий теории нечетких множеств. Комплексные оценки составляющих первого уровня иерархической модели представляют в виде лингвистической переменной (ЛП), терм-множество  $T$  которой (степень сохранности домена) состоит из трех термов: «низкая», «средняя», «высокая».

В общем виде ЛП задается кортежем объектов:  $\langle \beta, T, D, G, M \rangle$ , где  $\beta$  – сохранность выбранного домена (памяти, внимания или нейродинамики);  $T$  – множество термов: «низкая», «средняя», «высокая»;  $D$  – универсальное множество, принадлежащее отрезку  $[0; 1]$ ;  $G$  – синтаксическая процедура, позволяющая формировать новые термы («очень низкая сохранность», «не высокая сохранность»);  $M$  – семантическая процедура, позволяющая определять ФП новых термов.

Преимуществом данного подхода заключается в том, что значение показателя, характеризующее его сохранность, при проведении процедуры фазсификации, переводится в числа, соответствующие степеням принадлежности каждого терма.

При выборе вида ФП для термов было решено использовать трапециевидную функцию принадлежности, так как она позволяет регулировать интервал четкой принадлежности класса и обладает свойством разбиения 1 (сумма принадлежности соседних термов равна 1).

Наличие трех показателей, имеющих три уровня, позволяет выделять и проводить разбиение объектов на 27 классов. Для оценки степени принадлежности к различным классам можно использовать различные способы агрегирования (t-нормы), применяемые в алгоритмах нечетких выводов:  $\min$ ,  $\text{prod}$ , среднее геометрическое и др. [2]

При применении операция  $\min$  для агрегирования правил, используется информация только о показателе, имеющем наименьшее значение терма, однако информация о значениях степеней принадлежности к рассматриваемым термам других показателей будет игнорироваться.

Операция  $\text{prod}$  после перемножения степеней принадлежности термов сильно занижает степени принадлежности классов, так как значения ФП термов не превышают 1. Поэтому было решено остановиться на операции среднего геометрического, так как она, как и операция  $\text{prod}$ , учитывает информацию о значениях ФП рассматриваемой группы термов всех трех показателей.

Таким образом, после проведения процедур фазсификации и агрегирования для каждого пациента рассчитывается его степень принадлежности каждому из выделенных 27 классов. В таблице 1 представлен фрагмент разбиения пациентов на 27 классов. Введем следующие обозначения для классов: 1- низкий, 2-средний, 3 -высокий. При этом в первой позиции указывается информация о домене памяти, во второй – внимания, в третьей – нейродинамики. Например, класс 123 означает принадлежность к классу, состоящему из термов сохранности «низкая» для памяти, «средняя» для внимания, «высокая» для нейродинамики. В таблице 1 представлен фрагмент разбиения пациентов на 27 классов.

Таблица 1. Фрагмент разбиение пациентов на 27 классов

|                |     |       |       |     |     |     |     |     |     |     |       |     |
|----------------|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| Номер пациента | 111 | 112   | 113   | 121 | 122 | 123 | 131 | 132 | 133 | 211 | 212   | ... |
| 1              | 0   | 0     | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,96  | ... |
| 2              | 0   | 0,669 | 0,668 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,586 | ... |
| 3              | 0   | 0     | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,253 | ... |
| ...            | ... | ...   | ...   | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ...   | ... |

Степени принадлежности пациентов к 27 классам были рассчитаны на основании значений показателей, полученных в дооперационный период. Кроме этого, для каждого пациента имелась информация о развитии/ не развитии у него ранней послеоперационной дисфункции (ПОКД) [3,4].

Для выявления классов риска применялся критерий Стьюдента. В качестве зависимых переменных были выбраны 27 показателей, отражающие степень принадлежности пациентов к этим классам. В качестве группирующей переменной наличие/отсутствие ранней ПОКД. Анализ результатов позволил выделить классы, принадлежность пациентов к которым будет снижать/повышать вероятность развития у них ранней ПОКД (см. табл.2).

Таблица 2. Результаты сравнения средних значений степеней принадлежности к разным классам в группах пациентов с ПОКД и без ПОКД с помощью критерия Стьюдента

| Класс пациентов | наличие ранней ПОКД (1) | отсутствие ранней ПОКД (0) | Уровень значимости различий (p) |
|-----------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 111             | 0,115                   | 0,076                      | 0,440                           |
| 112             | 0,135                   | 0,166                      | 0,566                           |
| ...             | ...                     | ...                        | ...                             |
| 223             | 0,098                   | 0,121                      | 0,608                           |
| 231             | 0,011                   | 0,083                      | 0,026                           |
| ...             | ...                     | ...                        | ...                             |
| 332             | 0,073                   | 0,065                      | 0,849                           |
| 333             | 0,061                   | 0,030                      | 0,354                           |

Критерий Стьюдента показал, что статистически значимые различия в средних степенях принадлежности наблюдаются среди пациентов класса 231 (сохранность домена памяти - средняя, сохранность домена внимания - высокая, сохранность домена нейродинамики - низкая). Уровень значимости различий  $p=0,026$ . Принадлежность пациентов в дооперационном периоде к данному классу снижает риск развития у них ПОКД. Для подтверждения полученных результатов были рассчитаны чувствительность и специфичность модели, которые соответственно составили: 76,79 и 60,53%.

Таким образом, использование аппарата теории нечетких множеств в оценке компонентов иерархической модели имеет некоторые перспективы. Из-за независимой оценки каждой компоненты модели результат вышел достаточно точным, чтобы на основе малых групп пациентов был найден класс с пониженным риском возникновения ПОКД, а полученная математическая модель предсказывала результат хорошей точностью относительно количества доступной информации.

Работа выполнена на основе данных исследований, проводимых сотрудниками лаборатории нейрососудистой патологии НИИ «КПССЗ», возглавляемой д.м.н. Трубниковой О.А.

## Литература и источники

1. Каган Е.С. Применение метода анализа иерархий и теории нечетких множеств для оценки сложных социально-экономических явлений. – Известия алтайского государственного университета, 2012. – 160-163 с.
  2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. / А. Пегат; пер. с англ. – 2-е изд. (эл.). – М., 2013. – 798 с
  3. Трубникова О.А., Каган Е.С. и др. Нейропсихологический статус пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца и факторы на него влияющие – Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний, 2017. – 112-121 с.
  4. Трубникова О.А., Тарасова И.В. и др. Факторы развития стойкой послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов, перенесших коронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения. – Терапевтический архив, 2017. – 41-47 с.
- Научный руководитель – к.т.н., зав. кафедрой прикладной математики Каган Е.С., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

#### УДК 004.5

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ДИСКРЕТНЫМ ВРЕМЕНЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Ершов В.Н.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
ershvnick@gmail.com

*В данной статье приведён план перехода от задачи оптимального управления к задаче математического программирования и начальная версия графического интерфейса для решения конкретной задачи оптимального управления.*

#### Введение

Задачи оптимального управления с дискретным временем находят большое прикладное значение в практической деятельности. Наиболее широко эти задачи используются в социально-экономической сфере. Именно поэтому всегда будут актуальными те программные решения, которые предоставляют пользователю удобный графический интерфейс для оптимального планирования использования ресурсов.

#### Общая постановка задачи

В общем случае постановка задачи оптимального управления с дискретным временем имеет вид [1]

$$x(t) = f(x(t-1), u(t)), \quad t = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$x(0) = x^0, \quad (2)$$

$$u(t) \in U_i(x(t-1)), \quad t = 1, \dots, N, \quad (3)$$

$$J = \sum_{t=1}^N f^0(x(t-1), u(t)) \rightarrow \max(\min). \quad (4)$$

Иными словами, задача дискретного оптимального управления заключается в том, чтобы, зная начальное состояние, выбрать такое допустимое управление (3), которое максимизирует (минимизирует) функционал (4).

Задачу (1)-(4) можно привести к оптимизационной задаче следующего вида

$$F(u) \rightarrow \max(\min), \quad (5)$$

$$g_i(u) \leq 0, \quad i = 1, \dots, r, \quad (6)$$

$$g_i(u) = 0, \quad i = r+1, \dots, m. \quad (7)$$

Алгоритм преобразований, позволяющий свести задачу (1)-(4) к задаче (5)-(7), удобно рассмотреть на конкретном примере, приведённом ниже.

### Пример задачи оптимального управления

Планируется деятельность двух предприятий в течение  $T$  лет. Совокупные начальные средства составляют  $x_0$ . Средства  $u$ , вложенные в предприятие 1, приносят к концу года доход  $f_1(u)$  и возвращаются в размере  $\varphi_1(u) < u$ , то есть величина  $\varphi_1(u)$  составит средства, которые будут в распоряжении планирующего органа в следующем году и также могут быть вложены в одно из предприятий. Аналогично, если средства  $u$  вкладываются в предприятие 2, то они дают доход  $f_2(u)$  и возвращаются в размере  $\varphi_2(u) < u$ . По истечении года все оставшиеся средства заново перераспределяются между предприятиями 1 и 2, новых средств не поступает, и доход в производство не вкладывается. Требуется найти оптимальный способ распределения имеющихся средств между предприятиями.

Процесс распределения средств рассматривается как дискретный, в котором номер момента времени соответствует номеру года. Управляемая система – два предприятия с вложенными в них средствами. Система характеризуется одним параметром состояния  $x(t-1)$ ,  $t=1, \dots, T$ , – количеством средств, которые следует перераспределить в начале  $t$ -ого года. Переменных управления в каждый момент  $t$  две:  $u_1(t)$  и  $u_2(t)$  – количество средств, выделенных соответственно предприятию 1 и 2. Так как средства ежегодно перераспределяются полностью, то  $u_2(t) = x(t-1) - u_1(t)$  и для каждого момента времени задача становится одномерной. Критерий качества задачи – доход, полученный от двух предприятий в течение  $T$  лет, – составляет:

$$J(x^0, u) = \sum_{t=1}^T (f_1(u_1(t)) + f_2(x(t-1) - u_1(t)))$$

Уравнение движения выражает остаток средств  $x(t)$  после  $t$ -ого года и имеет вид:

$$x(t) = \varphi_1(u_1(t)) + \varphi_2(x(t-1) - u_1(t)).$$

В итоге получаем следующую задачу оптимального управления

$$x(t) = \varphi_1(u_1(t)) + \varphi_2(x(t-1) - u_1(t)), \quad t=1, \dots, T \quad (8)$$

$$x(0) = x_0, \quad (9)$$

$$0 \leq u_1(t) \leq x(t-1), \quad t=1, \dots, T, \quad (10)$$

$$J(x^0, u) = \sum_{t=1}^T (f_1(u_1(t)) + f_2(x(t-1) - u_1(t))) \rightarrow \max. \quad (11)$$

Предположим, что мы имеем дело с линейными функциями  $\varphi_1(u) = k_1u$ ,  $\varphi_2(u) = k_2u$ ,  $f_1(u) = m_1u$ ,  $f_2(u) = m_2u$ . Так как  $u_1(t)$  – скаляр, то аргументами целевой функции  $F(u)$  будут управления, выбранные в моменты времени  $t=1, \dots, T$ .

Состояния системы, которые участвуют в ограничениях и от которых зависит критерий качества, заменяются следующими выражениями

$$x(1) = (k_1 - k_2)u^{(1)} + k_2x_0,$$

$$x(2) = k_2(k_1 - k_2)u^{(1)} + (k_1 - k_2)u^{(2)} + k_2^2x_0,$$

...

$$x(T-1) = k_2^{T-2}(k_1 - k_2)u^{(1)} + \dots + (k_1 - k_2)u^{(T-1)} + k_2^{T-1}x_0.$$

На основании этих выражений получаем следующие выражения ограничений

$$-u^{(t)} \leq 0, \quad t = 1, \dots, T,$$

$$u^{(1)} - x_0 \leq 0,$$

$$u^{(2)} - (k_1 - k_2)u^{(1)} - k_2x_0 \leq 0,$$

$$u^{(3)} - k_2(k_1 - k_2)u^{(2)} - (k_1 - k_2)u^{(1)} - k_2^2x_0 \leq 0,$$

...

$$u^{(T)} - k_2^{T-2}(k_1 - k_2)u^{(T-1)} - \dots - (k_1 - k_2)u^{(1)} - k_2^{T-1}x_0 \leq 0.$$

Данные аналитические преобразования наряду с аналитическим вычислением градиентов позволяют уменьшить время выполнения программы за счёт уменьшения числа вызываемых функций.

### Проектирование графического интерфейса

На рисунке 1 представлен графический интерфейс будущей программы для решения задачи оптимального управления с дискретным временем.

Рисунок 1. Графический интерфейс программы

В поле «Коэффициент возврата 1» пользователь заносит значение  $k_1$ , «Коэффициент возврата 2» –  $k_2$ , «Коэффициент доходности 1» –  $m_1$ , «Коэффициент доходности 2» –  $m_2$ . В течение некоторого времени после нажатия кнопки «Рассчитать» результаты численных расчётов будут выведены в прямоугольник снизу.

#### **Литература и источники**

1. Болтянский, В.Г. Оптимальное управление дискретными системами / В.Г. Болтянский. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. – 450 с.  
*Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Чернова Е.С., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 519.86**

### **АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**Калинин В.В.**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
Mineralist110@list.ru

Люди всегда являлись ключевым элементом в развитии государства. Чтобы осваивать и развивать территории, необходимо привлекать людей путем предоставления им возможностей свободной реализации своего потенциала и привлечением инвестиций. Вопрос развития регионов всегда актуален, в особенности в России с её большими просторами. И для каждого региона нужен свой подход, так как в каждом из них существуют свои проблемы и свои особенности, сильные и слабые стороны, которые необходимо учитывать при создании математической модели.

В данной работе рассматривается регион Кемеровская область - Кузбасс, на примере которого разработается оптимальный алгоритм расчета стратегий устойчивого социально-экономического развития.

Под устойчивым развитием будем понимать сбалансированный процесс экономических и социальных изменений, который стимулирует рост экономики, улучшение социального благополучия и экологических условий, что в последующем сможет дать возможности и ресурсы для нового и нынешнего поколений.

Кемеровская область – субъект Российской Федерации, который входит в состав Сибирского федерального округа. Во времена индустриального развития было сформировано много больших производств вокруг богатых недр сибирской земли. Однако со временем производство теряло масштабы. Тенденции закрытия предприятий, развития проблем с экологической обстановкой и другие факторы вызывают дефицит рабочих мест, что повышает отток населения из Кемеровской области. Данный факт не может не натолкнуть на мысль о необходимости изменения некоторых векторов и дифференцирования некоторых направлений развития региона [1].

В данной работе, используя математические методы, мы построим алгоритм формирования стратегии устойчивого развития в социально-экономических сферах Кемеровской области.

При построении модели будем опираться на следующий факт. 25 сентября 2015 года государства-члены ООН приняли Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Она содержит ряд целей, направленных на ликвидацию нищеты, сохранение ресурсов планеты и обеспечение благополучия для всего населения Земли [2].

В соответствии с каждой из сформулированных в Повестке целей устойчивого развития (ЦУР) был выбран один критерий для дальнейшей обработки (таблица 1).

Таблица 1. ЦУР/критерии

| ЦУР  | Критерий  | Обозначение |
|--|---|-------------|
| Ликвидация нищеты                            | Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, в % от общей численности населения | $x_1$       |
| Ликвидация голода                            | Продукция сельского хозяйства (в фактически действовавших ценах, млн. рублей)                               | $x_2$       |
| Хорошее здоровье и благополучие              | Умершие от болезней   | $x_3$       |
| Достойная работа и экономический рост        | Валовой региональный продукт (валовая добавленная стоимость)  | $x_4$       |
| Индустриализация, инновации и инфраструктура | Число предприятий и организаций   | $x_5$       |
| Мир, правосудие и эффективные институты      | Зарегистрировано преступлений – всего   | $x_6$       |

В качестве управляющего параметра модели устойчивого развития региона взяты расходы бюджета Кемеровской области за период с 2006 по 2020 годы по отдельным статьям: общегосударственные вопросы, национальная безопасность и правоохранительная деятельность, национальная экономика, жилищно-коммунальное хозяйство, охрана окружающей среды, образование, культура, кинематография, здравоохранение, социальная политика, физическая культура и спорт, средства массовой информации.

Статистические данные были собраны с электронных ресурсов – Федеральной службы государственной статистики, ЕМИСС, электронного фонда правовых и нормативно-технических документов и сайта администрации правительства Кузбасса.

Построим уравнения динамики с использованием модели авторегрессии. В качестве зависимых переменных выбирались показатели по целям устойчивого развития текущего года, а в качестве факторов – показатели целей устойчивого развития предыдущего года и доли бюджетных отчислений по различным статьям расходов. Для осуществления построений использовался программный продукт «Statistica», инструмент «множественная регрессия» с пошаговым включением.

Для цели  $x_1$  – ликвидация нищеты, определены следующие значимые параметры и соответствующие коэффициенты:

$$x_1(t) = 0,249x(t-1) - 0,830 \ln(u_2) - 0,280 \ln(u_4) \quad (1)$$

Для  $x_2$  – ликвидация голода – были определены следующие значимые переменные и соответствующие коэффициенты:

$$x_2(t) = 0,957x(t-1) + 0,080 \ln(u_7) \quad (2)$$

Уравнение для цели устойчивого развития  $x_3$  – хорошее здоровье и благополучие – имеет следующие значимые переменные с соответствующими коэффициентами:

$$x_3(t) = 0,661x(t-1) + 0,343 \ln(u_1) \quad (3)$$

Уравнение для цели экономического роста  $x_4$  имеет значимые параметры с коэффициентами:

$$x_4(t) = 0,903x(t-1) - 0,210u_5(t) + 0,427u_9(t) - 0,360u_{10}(t) + 0,477u_{11}(t) \quad (4)$$

Цель «Индустриализация и инновации»  $x_5$  описывается линейной моделью, уравнение приняло вид:

$$x_5(t) = 0,886x(t-1) + 0,390u_1(t) \quad (5)$$

$x_6$  – мир, правосудие и эффективные институты – также описывается линейной моделью, уравнение приняло вид:

$$x_6(t) = 0,841x(t-1) + 1,030u_3(t) + 0,371u_4(t) + 1,370u_6(t) - 2,300u_9(t) - 1,100u_{11}(t) \quad (6)$$

Добавляя к построенным уравнениям динамики начальные состояния региона, ограничения на управляющие параметры, функционал качества, получим задачу оптимального управления с дискретным временем, которую можно решить известными методами [3].

Используя эволюционный метод поиска решения, проведены расчеты в программном обеспечении «Microsoft Excel» с помощью пакета обработки данных «Поиск решения». Полученное оптимальное распределение долей бюджета представлено в таблицах 2-4.

Таблица 2. Оптимальное распределение расходов бюджета: часть 1

| Наименование показателя/Год | Общегосударственные вопросы | Национальная безопасность | Национальная экономика | Жилищно-коммунальное хозяйство |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 2018                        | 0,0349                      | 0,1173                    | 0,2648                 | 0,0447                         |
| 2019                        | 0,0295                      | 0,0967                    | 0,2484                 | 0,0513                         |
| 2020                        | 0,0522                      | 0,1089                    | 0,2706                 | 0,0690                         |
| 2021                        | 0,0458                      | 0,0914                    | 0,1306                 | 0,0247                         |
| 2022                        | 0,0410                      | 0,1008                    | 0,1357                 | 0,0229                         |

Таблица 3. Оптимальное распределение расходов бюджета: часть 2

| Наименование показателя/Год | Охрана окружающей среды | Образование | Культура, кинематография | Здравоохранение |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| 2018                        | 0,0034                  | 0,2149      | 0,0084                   | 0,1212          |
| 2019                        | 0,0037                  | 0,1122      | 0,0108                   | 0,0766          |
| 2020                        | 0,0017                  | 0,1704      | 0,0251                   | 0,1290          |
| 2021                        | 0,0090                  | 0,1490      | 0,0144                   | 0,2500          |
| 2022                        | 0,0083                  | 0,1122      | 0,0138                   | 0,2320          |

Таблица 4. Оптимальное распределение расходов бюджета: часть 3

| Наименование показателя/Год | Социальная политика | Физическая культура и спорт | Средства массовой информации |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 2018                        | 0,1516              | 0,0184                      | 0,0039                       |
| 2019                        | 0,1427              | 0,0253                      | 0,0044                       |
| 2020                        | 0,1435              | 0,0151                      | 0,0062                       |
| 2021                        | 0,2559              | 0,0067                      | 0,0066                       |
| 2022                        | 0,2330              | 0,0053                      | 0,0123                       |

Подводя итог, можно подчеркнуть, что благодаря построенному алгоритму можно получить оптимальный путь развития региона Кемеровская область – Кузбасс в социально-экономической сфере. В дальнейшем планируется создать программный продукт, позволяющий автоматизировать описанный процесс расчета стратегии устойчивого развития региона.

#### Литература и источники

1. Баннов Я. С. Применение методов теории оптимального управления для разработки математической модели устойчивого развития Кемеровской области: выпускная

квалификационная работа: 01.03.02: защищена 22.06.2021 / Я. С. Баннов, В. В. Калинин. – Кемерово, 2021. – 53 с.

2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий ФСГС. – М.: Фед.служ, гос. стат. 1999. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/sdg/data>.

3. Данилов, Н. Н. Основы математической теории оптимальных процессов: учеб. пособие / Н.Н. Данилов, В. В. Мешечкин–Л.: КемГУ, 2004. – 218 с.

*Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной математики Чернова Е. С., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 519.86**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТ С УЧЕТОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ**

*Лобова И.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

lobova394@gmail.com

*В работе рассматривается математическая модель распределения работ между исполнителями, в которую включаются профессиональные качества исполнителей. За основу берется модификация задачи о назначениях, которая отражает динамику уровня навыков исполнителей. Описывается построение модели.*

Целью исследования является построение математической модели задачи планирования распределения работ с учетом профессиональных качеств исполнителей. Данная модель учитывает различные аспекты назначения исполнителей, такие как: факт назначения исполнителя на работу, рост и снижение уровня навыков, отрезок времени, на котором производятся назначения на работу и др.

В современном мире все компании хотят достичь максимальных доходов, при этом оптимизировав свои рабочие процессы так, чтобы достигать максимальных доходов при минимальных затратах. Для того чтобы определить, какие именно сотрудники нужны компании, существует множество методов. Эти методы могут быть количественными, качественными или комбинированными. [4]

К качественным относят все методы, где есть различные субъективные суждения на основе профессиональных и личностных качеств сотрудников. Среди таких методов можно выделить: метод эталона, метод оценки выполнения, метод групповой дискуссии.

К количественным относят те методы, которые состоят из объективных оценок. Среди количественных методов можно выделить следующие математические методы: метод рангового порядка, метод заданной балльной оценки, методы, основанные на построении математических моделей.

К комбинированным методам относят те методы, которые совмещают в себе количественные и качественные оценки. Например, метод оценочных центров, в который входит 25 критериев оценки сотрудника.

В данной работе планируется построить модификацию математической модели задачи о назначениях (The Assignment Problem). Подобные модели известны уже давно, традиционную постановку сформулировал Эгервари в 1931 г. [1] Задача о назначениях является частным случаем транспортной задачи. Суть данной задачи состоит в том, чтобы некоторое число исполнителей, производительность которых при выполнении каждой работы считается известной, распределить по некоторому числу работ так, чтобы суммарный объем производства был максимальным. [5]

Среди методов решения задачи о назначениях известны: венгерский метод, метод оптимального решения, рекуррентный метод, алгоритм Литтла и др. Также в задаче о назначениях можно применить генетические алгоритмы, что могут облегчить решение. [3]

У задачи о назначениях существует множество модификаций. Например, многокритериальная модификация [2], обобщенная задача о назначениях, задача о назначении минимального количества исполнителей. Одной из модификаций является динамическая задача о назначениях (The Dynamic Assignment Problem).

Для построения модели предположим, что у каждого исполнителя есть набор характеристик (профессиональных качеств) для выполнения той или иной работы. Для простоты свяжем с каждой работой уровень профессионализма работника именно по отношению к определенному уровню деятельности. Тогда каждого исполнителя можно представить в пространстве навыков многомерным вектором, в котором каждая компонента будет соответствовать уровню профессионализма именно по данной работе.

Сформулируем математическую постановку задачи.

Пусть в некоторой компании имеется  $n$  исполнителей  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ . Этим исполнителям необходимо назначить по  $n$  работам  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ . Между исполнителями и работами должно быть взаимно-однозначное соответствие. Если уровень определенного навыка исполнителя слишком низок, то он не может выполнять определенные виды работ. Производительность труда исполнителей отличается. Назначения на работы производятся на отрезке времени  $[0; T]$ , который разбит дискретными точками  $t = 0, \dots, T$ .

Факт назначения  $i$ -го исполнителя на  $j$ -ю работу в момент времени  $t$  обозначим через булеву переменную  $x_{ij}(t)$ :

$$x_{ij}(t) = \begin{cases} 1, & \text{если исполнитель } a_i \text{ назначается на работу } b_j, \\ 0, & \text{если иначе.} \end{cases}$$

Всякий исполнитель может быть занят только одной работой, а всякая работа может выполняться только одним исполнителем. Это следует из взаимно-однозначного соответствия между работами и исполнителями. В виде условий это запишется так:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij}(t) &= 1, i = 1, 2, \dots, n; \\ \sum_{i=1}^n x_{ij}(t) &= 1, j = 1, 2, \dots, n; \\ t &= 0, \dots, T. \end{aligned}$$

Абсолютно каждый исполнитель имеет определенный набор профессиональных навыков и умений, который можно измерить и представить в виде вещественного числа для каждого момента времени и по каждому виду работ. Это вещественное число обозначим через  $y_{ij}(t)$  – числовая оценка навыков и умений  $i$ -го исполнителя для выполнения  $j$ -й работы в момент времени  $t$ . Будем учитывать также темп прироста и темп снижения уровня навыков исполнителей. Уровень навыка будет увеличиваться, если исполнитель долгое время занимается одним делом, то есть будет накапливаться опыт. Уровень навыка будет снижаться, если долгое время навык был невостребованным. За темп прироста навыка возьмем  $\lambda_{ij}$ , за темп снижения  $\mu_{ij}$ .

Для повышения навыка компания может направить исполнителя на курсы повышения квалификации, выделяя для этого денежные средства. Обозначим за размер этих средств для  $i$ -го исполнителя по  $j$ -й работе в момент времени  $t$  за  $u_{ij}(t)$ . Прохождение курсов благотворно влияет на увеличение навыков исполнителя, то есть пройдя курс, исполнитель повышает уровень своего навыка. Обозначим этот прирост как  $f_{ij}(u_{ij}(t))$ , где  $f_{ij}$  – это непрерывно

дифференцируемая монотонно возрастающая функция. В таком случае уравнение динамики профессиональных навыков примет следующий вид:

$$y_{ij}(t) = (1 + \lambda_{ij})y_{ij}(t-1)x_{ij}(t-1) + (1 - \mu_{ij})y_{ij}(t-1)(1 - x_{ij}(t-1)) + f_{ij}(u_{ij}(t)).$$

Если определенный уровень навыка исполнителя недостаточно высок, то он не сможет выполнять соответствующий вид работ. Обозначим минимальный необходимый уровень навыка для выполнения  $j$ -й работы, как  $k_j$ . Значение  $k_j$  задает компания, оно неотрицательное, всегда известно, может меняться с течением временем: в начальные моменты времени оно может быть меньше, чем в последующие, из-за повышения требований к работникам:

$$y_{ij}(t) \geq k_j(t), \\ k_j(t) \geq 0.$$

Вместе с этим будем считать, что значения показателей  $y_{ij}(0)$ , которые характеризуют базовый уровень навыков и умений исполнителей, в начальный момент времени известны:

$$y_{ij}(0) = const.$$

Обозначим за  $U(t)$  сумму вложений компании в прохождение курсов повышения квалификации сотрудников. Данная сумма в каждый момент фиксирована, но может быть по-разному распределена между исполнителями. Данное условие можно записать следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i,j=1}^n u_{ij}(t-1) \leq U(t-1); \\ u_{ij}(t-1) \geq 0. \end{array} \right.$$

Кроме того, предположим, что можно рассчитать доход, который приносят исполнители по различным видам работ. Причем этот доход зависит от уровня навыков исполнителей, который в свою очередь зависит от опыта работы и пройденных курсов повышения квалификации. В таком случае доход  $i$ -го исполнителя при выполнении  $j$ -й работы можно обозначить непрерывно дифференцируемой монотонно возрастающей функцией  $c_{ij}(y_{ij}(t))$ . Общий суммарный доход от всех исполнителей на всем промежутке времени тогда будет играть роль целевой функции (критерия оптимальности), которую необходимо максимизировать:

$$Z(u, x, y) = \sum_{t=1}^T \sum_{i,j=1}^n (c_{ij}(y_{ij}(t))x_{ij}(t) - u_{ij}(t)) \rightarrow max.$$

Объединив все вышеприведенные соотношения, получаем математическую модель динамической задачи о назначениях с учетом профессиональных качеств исполнителей. Данная модель является задачей оптимального управления, где управляющие переменные – это булевы переменные  $x_{ij}(t)$  и величины  $u_{ij}(t)$ , а фазовые переменные – оценки навыков исполнителей  $y_{ij}(t)$ . В задаче присутствует ограничение на фазовые переменные. Левый конец траектории закреплен, а правый конец траектории свободен. Критерий качества интегральный.

Оптимальное решение этой задачи поможет определить, каких именно исполнителей на какие именно работы надо назначить, а также понять, готово ли руководство компании платить за обучение своих сотрудников.

#### Литература и источники

1. Бородин, А.И., Бугай А.С. Биографический словарь деятелей в области математики. - Киев: Радянська школа. 1979. - 607 с.

2. Коган Д.И., Федосенко Ю.С., Хандурин Д.А. Концепции и алгоритмы решения многокритериальных модификаций задачи о назначениях // Научные проблемы водного транспорта. -2017. -№53.
  3. Рассолова Я. А. Применение генетических алгоритмов к решению модифицированной задачи о назначениях / Я. А. Рассолова, М. М. Зарубин // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 45-ой научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, апрель 2015 г.
  4. Симарова И. С., Алексеевичева Ю. В., Жигин Д. В. Оценка персонала: понятие, цели, методы и этапы. Особенности оценки производственного персонала // Нефть и газ: опыт и инновации. – 2020. – Т. 4. – №. 2. – С. 12-16.
  5. Эддоус М., Стэнсфилд Р. Методы принятия решений/ Пер. с англ. под ред. член-корр. РАН И.И. Елисеевой. — М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. — 590 с.
- Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Мешечкин В.В, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 519.25**

**ФОРМИРОВАНИЕ КЛАССОВ СУИЦИДАЛЬНОГО РИСКА ПОДРОСТКОВ ДЛЯ  
РАЗЛИЧНЫХ «ТУПИКОВЫХ» СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ  
НЕЧЁТКОЙ ТИПОЛОГИЗАЦИИ**

*Марченко Э. А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
emumar2001@mail.ru

*В данной статье рассмотрена возможность применения алгоритмов нечёткой типологизации для выделения характеристик типов подростков, подверженных суицидальному риску в различных «тупиковых» жизненных ситуациях.*

Проблемы принятия решений в сложных условиях занимают в настоящее время особое место в информационных технологиях. Математические методы широко применяются для описания и анализа сложных экономических, социальных и других систем. Существует, однако, ряд задач, которые не поддаются формальному описанию в силу того, что часть параметров представляют собой неточно или качественно заданные величины, для которых переход от «принадлежности к классу» к «непринадлежности» непрерывен.

По уровню самоубийств среди подростков Россия находится на одном из первых мест в мире. Ряд жизненных ситуаций воспринимаются подростками как ситуации, не имеющие выхода. Данные ситуации становятся для подростка «тупиковыми», что может привести к суицидальному исходу. Для предотвращения суицидальных действий необходимо знать характеристики психологических типов подростков, которые приводят к тому, что некоторые жизненные ситуации становятся для них «тупиковыми». Поэтому попытка выявления таких групп риска для различных «тупиковых» ситуаций является актуальной задачей. Данная проблема усугубляется тем, что в исследовании отсутствует обучающая выборка.

Целью данной статьи является исследование возможности применения алгоритмов нечёткой типологизации для выделения групп суицидального риска.

В исследовании участвовала группа подростков 9-10 классов (181 девушка и 238 юношей). Все они были протестированы по ряду методик, позволяющих оценить у них уровни выраженности трёх компонентов: эмоционально-регулятивного, когнитивно-оценочного и поведенческого.

Кроме того, им необходимо было сделать выбор стратегии выхода из различных «тупиковых» ситуаций. «Тупиковая» ситуация - это сложная жизненная ситуация, которую подросток может считать безвыходной; к ним относятся: травля в школе, неудачная сдача

экзаменов, давление в социальных сетях, проблемы во взаимоотношениях с родителями, гомосексуализм/лесбиянство, ранняя беременность и т.д.

На первоначальном этапе исследования для комплексной оценки суицидального риска была построена иерархическая модель, первый уровень иерархии которой составили три составляющие: эмоционально-регулятивный, когнитивно-оценочный и поведенческий компоненты. Эти показатели были заложены в основу построения нечёткой типологизации [1]. Каждый из компонентов был представлен в качестве лингвистической переменной с тремя термами: низкий, средний и высокий. В результате всевозможных комбинаций можно было получить двадцать семь классов: первый класс - низкий уровень эмоционально-регулятивного, низкий уровень когнитивно-оценочного, низкий уровень поведенческого компонентов; ...; двадцать седьмой класс - высокий уровень эмоционально-регулятивного, высокий уровень когнитивно-оценочного, высокий уровень поведенческого компонентов.

Таким образом, введем следующие обозначения для исследуемых классов. Каждый класс будем обозначать тремя буквами: первая буква – это уровень эмоционально-регулятивного компонента, вторая – когнитивно-оценочного и третья – поведенческого (например, низкий уровень эмоционально-регулятивного, высокий уровень когнитивно-оценочного, низкий уровень поведенческого компонентов – «НВН» и т.д.). В таблице 1 представлены уровни принадлежности школьников каждому из двадцати семи классов.

Таблица 1. Таблица уровней принадлежности школьников к каждому из двадцати семи классов

| №   | ннн     | ннс     | ... | ввс         | ввв        |
|-----|---------|---------|-----|-------------|------------|
| 1   | 0       | 0       | ... | 0,668020383 | 0,61415009 |
| 2   | 0,16485 | 0,15975 | ... | 0,392931211 | 0,18171198 |
| ... | ...     | ...     | ... | ...         | ...        |
| 418 | 0,17243 | 0,08622 | ... | 0,238382265 | 0,38864043 |
| 419 | 0       | 0       | ... | 0,271313901 | 0,4088557  |

Для оценки уровней принадлежности каждого испытуемого конкретному классу использовались различные Т-нормы: операция минимума, операция произведения и операция среднего геометрического [2]. Для оценки различий в степенях принадлежности классу в зависимости от пола испытуемого и его поведения в «тупиковой» ситуации мы провели двухфакторный дисперсионный анализ в программе Statistica [2]. Некоторые результаты анализа представлены на рисунках 1-5 («тупиковая» ситуация – неудачная сдача государственного экзамена ОГЭ или ЕГЭ).

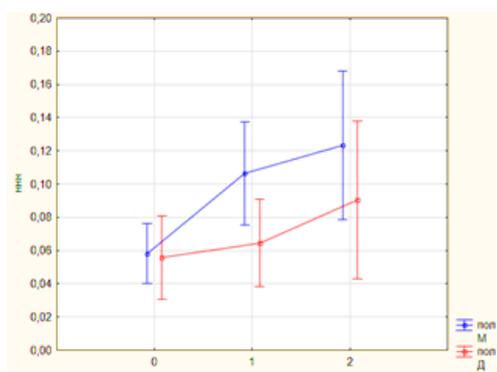


Рисунок 1. График степеней принадлежности классу ННН

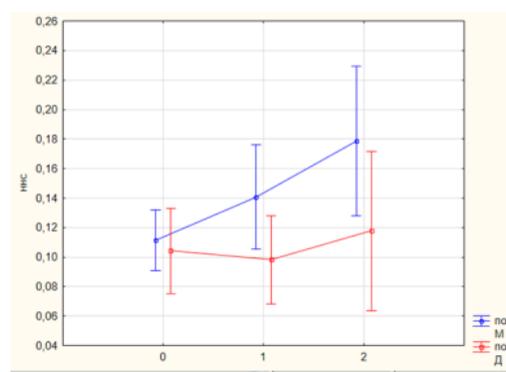


Рисунок 2. График степеней принадлежности классу ННС

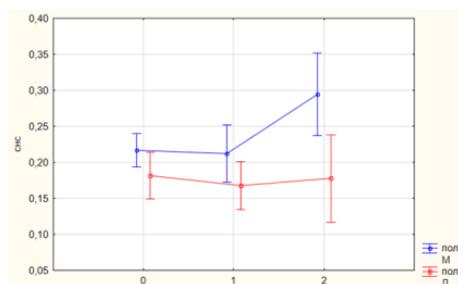


Рисунок 3. График степеней принадлежности классу СНС

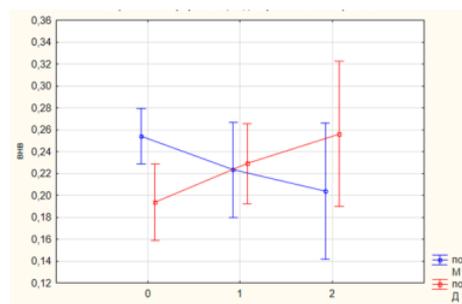


Рисунок 4. График степеней принадлежности классу ВНВ

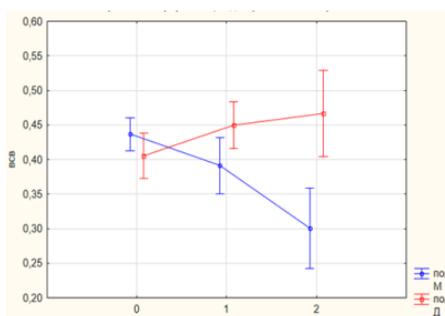


Рисунок 5. График степеней принадлежности классу ВСВ

По результатам дисперсионного анализа, изображенного на рисунке 1, можно сделать вывод, что и для юношей, и для девушек, у которых низкие уровни всех трёх компонентов, ситуация более вероятно будет казаться неразрешимой. Таким образом, и для выборки девушек, и для выборки юношей группу риска в такой ситуации составляют девушки и юноши из класса ННН.

Исходя из результатов дисперсионного анализа, изображённого на рисунке 2, можно сделать вывод, что для юношей, у которых низкий уровень эмоционально-регулятивного и поведенческого компонентов и средний уровень когнитивно-оценочного компонента, ситуация более вероятно будет неразрешима, при этом для девушек статистически значимых различий в поведении не наблюдается. Таким образом, юноши, принадлежащие классу ННС, составляют группу риска в данной ситуации.

По результатам дисперсионного анализа, проиллюстрированного на рисунке 3, можно сделать вывод, что для юношей, у которых средний уровень эмоционально-регулятивного и поведенческого компонентов и низкий уровень когнитивно-оценочного компонента, ситуация более вероятно будет неразрешима, при этом для девушек статистически значимых различий в поведении не наблюдается. Это показывает, что для выборки юношей группу риска в такой ситуации составляют юноши из класса СНС.

По результатам дисперсионного анализа на рисунке 4 можно сделать вывод, что для девушек, у которых высокий уровень эмоционально-регулятивного и поведенческого компонентов и низкий уровень когнитивного-оценочного компонента, ситуация более вероятно будет неразрешима, при этом для юношей с таким же уровнем принадлежности классу анализ показал практически противоположный исход событий. Таким образом, девушки, принадлежащие классу ВНВ, составляют в данной ситуации группу риска.

По результатам дисперсионного анализа на рисунке 5 можно сделать вывод, что для девушек, у которых высокий уровень эмоционально-регулятивного и поведенческого компонентов и средний уровень когнитивно-оценочного компонента, ситуация более вероятно будет неразрешима. При этом для юношей с таким же уровнем принадлежности классу анализ показал практически противоположный исход событий, тем самым можно полагать, что для выборки девушек группу риска в данной ситуации составляют девушки из класса ВСВ.

Таким образом, можно говорить о том, что в условиях отсутствия обучающей выборки и чётко заданных границ классов, алгоритмы нечёткой типологизации продемонстрировали свою работоспособность, то есть возможность их применения для выделения групп суицидального риска.

#### **Литература и источники**

1. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. / А. Пегат; пер. с англ. – 2-е изд. (эл.). – М., 2013. – 798 с.
2. Боровиков, В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. / В. Боровиков. – СПб : , 2003. – 344 с.
3. Каган, Е.С. Прикладной статистический анализ данных: учебное пособие / Е.С. Каган. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – 235 с.  
*Научный руководитель – к.т.н, заведующая кафедрой прикладной математики Каган Е.С., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».*

**УДК 519.25**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КОГНИТИВНОГО СТАТУСА ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ**

*Меньшиков Д.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
mda20menshikov@yandex.ru

*В статье исследуется возможность применения нечетких когнитивных карт и аппарата когнитивного моделирования для решения прикладной задачи: прогноза развития ранней послеоперационной когнитивной дисфункции для пациентов с ишемической болезнью сердца, перенёсших коронарное шунтирование.*

Моделирование слабо структурированных и плохо формализованных сложных процессов, и систем, прогноз их динамических изменений, является очень трудоёмким и комплексным процессом. В последние годы для решения подобного типа задач широкое распространение получили методы когнитивного моделирования и алгоритмы теории нечетких множеств.

Когнитивное моделирование (КМ) – это математически способ анализа сложно структурируемых систем, который помогает исследователю определить силу и направления на перевод объекта управления в целевое состояние с учетом сходства и различия влияния различных факторов на объект управления [1,2]. При когнитивном моделировании исследуемый процесс представляют в виде ориентированного графа (когнитивных карт). Аппарат когнитивного моделирования является гибким инструментом анализа для более удобного и понятного отображения связей между, казалось бы, очень отдалённо связанными объектами, представляя связи между ними в виде отношений взаимного влияния. В настоящее время помимо когнитивных карт находят широкое применение нечеткие когнитивные карты. При их построении нечеткость может быть заложена как в вершины графа, так и в связи графа. Рассмотрим возможность применения нечетких когнитивных карт для решения следующей прикладной задачи.

После проведения коронарного шунтирования у людей с ишемической болезнью сердца может наблюдаться послеоперационная когнитивная дисфункция (ПОКД), проявляющаяся через снижение ряда когнитивных показателей. При диагностировании послеоперационной когнитивной дисфункции ухудшаются когнитивные способности пациента, такие как память, внимание, нейродинамика, что может способствовать снижению комплаентности (приверженности к лечению), наблюдается снижение общего качества жизни пациента.

В связи с описанной выше проблемой, актуальной является задача своевременного прогнозирования возможности наступления ПОКД у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), перенёвших коронарное шунтирование.

Для комплексной оценки когнитивного статуса пациента был использован подход, основанный на аппарате теории нечетких множеств и метода анализа иерархий. Совместные исследования сотрудников лаборатории нейрососудистой патологии НИИ «КПССЗ» и кафедры прикладной математики, позволили представить модель когнитивного статуса пациента в виде трехуровневой иерархической модели [3,4,5]. Фокус иерархии этой модели – это комплексная нечеткая оценка сохранности когнитивного статуса пациента, которая может быть представлена в виде лингвистической переменной с терм-множеством: Низкий(T1), Средний(T2), Высокий(T3).

В качестве функций принадлежности (ФП) термов используются трапециевидные и треугольные функции, обладающие свойством разбиения 1, то есть, сумма принадлежностей соседний термов равна 1. В таблице 1 представлен фрагмент фазсификации значений когнитивного статуса.

Таблица 1. Фрагмент таблицы фазсификации значений когнитивного статуса

| Номер пациента | KS   | T1   | T2   | T3   |
|----------------|------|------|------|------|
| 1              | 0.47 | 0.00 | 1.00 | 0.00 |
| 2              | 0.38 | 0.20 | 0.80 | 0.00 |
| 3              | 0.49 | 0.00 | 1.00 | 0.00 |
| 4              | 0.53 | 0.00 | 1.00 | 0.00 |
| 5              | 0.34 | 0.30 | 0.70 | 0.00 |

Достоинством данного метода заключается в том, что состояние пациента может иметь степень принадлежности сразу нескольким термам сохранности, что позволяет наиболее точно проводить их классификацию, в тех случаях, когда границы точно неопределенны и носят нечеткий условный характер.

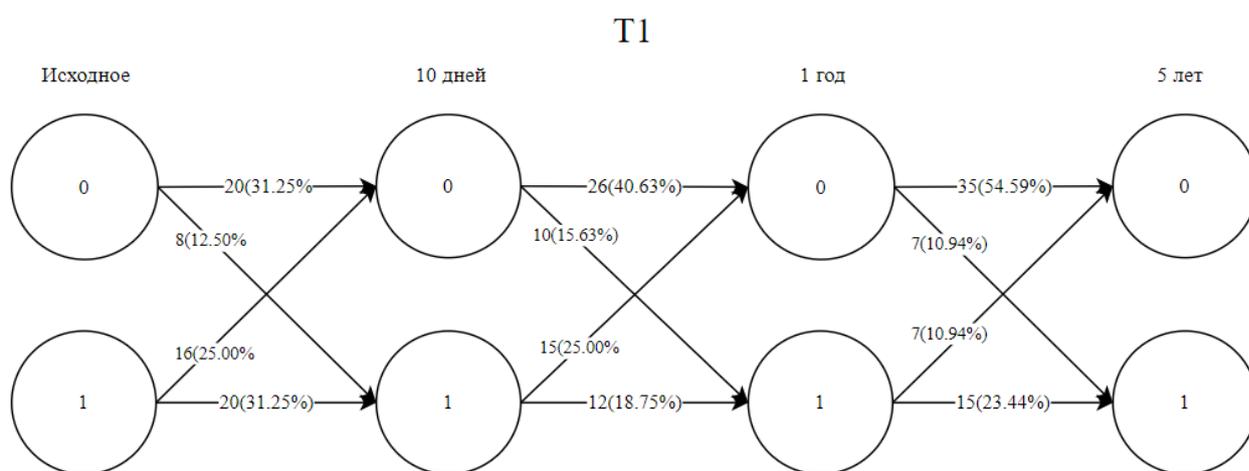


Рисунок 1. Переходы, осуществляемые из термина T1 с учетом наличия и отсутствия развития ПОКД в исследуемые промежутки времени

Имеется информация о когнитивном статусе пациента в следующие моменты: до проведения оперативного вмешательства, через 10 дней, через 1 год, через 5 лет. Для каждого пациента определен факт наличия/отсутствия ПОКД. Задача исследования заключается в

построении нечеткой когнитивной карты, отражающей динамические процессы когнитивного статуса. В качестве вершин графа выступают термы (рис. 2), либо принадлежности к классам (рис.1). В качестве дуг выступают относительные частоты количества пациентов, соответствующих заданным условиям.

Следующей задачей после построения нечёткой когнитивной карты является построение графа, отображающего динамику изменения термов сохранности на определенном этапе. На рисунке 3, представлен граф переходов из термов, характеризующих сохранность когнитивного статуса в термы, характеризующие сохранность когнитивного статуса на 10 сутки.

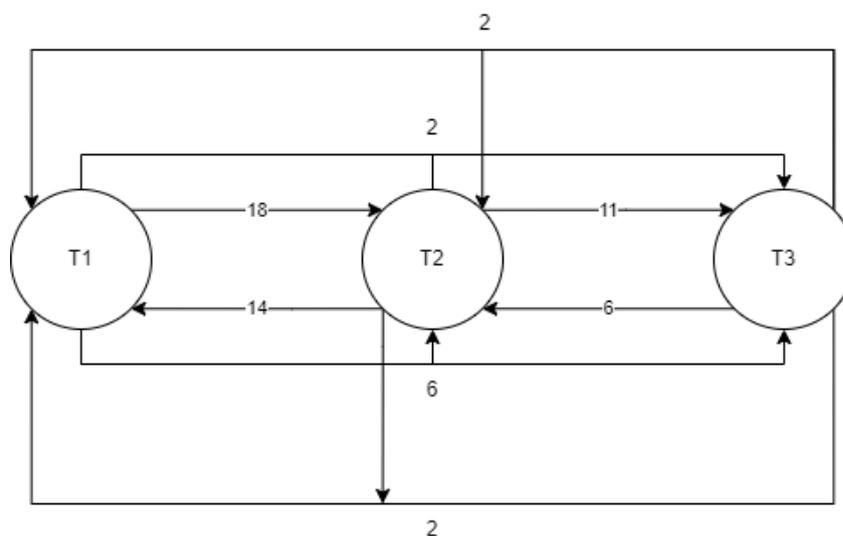


Рисунок 2. Переходы термов для периода исходный статус- статус на 10 сутки

На следующем этапе исследования будет предпринята попытка на основании полученных данных спрогнозировать наиболее подверженные ПОКД термы сохранности. Использование аппарата теории нечетких множеств в оценке компонентов иерархической модели имеет следующие неоспоримые преимущества, такие как независимая и максимально приближенная к действительности оценка параметров. Аппарат же когнитивного моделирования в сочетании с ТНМ позволил наглядно отобразить взаимосвязи параметров в исследуемой модели, а также остаются большие возможности использования данного математического аппарата для дальнейшего прогнозирования.

Работа выполнена на основе данных исследований, проводимых сотрудниками лаборатории нейрососудистой патологии НИИ «КПССЗ», возглавляемой д.м.н. Трубниковой О.А.

#### Литература и источники

1. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. 2-е изд. М.: Горячая линия–Телеком, 2012. 284 с.
2. Борисов В. В., Федулов А. С., Зернов М. М. Основы теории нечетких отношений. Серия «Основы нечеткой математики». Книга 3. Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия–Телеком, 2014. 86 с.
3. Каган Е.С. Применение метода анализа иерархий и теории нечетких множеств для оценки сложных социально-экономических явлений. – Известия алтайского государственного университета, 2012. – 160-163 с.

4. Трубникова О.А., Каган Е.С. и др. Нейропсихологический статус пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца и факторы на него влияющие – Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний, 2017. – 112-121 с.

5. Трубникова О.А., Тарасова И.В. и др. Факторы развития стойкой послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов, перенесших коронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения. – Терапевтический архив, 2017. – 41-47 с.

*Научный руководитель – к.т.н., зав. кафедрой прикладной математики Каган Е.С., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 519.86**

## **АНАЛИЗ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА**

*Михайлова Е.П.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

k2414@mail.ru

*Работа посвящена исследованию интегральных показателей, используемых для построения многокритериальной задачи развития региона. Постановка условия многокритериальной задачи и способ её решения.*

Целью проводимого исследования является анализ наиболее известных интегральных показателей, оценивающих различные аспекты развития регионов и качество жизни населения.

Интегральные показатели используются при решении различных задач для совершенствования механизмов управления на основании сопоставления интегральных индикаторов рассматриваемых объектов и их рейтингов, определяемых интегральными характеристиками, причём они являются показателями степени достижения наилучшего результата управления.

Уровень развития региона является многоаспектной характеристикой, состоящей из множества разнообразных факторов, которые в совокупности отражают все условия жизни общества. Развитие социально-экономической системы зависит от совместного взаимодействия разных экономических, социальных и экологических факторов и объёма инвестиций в соответствующие сферы деятельности. Всё это в совокупности является важным аспектом благополучия региона. Из литературы известны модели и методы управления развитием экономик, но не так часто можно встретить анализ динамики. [1]

В данной работе предполагается построить многокритериальную динамическую модель развития региона, где в качестве целевых функций должны использоваться различные интегральные показатели. При этом модель должна включать социальные экономические и экологические составляющие. [2]

Общая схема этапов исследования представлена на рисунке 1.

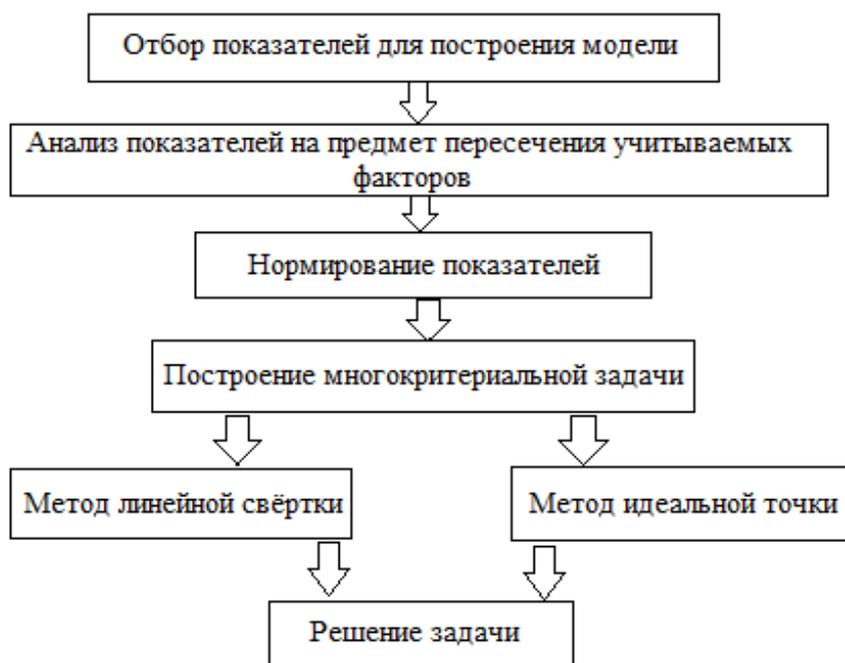


Рисунок 1. Алгоритм методики отбора и построения интегральных показателей для поставленной задачи

Для построения модели будут использоваться данные по Кемеровской области за несколько лет, что позволит проследить динамику и оценить изменения. [3]

Были рассмотрены различные интегральные показатели развития территорий и окончательно отобраны те, которые больше всего подходят по поставленным критериям. В таблице 1 представлен анализ рассмотренных показателей на учёт нужных факторов.

Таблица 1. Анализа показателей

| показатель/сфера                       | экономическая | социальная | экологическая |
|--|---------------|------------|---------------|
| ирчп                                   | +             | +          |               |
| Индекс промышленного производства      | +             | +          |               |
| Индекс экономического здоровья региона | +             | +          |               |
| Индекс подлинного прогресса            | +             | +          | +             |
| Индикатора экономической эффективности | +             |            |               |
| Экологический след                     |               |            | +             |
| Индикатор счастья                      | +             | +          | +             |
| Интегральный показатель экологии       |               |            | +             |

По объективным причинам были выбраны: Индекс Развития Человеческого потенциала (ИРЧП), индикатор подлинного прогресса и индикатор счастья.

ИРЧП рассчитывается по методике ООН, которая была адаптирована к показателям, данные о которых доступны по регионам. ИРЧП регионов состоит из трех составляющих: дохода, образования и долголетия.

Индикатор подлинного прогресса (GPI) более полно учитывает благосостояние нации, лишь часть которого относится к размеру национальной экономики, путем учета экологических и социальных факторов, которые не измеряются ИРЧП. Для расчёта используются: доход частного потребления, стоимость нерыночных услуг, природоохранные издержки, увеличение капитальных запасов и сальдо международной торговли.

Создатели Всемирного индекса счастья делают акцент на том, что "счастливым" жителей страны делает не богатство, измеряемое уровнем ВВП, а здоровье и благоприятная окружающая среда. Для расчёта этого индекса необходимо знать показатель субъективного благополучия, ожидаемую продолжительность жизни, экологический след.

Каждый из индексов включает в себя множество компонент, отражающих развитие интересующей территории, будь то страна или отдельный регион.

Для построения задачи обозначим через  $f_1(x)$  — ИРЧП,  $f_2(x)$  — GPI,  $f_3(x)$  — Индикатор счастья, где  $x$  — объём инвестиций в,  $b$  — общий объём инвестиций

Постановка условия многокритериальной задачи такова, что необходимо найти оптимальное соотношение между максимизируемыми показателями (индексами) при разных объёмах инвестиций в сферы, которые они охватывают (экономическая, социальная и экологическая).

$$f_1(x) \rightarrow \max \quad (1)$$

$$f_2(x) \rightarrow \max \quad (2)$$

$$f_3(x) \rightarrow \max \quad (3)$$

$$x = x_1 \dots x_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$x_1 + x_2 \dots + x_i \leq b, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

При решении задачи все показатели нормируются и приводятся к безразмерному виду, после чего для каждого из уравнений можно использовать метод свёртки критериев. Полученное решение будет выступать в качестве оптимального решения исходной многокритериальной задачи. Такой подход обеспечивает оптимальность по Парето полученного решения в дополнение к максимизации свёртки критериев. Принцип оптимальности по Парето заключается в том, что нельзя улучшить один из критериев в точках оптимальности не ухудшив другой.

#### Литература и источники

1. Белоконская Е.Г., Ермолаев М.Б., Лебедев Н.А. Комплексная оценка уровня жизни как многокритериальная задача // Теория и практика общественного развития. - 2019. - №04(42). - С. 9.
  2. Ивашкова Т.К. Стратегия формирования социально-экономического развития региона в условиях изменения макроэкономических параметров национальной экономики: дис. экон. наук: 08.00.05. - Чебоксары, 2009. - 24 с.
  3. Официальная статистика // Федеральная служба государственной статистики URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 11.04.2022).
- Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Мешечкин В.В., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 519.85; 621.22

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ С РУКАВАМИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

*Смышляев А.С., Аверкиев А.Е., Кувшинов К.А., Мойзес Б.Б.*

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
ass143@tpu.ru, aea29@tpu.ru, kuvshinov@tpu.ru, mbb@tpu.ru

*Работа технических систем сопровождается развитием процессов, связанных с вибрацией. В ряде технических систем вибрация является полезной – при помощи нее реализуются технологические процессы, во многих системах ее роль отрицательная. При этом в обоих*

случаях необходимо измерять и контролировать параметры вибрации. Для исследования вибрационных процессов создаются исследовательские вибрационные стенды, разрабатывается новое специальное программно-математическое обеспечение. Данная работа является продолжением исследования зависимости параметров вибрации при работе технических устройств на разных технологических режимах. В данной работе рассмотрены вопросы организации исследований параметров вибрации на исследовательском стенде с исполнительным механизмом на рукавах высокого давления. Исследования планируется вести по двум направлениям: физическое и математическое моделирование. Первое направление – это создание стенда для генерации вибрации, второе – разработка его математической модели. Параметры вибрации, регистрируются мобильным диагностическим комплексом с программным математическим обеспечением «Виброрегистратор-М2», позволяющим строить временные и спектральные диаграммы. Анализ последних дает возможность определять уровень вибрации в определенных частотных диапазонах, тем самым делать вывод об износе элементов технических систем. Разработанная математическая модель позволит установить оптимальные параметры проектируемых объектов.

Работа по изучению причин возникновения вибрации и ее параметров всегда актуальна [1-7]. Вибрация, сопровождающая работу многих технических систем, приводит к постепенному разрушению деталей и механизмов, что может стать не только причиной ухудшения качества работы самой системы [2-3], но и причиной крупных аварий и чрезвычайных происшествий, например, авария на Саяно-Шушенской ГЭС.

Цель работы – создать стенд на рукавах высокого давления (РВД) для исследования параметров вибрации, его математическую модель.

Применение РВД в конструкции стенда обосновано возможностью формирования больших усилий и надежностью вибрационной системы.

Для достижения данной цели был проведен литературный обзор [4-7], проанализированы варианты расположения РВД, варианты их коммутации [4-6].

За основу принята схема, приведенная ниже (рис. 1).

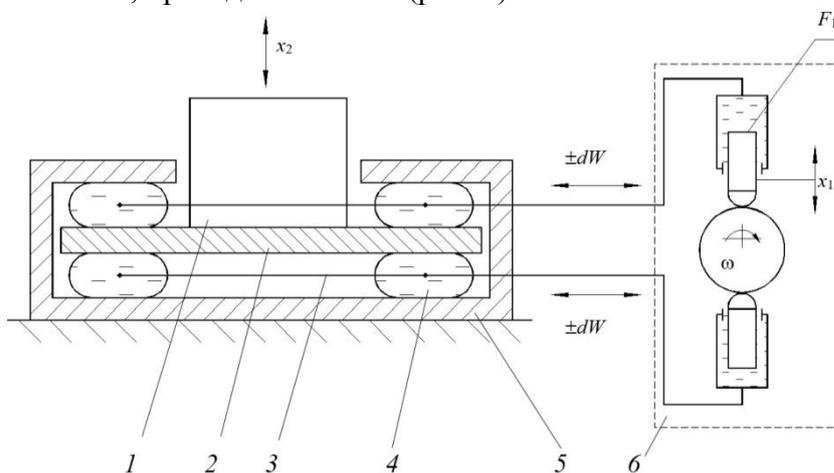


Рисунок 1. Схема исполнительного механизма

1 – пригруз; 2 – промежуточная плита; 3 – РВД; 4 – РВД; 5 – корпус;  
6 – генератор колебаний

Вторая задача, поставленная в данном исследовании, – проведение вибродиагностики рабочих органов, например, аксиально-поршневого насоса 2, приводимого в движение асинхронным двигателем 1. Рабочая жидкость из бака через фильтр 4 приводит в движение гидромотор 5.

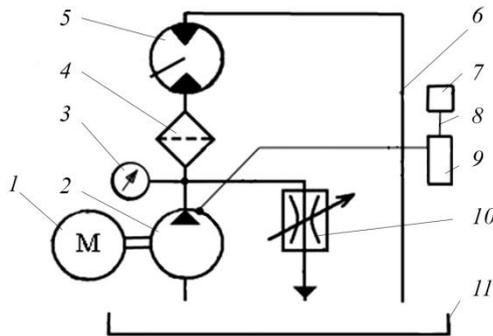


Рисунок 2. Схема гидравлического привода:

1 – асинхронный электро двигатель; 2 – аксиально-поршневой насос;  
 3 – манометр; 4 – фильтр; 5 – гидромотор; 6 – магистраль; 7 – ноутбук;  
 8 – информационный канал; 9 – вибрационный модуль

Выходной вал гидромотора приводит во вращение эксцентрик генератора колебаний 6 (рис. 1), плунжеры которого формируют переменный поток жидкости  $\pm dW$ , тем самым генерируя вибрацию.

В рамках данной задачи разработан план эксперимента, фрагмент которого приведен в таблице 1.

Таблица 1. План эксперимента

| № | Давление в гидросистеме, МПа | Частота вращения вала гидромотора, об/мин |
|---|------------------------------|---|
| 1 | 15                           | 500                                       |
| 2 |                              | 1000                                      |
| 3 |                              | 1500                                      |
| 4 | 20                           | 500                                       |
| 5 |                              | 1000                                      |
| 6 |                              | 1500                                      |

Регистрацию данных предполагается проводить мобильным диагностическим комплексом [2, 3] со специальным программным обеспечением «Виброрегистратор-М2» [8, 9].

Третья задача – разработка математической модели стенда. При составлении модели приняты следующие допущения:

- в рабочей жидкости отсутствует нерастворенный воздух;
- модуль упругости  $E$  и коэффициент вязкости рабочей жидкости  $\alpha$ , а также жесткостные параметры оболочки  $C$  считаются постоянными;
- утечки рабочей жидкости отсутствуют;
- система имеет одну степень свободы (в вертикальной плоскости), а за неизвестную переменную принята координата перемещения платформы  $x$ , характеризующая реакцию платформы на воздействие плунжерной пары  $x_1 = X \cdot \sin \omega t$ .

Для разработки математической модели запишем первоначальные уравнения.

На основе допущений первое уравнение движения механизма запишется как уравнение баланса расхода:

$$dW = W_{\text{н}} - W \quad \text{или} \quad \frac{dp \cdot W_0}{E} = W_{\text{н}} - W \quad (1)$$

$$\frac{dp \cdot W_0}{E} = dW \quad \text{или} \quad dp = \frac{E}{W_0} dW \quad (2)$$

где  $W_{\text{п}}=F_{\text{п}} \cdot x_{\text{п}}$  – объем жидкости, подаваемый плунжерной парой в рабочие оболочки;  $F_{\text{п}}, x_{\text{п}}$  – соответственно, площадь плунжера и координата перемещения плунжера;  $W_0$  – объем жидкости в системе;  $dp$  – изменение давления в системе.

Второе уравнение – уравнение действующих на исполнительный механизм баланса сил:

$$dP = P_{\text{дв}} - P_x - P_V, \quad (3)$$

где  $dP$  – формируемое рукавом высокого давления усилие;  $P_{\text{дв}}$  – движущая сила;  $P_x$  – сила, формируемая упругой деформацией полостей рукава высокого давления;  $P_V$  – сила вязкого сопротивления.

В дальнейшем планируется провести вибрационную диагностику элементов стенда, создать математическую модель и проверить ее на адекватность.

### Литература и источники

1. Nizhegorodov A.I., Gavrilin A.N., Moyzes B.B., Cherkasov A.I., Zharkevich O.M., Zhetessova G.S., Savelyeva N.A. Radial-piston pump for drive of test machines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – V. 289 (1) – 012014. DOI: 10.1088/1757899X/289/1/012014.
2. Иванов С.Е., Гаврилин А.Н., Козырев А.Н., Мойзес Б.Б. Повышение эффективности фрезерной обработки путём снижения ударно-вибрационных нагрузок // Ползуновский вестник. – 2018. – № 1. – С. 77-81.
3. Gavrilin A., Moyzes B., Kuvshinov K., Vedyashkin M., Surzhikova O. Determination of optimal milling modes by means of shock-vibration load reduction on tool and peak-factor equipment // Materials Science Forum. – 2019. – V. 942. – pp. 87-96.
4. Кувшинов К.А., Мойзес Б.Б., Крауиньш П.Я. Импульсно-вибрационный источник сейсмических сигналов // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 77-81.
5. Пат. 2171479 Российская Федерация. МПК7 G 01 V 1/147, G 01 V 1/133. Виброимпульсный источник сейсмических сигналов / Крауиньш П.Я., Иоппа А.В., Смайлов С.А., Мойзес Б.Б.; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. № 2000102751/28; заявл. 03.02.2000; опубл. 27.07.2001. Бюл. №21. – 4 с.: ил.
6. Пат. 2324954 Российская Федерация. МПК7 G 01 V 1/155. Виброимпульсный источник / Крауиньш П.Я., Смайлов С.А., Мойзес Б.Б., Супрунов А.Ю., Кувшинов К.А.; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. № 2006137548/28; заявл. 23.10.2006; опубл. 20.05.2008. Бюл. №14. – 4 с.: ил.
7. Цой А.И., Величкович И.Б., Сун Ш. Применение испытательных стендов для создания и исследования информационно-измерительных систем // Сборник «Фундаментальные и прикладные исследования в физике, химии, математике и информатике». Материалы симпозиума в рамках XVI (XLVIII) Международной научной конференции студентов и молодых ученых "Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей", приуроченной к 300-летию Кузбасса. Сост. Ю.А. Степанов, С.Ю. Завозкин. – Кемерово: Издательство КемГУ, 2021. – С. 128-131.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2017614049 Российская Федерация. Виброрегистратор-М2 / А.Н. Гаврилин, К.В. Серябряков, К.В. Мельнов, А.Р. Хайруллин, Б.Б. Мойзес; заявитель и правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». – № 2017611112; заявл. 13.02.2017; опубл. 05.04.2017. – 1 с.
9. Сырямкин В.И., Осипов А.В., Куцов М.С., Вавилова Г.В. Восстановление и анализ изображений в цифровых рентгеновских микротомографах // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 13. – С. 100-106.

Научный руководитель – к.т.н., доцент, Мойзес Б.Б., ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

УДК 681.5.011

## КРИТЕРИЙ ЛЬЕНАРА – ШИПАРА АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Степанова А.А., Лоренц Я.Д.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

stepanova@kemsu.ru, lorenz@kemsu.ru

*Целью данной работы является исследование методов обеспечения устойчивости и качества цифровых систем управления и мониторинга. Анализ критериев устойчивости функционирования динамических объектов при наличии априорной неопределенности в пространстве параметров является традиционно своевременным и актуальным направлением научных и производственно-исследовательских задач. Современная система мониторинга и управления обязана адекватно функционировать при подаче возмущающих воздействий самой богатой природы. Указанная особенность динамики связана с таким фундаментальным понятием как устойчивость. Проблеме анализа устойчивости посвящено значительное количество трудов и исследований, поэтому в работе рассмотрен прикладной аспект понятия устойчивости применительно к систем в линейной постановке задач. Устойчивой системой называется та, которая свободно приходит в положение стабильного равновесия после прекращения переходного процесса. В ней регулируемая величина со временем устойчиво асимптотически приближается к постоянному значению. Применение алгебраических и частотных методов исследования качества системы управления обеспечивает безопасную работу наблюдаемого объекта. И хоть при изготовлении и эксплуатации его параметры могут отличаться от расчетных параметров, то всё равно гарантируется их соответствие стабильному поведению диагностируемого объекта. Основной целью исследования является анализ конкретных примеров и задач по практическому применению приемов и методов, используемых при обучении анализу и синтезу систем автоматического управления.*

Устойчивость системы автоматического управления традиционно выступает как одна из ее важнейших свойств. Соблюдение управляемости, наблюдаемости и устойчивости динамики существенно обуславливают возможность функционирования заданных характеристик и особенностей системы в предписанных технологическим процессом эксплуатационных пределах и условиях в установленный временной диапазон.

При неустойчивой системе данную задачу управления невозможно решить качественно.

Неустойчивость также может привести к незамедлительному прекращению функционирования самой системы в процессе управления или разрушению объекта управления, поэтому использование систем с неустойчивыми переходными характеристиками нецелесообразно [1].

Устойчивость системы автоматического управления – это характеристика возврата системы в исходное равновесное состояние после прекращения воздействия, выведшего систему в первоначальное исходное равновесное состояние.

Отсутствие устойчивости динамических систем управления, в большинстве случаев, возникает из-за очень сильного действия обратной связи. Причинами динамической неустойчивости обычно являются значимовыраженные инерционные характеристики звеньев замкнутой системы, из-за которых сигнал обратной связи в режиме колебаний значительно далек от входного сигнала, что оказывается с ним в фазе. Получается, что характер действия отрицательной обратной связи приобретает признаки положительной [2].

Устойчивость системы является внутренним свойством системы, зависящим только от вида корней характеристического уравнения, описывающего свойства системы, и не зависящим от внешнего воздействия. Необходимым и достаточным условием устойчивости системы является положение всех корней уравнения в левой (отрицательной) полуплоскости.

Критерий устойчивости Лъенара-Шипара, являющийся модификацией известного алгебраического критерия Гурвица (Hurwitz, 1895), предложен и сформулирован П. Лъенаром и Р. Шипаром в 1914 году. Его широко используют для анализа устойчивости характеристических уравнений высоких порядков с самой различной конфигурацией особых точек (нулей и полюсов) дискретной передаточной функции ( $n \geq 5$ ) [3].

Содержание критерия Лъенара-Шипара заключается в следующем: при выполнении необходимых условий устойчивости (все коэффициенты характеристического уравнения положительны) достаточно вычислить только четные (нечетные) определители Гурвица, если все они положительные, то исследуемая система стабильна и устойчива [4].

Рассмотрим алгоритм его использования:

1. Составим математическое описание устойчивости и неустойчивости. Так как устойчивость системы зависит только от характера ее свободного движения в требуемом временном диапазоне, то данное свободное движение системы может быть задано математической моделью в виде однородного операторного уравнения:

$$A(z) = a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + \dots + a_n = 0. \quad (1)$$

Для того чтобы цифровая система управления и мониторинга была неустойчива, достаточно, чтобы модуль хотя бы одной особой точки был больше единицы.

Для того чтобы дискретная система управления находилась на границе устойчивости, необходимо и достаточно, чтобы у части корней модули равнялись единице, причем среди них не должно быть кратных, а модули остальных корней должны быть меньше единицы (так называемые левые корни).

2. Составляем определитель Гурвица [5]:

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & \cdot & 0 \\ a_0 & a_2 & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_n \end{vmatrix} > 0 \quad (2)$$

3. Определяем устойчивость также как и для непрерывных систем.

Линейная дискретная система устойчива, если при  $a'_0 > 0$  определитель Гурвица и его четные (нечетные) диагональные миноры положительны, таким образом:

При  $n=2m$ :

$$\begin{aligned} a_0 > 0, a_1 > 0, \dots, a_n > 0, \\ \Delta_0 > 0, \Delta_2 > 0, \Delta_4 > 0, \dots \end{aligned} \quad (3)$$

При  $n=2m+1$ :

$$\begin{aligned} a_0 > 0, a_1 > 0, \dots, a_n > 0, \\ \Delta_0 > 0, \Delta_2 > 0, \Delta_4 > 0, \dots \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрим частные случаи алгебраического критерия.

При  $n = 5$  характеристическое уравнение имеет вид:

$$a_0 z^5 + a_1 z^4 + a_2 z^3 + a_3 z^2 + a_4 z + a_5 = 0. \quad (5)$$

Вычисляем определители с четными индексами:

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0, \quad (6)$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \end{vmatrix} = a_1 \cdot \begin{vmatrix} a_2 & a_4 & 0 \\ a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \end{vmatrix} - a_3 \cdot \begin{vmatrix} a_0 & a_4 & 0 \\ 0 & a_3 & a_5 \\ 0 & a_2 & a_4 \end{vmatrix} + a_5 \cdot \begin{vmatrix} a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_5 \\ 0 & a_0 & a_4 \end{vmatrix} =$$

$$= (a_3 a_4 - a_2 a_5) \cdot \Delta_2 + 2a_0 a_1 a_4 a_5 - a_1^2 a_4^2 - a_0 a_3^2 a_4 - a_0^2 a_5^2 > 0.$$

При  $n = 6$  характеристическое уравнение имеет вид:

$$a_0 z^6 + a_1 z^5 + a_2 z^4 + a_3 z^3 + a_4 z^2 + a_5 z + a_6 = 0. \quad (8)$$

Вычисляем определители с нечетными индексами:

$$\Delta_1 = a_1 > 0, \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = a_1 a_2 a_3 + a_0 a_1 a_5 - a_0 a_3^2 - a_1^2 a_4 > 0, \quad (9)$$

$$\Delta_5 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & a_6 \\ 0 & 0 & a_1 & a_3 & a_5 \end{vmatrix} = a_1 \cdot \begin{vmatrix} a_2 & a_4 & a_6 & 0 \\ a_1 & a_3 & a_5 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 \end{vmatrix} - a_3 \cdot \begin{vmatrix} a_0 & a_4 & a_6 & 0 \\ 0 & a_3 & a_5 & 0 \\ 0 & a_2 & a_4 & a_6 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 \end{vmatrix} +$$

$$+ a_5 \cdot \begin{vmatrix} a_0 & a_2 & a_6 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_6 \\ 0 & 0 & a_3 & a_5 \end{vmatrix} = a_4 a_5 \cdot \Delta_3 + 2a_1^2 a_2 a_3 a_6 - a_1 a_2^2 a_5^2 - a_1 a_2 a_3^2 a_6 +$$

$$+ a_1^2 a_3 a_4 a_6 - 3a_0 a_1 a_3 a_5 a_6 - a_1^3 a_6^2 + a_0 a_2 a_3 a_5^2 + a_0 a_3^3 a_6 + a_0 a_1 a_2 a_5^2 - a_0^2 a_3 a_5^2 > 0.$$

Таким образом, при анализе устойчивости динамических процессов с помощью алгебраических критериев следует в первую очередь проверить выполнение необходимого условия устойчивости. Если данное условие устойчивости справедливо, то для определения устойчивости нет необходимости вычислять все определители Гурвица.

Рассмотренный критерий Лъенара-Шипара предусматривает раскрытие значительно меньшего числа определителей, чем у критерия Гурвица, поэтому особенно удобен при исследовании устойчивости систем управления и мониторинга высших порядков.

### Литература и источники

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Р. Изерман. Цифровые системы управления / Р. Изерман – М.: Мир, 1984. – 541 с.
3. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
4. Федосенков Б. А. Теория автоматического управления: классические и современные разделы: учебное пособие / Б. А. Федосенков; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – 322 с.

5. Умняшкин С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов: учебное пособие / С. В. Умняшкин. – 5-е изд., исправл. и доп. – Москва: Техносфера, 2019. – 550 с.  
*Научный руководитель – к.т.н., доцент Инденко О.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 519.86

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕГИОНА

*Тихомирова В.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
valya.tikhomirova.2014@mail.ru

В данной статье для изучения метода системной динамики была рассмотрена модель глобального сценария развития человечества «Мир 2» Дж. Форрестера [1]. Метод заключается в исследовании сложных систем с целью выявления причинно-следственных связей и прогнозирования последствий изменения стратегий управления сложной системой. Диаграмма модели «Мир 2» состоит из накопителей, потоков и связей между ними, математически представляет собой систему дифференциальных уравнений. В модели присутствуют пять секторов: население, капиталовложение, природные ресурсы, сельское хозяйство, уровень загрязнения.

Целью статьи является построение сектора загрязнений модели «Мир 2» с помощью программы AnyLogic, чтобы в дальнейшем использовать полученную потоковую диаграмму для построения модели устойчивого социально-экономического развития конкретного региона.

Под устойчивым развитием региона будем понимать сбалансированный процесс экономических и социальных изменений, которые способствуют росту экономики, улучшению экологической ситуации, и также смогут дать новые возможности и ресурсы для будущего и нынешнего поколений.

Егоров В.А. в своем исследовании [2] использовал следующие уравнения для сектора загрязнения:

$$\frac{dZ}{dt} = Z_2 - Z_1 \quad (1)$$

$$Z_2 = P \cdot Z_0 \cdot Z_K \quad (2)$$

$$Z_1 = Z \div T_Z \quad (3)$$

где:

$Z_0$  – постоянная нормальная скорость генерации загрязнения в расчете на одного человека.

$Z_1$  – скорость рассасывания загрязнения.

$Z_K$  – рост загрязненности.

$P$  – число людей, населяющих регион.

$Z$  – загрязнение региона.

Используя представленные уравнения, построим модель сектора загрязнения региона в программе AnyLogic. Потоковая диаграмма модели представлена ниже на рисунке 1.

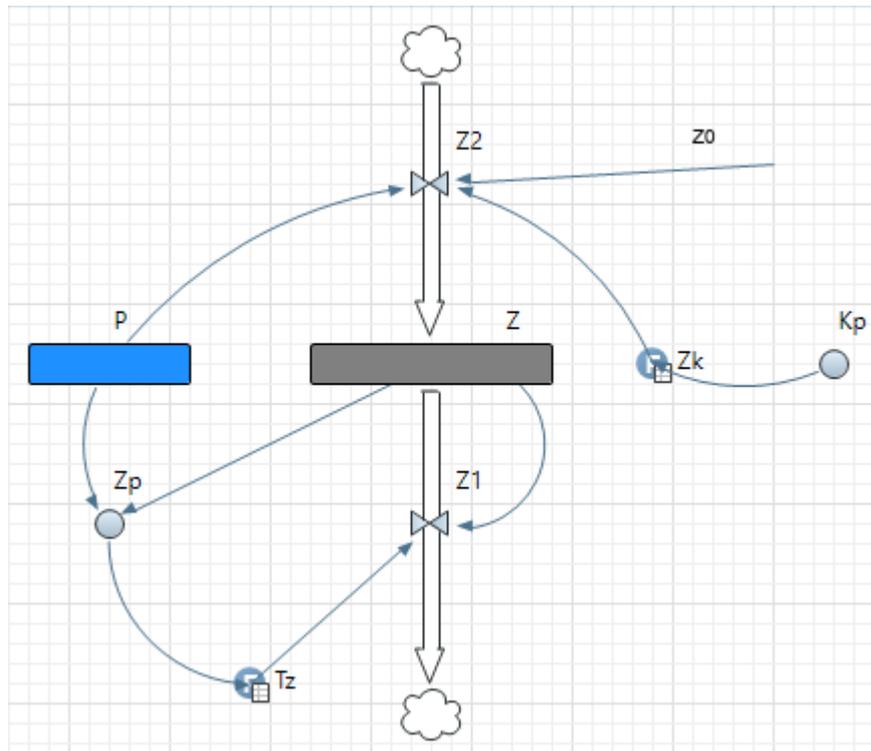


Рисунок 1. Поточковая диаграмма сектора загрязнения в AnyLogic

Алгоритм решения дальнейшей задачи состоит из следующих этапов:

1. Найти данные по показателям:

- Численность населения
- Уровень загрязнения
- Производственный капитал
- Доля сельскохозяйственных фондов от общего капитала
- Уровень невозполнимых природных ресурсов

2. В блок населения ввести данные по численности человек; в сектор капитала вводятся данные по капиталу, приходящемуся на душу населения в начальный момент времени; в сектор сельского хозяйства вносятся данные о годовом потреблении ресурсов на человека; в блок загрязнений – данные о загрязнении, приходящемся на одного человека.

3. Провести содержательную интерпретацию полученных результатов.

В дальнейшем планируется построение в AnyLogic комплексной модели, учитывающей социальные и экономические факторы развития конкретного региона.

#### Литература и источники

1. Форрестер, Д. Мировая динамика: Пер. с англ. / Д. Форрестер– М.:ООО «Издательство АСТ; Сиб.:TerraFantstica, 2003. – 54-89 с.
2. Егоров, В.А. Математические модели глобального развития / В.А. Егоров, Ю.Н. Каллистов, В.Б. Митрофанов, А.А. Пионтковский – М.: «Гидрометеиздат», 1980. – 27-30 с.  
*Научный руководитель – к.ф.-м.н., Чернова Е.С., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА

*Чуриков И. Ю.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

ilyasfw@icloud.com

*В данной работе рассматриваются преимущества использования метода структурно-параметрической идентификации для получения дискретной модели объекта на основе его входного сигнала и непрерывной передаточной функции, а также его ключевые отличия от классических – подстановочных методов.*

Развитие вычислительных технологий уже поспособствовало значительной оптимизации производства путём автоматизации решения многих задач, и следующим шагом является цифровизация – применение цифровых решений не только для контроля отдельных технологических процессов, но и для создания виртуальных копий объектов различного масштаба и степени сложности. Цифровые модели объектов или целых предприятий в совокупности с информационно-аналитическими системами дают возможность создавать детальные прогнозы работы оборудования, осуществлять его мониторинг в реальном времени и снижать риски аварийных ситуаций, а также проверять различные теории и гипотезы с достаточно высокой точностью. Стоит заметить, что создание цифровой модели по определению возможно лишь в дискретном виде, а значит, достижение адекватного соответствия дискретных и непрерывных моделей объектов является актуальной задачей.

В качестве входного сигнала рассмотрим единичное ступенчатое воздействие (3):

$$x(t) = 1(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

Для того, чтобы получить информацию о выходных значениях объекта, также необходимо знать его непрерывную передаточную функцию (НПФ). В данном случае, объект – апериодическое звено второго порядка с  $T_1 = 3$  и  $T_2 = 2$ , а его НПФ имеет общий вид (4):

$$G(s) = \frac{K e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \quad (4)$$

Здесь  $K$  – усиление сигнала,  $T$  – постоянные времени, отражающие длительность переходного процесса, а  $\tau$  – запаздывание (его можно принять равным нулю, так как данный множитель не влияет на расчёт коэффициентов этой дискретной модели) [1].

Дискретная передаточная функция (ДПФ), в свою очередь, является отношением дискретных преобразований Лапласа выходного и входного сигналов. Вопрос получения ДПФ в виде конечной дробно-рациональной функции уже поднимался многими исследователями, что привело к созданию подстановочных методов. Прямое (5) и обратное (6) преобразования Эйлера, а также билинейное преобразование Тастина (7), путём замен переменной преобразования Лапласа позволяют, соответственно, получить следующие приближения [2]:

$$s = \frac{z-1}{\Delta t} \Rightarrow G(z) = \frac{K \Delta t^2}{(T_1 z - T_1 + \Delta t)(T_2 z - T_2 + \Delta t)} \quad (5)$$

$$s = \frac{z-1}{z\Delta t} \Rightarrow G(z) = \frac{K\Delta t^2 z^2}{(T_1 z - T_1 + z\Delta t)(T_2 z - T_2 + z\Delta t)} \quad (6)$$

$$s = \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{z-1}{z+1} \Rightarrow G(z) = \frac{K\Delta t^2 (z+1)^2}{(2T_1 z - 2T_1 + z\Delta t + \Delta t)(2T_2 z - 2T_2 + z\Delta t + \Delta t)} \quad (7)$$

Полюса (корни полинома знаменателя) передаточной функции являются её характеристическими точками, и от точности их нахождения зависит достоверность восстановленной модели объекта. Рассмотрим полученные результаты при различных значениях шага дискретизации в таблице 1. Для нахождения значений соответствующих полюсов НПФ используется формула обратного Z-преобразования:

$$s = \frac{\ln|z|}{\Delta t} \quad (8)$$

Табл. 1. Полюса передаточной функции при вариации шага дискретизации

| $\Delta t$ | Прямое преобразование                                      | Обратное преобразование                                       | Билинейное преобразование   |
|------------|--|---|---|
|            | $z_i = 1 - \frac{\Delta t}{T_i}$                           | $z_i = \frac{T_i}{T_i + \Delta t}$                            | $z_i = \frac{2T_i - \Delta t}{2T_i + \Delta t}$                   |
| 0.01       | $Z_{1,2} = 0.99666, 0.995$<br>$S_{1,2} = -0.3339, -0.5013$ | $Z_{1,2} = 0.99668, 0.99502$<br>$S_{1,2} = -0.33328, -0.4988$ | $Z_{1,2} = 0.99667, 0.99502$<br>$S_{1,2} = -0.3333334, -0.500001$ |
| 0.1        | $Z_{1,2} = 0.9666, 0.95$<br>$S_{1,2} = -0.339, -0.512$     | $Z_{1,2} = 0.96774, 0.95238$<br>$S_{1,2} = -0.3279, -0.4879$  | $Z_{1,2} = 0.96721, 0.95122$<br>$S_{1,2} = -0.33336, -0.50001$    |
| 1          | $Z = 2/3, 0.5$<br>$S_{1,2} = -0.4055, -0.6931$             | $Z_{1,2} = 0.75, 2/3$<br>$S_{1,2} = -0.2876, -0.4055$         | $Z_{1,2} = 0.7413, 0.6$<br>$S_{1,2} = -0.3364, -0.5108$           |
| 2          | $Z_{1,2} = 0.3, 0$<br>$S_{1,2} = -0.54, \text{NaN}$        | $Z_{1,2} = 0.6, 0.5$<br>$S_{1,2} = -0.255, -0.346$            | $Z_{1,2} = 0.5, 1/3$<br>$S_{1,2} = -0.346, -0.549$                |
| 3          | $Z = 0, -0.5$<br>$S_{1,2} = \text{NaN}, -0.231$            | $Z_{1,2} = 0.5, 0.4$<br>$S_{1,2} = -0.23105, -0.30543$        | $Z_{1,2} = 1/3, 1/7$<br>$S_{1,2} = -0.366, -0.6486$               |

Нетрудно заметить, что во всех рассмотренных выше методах увеличение шага дискретизации неизбежно приводит к существенному снижению точности вычислений. Реальные значения полюсов, как следует из формулы (4), составляют  $-1/3$  и  $-0.5$  соответственно. Более того, определённые значения шага дискретизации ( $\Delta t = T_i$ ) и вовсе не позволяют осуществить перевод полюсов ДПФ в  $s$ -плоскость.

Однако, разработанный метод структурно-параметрической идентификации в отличие от подстановочных методов сохраняет инвариантность дискретной и непрерывной моделей сигнала, что выражается в том числе в сохранении непрерывности полюсов и нулей при использовании различных шагов дискретизации. Чтобы воспользоваться данным алгоритмом, предварительно потребуется выполнить обратное преобразование Лапласа:

$$Y(t) = L^{-1}(L(x(t)) \cdot G(s)) \quad (9)$$

$$Y(t) = K \left( 1 + \frac{T_1}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_2}} \right) = 1 - 3e^{-\frac{t}{3}} + 2e^{-\frac{t}{2}}$$

После преобразования будет получена модель выходного сигнала во временной области, что позволит далее построить дискретную модель исследуемого технического объекта, и

создать матрицу-идентификатор на основе значений  $x(t)$  (1-ая строка) и  $Y(t)$  (2-я строка) с выбранным шагом дискретизации.

Табл. 2. Матрица-идентификатор при  $\Delta t = 0.1$

|     |                         |                         |                         |           |           |     |
|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----|
| №   | 1                       | 2                       | 3                       | 4         | 5         | ... |
| 1-я | 1                       | 1                       | 1                       | 1         | 1         | ... |
| 2-я | $8.31022 \cdot 10^{-6}$ | $3.31487 \cdot 10^{-5}$ | $7.43779 \cdot 10^{-5}$ | 0.00013   | 0.00021   | ... |
| 3-я | -2.98891                | -7.95018                | -14.86735               | -23.72408 | -34.50413 | ... |
| 4-я | 1.32902                 | 3.97601                 | 7.92998                 | 13.18003  | 19.71531  | ... |
| 5-я | -0.33179                | -0.99262                | -1.97974                | -3.29043  | -4.92198  | ... |
| 6-я | 0                       | 0                       | 0                       | 0         | 0         | ... |

Начиная с третьей строки, данная матрица заполняется по рекуррентной формуле вида (10) до появления строки, близкой к нулю ( $k$  – столбец,  $n$  – строка):

$$\alpha_{kn} = \frac{\alpha_{k-2, n+1}}{\alpha_{k-2, 0}} - \frac{\alpha_{k-1, n+1}}{\alpha_{k-1, 0}} \quad (10)$$

Используя элементы первого столбца данной матрицы, можно построить непрерывную дробь следующего вида (здесь первый числитель – отношение  $y(0)$  к  $x(0)$ ) и свернуть её, чтобы получить дробно-рациональное выражение:

$$G(z) = \frac{8.31022 \cdot 10^{-6}}{1 - \frac{2.98891z^{-1}}{1 + \frac{1.32902z^{-1}}{1 - 0.33179z^{-1}}}} = \frac{8.31022 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0.99723z^{-1})}{1 - 1.991685z^{-1} + 0.991701z^{-2}}$$

Корни полинома его знаменателя переведем в  $s$ -плоскость, пользуясь формулой (8):

$$z_{1,2} = \{0.99667221, 0.99501248\} \Leftrightarrow s_{1,2} = \left\{-\frac{1}{3}, -\frac{1}{2}\right\}$$

Повторим описанный выше процесс для различных шагов дискретизации. В таблице 3 можно наблюдать, что увеличение шага дискретизации не влечёт за собой понижение точности при поиске полюсов передаточной функции или их преобразовании.

Табл. 3. Результаты использования метода структурно-параметрической идентификации

| Шаг    | 0.01       | 0.1        | 1          | 2          | 3          |
|--------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Полюса | 0.99667221 | 0.9672161  | 0.71653131 | 0.51341712 | 0.36787944 |
| ДПФ    | 0.99501249 | 0.95122942 | 0.60653066 | 0.36787944 | 0.22313016 |
| Полюса | -0.3333... | -0.3333... | -0.3333... | -0.3333... | -0.3333... |
| НПФ    | -0.4999... | -0.4999... | -0.5       | -0.4999... | -0.5       |

Таким образом, закономерен вывод о том, что из всех рассмотренных в данной работе методов лишь метод структурно-параметрической идентификации позволяет добиться инвариантности дискретной и непрерывной моделей, в то время как остальные методы нарушают основные принципы построения дискретных моделей – показывают неудовлетворительные результаты при вариации шага дискретизации, неверно восстанавливая структуру или параметры исследуемого объекта. В дальнейшем планируется провести

сравнительный анализ рассмотренных методов и оценить влияние получаемых параметров на дискретные модели в виде конечно-разностных уравнений.

#### **Литература и источники**

1. Макаров И. М., Менский Б. М. Линейные автоматические системы (элементы теории, методы расчёта и справочный материал). – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 504 с., ил.
2. Гугова, С. Г., Каган, Е. С., Казакевич, И. А. Моделирование систем автоматического регулирования: учебное пособие [Текст]: / С. Г. Гугова, Е. С. Каган, И. А. Казакевич; КемГУ. – Кемерово: КемГУ, 2019. – 214 с.  
*Научный руководитель – к. т. н., доцент Гугова С. Г., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

### THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF INTERACTIVE SERVICES OF THE PLATFORM “DIGITAL COMMUNAL” DEVELOPED FOR THE MANAGEMENT OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

*Achilova Firuza Kurbanovna*

Karshi branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

[achilovaf@gmail.com](mailto:achilovaf@gmail.com)

*This article is devoted to the topic of the effectiveness of the use of services of the platform “Digital Communal”, designed for the management of Housing and communal services, which includes the use of interactive services available on the platform, the creation of convenient opportunities for the population, order at any distance and at any time, the Prevention of excessive costs, the Prevention of, detailed information about the aspects that increase productivity is provided. The problem is that the digitization of the management of Housing and communal services in rural areas is almost not established, there is no organization of interactive services for the population, the quality of communal services is low. The “Digital Communal” platform, which provides opportunities such as prevention of these negative situations, further improvement of the standard of living of the population, the use of a wide range of opportunities for rural residents as well as urban residents, further improvement of their living styles with the help of information technologies, increase of work productivity, saving of time and costs, has been developed.*

Today, Information Technology, modern communications are being implemented in every field and this is a modern requirement. An informed society, in our age of Informatics, it is certainly difficult to imagine an area without computer technology. In this regard, the introduction of information technologies and systems in the digitization of the management of Housing and communal services will greatly contribute to the increase in the efficiency of the industry.

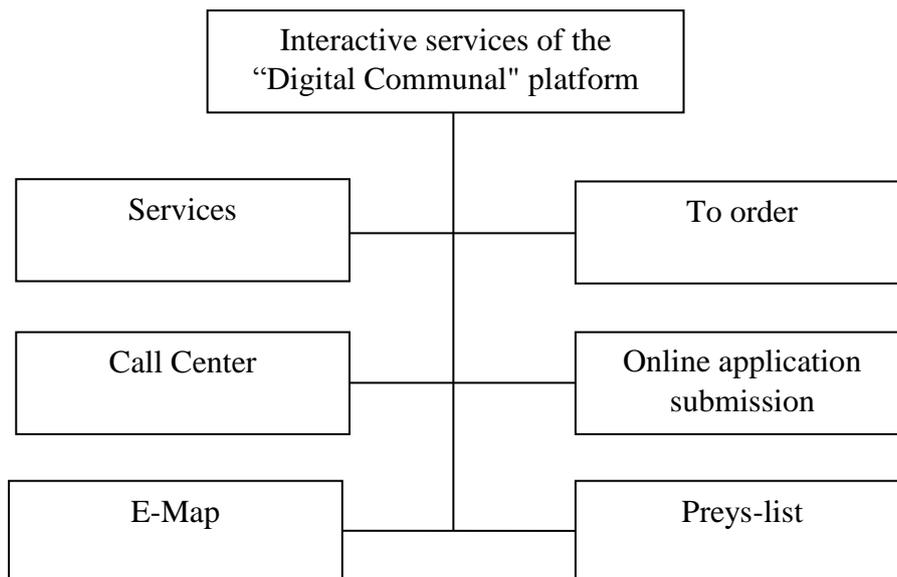
In order to digitize the management of Housing and communal services in rural areas, the “Digital Communal” platform was developed. Shakhrisabz District of Kashkadarya region is an example of the implementation of this platform. In the district there are mainly 58 neighborhoods, a gathering of citizens, and 4 sectors are receiving practical results.

The platform "Digital Communal" has a simple appearance in terms of structure and has a user-friendly interface. With the help of a number of functional options, users can make use of the information they need. The platform consists of several sections, such as, “Services” section, “Call Center” section, “E-Map” section, “ordering” section, “connecting” section, etc. As can be seen from these sections, several interactive services have been established on the platform.

When we say interactivity, it is understood that only in the section of science that we are studying is the organization of technical means, computers, their programs, as well as the established communication between users. So, computer programs are created in such a way that with the help of it we establish courtesy with the computer. In general, interactivity is associated with the organization of this system of temperament. That is, the exchange of information between the elements of the system according to the purpose. This concept is used in information theory, Informatics and programming, telecommunication systems, sociology and other fields. Through interactivity, the user is understood to have been served interactively if there is interest in the material, spiritual, social, economic, information and production seen from various sources. That is, it is understood that through computer programs an interactive service is established for the user.

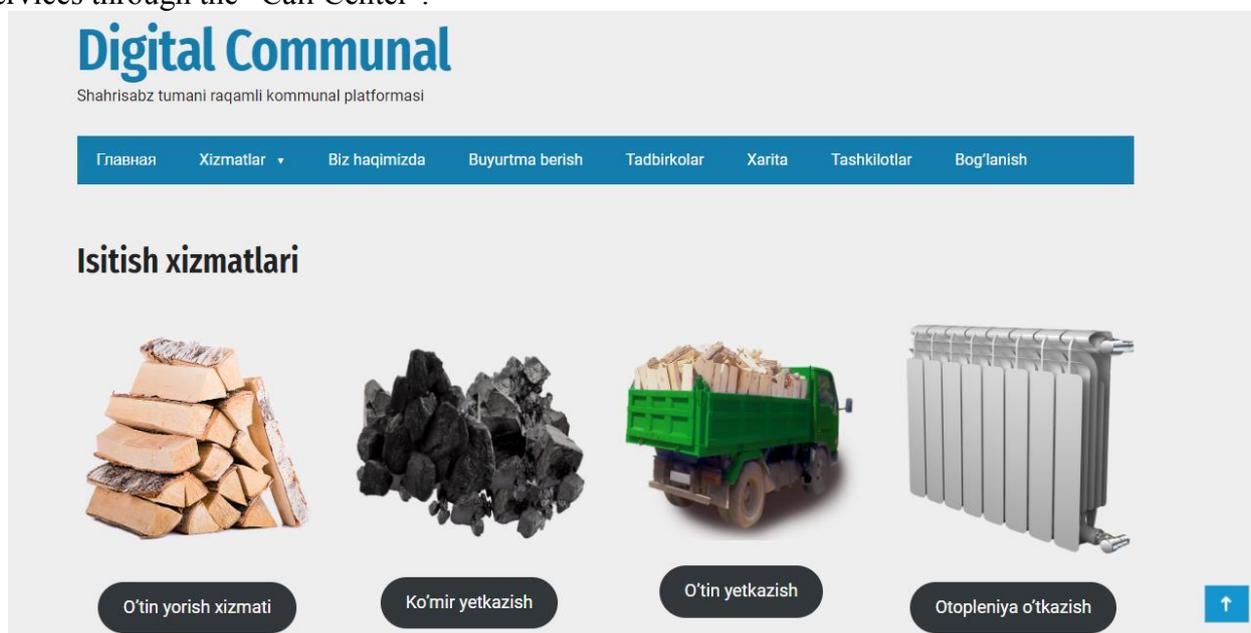
Each department has its own functional capabilities. For example, through the” services " section, the use of a number of interactive services is organized. In this section there are interactive services such as “Waste services”, “Heating services”, “Beautification”, “Construction Services”, “Kitchen

services”, “Water Services”, “Residential works”, and users can use them by selecting the desired service.



Picture 1. “Digital Communal” platform is the structure of interactive services.

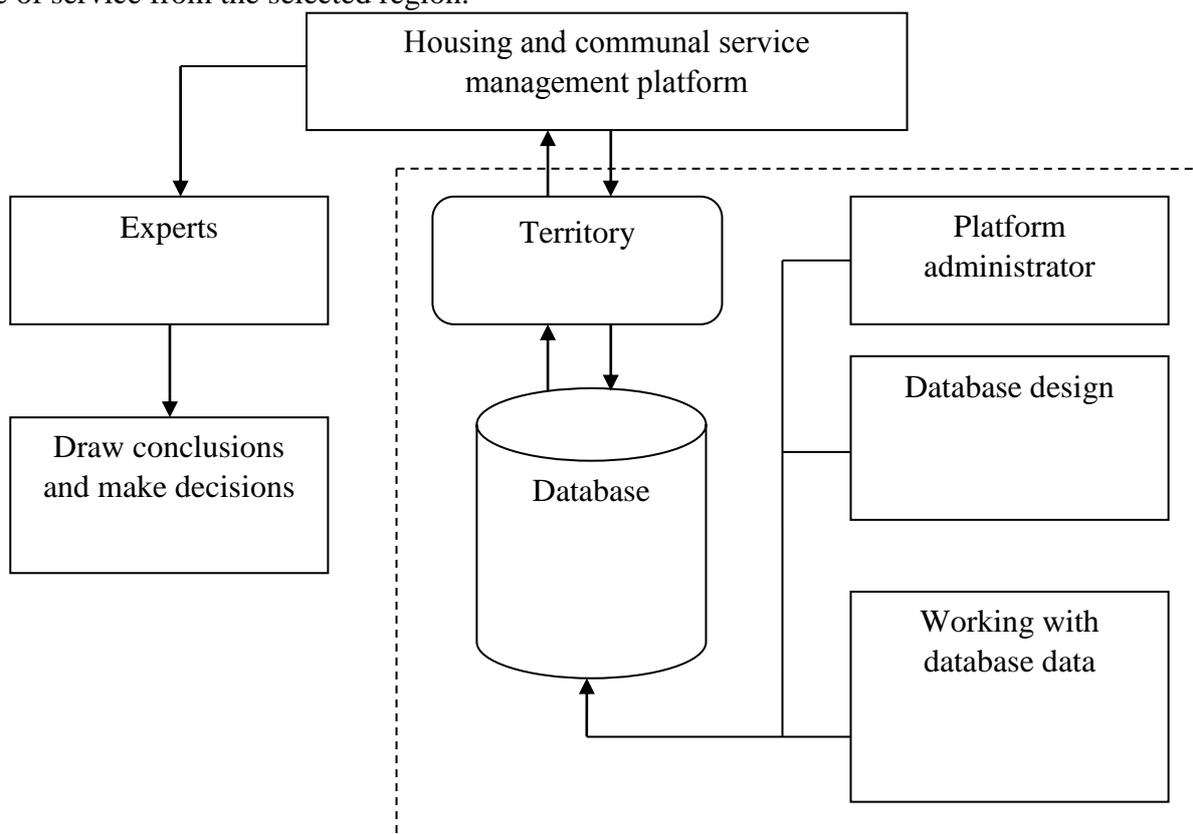
With the help of Interactive services a number of issues will be solved in a short time. The excessive spending of rural dwellers is not left to khodat. For example, through the interactive service” heating services “they can use a number of utilities such as “chopping wood”, “coal delivery”, “Wood delivery”, “Holding autoplay”, “Building an oven”, “building a fireplace”, “hammom koteli”. Users enter the platform, register, enter the interactive services section, where they need it, and get acquainted with the time, cost, requirements of the services, leave a request for the need to use the service in case of approval. Or, they can also give a message about the use of the services through the” Call Center”.



Picture 2. Interactive services of the Department "Heating services".

Through the interactive service "E-Map" the geographic location of 58 neighborhoods of the Citizens' Assembly is reflected, information on housing and communal services rendered in each

region can be obtained. In which region the users reside, they choose the same region from the electronic map, they can get acquainted with such information as the type of services, address, price, time of service from the selected region.



Picture 3. Housing and communal service management is an algorithm for creating a platform database.

Through the platform, a mechanism will be developed to monitor, identify problems and shortcomings in the cross-border areas, analyze borrowing cases, draw conclusions on the basis of this data and make appropriate decisions on the solution of the issue.

The digital common platform has a number of functional capabilities:

Search for information;

Using Call center services;

Ordering application fee;

Express your opinion on services;

Providing services in the cross-section of the OB regions to obtain information about the performance of the OB regions;

Making the provider pre-busy;

How to stand in the queue;

Availability of schedule of service time, prices in rubles;

**Conclusion.** This means that, as can be seen from the above information, users will choose the type of service they need, the duration of the service, the price, the documents they need, which organization they will contact, the contact details, the users of the service, the legal basis for the provision of the service, and there will be an opportunity to receive information at any time, Digitization of the management of Housing and communal services will help to increase the effectiveness of the industry.

#### List of used literature

1. S.S.G'ulomov, R.X.Alimov. Axborot tizimlari va texnologiyalari, Darslik, Toshkent, 2000.
2. Ш.Арте. Структурный подход к организации баз данных. М.: Финансы и статистика, 2010.
3. А.Алексеев, Введение в Web-дизайн. Учебное пособие. – М.: ДМК Пресс, 2019.
4. Peters T. The circle of innovation. USA, NY: Alfred A. Knopf, 2006.

**УДК 004.62**

## **АНАЛИЗ ВАКАНСИЙ ИТ-СФЕРЫ ПО ТРЕБУЕМОМУ ОПЫТУ РАБОТЫ**

***Васильев Н.А., Илькевич В. В.***

ФГБОУ ВО «Кемеровский Государственный Университет»

vnikita123456@gmail.com, IkevichVV@yandex.ru

*Цель статьи – анализ вакансий, оценка требуемого опыта работы. Поиск был произведён при помощи сайта-агрегатора Superjob и языка программирования Python. Анализ показал, что наиболее распространённым требованием к опыту работы является опыт работы от 1 года с процентным весом 52.*

В России насчитывается чуть более 1 млн разработчиков и аналитиков программного обеспечения, специалистов по базам данных и сетям. Их доля в общей численности занятых не превышает 1,2%. В то же время для ряда стран в Европе с развитой цифровой экономикой, однако не являющихся лидерами мирового экспорта ПО (Финляндия, Швеция, Германия, Франция, Япония и др.), этот показатель достигает 2–3,4%. [1]

Аналитики ожидают роста мирового рынка ИТ-услуг примерно на 8% в год в течение ближайших 3-5 лет. Российский рынок в 2020 г. вырос на 5% в долларах или 14% в рублях. В ближайшие 5 лет его объем в долларах будет увеличиваться на 7% в год. Дефицит кадров приведет к росту спроса на ИТ-услуги и закрытию инсорсинговых компаний. [2]

Анализ существующих вакансий позволит узнать, какой требуемый опыт работы является наиболее распространённым в ИТ-сфере, покажет насколько проблемно устроится человеку без опыта, который только закончил обучение и находится в поиске работы.

В качестве источника данных будем использовать сайт-агрегатор по поиску работы и подбору сотрудников – Superjob.ru. В качестве инструментария для анализа данных будем использовать современный высокоуровневый мультипарадигменный язык программирования Python, а также несколько его библиотек:

1. selenium.webdriver – драйвер браузера, то есть программная библиотека, которая позволяет разрабатывать программы, управляющие поведением браузера;
2. pandas – программная библиотека на языке Python для обработки и анализа данных. Работа pandas с данными строится поверх библиотеки NumPy, являющейся инструментом более низкого уровня.
3. numpy – это open-source модуль для python, который предоставляет общие математические и числовые операции в виде пре-скомпилированных, быстрых функций. Они объединяются в высокоуровневые пакеты. Предоставляет базовые методы для манипуляции с большими массивами и матрицами.
4. bs4.BeautifulSoup – является библиотекой Python для парсинга HTML и XML документов. Часто используется для скрапинга веб-страниц. BeautifulSoup позволяет трансформировать сложный HTML-документ в сложное дерево различных объектов Python. Это могут быть теги, навигация или комментарии. [3]
5. csv - является одним из самых распространённых форматов импорта и экспорта электронных таблиц и баз данных.
6. plotly.express – служит для визуализации данных, построения диаграмм и графиков, а также их вывода в различные форматы.

Информация о вакансиях была получена при помощи парсинга страницы библиотеками selenium.webdriver, csv и bs4.BeautifulSoup. Сначала программа проходила по странице и

собирала ссылки на каждую из вакансий, далее искала ссылку на следующую страницу с вакансиями и, если такая была, повторяла все действия с начала.

Результатом работы стал список из уникальных ссылок на 747 вакансий. После получения списка ссылок, начались проходы по каждой вакансии, были получены следующие данные относительно каждой из вакансий:

- Требуемый опыт
- Зарботная плата
- Город
- Требуемые языки программирования

Для последующего разбора и анализа были выбраны данные относительно требуемого опыта работы, так как данная проблема достаточно сильно стоит у выпускников средних и высших учебных заведений при последующем трудоустройстве.

При помощи циклов обработки данных они были нормализованы, приведены в идентичный вид относительно каждого критерия для дальнейшей обработки и анализа.

После нормализации данных, они были приведены в так называемый DataFrame – объект библиотеки pandas, который представляет из себя электронную таблицу. Из DataFrame, при помощи встроенных в библиотеку методов, были получены данные относительно столбца «Требуемый опыт» в процентном соотношении. Данные были визуализированы (см. рисунок 1) при помощи библиотеки plotly, где ось абсцисс означает требуемый опыт работы (от 1 года, от 3 лет, не требуется и от 6 лет), а ось ординат – вес критерия X в процентном соотношении.

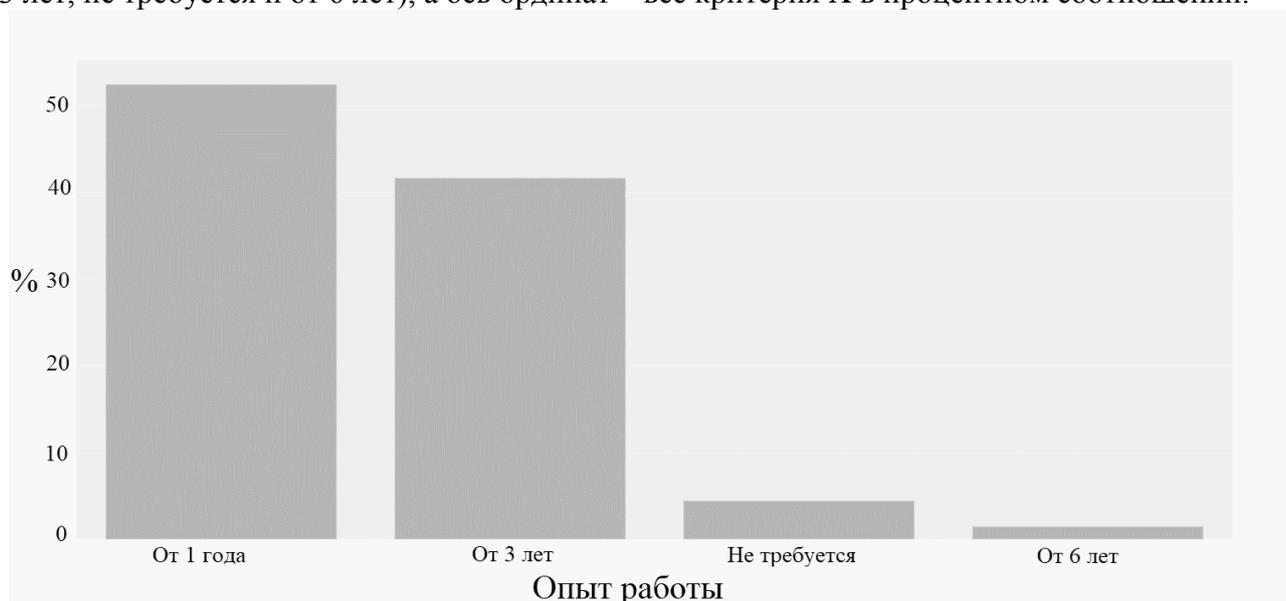


Рисунок 1. Результат анализа по критерию «Опыт работы»

Исходя из проведенного анализа графика можно сделать следующий вывод – 52 процента профессий требуют наличие минимального стажа в 1 год, также около 42 процентов требуют наличие как минимум 3 лет опыта работы в IT-сфере, но есть и такие вакансии, которые не требуют наличие какого-либо опыта и составляют около 5 процентов от общего числа вакансий, самый низкий процент показали вакансии с опытом работы от 6 лет и процентным соотношением в 1%, но для более детального разбора нужно проводить дальнейший анализ относительно заработной платы и требуемых языков относительно каждого из приведенных на графике критериев по требуемому опыту работы.

### Литература и источники

1. План развития IT согласно Минкомсвязи: цифровой суверенитет, блокчейн в ЖКХ, софт для «изменённой реальности» [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/436856/> (Дата обращения: 07.04.2022).
  2. Темпы роста мирового и российского рынка IT-услуг практически сравнялись [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cnews.ru/reviews/rynok\\_ituslug\\_2021/articles/tempy\\_rosta\\_mirovogo\\_i\\_rossijskogo](https://www.cnews.ru/reviews/rynok_ituslug_2021/articles/tempy_rosta_mirovogo_i_rossijskogo) (Дата обращения: 07.04.2022).
  3. BeautifulSoup – парсинг HTML в Python на примерах [Электронный ресурс]. URL: <https://python-scripts.com/beautifulsoup-html-parsing> (Дата обращения: 07.04.2022).
- Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.67**

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ**

*Галкин А.М.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Galkin.am@kemerovorea.ru

*В ходе работы над статьёй автором была спроектирована и разработана информационная система, решающая проблемы в области анализа заболеваемости в образовательном учреждении. Эта информационная система поможет повысить эффективность и удобство сбора данных, отчётности и анализа.*

В ходе изучения предметной области был выделен ряд существующих на данный момент проблем, таких как:

1. Отсутствие личного подхода к анализу, что приводит к тому, что ученики с слабым иммунитетом, болезненные ученики остаются без должного внимания.
2. Необходимость в автоматизации отчётности, ежедневные отчёты занимают время у сотрудника, автоматизация процесса формирования отчёта могла бы освободить это время для менее тривиальной работы.
3. Письмо от Минздрава [1] позволяет ученикам не посещать занятия без справки в течении 5 дней, в таком случае информация о заболеваемости может не дойти до врача, что будет мешать ему видеть полную картину, а также это создаёт пробелы в учёте заболеваемости.
4. Отсутствие системы поддержки решений по поводу введения карантина и других мер для сдерживания заболеваемости. Видя полную картину заболеваемости, с полными данными, Директору будет проще принять решение о карантине, а наличие системы поддержки решений упростит процесс ещё сильнее.

На основе выделенных проблем были поставлены задачи, требующие выполнения:

1. Организация более точного и личного сбора данных ;
2. Создание системы для автоматизации отчётности;
3. Организация системы поддержки принятия решений;
4. Проектирование и разработка системы для учёта заболеваемости, вакцинации.

Основываясь на этих задачах и целях, можно выделить основные требуемые интерфейсы информационной системы:

1. Журнал вакцинации
2. Журнал учёта заболевших
3. Окно коммуникации с учителем
4. Окно формирования отчёта

## 5. Окно для мониторинга заболеваемости в школе

В процессе проектирования концептуальной модели (Рисунок 1) были определены 5 основных типов пользователей: Учитель, родитель, школьный врач, директор, зам. директора.

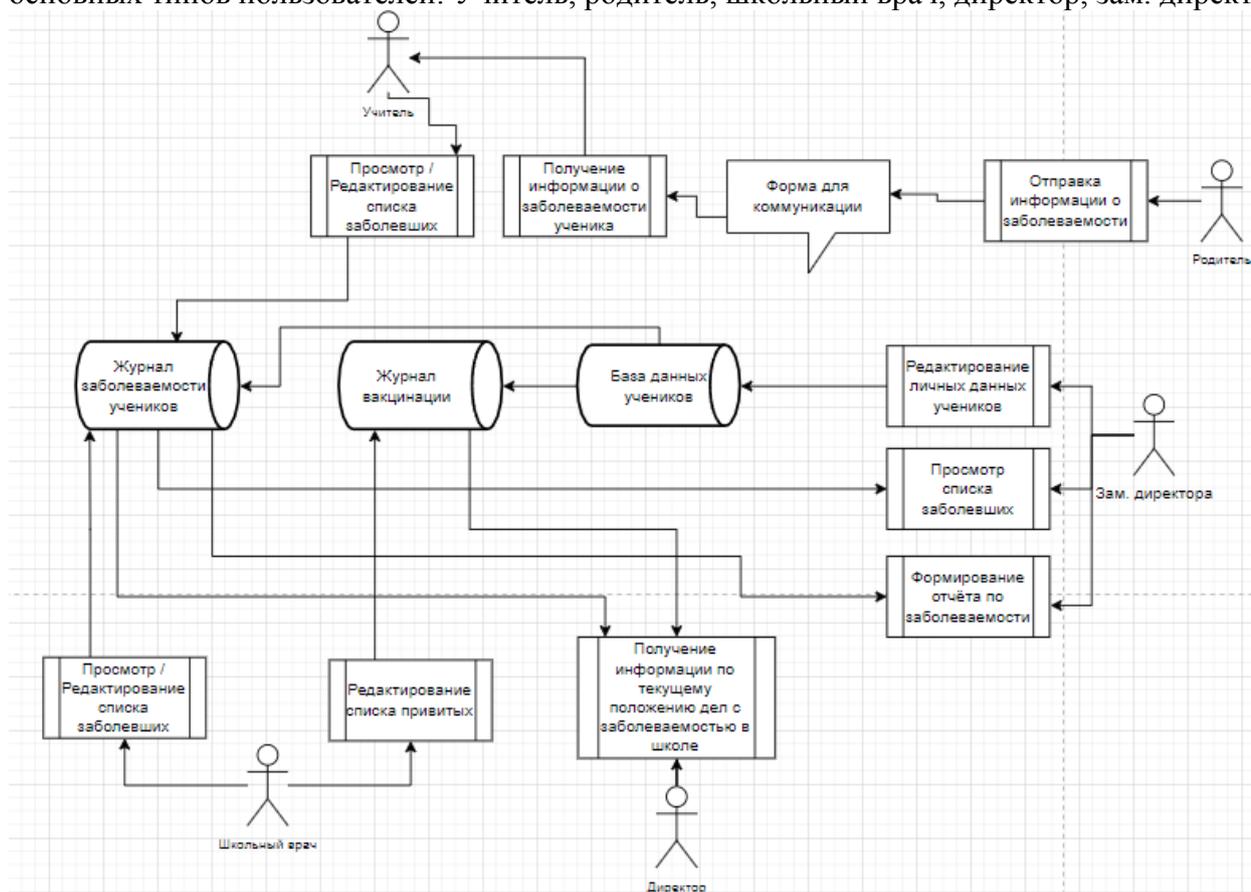


Рисунок 1 – концептуальная модель информационной системы

Родитель выступает источником данных о заболеваемости, он может сообщить о заболеваемости. Также может наблюдать основную статистику по заболеваемости в школе.

Учитель выступает приёмщиком информации. Он получает сообщения о заболеваемости ученика и ставит отметку о заболевании в ИС, либо же ставит отметку при прямом обращении ученика.

Врач выступает аналитиком и экспертом, который на основании введенных данных будет принимать меры относительно болезненных учеников, а также приёмщиком данных, если ученик обращается лично к врачу и сообщает о недуге, либо при ежедневной проверке учеников обнаруживает его.

Также является источником данных о вакцинации учеников. Вписывает в существующий в ИС журнал основную информацию о проставленных вакцинах.

Может смотреть данные как отдельных учеников, так и статистику по классам и школе в целом, а также ставить отметки о заболевании и о вакцинации.

Директор может видеть всю информацию об учениках, а также получать различные рекомендации по сдерживанию заболеваемости (в конкретном классе, или школе в целом).

Организуется система помощи принятия решений, которая на основе введенных данных выдаёт те или иные рекомендации по борьбе с заболеванием. Ключевыми данными при анализе являются: Количество заболевших конкретным заболеванием в школе (классе); Количество вакцинированных от этого заболевания в школе (классе); Количество учеников в школе (классе);

Если данные заболеваемости вырастают выше порога, установленного с заказчиком, то директор, а также зам. директора получают уведомление об ухудшении

обстановки и предлагаемые выходы из положения. В зависимости от тяжести обстановки мерами могут быть:

1. Добавление в рацион столовой блюд, содержащих повышающие иммунитет ингредиенты;
2. Введение масочного режима;
3. Соблюдение дистанции 1.5 метра, перестановка парт в согласии с правилами, введёнными в пандемию;
4. Дистанционный режим обучения для конкретного класса, в котором показатель вырос;
5. Дистанционный режим обучения для школы в целом;
6. Введение карантина в школе.

Зам. директора является отправителем собранных данных, он формирует отчёт и отправляет его в вышестоящие инстанции. Также зам. директора редактирует базу данных учеников.

Помимо этого, зам. директора также редактирует и базу данных родителей, создаёт им личные кабинеты и выдаёт пароли от них.

Разработку информационной системы было решено разделить на 2 части: разработка мобильного приложения для учителей, врачей и родителей, а также Web приложения для директора и зама. Для разработки мобильного приложения была выбрана среда разработки Android Studio, язык программирования Kotlin, для разработки Web приложения использовался язык разметки Html, язык описания внешнего вида CSS.

#### **Литература и источники**

1. Письмо Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2020 г. N 15-2/И/2-11861 О мерах по обеспечению безопасных условий деятельности образовательных организаций в условиях сохраняющихся рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19
2. Создание диаграмм [Электронный ресурс] URL: <https://app.diagrams.net/>
3. Гома, Хассан UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений / Хассан Гома. - М.: ДМК Пресс, 2016. - 700 с.  
*Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004**

### **СЕРВИС ПРОГНОЗОВ СТАВОК ПО КИБЕРСПОРТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ DOTA 2**

**Григорьев С.А.**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
prom56inf@mail.ru

*Вместе с ростом индустрии киберспорта растут и объемы ставок на соревнования по компьютерным играм. Это направление объединяет в себе сразу две сферы деятельности – букмекерские конторы и киберспорт. Будет прогноз по нескольким алгоритмам, в том числе по предыдущим встречам, если такие имелись за прошедшие 18 месяцев. Одним из алгоритмов будет основан на математической модели, которая основана на пике героев в начале игры на стадии драфта, не учитывая исполнение игрока. Целью работы является разработка сервиса для прогнозирования результатов матчей по киберспортивной дисциплине «Dota 2» на основе методов машинного обучения.*

С каждым годом интернет сфера активно развивается. Ранее считалось, что основное назначение интернета – доступ к информации и обмен данными между пользователями. В след за тем, с помощью интернета началось распространение развлекательного контента, а

также развитие игровой индустрии. Стали появляться онлайн игры, как индивидуальные, так и командные, объединявшие людей из разных городов и стран мира. Увеличение аудитории онлайн игр привело к появлению первых турниров. Это положило начало такому явлению как киберспорт.

Наиболее популярными киберспортивными дисциплинами в настоящее время являются такие игры как «Dota 2» и «Counter-strike: global offensive».

На конец 2021 года в международная спортивная организация International e-Sports Federation объединяет 109 национальных федераций разных стран [1].

Изначально аудитория киберспорта была относительно невелика, однако увеличение количества дисциплин, турниров, появление новых команд и дальнейшее возникновение специализированных студий освещения позволило значительно увеличить приток новой аудитории. Массовое распространение киберспорта привлекает не только потенциальных зрителей, но и крупные международные компании, которые активно финансируют киберспортивные турниры и команды, с целью привлечения внимания покупателей к своим товарам или услугам. Достаточно рассмотреть российскую команду Virtus.Pro. Больше четырех лет спонсором Virtus.pro была компания BenQ, занимающаяся производством компьютерной техники и электроники. 18 мая 2017 года было объявлено о партнерстве между PepsiCo и ESforce. Логотип «энергетика» Adrenaline Rush появился на форме всех составов Virtus.pro [2]. 1 июля 2020 года автомобильный бренд Naval стал спонсором состава Virtus.pro по Dota 2. Это не полный перечень всех партнеров, которые менялись у этой команды от турнира к турниру.

Вместе с ростом индустрии киберспорта растут и объемы ставок на соревнования по компьютерным играм. Это направление объединяет в себе сразу две сферы деятельности – букмекерские конторы и киберспорт.

Кемеровская область занимает 54 место в рейтинге регионов по доходам населения, составленном РИА Рейтинг (публикация от 8 июля 2021). Кузбасс находится в нижней половине списка, состоящего из 85 регионов. При составлении рейтинга эксперты также оценивали долю населения за чертой бедности и за чертой крайней бедности. В Кемеровской области это 15% и 1,7% соответственно. Т.е. более 45 тыс. кузбассовцев испытывают не просто некоторую нужду в деньгах, а буквально борются в финансовом плане за свое выживание [3].

В поисках быстрого получения денег, а также без физических усилий всё больше привлекает людей искать заработка в интернете. Одним из привлекательных способов заработка кажутся букмекерские конторы. Молодые люди (студенты), достигшие 18 лет готовы поставить «деньги на обед» в надежде получить какую-то прибыль.

Правильно проанализировать матч и составить по нему доходный прогноз – работа крайне трудоемкая, требующая глубокого анализа о форме и состоянии, в которых находятся обе команды. Но даже проделав такую работу нет никаких гарантий, что «твоя команда» не ошибётся в выборе стратегии игры и подборе персонажей. К тому же системно выигрывать очень сложно в психологическом плане, при победе азарт и чувство «победы» доминирует над расчетливым выбором и деньги не просто возвращаются букмекеру, а он еще и зарабатывает на таких игроках.

Букмекерские конторы зарабатывают с каждым годом всё больше. По данным Forbes за 2019 год букмекерская контора «Фонбет» получила 38,1 млрд рублей прибыли. В издании отметили, что десять лидеров рейтинга получили 188,8 млрд рублей выручки за 2019 год, что на 67 млрд рублей больше, чем в 2018 году [5].

Но выигрывают не только букмекеры.

Бывший владелец организации Virtus.pro Антон Sneg1 Черепенников выиграл рекордную сумму среди всех пользователей БК из России и СНГ, которые заключали пари на киберспорт. Он заработал 44 млн рублей, поставив 1,5 млн рублей на победу Team Spirit на The

International 10 (2021) по Dota 2 с коэффициентом 29.00 в букмекерской компании Parimatch. Об этом рассказали представители БК.

В мае 2020 года клиент букмекерской компании Parimatch собрал экспресс из десяти событий в турнирных матчах по Dota 2. Общий коэффициент его экспресса составил 435.00, что при ставке в 14,3 тыс рублей принесло выигрыш в 6,2 млн рублей [4].

Конечно же такие крупные победы случаются редко. Те люди, которые делают настолько успешные прогнозы, либо гении, либо везунчики.

Одним из способов получения прогнозов в сети интернет являются капперы. Они собирают вокруг себя аудиторию, подкупая людей огромными выигрышами. Публикуют свои успехи, чаще всего умалчивая о реальной финансовой картине, у большинства есть несколько каналов в телеграмме и на ютубе. Обещают удвоение капитала за месяц или даже меньшие сроки. Предлагают невообразимую прибыль за небольшие суммы. По итогу работает поговорка «скупой платит дважды». В защиту капперов стоит сказать, что есть и «честные», кто бесплатно делится своими прогнозами, не требуя никакой финансовой отдачи от аудитории.

Второй способ, более доступный, но настолько же эффективный – это прогнозы от конкретных медиа личностей, бывших игроков или комментаторов.

И вариант, использование методов машинного обучения. Машинное обучение – класс методов, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач. Данный метод рассматривается как с точки интересной задачи в программировании, так и финансовой эффективности, увеличение доходности при минимальных рисках.

Чтобы снять с человека груз ответственности за принятие решения, снять эмоциональную составляющую, которая зачастую вредит принятию решения была выбрана нейронная сеть, как основа для разработки. За основу будет взята доступная нейронная сеть с учителем, которая будет обучена по различным алгоритмам делать прогноз на исход одного события. Будет прогноз по нескольким алгоритмам, в том числе по предыдущим встречам, если такие имелись за прошедшие 18 месяцев. Одним из алгоритмов будет основан на математической модели, которая основана на пике героев в начале игры на стадии драфта, не учитывая исполнение игрока.

Целью работы является разработка сервиса для прогнозирования результатов матчей по киберспортивной дисциплине «Dota 2» на основе методов машинного обучения.

Предметом исследования являются особенности использования методов машинного обучения при решении задачи прогнозирования матчей по киберспортивной дисциплине «Dota 2».

Процесс разработки сервиса разделен на две части: создание алгоритма прогнозирования результатов, а также выбор способа для взаимодействия с конечным пользователем.

Сервис будет разделен на 5 модулей:

- Модуль ввода данных, заполняется какие команды и какими персонажами играют, на каких ролях. Стадия драфта зачастую является решающей;
- Модуль проверки по базе данных, сверяет по прошедшим матчам значения «GPM» и «XPM», средние значения у определенного игрока на конкретном персонаже, которые передаются в следующий модуль;
- Модуль выполнения расчетов по параметрам производит расчеты по заложенному алгоритму. В результате цифровые значения передаются в следующий модуль;
- Модуль принятия решения будет сравнивать полученные цифровые значения с эталоном, и при незначительных отклонениях будет достоверный прогноз на вывод данных, а при значительных отклонениях передавать цифровые результаты.
- Модуль вывода рекомендации по прогнозу.

Алгоритм прогнозирования предполагает использование 13 параметров для прогнозирования, из которых «GPM» и «XPM» являются основными, но при этом имеют различную значимость в зависимости от роли персонажа в команде. Например, «GPM» на основной роли важнее, чем на роли поддержки. Рассматривая первую игру TSpIrit vs PSG LGD за 07.10.2021 можно увидеть, что разница между «GPM» игроков основной роли в каждой команде составляет 135, что стало решающим в исходе. Игрок Ame показал результат выше, что и привело его команду к победе в этой самой игре.

Рассматривая вторую игру того же дня этих команд, можно заметить почти равную игру персонажей роли поддержки, показатели которых по «XPM» у TSpIrit 340 и у PSG LGD 359. Параметр важный, но персонажи роли поддержки игры не выигрывают, и даже при одинаковых показателях игру выиграли TSpIrit [6].

При соотношении значений обработки алгоритмом исходных данных больше 0,75 будет рекомендация на ставку, в случае показателей ниже уверенность в прогнозе снизится и будет предупреждение о рисках.

После принятия решения о вводе сервиса в использование планируется ведение Телеграмм канала, с публикацией прогнозов, сделанных нашим сервисом. Прогнозы планируется продавать или получать прибыль с аудитории канала любым другим способом. Более подробно эта информация расписана в бизнес модели, которая выполнена по шаблону Остевальдера-Пинье.

Игры, проводимые командами не на официальных турнирах в расчет, не берутся, т.к. мотивации к серьезной показательной игре у команд нет.

Сервис по прогнозированию не даёт никаких гарантий, и последнее слово всегда будет оставаться за человеком, который будет рисковать своими финансовыми средствами.

#### Литература и источники

1. International Esports Federation [Электронный ресурс] URL: <https://iesf.org/>
2. PepsiCo и ESforce объявили о партнёрстве - Индустрия на DTF [Электронный ресурс] URL: <https://dtf.ru/gameindustry/>
3. РИА Рейтинг [Электронный ресурс] URL: <https://riarating.ru>
4. Dota 2 – новости, обновления, патчи, гайды, турнир, сайт, видео, герои | Cybersport.ru [Электронный ресурс] URL: <https://www.cybersport.ru/dota-2>
5. Forbes.ru | Главное о миллиардерах, бизнесе, финансах и инвестициях в России и мире [Электронный ресурс] URL: [www.forbes.ru](http://www.forbes.ru)
6. Игра PSG.LGD vs TSpIrit. Матч 07.10.2021 на The International X Dota 2 [Электронный ресурс] URL: <https://game-tournaments.com/dota-2/international-2021/group-stage/psg-lgd-vs-spirit-406369>

*Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.02**

#### **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ КНИЖНОГО МАГАЗИНА**

*Давыдова Ю. С.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский Государственный Университет»

ya-davydov99@mail.ru

*В данной статье выполнено исследование типового бизнес-процесса предприятия розничной книжной торговли, книжного магазина. А также, проблемы работы книжного магазина и процесс его автоматизации.*

Книжный магазин - это коммерческое учреждение или магазин, который занимается продажей книг, а также других неперIODических печатных изданий (брошюры, плакаты, ноты и т. д.). Поскольку книга является «товаром особого рода», будучи одновременно частью материальной и духовной культуры, то книготорговля рассматривается не только как отрасль торговли, но и как отрасль культуры. Существуют книжные магазины разных видов, от небольших магазинов с несколькими экземплярами до целых зданий, которые предлагают тысячи публикаций. Книжные магазины могут принадлежать к сети с множеством филиалов или иметь одну точку продаж.

Функциональная диаграмма деятельности книжного магазина представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Функциональная диаграмма деятельности книжного магазина

Декомпозиция функциональной диаграммы деятельности представлена на рисунке 2.

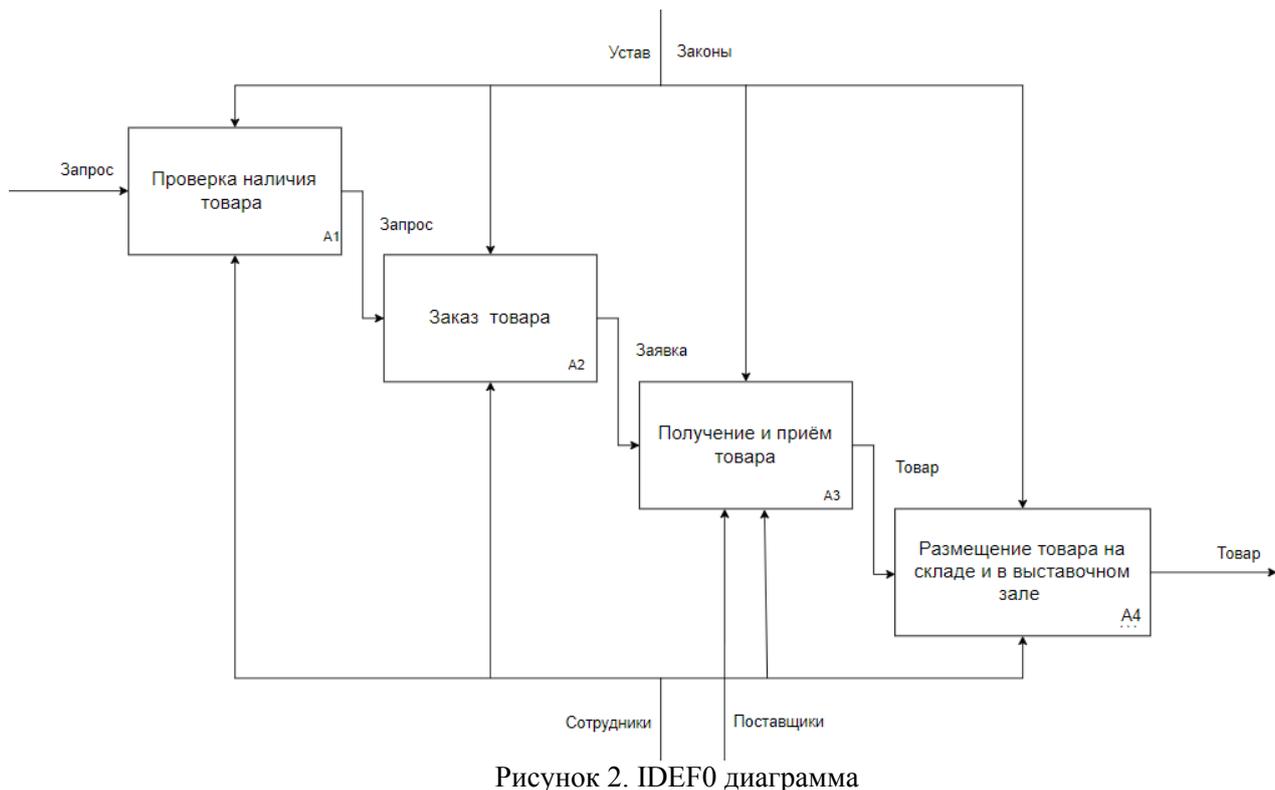


Рисунок 2. IDEF0 диаграмма

Главная проблема бизнеса по продаже книг – большой их ассортимент, из-за чего возникает множество проблем, связанных с их учётом.

Ценники на книгах не соответствуют их реальной стоимости, покупатели игнорируют скидки или акции, в магазинах одной сети на одни и те же товары установлены разные цены, бухгалтера допускают ошибки в отчетах или сдают их не вовремя.

Эти и многие другие проблемы можно с легкостью решить при помощи автоматизации, что оптимизирует взаимодействие между отделами, поможет быстро анализировать деятельность предприятия, облегчит операционные процессы. Благодаря этому улучшится работа магазина, уменьшатся расходы, реализуются все скрытые возможности предприятия, увеличатся доходы компании.

Благодаря автоматизации работы книжного магазина, будет выполнен следующий ряд задач:

1. Сформируется точный учет книг по: автору, издательству, году выпуска и т.д.;
2. Усовершенствуется процесс расчета. Покупатель может оплатить книгу картой либо наличными. Программа строго учитывает все доходы, благодаря чему исключается любой обман со стороны кассиров.
3. Создастся клиентская база, которая позволит улучшить качество обслуживания постоянных покупателей. Работники магазина в любой момент смогут ознакомиться с предыдущими покупками клиента, предложить ему что-то из поступивших новинок, что будет соответствовать его интересам.
4. Наладится учет оборота книг: списание, инвентаризация, ценообразование в целях дальнейшей закупки. Все процессы будут выполняться автоматически, что не потребует дополнительного времени от сотрудников магазина. Это, в свою очередь, положительно повлияет на отношение работников к своей работе.
5. Будет внедрена программа лояльности с дисконтными картами. Скидки, ежемесячные акции помогут привлечь покупателей, тем самым увеличив прибыль.
6. Владелец бизнеса получит возможность контролировать все процессы, оперативно решать срочные задачи из любой точки мира.

Автоматизация работы книжного магазина позволит повысить скорость работы сотрудников, а также вывести качество обслуживания клиентов на более высокий уровень. Для этого будет достаточно POS-системы с дополнительным набором складского и кассового оборудования:

1. Сканер штрих-кодов для оперативной продажи книжной продукции и ее приемки.
2. Принтер этикеток.
3. Детектор валют.
4. Фискальный регистратор и т.д.

После автоматизации книжного магазина гарантируется активный рост прибыли благодаря приложениям, которые имеют определенный функционал под конкретный отдел компании.

А также снижается количество часов на проведение инвентаризации, увеличивается скорость приемки новых книг благодаря сканеру штрих-кодов. Ведется точный учет продаж, легко определяются востребованные товары, которые приносят основной доход. Совмещение продаж сети в одной базе позволяет перераспределять остатки и делать объединенные заказы.

В результате автоматизации, книжный магазин приобретает следующие преимущества:

1. Строгий общесистемный контроль. Создание единой системы, в которой сохраняются все данные о рабочих процессах. Благодаря которым будет предоставлена возможность легко осуществлять правильные управленческие решения.
2. Сокращение уровня злоупотреблений персонала (недостачи, манипуляции со скидками и пр.).
3. Выявление лучших сотрудников путем автоматического расчета прибыли от каждого продавца.
4. Соответственно, создание сильной мотивации для работников.
5. Автоматизированный прием, перемещение и списание книжной продукции.
6. Контроль запасов на складе.
7. Удобная инвентаризация и эффективное управление ассортиментом.
8. Выполнение бухгалтерских и аналитических учетов без ошибок.
9. Упрощение закупок, легкое решение транспортных вопросов и поставок.
10. Создание доверительных отношений с покупателями за счет бонусов и скидок.

#### **Литература и источники**

1. Книготорговля// wikipedia URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Книготорговля> (дата обращения: 07.04.2022).
2. Центр автоматизации бизнеса // cabus URL: <https://cabus.ru/uslugi/avtomatizaciya-roznicnoj-torgovli/avtomatizaciya-knizhnogo-magazina> (дата обращения: 06.04.2022).
3. Аннотация к научной статье // gramota URL: <https://www.gramota.net/annotacia.html> (дата обращения: 05.04.2022).

*Научный руководитель – д.т.н., доцент Степанов Ю. А. ФГБОУ ВО «Кемеровский Государственный Университет»*

**УДК 004.62**

#### **ПРИМЕНЕНИЕ BIG DATA В ОБРАЗОВАНИИ**

*Дорн Е. В., Степанов Ю. А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

katedorn2000@gmail.com, dambo290@yandex.ru

*Работа посвящена изучению потребностей современного рынка труда в сфере IT. Изучены технологии для сбора данных, произведен сбор данных с сайтов и их дальнейшая*

*визуализация, показывающая количество вакансий на каждую профессию, которыми могут воспользоваться университеты при подготовке учебных программ.*

Каждый год обучающиеся высших учебных заведений заканчивают обучение, получают специальности, и одной из проблем, которая может у них возникнуть, это поиск работы. На данный момент существует большое количество сайтов, предлагающих большой выбор вакансий, но, к сожалению, часто профессий, к которым готовили в стенах университета, нет по причине устаревания профессии или пресыщения рынка такими специалистами. В связи с этим министерство науки и высшего образования Российской Федерации рекомендует периодически обновлять учебные планы различных направлений в зависимости от потребности рынка труда в регионах. Следовательно, возникает вопрос каким образом ВУЗам отслеживать за тенденциями развития региональных рынков труда и как это делать?

Для решения этого вопроса необходимо проанализировать сайты, на которых размещают вакансии по регионам. Но просмотр вакансий вручную занимает много времени, не говоря уже об анализе таких списков. Причем такая процедура требует от специалиста высокого уровня внимательности. В этом случае вакансии можно представить в качестве скрытых знаний.

Для обнаружения скрытых знаний необходимо применять специальные методы автоматического анализа, при помощи которых приходится практически добывать знания из "завалов" информации. Для решения этой проблемы предлагается использовать технологию Big Data, позволяющая из огромного массива структурированных и неструктурированных данных, методами анализа данных, прогнозировать будущую потребность разного рода специалистов.

За этим направлением прочно закрепился термин добыча данных или Data Mining. Классическое определение этого термина дал в 1996 г. один из основателей этого направления — Григорий Пятецкий-Шапиро.

Data Mining — исследование и обнаружение "машиной" (алгоритмами, средствами искусственного интеллекта) в сырых данных скрытых знаний, которые ранее не были известны, нетривиальны, практически полезны, доступны для интерпретации человеком. [1, с. 68]

Таким образом, появилась задача дата майнинга востребованных на сегодняшний день вакансий.

Так как необходимо сначала понять, что искать, то был произведен поиск профессий, связанных с IT-отраслью. Профессии были выбраны, основываясь на предлагаемых на сайтах вариантах замены поискового запроса. Анализ сайтов с размещением различных вакансий показал, что необходимо собрать сведения о 20 профессиях. [2] Самих должностей огромное количество, но это лишь узкие специализации общих направлений. Не было цели узнать как стек технологий, которыми должны владеть кандидаты, так и требуемой специализации, важно было лишь наличие вакансии в списке предложенных работодателями.

Для выполнения поставленной задачи потребовалось проанализировать несколько сайтов с предложениями вакансий. Они отбирались по критериям, таким как:

- сайт содержит опцию поиска вакансий по странам, в частности России;
- сбор данных с сайта возможен в автоматическом режиме: сайт не блокирует работу программы.

Таким образом, из 13 исследованных сайтов пригодными для работы оказалось меньше половины. Далее поиск вакансий осуществлялся на территории Российской Федерации.

Проанализируем рынок. Для этого потребуется посмотреть на число вакансий для каждой профессии без уточнения требований к ним.

После сбора и анализа чисел получился график, представленный на рисунке 1.

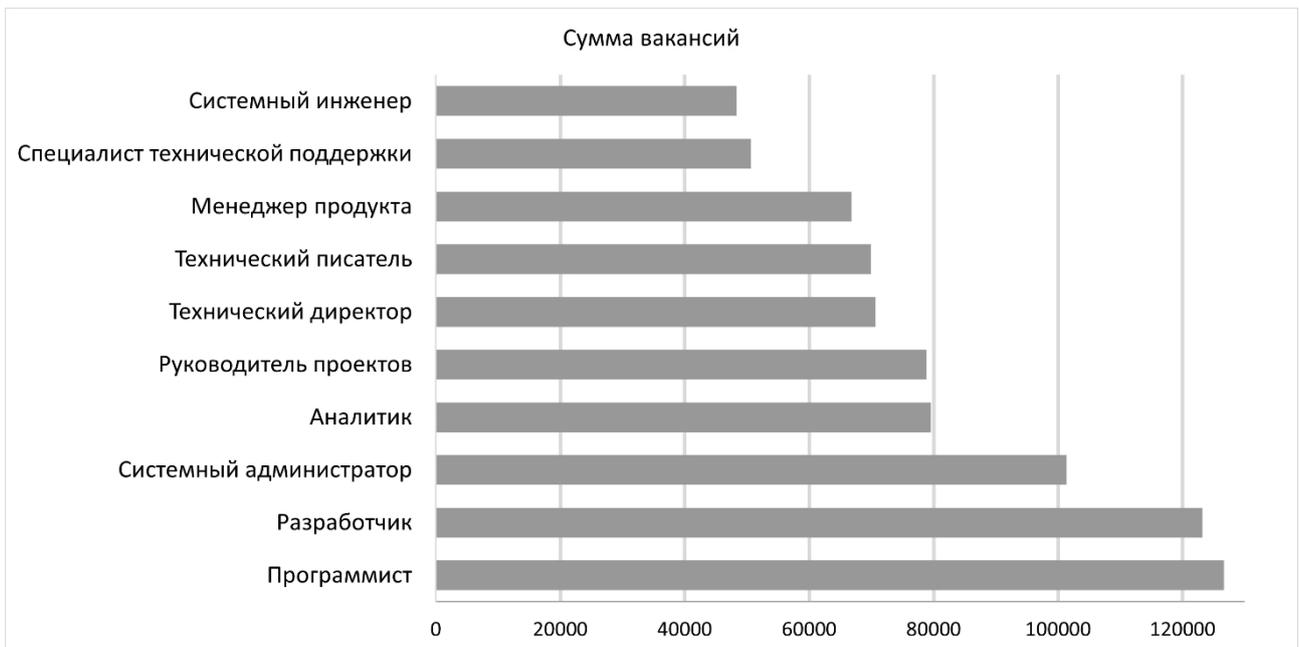
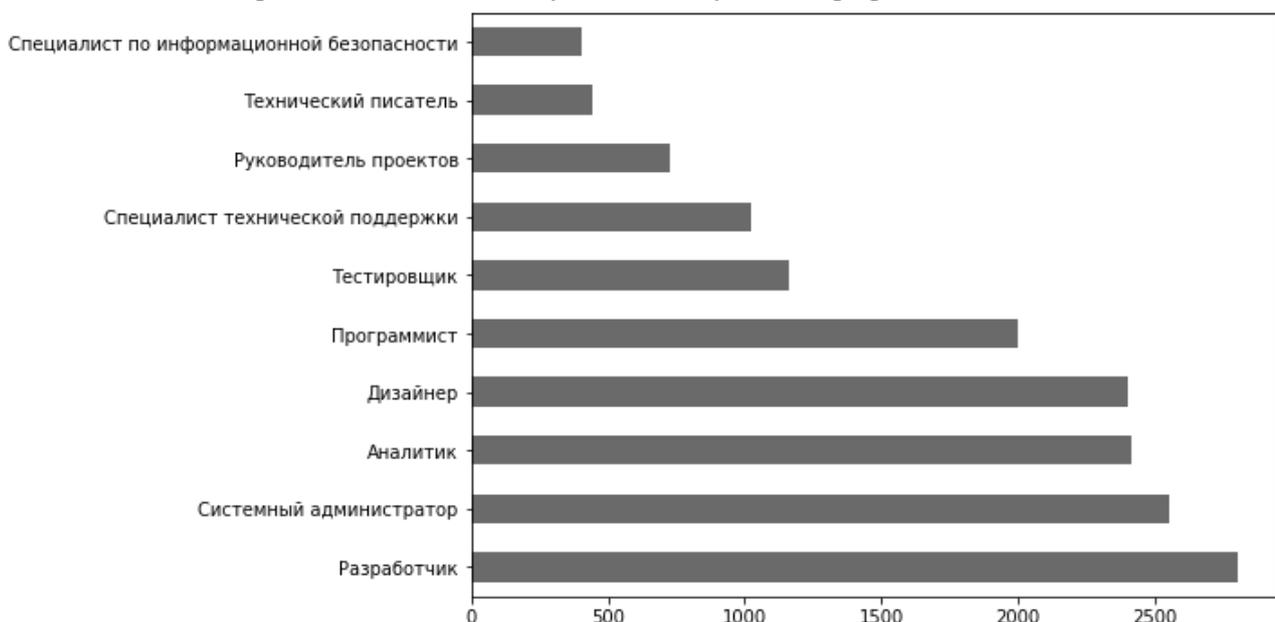


Рисунок 1. Результат анализа данных первым способом

Поскольку одна и та же вакансия может повторяться на разных сайтах несколько раз, поэтому имеет смысл собрать данные другим способом, который позволит уменьшить проблему повторов. Таким образом, необходимо найти количество вакансии на сайтах, но теперь вычислить его, просуммировав собранные по отдельности вакансии. В этом случае сбор данных вручную становится затруднительным, поэтому в качестве решения проблемы используется веб-скрапинг.

Веб-скрапинг (парсинг) — это автоматизированный метод, используемый для извлечения больших объемов данных с веб-сайтов. Веб-парсинг помогает собирать неструктурированные данные на сайтах и хранить их в структурированной форме. [3, с. 6]

Веб-скрапинг легален, но некоторые сайты не позволяют выгружать информацию в автоматическом режиме. Имея это в виду, количество сайтов для исследования сократилось ещё вдвое: такой анализ возможен лишь на двух из выбранных сайтов. После сбора и анализа более 38 тысяч собранных вакансий получился следующий график.



На обоих графиках одновременно присутствуют 7 профессий. Это означает, что оба способа возможно в равной степени использовать для мониторинга современного рынка труда, так как они выдали примерно одинаковые результаты. С другой стороны, для более точного анализа, например, требований и навыков, необходим веб-парсинг, потому что он позволяет работать с текстом поисковой выдачи и группировать значения более эффективно.

Таким образом, анализ вакансий по Российской Федерации показал, что на сегодняшний день на рынке труда востребованы такие специалисты как разработчик, программист, системный администратор и аналитик. В связи с этим, описанная выше технология может быть использована региональными службами трудоустройства для различных сфер деятельности. ВУЗам различных регионов целесообразно подкорректировать перечень дисциплин в учебном плане соответствующих направлений для формирования компетенций соответствующих специалистов, востребованных на региональном уровне.

#### **Литература и источники**

1. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс, С. И. Елизаров. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 512 с.
2. Общероссийская база вакансий [Электронный ресурс] / Федеральная служба по труду и занятости. URL : <https://trudvsem.ru/> (дата обращения: 01.04.22)
3. Митчелл Р. Современный скрапинг веб-сайтов с помощью Python. 2-е межд. издание. / С. Бычковский, Е. Сандицкая, Н. Хлебина, В. Мостипан, Н. Гринчик, Е. Павлович, Е. Рафалюк-Бузовская. СПб.: Питер, 2021. 498 с.

*Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004**

### **МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕБАЛАНСИРОВКИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ**

*Карманова Н. С., Бурмин Л.Н.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Natali\_Karmanova61@mail.ru, lnburmin@mail.ru

*В статье рассматривается мобильное приложение для управления портфелем инвестиций, которое позволяет пользователю осуществить ребалансировку портфеля с учетом заданных параметров.*

Инвестиции всегда связаны с риском. На котировки влияет множество факторов: от состояния мировой экономики до финансовых результатов компаний. Свести риски к нулю практически невозможно, но можно их сократить благодаря диверсификации вложений, следованию выбранной стратегии и тщательному изучению инвестиционных инструментов. Так мобильное приложение для автоматизации ребалансировки инвестиционного портфеля смоделирует возможные ситуации на фондовом рынке исходя из опыта прошлых лет и факторов которые влияли на рынок. С помощью чего, приложение сможет порекомендовать подход к формированию долгосрочных вложений, которые подразумевают диверсификацию и ребалансировку, то есть распределение инвестиций по различным активам.

Мобильное приложение позволит решить следующие задачи: добавление и ведение инвестиционных портфелей, управление портфелями, просмотр графиков поведения портфеля

за указанные периоды, просмотр прогнозируемых графиков портфеля исходя из заданных параметров, вывод рекомендаций по ребалансировке и осуществление ребалансировки пользователем вручную.

Среди основных задач ребалансировки можно выделить несколько.

*Исследование волатильности.* Чем выше волатильность, тем выше риск. Цены волатильных активов очень изменчивы и за один день могут значительно расти или падать, что влияет на стоимость портфеля инвестора. Такая нестабильность может привести к тому, продать актив без потерь для инвестора будет невозможно.

*Фиксация прибыли.* Закрывание активных позиций с целью конвертировать разницу, которая образовалась с момента входа в сделку, в свободные финансы на брокерском счете, чтобы не уйти в убыток.

*Защита от кризиса.* Когда случается кризис, рынок акций может упасть на 30—40%, а то и больше. Если портфель состоит только из акций, просадка его стоимости будет болезненной. Чтобы меньше беспокоиться, часть портфеля можно держать в защитных активах.

Самое простое решение этой задачи можно сделать в любой электронной таблице с помощью формулы: (текущая стоимость портфеля + сумма пополнения) \* целевая доля актива / текущая цена актива - количество лотов во владении [2].

Но это решает только часть задачи. В ситуации что какие-то активы не планируются к продаже или покупке, а остатки на счетах не всегда можно вывести на другой счет, чтобы докупить на нём бумаги. Например: продажа актива на налогооблагаемом или зарубежном брокерском счете не желательна (не хотите платить налог или подавать декларацию, если используете фонды с реинвестированием и других доходов по счету нет) использование нескольких счетов, один из которых ИИС (нельзя вывести деньги без закрытия счета, чтобы купить на них бумаги на другом счете). Могут быть и другие неудобства, например, в обычной электронной таблице сложно учесть комиссии за совершение операций или распределить остатки, возникшие от округления лотов. Во всех этих случаях вместо автоматической формулы придется тратить время на ручной подбор количества лотов к покупке или продаже по каждому активу.

Более универсальным подходом является ребалансировка в несколько этапов, которую использует мобильное приложение:

- Сначала количество лотов к покупке или продаже считается по похожей формуле, но при необходимости частичными шагами, чтобы распределить имеющиеся деньги (в том числе вырученные с продажи отклоняющихся в плюс активов, если такие были) более равномерно и сперва на активы с наибольшим отклонением.
- Затем неизрасходованные после первого этапа средства распределяются по активам с помощью генетического алгоритма, похожего на эволюцию в природе. Он создает множество случайных мутаций (вариантов) портфеля и отбирает тот вариант, в котором отклонения от целевых долей, брокерские комиссии и остаток неизрасходованных средств оказались минимальными.

Это дает возможность оптимизировать продажу или покупку конкретных активов в портфеле, учесть комиссии брокера и биржи и получить более оптимальные результаты ребалансировки без лишних усилий.

***Функциональные требования:***

1) программа должна выводить имеющиеся портфели пользователя и их состояние (стоимость и доходность портфеля);

2) программа должна уметь моделировать возможные ситуации на фондовом рынке (в виде графиков) исходя из указанного пользователем периода и факторов которые влияли на рынок;

- 3) программа должна выводить рекомендуемую ребалансировку инвестиций;
- 4) пользователь должен иметь возможность провести ребалансировку по заданным им критериям;
- 5) программа должна иметь возможность создания нового портфеля;
- 6) программа должна выводить активы пользователя из выбранного портфеля, их название, количество, текущую цену, прибыль, долю, целевую долю;
- 7) программа должна давать возможность поиска и добавления нового актива;
- 8) программа должна иметь возможность добавления новых операций (покупка, продажа);
- 9) программа должна давать пользователю выбрать тип операции, дату, ввести название актива, выбрать биржу, брокерский счет, количество;
- 10) программа должна выводить цену актива за шт. и его сумму;
- 11) программа должна давать пользователю возможность управления подпиской и просматривать историю платежей;
- 12) программа должна выводить на экран предупреждение, сообщающее о несовпадении реальной итоговой суммы и суммы пополнения пользователя.

**Нефункциональные требования:**

- 1) приложение должно быть разработано для ОС Android (версия Lollipop и более поздние);
- 2) вывод данных должен осуществляться с помощью открытой библиотеки OpenCV;
- 3) вывод графиков должен осуществляться с помощью открытой библиотеки GraphView;
- 3) приложение должно работать с подключением к интернету;
- 4) интерфейс приложения должен быть выполнен в соответствии с принципами Material Design;
- 5) финансовые расчеты в приложении должны производиться в рублевой валюте;
- 6) интерфейс приложения должен быть на русском языке.

Для использования сервиса необходим мобильный телефон с установленным приложением.

Основным достоинством клиент-серверной архитектуры является раздельное хранение данных, а значит данные находящиеся на сервере более защищены, чем данные хранящиеся на клиенте, то для приложения, работающего с денежными средствами пользователя, данная архитектура является наилучшей [1]. Пользователь может получить доступ к данным, хранящимся на сервере только после того, как пройдет процедуру аутентификации. На удаленном сервере, к которому подключается разрабатываемое приложение, находится база данных, состоящая из двух таблиц: users и account.

Таблица users содержит в себе данные для аутентификации пользователей приложения в системе и состоит из следующих полей: id пользователя, логин пользователя (login) и зашифрованный пароль (pass). Таблица account содержит информацию о портфелях пользователя. Данная таблица состоит из следующих полей: id пользователя, наименование портфеля (name), информацию о активах (actives) и информацию о подключении авторебалансировки. Права на данную таблицу предоставляются только пользователям, прошедшим аутентификацию. Основными операциями, которые может осуществлять пользователь, являются: добавление или создание портфеля, продажа или покупка активов, вывод средств или пополнение счета, проведение ребалансировки вручную или запрос на автоматизированную ребалансировку с прогнозированием рисков по выбранным критериям.

При первом запуске приложения необходимо провести регистрацию. Далее необходимо ввести логин и пароль, то есть пройти авторизацию. Если пользователь неправильно указал логин и/или пароль, то он увидит сообщение об ошибке. Для подключения к серверу с базой данных используется PHP-код [3]. Он сравнивает данные, введенные на странице авторизации, с данными, хранящимися в таблице users. В случае совпадения приложению предоставляется доступ к данным, хранящимся в базе данных. После прохождения процедуры

аутентификации пользователю становится доступен список его портфелей. Кликнув по одному из портфелей, пользователь увидит страницу портфеля, на которой указана информация о активах, и информация о том подключена или нет авторебалансировка. Здесь же присутствуют кнопки перехода к операциям над портфелем: покупка или продажа актива, вывод средств или пополнение счета, доходность портфеля, проведение ребалансировки. В поле проведения ребалансировки можно произвести ребалансировку вручную или с учетом прогнозирования. Нажав на кнопку «провести прогнозирование портфеля», пользователь попадает на соответствующую страницу. Здесь ему необходимо ввести период за который будет спрогнозирован портфель и критерии. После проведения прогнозирования будет выведен график и процент риска портфеля. Будет подобрана оптимальная ребалансировка портфеля.

В статье было рассмотрено мобильное приложение для операционной системы Android. Данное приложение позволяет добавление и ведение инвестиционных портфелей, управление портфелями, просмотр графиков поведения портфеля за указанные периоды, просмотр прогнозируемых графиков портфеля исходя из заданных параметров, вывод рекомендаций по ребалансировке и осуществление ребалансировки пользователем вручную.

### Литература и источники

1. Конноли Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение /Т. Конноли, К. Бегг. - Москва: Вильямс, 2012.
2. Лахметкина Н.И. Инвестиционная стратегия предприятия. — М.: КноРус, 2016.
3. Прохоренок Н. HTML, JavaScript, PHP и MySQL. — Спб.: БХВ-Петербург, 2010. – 900 с  
*Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры ЮНЕСКО по ИВТ Бурмин Л.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004**

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И МОДУЛЕЙ РАСЧЁТА

*Курсанов А.С., Степанов И.Ю.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

aaleksei4kirsanov@gmail.com, zextel1995@gmail.com

*Актуальность выбранной темы обусловлена с точки зрения необходимости реализации модуля расчёта показателей комфортности для любого набора объектов, модуля расчёта коэффициента значимости для каждого объекта, модуля преобразования критерия комфортности для адекватной оценки. В совокупности эти модули дают пользователю актуальную карту комфортности проживания.*

Пользователь предоставляет входные данные об опорных точках (магазинов, аптек, театров и так далее) для дальнейшего определения комфортности. Возникает потребность в хранении и обработке входных данных.

Для хранения данных необходимо спроектировать базу данных, удовлетворяющую все требования к информационной системе.

Для обработки данных необходимо реализовать модули расчёта.

#### 1. Хранение данных

В качестве СУБД для обработки и хранения данных была выбрана PostgreSQL. Данная СУБД является свободной объектно-реляционной системой управления базами данных. Существует в реализациях для множества UNIX-подобных платформ, включая AIX, различные BSD-системы, HP-UX, IRIX, Linux, macOS, Solaris/OpenSolaris, Tru64, QNX, а также для Microsoft Windows [1].

База данных состоит из трёх связанных между собой таблиц:

1. Таблица «входные данные» - содержит данные о типах объектов, которые выбрал пользователь, и критерий положительности, который определяет, увеличится коэффициент социальной комфортности от выбранных объектов или уменьшится.
2. Таблица «геопространственные объекты» - содержит координаты объекта, его форму и тип объекта.
3. Таблица «коэффициенты объектов» - содержит тип объекта и коэффициенты социальной комфортности.

Реляционная модель описанной базы данных представлена на рисунке 1:



Рисунок 1. Реляционная модель базы данных

## 2. Обработка данных

Обработка данных происходит при помощи модуля расчёта показателей социальной комфортности, модуля расчёта коэффициента значимости объекта и модуля нормализации коэффициента социальной комфортности [2].

Первый модуль рассчитывает показатель социальной комфортности по различным параметрам объектов (удалённость от жилого дома, площадь, часы работы и так далее). Удалённость от жилого дома уменьшает значение социальной комфортности при коэффициенте положительности равном единице.

Второй модуль определяет коэффициент значимости объекта учитывая количество объектов одного типа и средняя посещаемость этих объектов в день.

Модуль нормализации приводит значение критерия социальной комфортности к диапазону значений от нуля до единицы.

## 3. Заключение

Таким образом реализованная база данных и модули позволяют хранить и обрабатывать геоинформационные данные, основанные на группе объектов опорных точек, что позволит осуществить визуализацию и аналитику рассчитанных коэффициентов социальной комфортности.

## Литература и источники

1. PostgreSQL Documentation - [Электронный ресурс] — <https://www.postgresql.org/docs/>.
2. Информационные технологии и вычислительные системы: Математическое моделирование. Вычислительные системы. Нанотехнологии. Прикладные аспекты информатики / Под ред. С.В. Емельянова. - М.: Ленанд, 2012г. - 108 с.

Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

УДК 004.4

## АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КИБЕРАТАКАМ

Константинова В. С.

ФГБОУ ВО «Кемеровский Государственный Университет»

konstantinowa.kon02@yandex.ru

В данной статье рассмотрен рост числа киберпреступлений и фишинга, а также приведены способы для противодействия кибератакам и защиты от взломов с последующей утечкой данных. Статья завершается выводами по данной теме.

В настоящее время происходит увеличение направлений киберпреступлений, как в профессиональной, так и в повседневной жизни. Так же с каждым годом происходит рост утечек данных корпораций в результате целевых атак на их сотрудников. Этому способствуют следующие факторы:

- Стремительная информатизация общества.
- Для успешной атаки достаточно одного слабого звена (нулевой пациент).
- 30% сотрудников компаний в России готовы открыть фишинговое письмо.
- Эксперты Positive Technologies указывают на проблему отсутствия или низких бюджетов российских компаний на информационную безопасность (ИБ) в 2020 году.

На рисунке 1 изображена диаграмма, которая показывает, как изменилось отношение компаний к их безопасности в интернете.



Рисунок 1. Действия компаний в сфере кибербезопасности

Осведомленность сотрудников в теме ИБ является одним из самых важных аспектов Информационной безопасности любой компании. Применение различных технических средств защиты и контроля не способно в полной мере защитить компанию от человеческой ошибки. Порой сотрудники компании не всегда представляют себе опасность и возможные риски цифрового мира. В тоже время, доступность и распространение хакерских инструментов, развитие техник социальной инженерии, простое незнание сотрудника о современных угрозах лишь увеличивают возможность атаки на компанию и возможный ущерб.

Именно поэтому разработка и внедрение мероприятий по увеличению осведомленности сотрудников является важным шагом со стороны представителей ИБ/ИТ.

Фишинг (англ. phishing от fishing «рыбная ловля, выуживание») — техника, направленная на жульническое получение конфиденциальной информации. Наиболее часто встречается ситуация, когда злоумышленник посылает цели e-mail, подделанный под официальное письмо — от банка или платёжной системы — требующее «проверки» определённой информации, или совершения определённых действий. Это письмо обычно содержит ссылку на фальшивую web-страницу, имитирующую официальную, с корпоративным логотипом и содержимым, и содержащую форму, требующую ввести конфиденциальную информацию — от домашнего адреса до пин-кода банковской карты. [1]

По данным компании Group-IB действия хакеров в 2020 году в мире в среднем обошлись каждой крупной корпорации в \$1,3 миллиона (92,5 млн. руб.), а субъектам малого и среднего бизнеса – в \$117 тысяч (8,3 млн. руб.).

Основные цели по обеспечению безопасности:

1. Усовершенствование системы взаимодействия с людьми в сфере информационной безопасности.
2. Повышение процента знаний пользователей в сфере кибербезопасности.
3. Уменьшение мнимого страха перед кибербезопасностью и всего, что с ней связано.
4. Уменьшение вероятности открытия писем от злоумышленников.

Изучив рынок имеющихся систем, наиболее привлекательным смотрится PHISHMAN, рассмотрим его в качестве примера решения данной проблемы.

PHISHMAN - система автоматизированного управления знаниями, которая тренирует сотрудников распознавать кибератаки и противостоять им. Система выявляет потребность в обучении, обучает, тестирует усвоение материала и в дальнейшем поддерживает киберграмотность на заданном уровне. На основе собранной информации система выявляет потребность в обучении конкретных сотрудников. Курсы по кибербезопасности включают в себя теорию и тестирование материала. Гибкая система автоматизации процессов обучения поддерживает высокий уровень знаний по защите информации в организации.

Как происходит работа с данной системой:

1. Настройка программного обеспечения в собственной инфраструктуре
2. Осуществление контролируемой рассылки фишинговых писем на тестовую группу и получение результата о количестве уязвимых пользователей (процента людей, которые перешли по фишинговым ссылкам и заполнили форму)

По итогам данного анализа программного обеспечения «PHISHMAN» и рассмотрения способов работы можно прийти к следующим заключениям:

- Фишинговые атаки могут умело маскироваться под легитимные электронные письма и являются одной из сильнейших угроз по утечке конфиденциальных данных.
- Самым уязвимым звеном в создании комплексной системы кибербезопасности был и остается человек – конечный пользователь.
- Существует необходимость активного проведения семинаров, мастер-классов и обучений сотрудников, имеющих доступ к конфиденциальной информации организаций, по основам кибербезопасности, в частности по защите от фишинговых рассылок и правилах поведения в интернете в целом.

#### Литература и источники

1. Фишинг - Википедия [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Фишинг#:~:text=Фйшинг%20\(англ.%20phishing%20от%20fishing,пользователей%20—%20логинам%20и%20паролям](https://ru.wikipedia.org/wiki/Фишинг#:~:text=Фйшинг%20(англ.%20phishing%20от%20fishing,пользователей%20—%20логинам%20и%20паролям) (Дата обращения: 06.04.2022).

2. PHISHMAN [Электронный ресурс]. URL: <https://mont.by/ru-by/vendors/phishman#:~:text=PHISHMAN%20-%20система%20автоматизированного%20управления,поддерживает%20киберграмотность%20на%20заданном%20уровне> (Дата обращения: 06.04.2022).

Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

УДК 004

## ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕУЛЬТАТОВ МАТЧЕЙ DOTA 2

*Молдавский М.И. Степанов Ю.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

edv-kemerovo@yandex.ru, dambo290@yandex.ru

*В статье рассматривается влияние выбора персонажей на исход матча в игре Dota 2 и строится модель прогнозирования победы, основанная на этих данных. Для прогнозной задачи берётся только предыгровое состояние, то есть время игры до выбора персонажей (включительно). Анализ касается только различных составов героев, а не каких-либо других аспектов игры или игроков в игре. Изначально рассматривается логистическая регрессия как базовая модель предсказания результата. Также в этой статье используется генетический алгоритм для выявления тех персонажей, которые больше всего способствуют победе. После дополнения процедуры прогнозирования логистической регрессии выходными данными генетического алгоритма точность обучения и точность тестирования значительно улучшились. Из наблюдаемых результатов можно сделать вывод, что именно выбор героя играет важную роль в определении того, какая команда победит. Модель правильно предсказала, что команда с действительно плохим составом героев будет проигрывать очень часто. Матч в DotA 2 очень сложен, поэтому модель даёт и ложно отрицательные результаты, поскольку не учитывает никакой другой информации кроме составов персонажей. Исследование показало, что недостаточно просто учитывать выбор героя при попытке предсказать исход игры. Результаты показывают, что использование большего количества игровых данных может быть полезным и улучшить предсказательную силу модели, поскольку игровые факторы также в значительной степени влияют на результаты игры.*

DotA2 или Defense of the Ancients 2 - это многопользовательская онлайн-игра 5 на 5, которая изначально создавалась Blizzard как пользовательский мод для платформы Warcraft III Frozen Throne [1]. Он зародился в 2003 году и с тех пор у него постоянно растет число игроков. Цель этого сражения - разрушить основную структуру противника, известную как Древняя, находящаяся под усиленной охраной.

Матчи DotA 2 поддерживают множество игровых режимов, таких как «All Pick», «Random Draft», «Single Draft», «Captains Mode» и так далее. [2] Каждый игрок выбирает своего персонажа перед началом матча из 109 возможных вариантов, и это единственный герой, которым игрок сможет управлять до конца игры. Игроки повышают уровень своих героев, зарабатывая очки опыта, полученные за убийство вражеских героев, убийство «вражеских крипов» или «нейтральных крипов». Теми же способами можно получить золото, очки опыта и особые способности, называемые «заклинаниями» - уникальные для каждого персонажа.

Герой - это сумма его заклинаний, поскольку они имеют решающее значение для его успеха, а те, чьи заклинания работают в тандеме друг с другом, называются «синергетическими» или «ассистирующими». Игроки внимательно выбирают героя, с которым можно играть, основываясь не только на его сильных и слабых сторонах, но и на их

синергии с союзными героями и на том, насколько хорошо они выступают против вражеских героев.

Сотрудничество с союзниками и командная работа являются квинтэссенцией этой игры и фактически являются сердцем и ядром DotA 2. Учитывая это, хорошо подобранная команда героев часто может даже компенсировать неаккуратный игровой процесс и более низкое мастерство самих игроков, потому что такая команда предлагает значительное преимущество перед противниками еще до начала игры. Это соответствует классической задаче прогнозного моделирования, и мы стремимся использовать взаимосвязи между героями для расширения существующих алгоритмов прогнозирования, уже используемых в системах рекомендаций персонажей [3]. Количество возможных уникальных комбинаций героев огромно, примерно  $1,074 \times 1016$ . Такое большое пространство состояний почти всегда гарантирует, что каждая игра уникальна и заслуживает внимания.

Задача прогнозирования исхода матча, основанная исключительно на комбинациях героев, является сложной задачей, потому что она пытается смоделировать с помощью статистических средств то, что опытные игроки получили за тысячи часов игрового процесса. Разработанная модель учитывает лишь часть бесчисленного множества факторов влияющих на исход матча и работает значительно лучше по сравнению с альтернативной базовой регрессионной моделью. Это показывает, что состав героев играет чрезвычайно важную роль на пути к победе в пользу любой из команд, и им нельзя пренебрегать в матчах[4]. Результаты действительно показывают, что использование большего количества игровых данных может быть полезным и улучшить предсказательную силу модели, поскольку игровые факторы также в значительной степени влияют на результаты игры.

Модель создана на основе нейросетей при помощи фреймворка TensorFlow[5] на языке Python 3, с использованием библиотеки Keras.

В ходе выполнения работы был разработан сервис Dotadamus, основной задачей которого является прогнозирование результатов матчей Dota 2 на основе методов машинного обучения.

Сервис получает данные матчей по API портала OpenDota. По данному API возможно получение информации о матчах, командах и игроках. В качестве сервиса по публикации прогнозов используется бот в месенджере Telegram.

Таблица 1. Пример сообщения в сервисе.

|  |
|--|
| Wolf Team (radiant)  Ravens (dire)        |
| Карта: 1   |
| Выбранные герои Radiant: Hoodwink, Dragon Knight, Phoenix, Lifestealer, Timbersaw  |
| Выбранные герои Dire: Tiny, Abaddon, Sand King, Keeper of the Light, Ember Spirit  |
| Преимущество radiant по героям: 62%  |
| DPC WEU Division II Tour 2 - 2021/2022 -by 4D Esports  |
| Предполагаемый победитель: Wolf Team 74%  |
| Мин. коэф. по мат. ожиданию - 1.35   |
| Ссылка на игру: 6520430616   |

На примере сообщения приведенного в таблице 1 мы можем увидеть матч между Wolf Team и Ravens [6] на 2 карте. Сервис опубликовал пост в тг после выбора героев командами,

предполагаемый победитель по мнению модели на момент публикации - Wolf Team с вероятным шансом 74%. Встреча закончилась победой radiant.

### Литература и источники

1. wikipedia [Электронный ресурс] URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Defense\\_of\\_the\\_Ancients](http://en.wikipedia.org/wiki/Defense_of_the_Ancients)
2. Dota 2 – новости, обновления, патчи, гайды, турнир, сайт, видео, герои | Cybersport.ru [Электронный ресурс] URL: <https://www.cybersport.ru/dota-2>
3. Dota2 Counter-Pick. [Электронный ресурс] URL: <http://dota2cp.com/>
4. Kevin Conley, Daniel Perry, “How does he saw me? A Recommendation Engine for Picking Heroes in Dota 2”.
5. TensorFlow [Электронный ресурс] URL: <https://www.tensorflow.org/>
6. Игра Wolf Team vs Ravens. Матч на DPC WEU Division II Tour 2 [Электронный ресурс] URL: <https://ru.dotabuff.com/matches/6520430616>

Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

УДК 004

### СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА

*Недосекина Е. Е., Степанов Ю.А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
tanya18ned@gmail.com, dambo290@yandex.ru

*В статье описан процесс создания математического аппарата. С целью наиболее точного нахождения коэффициента комфортности будет построена математическая модель, которая в каждой системе применяется по-своему. В связи с этим для определения комфортности выделим ряд опорных точек и их факторы значимости.*

На сегодняшний день существует много ресурсов, которые позволяют оценить уровень комфортности. У любого имеются различные удобные требования проживания. Для этого и разрабатываются способы раскрытия комплексных критериев с целью относительных оценок удобства проживания в городе.

### Разработка математического аппарата

Для расчета индекса социальной комфортности был сформулирован математический аппарат (формула (1)):

$$K = \sum x_n \quad (1)$$

$K$  – индекс комфортности,

$x_n$  – значение опорной точки.

Для определения индекса комфортности возьмем ряд опорных точек, которые будут являться нашими фильтрами[1].

Опорные точки: продовольственные магазины, торговые центры, транспорт и остановки, банкоматы, скверы, парки, места культуры (театры, кинотеатры, музеи, оперетты), школы, детские сады, кафе и рестораны, ночные заведения (клубы), детские дома творчества, предприятия с вредными отходами, аптеки, больницы, высшие учебные заведения, средние специальные учебные заведения, железная дорога, дополнительное образование (уроки иностранных языков), кладбища[2].

Для расчета индекса определенной опорной точки была сформулирована формула (формула (2)):

$$x_n = \sum y_j * r_j \quad (2)$$

$x_n$  – значение опорной точки,  
 $y_j$  – количество объектов определенной категории,  
 $r_i$  – коэффициент значимости опорной точки.

Для определения коэффициента значимости опорной точки была сформулирована формула (формула (3)):

$$r_j = \sum \frac{a_i * i}{c} \quad (3)$$

$r_j$  – коэффициент значимости опорной точки,  
 $a_i$  – значение каждого фактора (значения выбранных трех факторов записываются в порядке убывания),  
 $i$  – количество факторов (показатель  $a_i$  умножается на  $i$ , показатель  $a_{i+1}$  на  $i+1$ , ...,  $a_{i+n}$  на  $i+n$ ),  
 $c_i$  – сумма всех  $i$ .

Определения опорных точек на карте будет производиться с помощью поиска через координаты в БД. У каждой опорной точки находится коэффициент значимости. Коэффициенты значимости складываются из 3 факторов [3].

- Продовольственные магазины: близость, график работы, проходимость
- Торговые центры (комплексные магазины): близость, график работы, проходимость
- Транспорт и остановки: близость, график работы, количество транспорта
- Банкоматы: близость, график работы, пересечение дороги
- Скверы, парки: близость, площадь, проходимость
- Места культуры (театры, кинотеатры, музеи, оперетты): близость, график работы, проходимость
- Школы: близость, пересечение дороги, проходимость
- Детские сады: близость, пересечение дороги, проходимость
- Кафе и рестораны: близость, график работы, проходимость
- Ночные заведения (клубы): близость, график работы, проходимость
- Детские дома творчества: близость, пересечение дорог, проходимость
- Предприятия с вредными отходами: близость, график работ, площадь
- Аптеки: близость, график работ, проходимость
- Больницы: близость, график работ, проходимость
- Высшие учебные заведения: близость, график работ, проходимость
- Средние специальные учебные заведения: близость, график работ, проходимость
- Железная дорога: близость, протяженность, график работы
- Дополнительное образование (уроки иностранных языков): близость, график работ, проходимость
- Кладбища: близость, площадь, проходимость

Значение будет определяться для каждого фактора [4].

Для определения близости берутся координаты дома и координаты нашей опорной точки, находится расстояние между ними и записывается в показатель данного фактора [5].

График работы определяется исходя из количества часов работы объекта [6].

Прочность зависит от часов работы, вместимости и количества (транспорта на остановке, сеансов в кинотеатре, спектаклей в театрах, кабинетов в школах и тд.) [7].

Для подсчета количества транспорта берем определенную остановку и смотрим, сколько через нее проходит различного общественного транспорта [8].

Площадь находим по формуле площади определенной фигуры (если какой-то парк имеет странную форму, то делим на квадраты (или другие, более удобные фигуры) и считаем отдельно, а потом складываем), протяженность того или иного участка определяется с помощью формулы сложения векторов[9].

При переходе в другую метрику будет получен процент каждой опорной точки для дальнейшего определения показателя комфортности[10].

### **Заключение**

На сегодняшний день существует множество объектов, которые тяжело оценить, поэтому и предлагается данная система.

Мы находим общий показатель комфортности, но также можно найти и личный показатель каждой опорной точки. Для этого  $x_n$  берется за 100% и находится процент определенного объекта. Эти показатели как раз и понадобятся для составления процентной шкалы опорной точки.

### **Литература и источники**

1. Знаенко Н.С. Опорные схемы по высшей математике: учебное пособие/ Н.С. Знаенко. - Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2011. – 90 с.
2. Бугров Я.С. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии / Я.С. Бугров, С.М. Никольский.— М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001.— 304 с.
3. Табуева В.А. Математика. Математический анализ. Специальные разделы: учебное пособие / В.А. Табуева.— Изд. 2-е (стереотип).— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2004.— 495 с.
4. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев.— М. : Наука, 1981.— 976 с.
5. Информационные технологии и вычислительные системы: Математическое моделирование. Вычислительные системы. Нанотехнологии. Прикладные аспекты информатики / Под ред. С.В. Емельянова. - М.: Ленанд, 2012. - 108 с.
6. Зайдель, А.Н. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: Учебное пособие / А.Н. Зайдель. - СПб.: Лань, 2016. - 304 с.
7. Кострикин А.И. Введение в алгебру / А.И. Кострикин. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 272 с.
8. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры / Д.В. Беклемишев.— М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 307 с.
9. Быкова Н.В. Элементы векторной алгебры и аналитической геометрии: учебное пособие / Н.В. Быкова, Г.М. Ермакова, Л.Б. Куликова.— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2009.
10. Клетеник Д. В. Сборник задач по аналитической геометрии / Д.В. Клетеник.— СПб. : Профессия, 2002.— 199 с.

*Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 371.52**

### **ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ АНАЛИЗА ПОСЕЩАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

***Никитина К.Г.***

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

iikk1@vk.com

*В данной статье выполнено проектирование программного модуля анализа посещаемости обучающихся для Муниципального автономного общеобразовательного учреждения «Средняя образовательная школа №36» города Кемерово. Анализ посещаемости обучающихся является важной составляющей одной из функций любой образовательной организации – учебно-воспитательной деятельности. Разработанный программный модуль*

*поможет образовательным организациям упростить процесс мониторинга посещаемости учащихся.*

*Ключевые слова: программный модуль, школа, учебно-воспитательный отдел, анализ, посещаемость.*

Благодаря развитию и повсеместным внедрением информационных технологиях электронные носители активно заменяют бумажные. Это происходит потому что электронные носители обладают рядом преимуществ перед бумажными. Например, удельная стоимость хранения, удобство в изменении, размер носителя, возможность удобного и быстрого копирования и передачи информации. Ведь с помощью электронного носителя можно хранить огромное количество информации на маленьком носителе, а также информация защищена от несанкционированного доступа.

В образовательных организациях на протяжении нескольких лет уже происходит замена бумажной документации на электронный документооборот. Поэтому журнал посещаемости учащихся не является исключением. Благодаря переводу журнала посещаемости в электронный вид в него можно добавить очень важные функции, которые бы упростили работу учителей в учреждениях. Одной из таких функций является анализ посещаемости.

Уровень посещаемости важен, потому что ученики добиваются гораздо большего, когда они стабильно посещают школу. Учителю и классу сложнее работать над получением новых навыков, если большое количество учеников часто отсутствуют. Кроме проблем с успеваемостью, ученики, которые не ходят в школу регулярно, с большей вероятностью могут столкнуться с эмоциональными проблемами и со сложностями в общении [2].

Анализ посещаемости обучающихся необходим для того, чтоб узнать, сколько учеников не посещают занятия по неуважительным и уважительным причинам. А также чтобы анализировать работу классных руководителей по мотивации учащихся к обучению.

Посещение занятий обучающимися тесно связано с решением ряда организационных задач учебного процесса, с решением нравственных и социальных проблем семьи и образовательного учреждения, оказывает существенное влияние на их связь между собой, а также на создание имиджа образовательного учреждения и признание высокой квалификации педагогических работников. Недобросовестное посещение учебных занятий сопряжено с рядом проблем самих учащихся, образовательного учреждения и общества, причем эта связь взаимно обратная [3].

Целью работы является анализ посещаемости обучающихся образовательного учреждения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить предметную область – структуру учебно-воспитательного процесса в образовательном учреждении,
- проанализировать программные аналоги средств анализа посещаемости,
- разработать и протестировать программный модуль анализа посещаемости обучающихся.

Объектом изучения является учебно-воспитательный отдел в образовательном учреждении в Муниципальном автономном общеобразовательном учреждении «Средняя образовательная школа №36».

Предметом изучения является мониторинг посещаемости обучающихся в Муниципальном автономном общеобразовательном учреждении «Средняя образовательная школа №36».

В учебно-воспитательный отдел муниципального автономного общеобразовательного учреждения «Средняя образовательная школа №36» входят:

- заместитель директора по учебно-воспитательной работе,
- руководители структурных подразделений по воспитательной работе,
- классные руководители.

На данный момент в образовательных организациях мониторинг посещаемости осуществляется по двум сценариям:

1. Бумажный журнал посещаемости;
2. Электронный ресурс для мониторинга посещаемости (Электронная школа 2.0 и т.д.)

Многие учителя выступают за переход на электронный журнал и отказ от бумажного, потому что таким способом можно увеличить эффективность работы образовательной организации за счет сохраненного педагогического времени.

Поэтому на сегодняшний день электронный журнал не редкость, ведь у него есть множество преимуществ над бумажным журналом:

- дает возможность родителям или законным представителям отслеживать посещаемость ребенка;
- учитель может проинформировать родителей о проблемах ребенка через электронный журнал.

Но даже ведение электронного журнала посещаемости не может решать все проблемы с мониторингом посещаемости. Ведь очень часто требуется провести анализ посещаемости учащегося. Если процент пропуска занятий будет слишком большой, то это сигнал о необходимости проведения профилактической беседы с учеником и его родителями для выявления проблем.

Данная проблема стала основой для разработки программного модуля анализа посещаемости обучающихся.

Пользователи программного модуля анализа посещаемости обучающихся будут три категории лиц:

- родители,
- учитель,
- заместитель директора по учебно-воспитательной части.

У каждой категории пользователей должны быть собственный набор доступных действий (рисунок 1).

Родителям в данном программном модуле будет доступно добавление справок о болезни ребенка во избежание подделывания справок учащимися, а также просмотр данных о посещаемости своего ребенка.

Категории «Учитель» будут доступны такие функции: выставление, изменение и удаление пропусков занятий учащихся, просмотр результата анализа посещаемости обучающихся, у которых он является классным руководителем.

В возможности модуля анализа посещаемости обучающихся для заместителя директора по учебно-воспитательной работе входят следующие функции: просмотр результата анализа посещаемости как отдельных обучающихся, так и среднюю посещаемость по классам, выставление, изменение и удаление пропусков занятий учащихся, составление отчета о мониторинге посещаемости обучающихся школы.

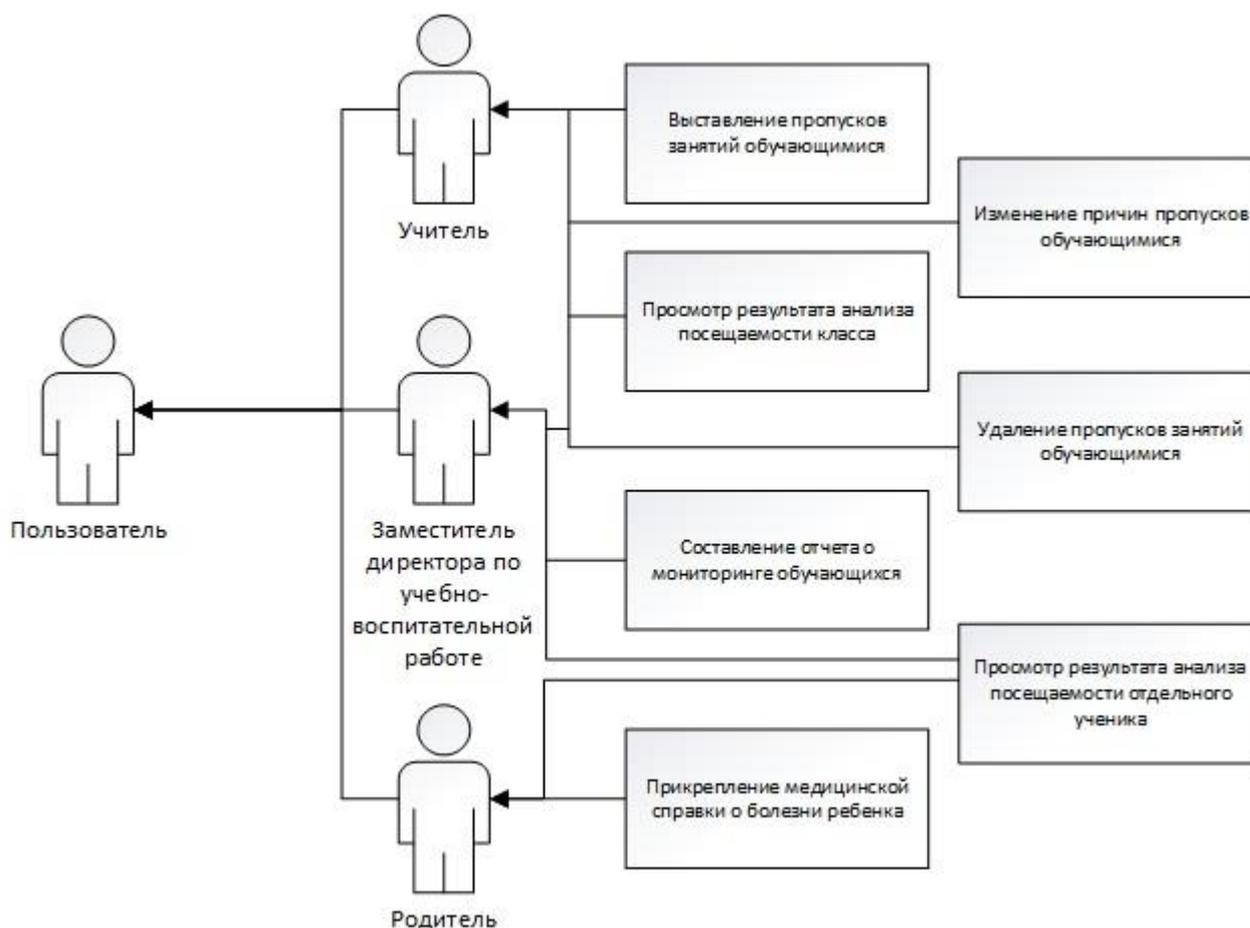


Рисунок 1. Диаграмма вариантов использования пользователя

В результате внедрения данного программного модуля в работу образовательной организации можно упростить процесс мониторинга посещаемость, облегчить выявление проблем, связанных с пропусками занятий, а также освободить часть педагогического и административного времени.

### Литература и источники

1. Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение "Средняя общеобразовательная школа №36" город Кемерово [Электронный ресурс] / МАОУ "Средняя общеобразовательная школа №36", 2013-2022. URL: <http://raduga36.ru/>. (дата обращения: 05.04.22).
2. Научный журнал «Успехи современного естествознания» [Электронный ресурс]/ Российская академия естествознания.2005-2022 URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=8484> (дата обращения 06.04.22).
3. P-lib.ru. Библиотека для студента [Электронный ресурс] /Классный руководитель в воспитательной системе школы. URL: <http://www.p-lib.ru/pedagogika/slastenin/slastenin86.html> *Научный руководитель – к.т.н., доцент Солопова А.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

УДК 004.62

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА КЕМЕРОВО

*Оганисян А. А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
oganiyan.senya@bk.ru

*В данной статье речь идет о том, какие недостатки имеет транспортная система города Кемерово, а также приведены методы решения.*

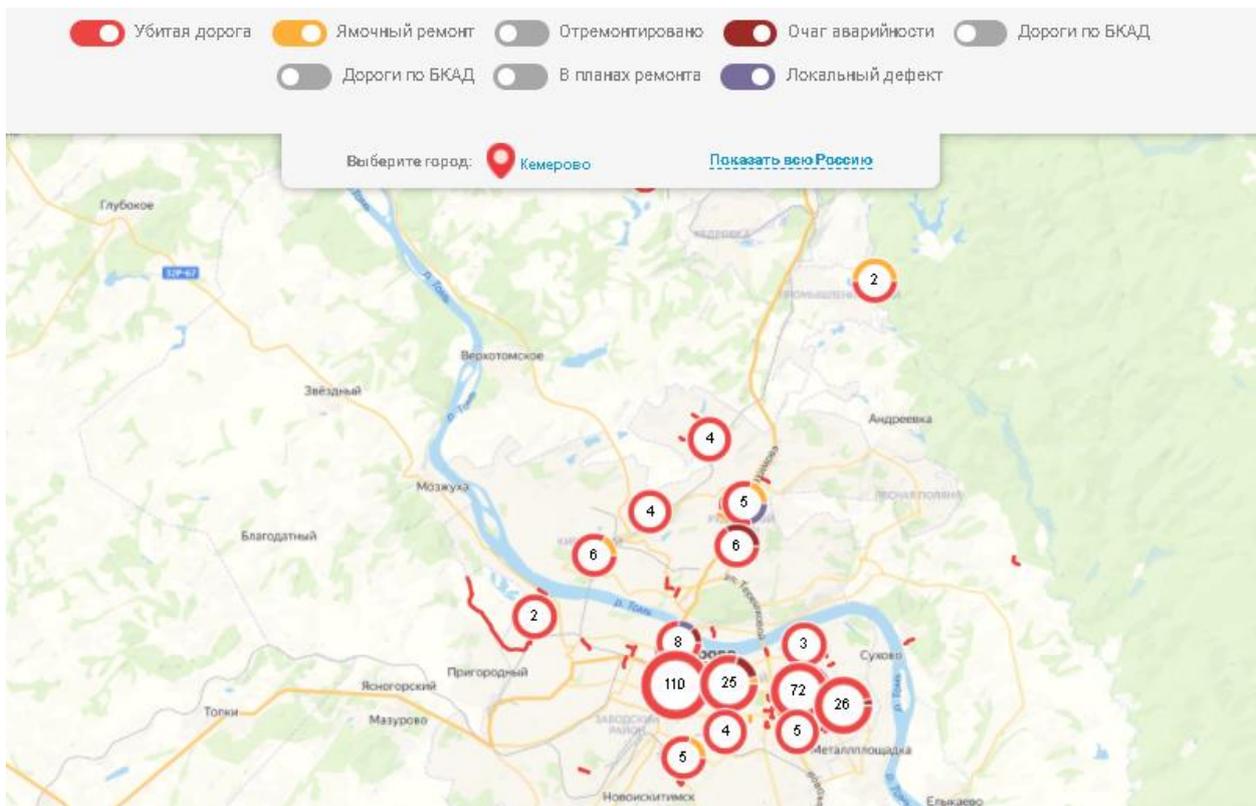
В современных мегаполисах и крупных городах часто возникает проблема развития транспортной системы. Транспорт является частью экономической инфраструктуры, которая, включает в себя связь, энерго – и водоснабжение, складское хозяйство и д. р. Поэтому недооценка проблем транспортной системы может отрицательно повлиять на экономическую составляющую региона.

Транспортная сеть города Кемерово состоит из: 72 городских автобусных маршрутов (в том числе 9 сезонных), 71 пригородного маршрута (в том числе 32 сезонных), 55 таксомоторных маршрутов (в том числе 1 сезонный), 5 трамвайных и 9 троллейбусных маршрутов, 16 школьных маршрутов.

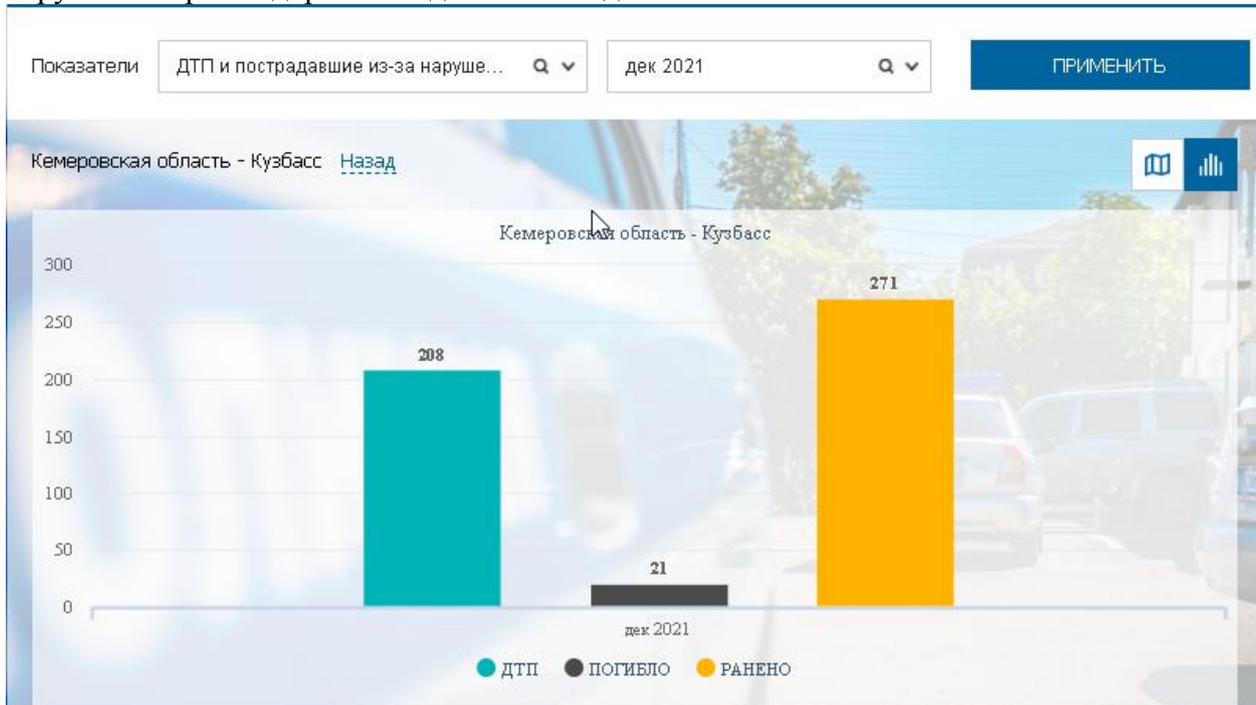
Как и другие системы, транспортная также имеет свои недостатки. Количество автомобилей увеличивается с каждым годом более чем на 12%, а строительство дорог просто не успевает за ростом автомобилизации. Именно поэтому в ходе анализа транспортной системы города Кемерово были выявлены следующие проблемы:

- 1) **Парковки.** Из-за постоянного роста автомобилей в городе возникла проблема нехватки парковочных мест. Зачастую данная проблема возникает, потому что автомобилисты нарушают порядки парковочных мест. Из-за беспорядочной парковки в городе происходит снижение пропускной способности улиц, затрудняя движение общественному транспорту (автобусы, троллейбусы). ДОПИСАТЬ
- 2) **Пробки.** На основных улицах Кемерово, таких как: пр. Советский, пр. Ленина, пр. Октябрьский, пр. Шахтеров и др., движение затрудняется из-за большого скопления автомобильного, грузового и общественного транспортов. Чаще всего пробки возникают утром, в часов 7:00 – 8:30, а также вечером с 16:00 до примерно 20:00, так как жители города едут на работу и соответственно с работы. Основная причина возникновения пробок на улицах города Кемерово – аварии. ДОПИСАТЬ
- 3) **Качество и состояние дорожного покрытия.** С каждым годом состояние дорог весной ухудшается после таяния снега, на дорогах образуются выбоины, а также из-за грузового транспорта на дорогах появляются колеи. Зачастую именно плохое состояние дорожного покрытия приводит к затруднению движения - пробкам.

Проанализировав ряд проблем транспортной системы города Кемерово, продемонстрирую статистику некачественных дорожных покрытий на территории города Кемерово. Стоит отметить, что их достаточно большое количество.



Также продемонстрирую статистику дорожно-транспортных происшествий из-за нарушений правил дорожного движения водителем.



Данные показатели достаточно важны, так как если их совместить, то результат будет крайне отрицательным. Дорожно-транспортные происшествия и некачественное дорожное покрытие очень сильно влияет на всю транспортную систему, которая в свою очередь плохо влияет на экономическую составляющую региона. Если ко всему этому добавить неправильно припаркованные машины на проезжей части, я боюсь представить на сколько процентов снизится экономическая составляющая региона.

Продлав анализ транспортной системы и предоставив статистику, стоит и предложить решения данных проблем:

Решения проблем пробок на дорогах:

1. Стоит ввести реверсивное движение.
2. Следует пересмотреть организацию труда в обществе. Скажем переход работы предприятий на 6 – часовой график работы в 2 смены позволит снизить плотность движения.
3. Расширить проезжую часть, строительство дополнительных полос.
4. Уменьшить количество грузовых машин, больше товарных поездов.
5. Убрать круговое движение

Решение проблем качества и состояния дорог:

1. Своевременная расчистка дорожного покрытия.
2. Устранение коррупции.
3. Поверхностная обработка дорожного покрытия.
4. Стоит взять пример с других стран и их опыт по строительстве качественных дорожных покрытий.

Решение проблем парковочных мест:

1. Строительство многоуровневых парковочных систем.
2. Строительство паркинга под домами или даже на крышах больших торговых центрах.

Таким образом, реализация всего вышеперечисленного позволит оптимизировать работу движение транспорта по городу, а также позволит сократить количество пробок на улицах города, увеличить время использование дорожного покрытия, повысить качество дорожного покрытия и увеличить количество парковочных мест.

#### **Литература и источники**

1. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 07.04.2021).
2. Карта убитых дорог Кемерово URL: <https://dorogi-onf.ru/city/25572/> (дата обращения: 07.04.2021).

*Научный руководитель – д.т.н., доцент Степанов Ю. А., ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.62**

#### **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СПЕЦИАЛЬНОСТИ "ПРОГРАММИСТ" В ГОРОДЕ КЕМЕРОВО**

*Пацуло М.Д., Бурмин Л.Н.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
m.patsulo@yandex.ru, lnburmin@mail.ru

*В данной статье было рассмотрен процесс получения и обработки информации о вакансиях, проанализированы языки программирования, программные средства и технологии, указываемые в вакансиях по специальности "программист", города Кемерово.*

Анализ данных вакансий позволит выявить какие языки, технологии и средства программирования являются самыми часто встречаемыми. Полученная в результате анализа информация, позволит учебным заведением понять, о том каких специалистов нужно готовить и к чему стоит уделить внимание при их подготовке.

В качестве места из которого была взята информация стал сервис HeadHunter [1]. Инструментами, выбранными для получения и обработки данных, стал язык python и его библиотеки: requests, json, pandas, plotly.

Для работы с данными был написана программа, включающая в себя парсер, и обработчик. Информация о вакансиях были получены благодаря GET запросам к API (url: api.hh.ru) [2], с помощью библиотеки requests. В качестве ответа на запросы были получены данные, представленные в виде JSON объектов. Каждый объект содержит в себе полную информацию о конкретной вакансии. Так же в результате обработки записей была создан csv файл, содержащий все упоминаемые в вакансиях требования.

Следующим после сбора этапом стал этап нормализации данных. Он заключался в группировке схожих записей, подсчета количества упоминаний отдельного навыка. Так же на этапе нормализации было принято решение убрать данные, связанные с языком 1С из — за его специфики.

Последним этапом обработки данных стало построение графика, который показывает язык программирования или технологию, связанную с программированием и процент упоминания среди всех вакансий. Данный график показан ниже на рисунке 1.

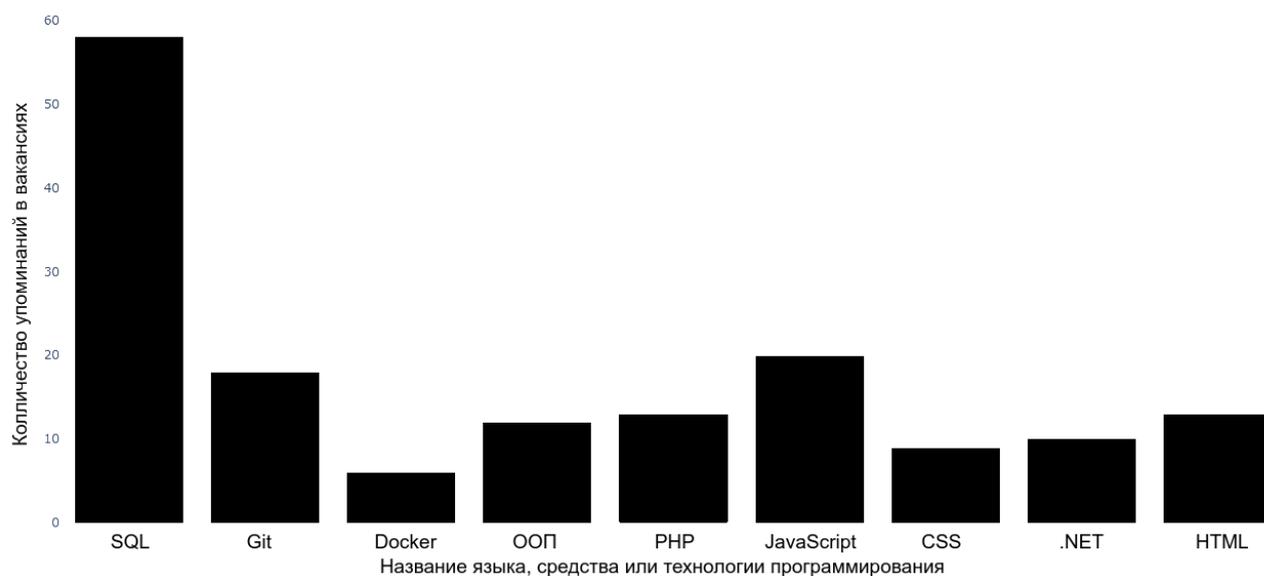


Рисунок 1. Процент упоминаний навыков

Исходя из этого графика можно сделать следующий вывод - пятью самыми востребованными языками, программными средствами и технологиями программирования для специалистов кемеровской области являются: "SQL", "JavaScript", "Git", "PHP", "ООП". Поэтому при подготовке специалистов, учебным заведениям стоит обратить на них внимание.

#### Литература и источники

1. Headhunter для разработчиков [Электронный ресурс]. URL: <https://dev.hh.ru/> (Дата обращения: 2.04.2022).
2. Headhunter API - Документация [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/hhru/api> (Дата обращения: 2.04.2022).

*Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

## МЕТОД ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОМФОРТНОСТИ

*Подберезен Г.И., Илькевич В.В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

podberezen@mail.ru, IlkevichVV@yandex.ru

*Актуальность выбранной темы обусловлена с точки зрения необходимости разработки методологии анализа комплексных критериев для оценок комфортности территории в регионе на базе современных геоинформационных технологий, и создания модуля визуального отображения. Для корректного анализа и понимания рассчитанных данных.*

Имея посчитанные веса коэффициентов опорных точек, (магазинов, аптек, театров и так далее) для определения комфортности. Встаёт вопрос о методе их визуализации и анализе полученных значений.

Визуализация необходима для того, чтобы пользователь мог без труда взаимодействовать с системой и более подробно видеть результаты анализа. [1]

Сам же метод анализа нужен, чтобы дать объективную оценку (в данном случае комфортность) и показать пользователю, где комфортность высокая, а где низкая. А так же в чем и как она измеряется.

### Метод визуализации

В качестве метода визуализации был выбран «метод сеток». Он представляет собой регулярную сетку, которая накладывается на карту со зданиями. Ячейки становятся привязаны к объекту на карте и далее закрашиваются определенной градацией цвета от «лучшего к худшему».

В качестве среды для реализации данного метода была взята среда разработки Quantum GIS (QGIS). Эта среда, является географической информационной системой (ГИС) с эргономичным интерфейсом и открытым исходным кодом. QGIS распространяется на условиях лицензии GNU General Public License и работает в Linux, Unix, Mac OSX и Windows. [2]

С помощью модуля OpenStreetMap наносим сетку на карту и придаём ей очертание домов в районе. Далее из базы данных выгружаются значения коэффициентов, которыми заполняются ячейки сетки. Значения максимума и минимума находятся в сетке автоматически. Поэтому далее производится настройка диапазона разбиения градиента.

Был выбран диапазон разбиения на четыре части:

- От 100% - 75% «Отлично» - Это означает, что данный дом имеет максимальную степень комфортности, так как опорные точки полностью покрывают область этого дома.
- От 75% - 50% «Хорошо» - Это означает, что данный дом имеет высокую комфортность, но не все опорные точки покрывают его область.
- От 50%-25% «Удовлетворительно» - Это означает, что опорные точки имеют очень небольшое влияние на область дома.
- От 25%-0% «Неудовлетворительно» - Это означает, что опорные точки практически или совсем не входят в область дома и не формируют его комфортность.

После того как диапазон был выбран, сетка закрашивается в соответствии с этим диапазоном. (рис 1)



Рисунок 1. Градуированная сетка

Данный метод прекрасно демонстрирует показатели комфортности на сетке. Пользователю легко разобраться и сделать выводы, благодаря явным переходам цветовой палитры.

### Метод анализа данных

На основе получившийся комфортности, мы сможем проанализировать ее влияние на дома. В данном случае будет проанализирована корреляция цены от показателя комфортности. Для анализа была выведена формула, где:

К средней цене в районе за один квадратный метр прибавляется разница между максимальной и минимальной ценой за один квадратный метр и умножается на коэффициент комфортности.

Данный метод позволяет смоделировать цену за один квадратный метр на конкретный объект, с учетом коэффициента комфортности. Что в будущем может повлиять на ценообразование недвижимости в конкретном районе города.

Поскольку аналитические вычисления опираются на реальные цены за квадратный метр. Можно весьма точно сгенерировать новые цены с учетом коэффициентов комфортности. Что в свою очередь заставит рынок пересмотреть ценообразование на недвижимость.

Цена будет привязана к каждой ячейки, благодаря чему можно отследить комфортность по всему дому и увидеть динамику изменения цены. Демонстрация цены при наведении на ячейку клетки, представлена на рисунке 2.



Рисунок 2. Демонстрация цены за один квадратный метр

### Заключение

Таким образом разработанная методика визуального представления и анализа данных позволяет в наглядной форме с помощью API приложения оценить ряд коммерческих показателей на основе комфортности. Система на основе рассчитанных коэффициентов, сможет спрогнозировать новую цену за квадратный метр жилья, что позволит сделать более справедливое ценообразование на жильё в каждом районе.

### Литература и источники

1. Натан Яу. Визуализируйте это: руководство по FlowingData для проектирования, визуализации и статистики - John Wiley & Sons, 2011, (384 стр.).
2. QGIS Documentation - [Электронный ресурс] - <https://docs.qgis.org/3.16/ru/docs/>  
 Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

УДК 004.31

## АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА БАЗЕ РОССИЙСКИХ ПРОЦЕССОРОВ

*Понявин М. В.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский Государственный Университет»

maxsss2709@yandex.ru

*В данной статье будет рассмотрена актуальность российских процессоров в импортозамещении, рассмотрены линейки процессоров Vaikal и Эльбрус, рассмотрены их характеристики и показан импортный их аналог.*

На данный момент очень актуален вопрос импортозамещения и возможности использования отечественных разработок в создании вычислительной техники для предприятий и простых пользователей.

Собранная информация представленная далее позволит узнать, актуальность использования российских процессоров.

Линейка процессоров «Baikal» используется в системах требующую повышенную защищенность данных, из-за этого данная линейка хорошо вписалась в организации требующих повышенную защищенность.

Процессор «Baikal-M» (техпроцесс 26 нм, архитектура ARMv8-A, 8 ядер, работающих на частоте 1,5 ГГц, поддержка оперативной памяти DDR3 и DDR4, также имеет 8 графических ядер с частотой 750 МГц) уже используются некоторых системах таких как рабочие станции для персонала на производстве, аналогом данного процессора является IntelCore i3-7300T.

16 ноября 2021 года стало известно о выделении компании «Байкал электроникс» двух госсубсидий на создание двух новых процессоров: «Байкал-L» и «Байкал-S2».

Процессор «Baikal-L» (техпроцесс 12 нм, архитектура ARMv9, 4 ядра, работающих на частоте 2,5 ГГц, поддержка оперативной памяти DDR4), планируется, что этот процессор будет использоваться в российских ноутбуках для госструктур и образования в рамках импортозамещения. На базе «Baikal-L» среди прочего планируется создание высокопроизводительного ноутбука корпоративного класса.

Из того, что сейчас представлено на рынке, аналогом назван LenovoThinkPadL13 на IntelCorei7. Также на новом Baikal планируется создать ноутбук для повседневного использования рядовым персоналом. В данном случае аналогом назван HPProBook 440 G7 на Intel Core i3.

Процессор Baikal-S2 (6 нм, ARMv9, 128 ядер работающих на частоте 3 ГГц, с поддержкой оперативной памяти DDR5), планируется использовать в дата-центрах для облачных вычислений для быстрой обработки данных, данный процессор может служить аналогом процессоров таких как AMD EPIC и Intel Xeon, и не уступать им в производительности.

Из представленной информации видно, что в ближайшее время на российском рынке постепенно начнут проявляться вычислительные машины не уступающие в производительности импортным процессорам, также на графике ниже показано количество внедрений в проекты за 2021 год.



Рисунок 1. Распределение по количеству проектов внедрений (систем, проектов) с учётом партнёров

На графике показано что за 2021 год процессоры байкал использовала компания байкал электроникс, в основном для создания вычислительной техники в основном серверов и накопителей информации так как они обеспечивают более высокую защищенность информации.

Линейка процессоров «Эльбрус» уже активно используется в россии, в основном их используют госструктуры и около государственные компании, а также оборонная промышленность.

Процессор «Эльбрус-8СВ» (техпроцесс 28 нм, архитектура Эльбрус 5, 8 ядер, работающих на частоте 1,5 ГГц, поддержка оперативной памяти DDR4 с максимальной частотой 2400 МГц) данная линейка процессоров серийно производится с 2020 года, и применяется в государственных учреждениях и бизнес-структурах, требующих повышенных свойств информационной безопасности, высокопроизводительные вычисления, обработка сигналов, и

телекоммуникационных применений. Аналогом данного процессора можно считать Intel Xeon E5-2603 v4.

С 2021 года было начато производство процессоров на новой архитектуре Эльбрус 6, новая линейка процессоров показала более высокую производительность по отношению к предыдущим поколениям, далее их и рассмотрим.

Процессор «Эльбрус-2С3» (техпроцесс 16 нм, архитектура Эльбрус 6, 2 ядра, работающих на частоте 2 ГГц, поддержка оперативной памяти DDR4 с максимальной частотой 3200 МГц, также имеет 4 графических ядра архитектуры PowerVR GC6650 работающих на частоте 550 МГц) данный процессор предназначен для использования в архитектуре планшетов и ноутбуков для образовательных учреждений. Аналогом такого процессора можно считать AMD FX-8350.

Процессор «Эльбрус-16С» (техпроцесс 16 нм, архитектура Эльбрус 6, имеет 16 ядер, работающих на частоте 2 ГГц, поддержка оперативной памяти DDR4 с максимальной частотой 3200 МГц) данный процессор может использоваться как и в настольных компьютерах, так и рабочих станциях на производстве. Аналогом данного процессора можно считать Intel Core i7 2600.

Данные представленные процессоры в перспективе могут занять свою нишу не только в гос. структурах и образовательных учреждениях, но и в обычных пользовательских компьютерах. График представленный далее отображает компании в проектах которых используются процессоры Эльбрус за 2021 год.

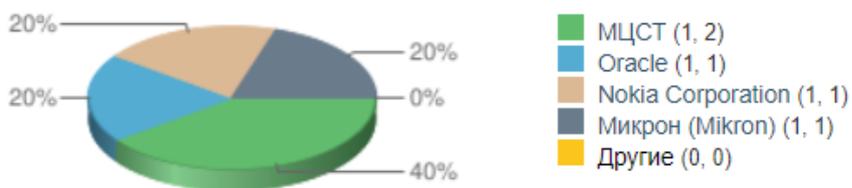


Рисунок 2. Распределение по количеству проектов внедрений (систем, проектов) с учётом партнёров

На графике видно что за 2021 год большую часть процессоров эльбрус использовала в своих проектах компания МЦСТ, в основном для создания вычислительной техники для государственных структур и оборонной промышленности.

Исходя из представленной информации можно сделать вывод, что через некоторое время на российском рынке может появиться техника не уступающая по производительности зарубежным аналогам.

### Литература и источники

1. Эльбрус VS Intel. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/aerodisk/blog/520888/> (Дата обращения : 8.04.2022 )
  2. Baikal-L [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Baikal-L> (Дата обращения : 9.04.2022 )
  3. Микропроцессоры и СБИС [Электронный ресурс]. URL: <http://old.mcst.ru/chips> (Дата обращения : 7.04.2022 )
- Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ВУЗА***Дикарева А.А. Самаковский А.Ю.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

samvego@mail.ru, dikareva.aa@kemerovorea.ru

*В данной статье выполнено проектирование и разработка мобильного приложения для Кемеровского государственного университета. Мобильное приложение, поможет сократить время поиска расписания. Разработанное мобильное приложение поможет упростить студентам процесс просмотра расписания.*

В современном мире большинство людей отдают предпочтение мобильному и быстрому доступу к информации. Ежегодно процент пользователей мобильных версий сайтов увеличивается, в следствие этого компьютерные версии становятся все менее популярными. В настоящее время у вуза есть сайт со всей необходимой информацией, однако студенты теряются в её поиске, в связи с чем происходит отвлечение сотрудников вуза, не связанных с тем или иным вопросом, от их основной деятельности.

В Кемеровском государственном университете нет собственного мобильного приложения. Следствием этого является неслаженная работа вуза и студентов, сложность доступа к информации. Всё это усложняет учебный процесс. Также расписание имеет неудобный формат в виде PDF, в нем нет возможности посмотреть расписание преподавателя или узнать, какая аудитория свободна на данный момент. Вдобавок информация об обновлении расписания доводится до сведения студентов через старост или иными путями, не всегда вовремя и достоверно.

По этой причине было принято решение создать мобильное приложение, которое поможет студентам просматривать актуальное расписание. Собственное мобильное приложение позволит увеличить эффективность работы ВУЗа, улучшит восприятие информации с мобильного устройства и сократит время доступа к информации.

Ряд российских университетов уже имеет свои мобильные приложения, что положительно влияет на имидж вуза и его позиционирование на рынке образования. Кроме того, мобильное приложение поможет привлечь абитуриентов.

Для решения данной проблемы нужно решить ряд поставленных задач:

- анализ существующего решения;
- построение диаграмм;
- разработка интерфейса мобильного приложения.

Основная проблема, с которой сталкиваются студенты при поиске расписания является труднодоступность. На данный момент в КемГУ для просмотра расписания нужно совершить следующие шаги: зайти на сайт КемГУ, перейти на вкладку «студенту», нажать «расписание занятий(сессий)», выбрать нужный институт, выбрать нужный курс, открыть pdf файл с расписанием нужной группы, найти в открытом файле нужную группу. При чем, расписание может и не являться актуальным, так как, если студент посмотрел расписание вечером, то не факт, что его не поменяют на утро следующего дня.

Это занимает много времени и может вызвать раздражение у студента, которому нужно срочно посмотреть расписание.

Для решения этой проблемы была выполнена оптимизация данного процесса. Теперь студенту нужно будет совершить меньшее количество шагов для получения актуального расписания: войти в систему как студент, перейти в раздел «расписание».

Это значительно сокращает время для получения информации об актуальном расписании.

Так же в разрабатываемом мобильном приложении будут реализован просмотр расписания преподавателя и аудиторий. Это нужно для того чтоб сделать учебный процесс студента проще, так как он с легкостью может найти нужное ему расписание, а различным студенческим организациям будет легче найти свободные аудитории для проведения собраний.

На рисунке 1 изображены экраны реализованного интерфейса мобильного приложения расписания группы и преподавателя.

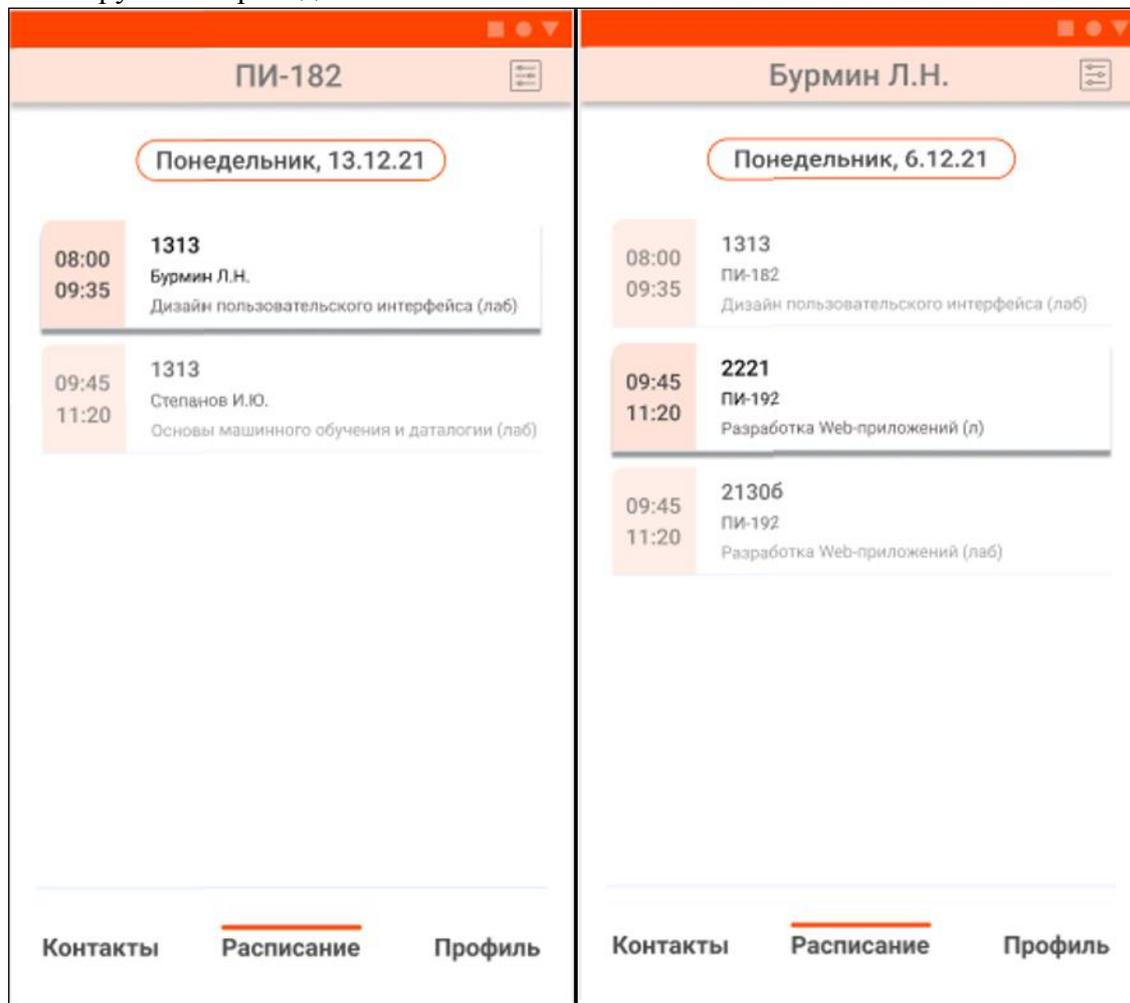


Рисунок 1. Реализованный интерфейс

Как только пользователь открывает мобильное приложение, ему предоставляется выбор зайти как гость или авторизоваться. В случае входа как гость, пользователю будет доступен ограниченный функционал приложения без доступа к личному кабинету. Если же пользователь авторизуется, то в разделе «расписание» сразу будет отображаться расписание его группы, а гостю нужно будет выбрать ее из списка всех групп Кемеровского государственного университета.

Как показано на рисунке выше в мобильном приложении на экране с расписанием показано сколько пар у группы, во сколько начинается и заканчивается каждая из них, какая пара идет на данный момент, кто и где ведет пару. Для того чтоб понять за какой день показано расписание, в приложении отображается день недели и дата проведения занятия.

Также в этом разделе пользователь может зайти в настройки расписания чтоб выбрать расписание групп, преподавателя или аудиторий.

Помимо просмотра расписаний пользователь может искать и просматривать контактную информацию преподавателей. Что сделает общение между преподавателями и студентами более доступной.

Авторизированный студент получит доступ к личному кабинету, откуда он сможет отслеживать текущую успеваемость по каждому предмету, создавать заметки с необходимой информацией и оставлять обратную связь для улучшения приложения.

Перспективой развития является образ будущего приложения, к которому будут стремиться разработчики. В перспективу развития входят:

- раздел «Доп.Образование», в котором будет содержаться полный список курсов и информация о них;
- лента новостей и возможность для студенческих организаций самим добавлять новости;
- статистика по данным расписания: анализ загруженности групп, преподавателей и аудиторий;
- раздел «Внеучебная деятельность», где каждый может найти место, в котором захочет себя реализовать;
- афиша мероприятий вуза.

В результате внедрения мобильного приложения в работу образовательной организации можно упростить процесс просмотра расписания, облегчить учебный процесс, связанных с поиском преподавателя.

#### Литература и источники

1. Кемеровский государственный университет [Электронный ресурс] URL: <https://kemsu.ru/>. (дата обращения: 08.04.22).
2. Касаткина Наталья Николаевна «Исследование готовности студентов вузов к мобильному обучению» / Ярославский педагогический вестник. 2017. №6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-gotovn..P-lib.ru>. (дата обращения: 08.04.22).
3. Грекул В.И. Проектирование информационных систем: учебник и практикум для вузов / В.И. Грекул, Н.Л. Коровкина, Г.А. Левочкина. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. *Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры ЮНЕСКО по ИВТ Бурмин Л.Н., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.94**

#### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬДЫ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД**

*Шабанов Д.Е., Степанов И.Ю.*

Кемеровский государственный университет  
alvarsondar@gmail.com, zextel1995@gmail.com

*В данной статье рассмотрена актуальная для Кемеровской области проблема моделирования оседания земной поверхности, возникающего при горнодобывающих работах. Появление мульды может сделать невозможной эксплуатацию различных сооружений, находящихся в её области. В качестве решения этой проблемы в данной статье представлена информационная система, позволяющая моделировать мульду сдвижения, указав изначальные данные ведения работ по добыче угля. В частности, данная система производит расчет характеристик мульды сдвижения, а также визуализирует область оседания, нанося её на карту.*

Кузбасский регион является одним из основных центров добычи полезных ископаемых, в частности угля, в России. Существуют различные способы добычи угля, однако самым

распространённым в Кузбассе является подземный способ [1]. К сожалению, подземный способ сопряжен с одной важной проблемой: под влиянием отработки полезных ископаемых подземным способом в поверхности земли возникают различные сдвиги и деформации. Это, в свою очередь, может привести к весьма трагичным последствиям. Если в зону деформации земной поверхности, которую называют мульдой сдвига, попадёт какое-либо сооружение, то его эксплуатация может стать невозможной по причине повреждения фундамента или газопровода [2]. В связи с этим, наличие информационной системы, способной смоделировать мульду сдвига: рассчитать её параметры и визуализировать область её действия, является для нас важной задачей.

Анализ существующих информационных систем горной отрасли показал, что их проблемная ориентация определяется ограниченной номенклатурой решаемых задач, таких как: анализ и оценка запасов полезного ископаемого, проектирование горных выработок, мониторинг складирования и грузопотоков, планирование горных работ и др. Разработкой информационно-аналитического обеспечения геоинформационных систем компьютерного моделирования динамики напряженно-деформированного состояния углепородного массива, обеспечивающего снижение риска аварийных ситуаций, занимаются многие Российские учёные [3].

Имеющиеся на рынке геоинформационные системы могут не учитывать характеристики конкретных месторождений, а также не всегда позволяют в динамике оценить увеличение зоны влияния подземных работ в ходе выработки. Для того, чтобы отвечать вышеописанным потребностям была разработана информационная система, схема архитектуры которой представлена на рисунке 1.

Пользовательский интерфейс должен предоставлять пользователю возможность ввода необходимых расчетных данных о характере горнодобывающих работ: длина и ширина подработки, угол залегания пласта и его мощность, а также месторождение, на котором производятся работы. Помимо этого, пользователь должен иметь возможность настроить характеристики подработки, в частности скорость подвижных работ, для визуализации этих процессов в динамике, а также координаты срезов, в точках которых будет вычисляться оседание. В представленной системе интерфейс реализован с помощью библиотеки tkinter языка Python.



Рисунок 1. Схема архитектуры информационной системы

Данные, введенные пользователем, сохраняются в базе, откуда они позже извлекаются с помощью модуля взаимодействия с базой данных. Данный модуль написан с помощью библиотеки Sqlite, которая позволяет взаимодействовать с локальной базой данных с использованием языка SQL [4]. Команды, предоставляемые данным модулем позволяют получить доступ к спроектированной базе данных, в которой хранятся данные о различных

месторождениях, взятые из Руководства по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. Также существуют команды для создания локальных баз данных для осуществляемых расчетов.

После получения данных о характере расчетных данных из базы необходимо вычислить численные характеристики мульды оседания для чего используется соответствующий модуль [5]. В основе расчета данных лежат формулы из нормативного документа «Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях». С использованием этих формул были разработаны функции модуля, ответственные за вычисление диаметров мульды сдвижения, размера максимального оседания в деформированной области, а также данных об оседании в точках срезов, выбранных пользователем. Все эти данные также поступают в базу, чтобы в дальнейшем использовать их для визуализации мульды оседания горных пород.

Модуль визуализации данных основан на взаимодействии с двумя вспомогательными модулями: отображения мульды на земную поверхность и отображения разреза мульды.

Первый отвечает за нанесение на карту области оседания мульды. Он опирается на данные, полученные модулем расчета. Сам процесс осуществляется следующим образом: на основе данных о радиусах мульды, а также библиотеки `haversine`, позволяющей вычислить геопространственные координаты точки, находящейся на заданном расстоянии от точки с известными координатами, вычисляются координаты эллипсоидной границы мульды оседания. Данные об оседании в точках главных осей мульды позволяют аналогичным образом определить координаты для изолиний мульды, показывающих различные уровни оседания от критического до незначительных. Для нанесения полигонов точек с вычисленными координатами используется библиотека `staticmaps` языка Python. Она предоставляет доступ к картам проекта `OpenMaps`, а также позволяет наносить различные области и границы по имеющимся координатам и закрашивать их в определенные цвета [6].

Модуль изображения разреза мульды использует библиотеку `matplotlib` для построения графиков по точкам. Имея данные об оседании точек в выбранном разрезе мы можем показать, как именно выглядит оседание в выбранной области мульды, расположив эти точки на координатной оси.

Модуль визуализации данных сохраняет изображения, полученные двумя вышеописанными модулями, а также управляет их пошаговым воспроизведением. Пример работы модуля визуализации можно увидеть на рисунке 2.

Представленная информационная система может применяться для проектирования горнодобывающих работ с целью обезопасить людей, чьи дома располагаются в области добычи угля. Дальнейшие планы по разработке подразумевают также добавления модуля анализа данных, который позволит использовать данный продукт также в качестве экспертной системы, дающей рекомендации по ведению добычи в зависимости от прогнозируемого оседания, а также характеристик материалов сооружений, располагающихся на территории оседания.

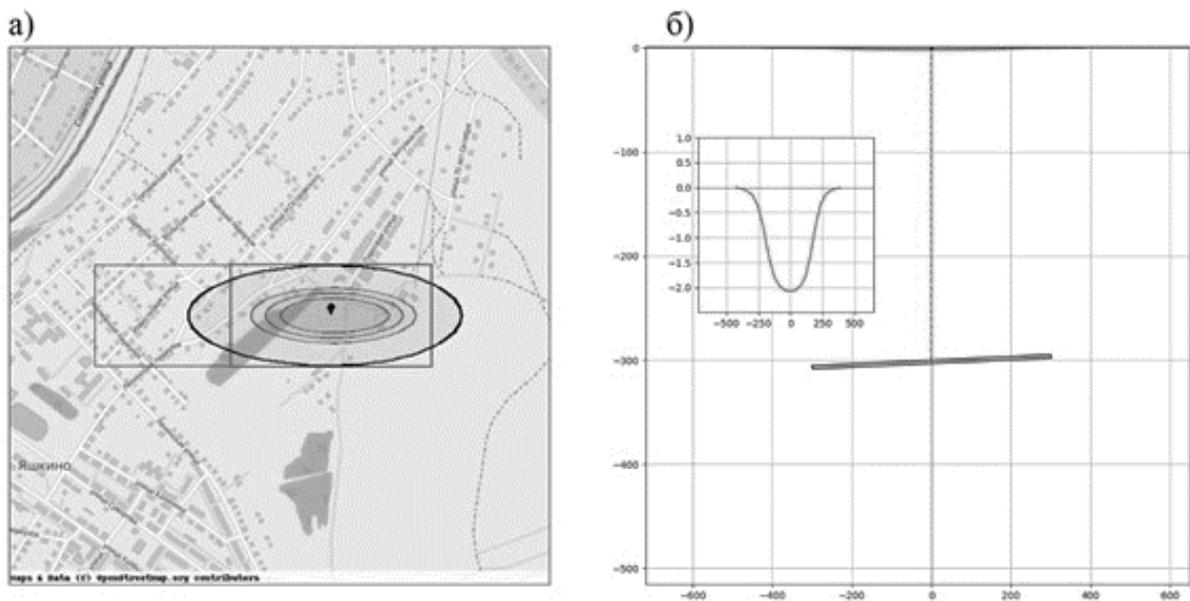


Рисунок 2. Визуализация мульды сдвижения  
а – вид сверху; б – в разрезе центральной оси

### Литература и источники

1. Характеристика Кузнецкого угольного бассейна, добыча угля в Кузнецком угольном бассейне [Электронный ресурс] // URL: <http://www.roscoal.ru/content/press-centr/informaciya-dlya-vas/harakteristika-kuzneckogo-ugolnogo-basseina-dobycha-uglya-v-kuzneckom-basseine/> (дата обращения: 01.04.2022)
  2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях: Утв. Госгортехнадзором РФ 16.06.98. – СПб., 1998. – 290 с.
  3. Степанов Ю.А. Специализированная ГИС для моделирования процессов горного предприятия // Л.Н. Бурмин, Ю.А. Степанов/ Тематический журнал «Геоинформатика» - Москва: 2015. №1. С. 3-8.
  4. SQLite документация [Электронный ресурс] // URL: <https://www.sqlite.org/docs.html> (дата обращения: 01.04.2022)
  5. Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях Ч. 1. Исходные данные, для проектирования зданий и сооружений на подрабатываемых территориях / НИИСК Госстроя СССР, ВНИМИ Минуглепрома СССР. — М.: Стройиздат, 1983. — 136 с.
  6. Библиотека ru-staticmaps [Электронный ресурс] // URL: <https://github.com/flopp/py-staticmaps> (дата обращения: 01.04.2022)
- Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**УДК 004.8**

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*Шипунова Д. А.*

ФГБОУ ВО «Кемеровский Государственный Университет»

Shipun.vasya@yandex.ru

*Целью статьи является анализ населения земли и его оценка, анализ текущего состояния агропромышленного комплекса и возможности его автоматизации для увеличения эффективности.*

Население земли — совокупность всех людей, живущих в данное время на Земле. 5 апреля 2022 года население Земли составляет приблизительно 7.938 миллиардов человек [1, с. 1].

Вплоть до 1970-х годов численность населения мира росла по гиперболическому закону, но с 1990 года наблюдается замедление темпов роста населения Земли [2, с. 1], в 1990 году прирост составил 87,4 млн. Тем не менее, численность населения в абсолютном выражении продолжает быстро увеличиваться, хотя относительный прирост в 2000-х годах сократился почти вдвое по сравнению с показателем 1963 года.

По оценкам фонда ООН в области народонаселения, население планеты растёт очень быстро (см. рисунок 1).

### Население земли согласно ООН

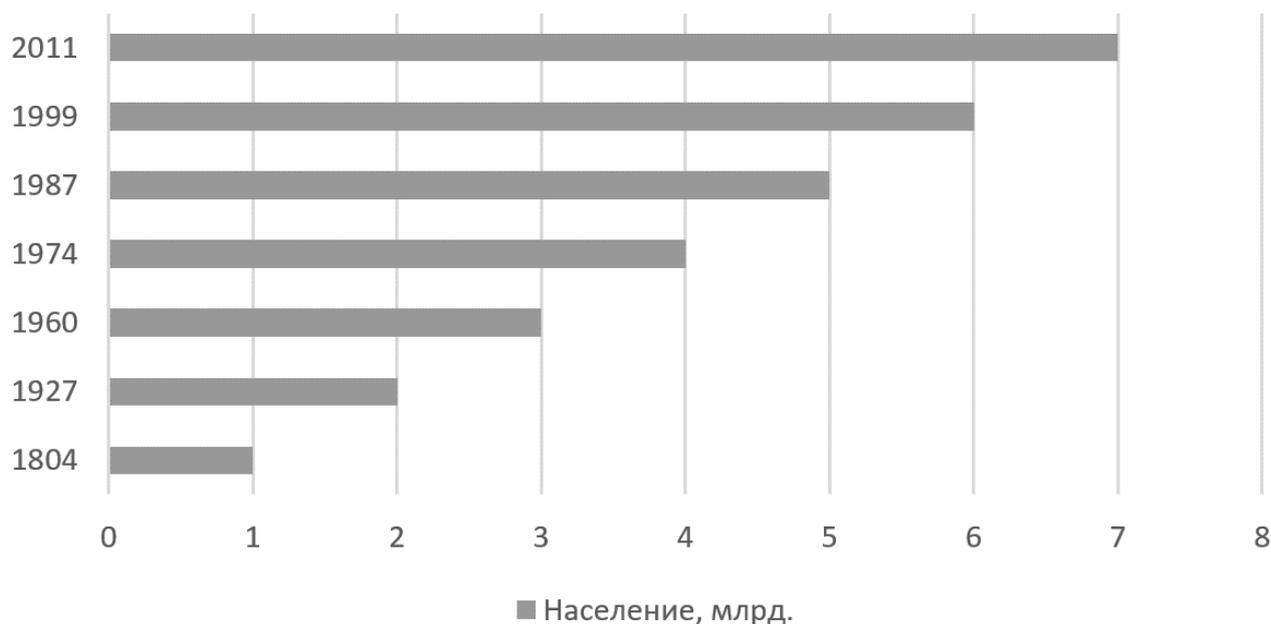


Рисунок 1. Население земли согласно исследованиям ООН

Растущее население земли также требует и увеличения производства пищи, агрокомплекса, способов доставки товаров для того, чтобы пропитание было в любом месте на нашей планете.

Распространение новых технологий, а также увеличение широкополосного интернета только ускоряет появление новых технологий в сельском хозяйстве. Уже перестали выделяться решения на основе приложений для умных ферм, основанных на облачных технологиях. На полях и плантациях расставляют сеть датчиков, которые собирают важную информацию, такую как температуру и влажность. Все показания передаются в базу, с которой взаимодействует приложение, что позволяет непрерывно собирать информацию о культурах и их состоянии, контролировать специально оборудованную сельскохозяйственную технику.

Современные IT-технологии дают надежный и точный контроль над всеми этапами выращивания агрокультур, но, к сожалению, не получают своевременного, быстрого распространения.

Если динамика роста численности населения земли не претерпит серьёзных изменений, то рубеж в 8 миллиардов человек будет преодолен примерно в 2023 году.

Цифровизация и автоматизация максимального количества сельскохозяйственных процессов входит как необходимость в стратегии развития крупнейших агропромышленных компаний в мире.

Длинная цепочка создания сельскохозяйственных продуктов и большое количество нерешенных задач, которые могут быть решены с помощью современных технологий автоматизации, является одним из главных доводов в пользу инвестиционной привлекательности отрасли.

Задачей ИТ становится максимальная автоматизация всех этапов производственного цикла для сокращения потерь, повышения уровня производства и прибыли. Автоматизация процесса выращивания не единственное, на что стоит обращать внимание, так как дальнейшая автоматизация представляет собой более сложный уровень цифровизации, которые будет затрагивать изменение организационных процессов, однако это также повлечет увеличение прибыли и конкурентоспособности продукции.

Отдельно стоит отметить возможность внедрения большего количества датчиков, объединения их в большую сеть, данные из которой будут идти в нейронную сеть, делая её более умной и позволяющей извлекать больше выгоды и пользы как для отдельной компании, так и для развития сразу двух отраслей – аграрной и информационной.

На основе расчётов нейронная система будет способна создавать инструкции по обработке и уходу за растениями.

Примерная модель работы нейронной сети:

1. Данные поступают с датчиков
2. Данные нормализуются
3. Данные классифицируются (Полив, удобрение и т.д.)
4. Технике передаются инструкции согласно классификации

Предлагаемое решение улучшит агропромышленный комплекс, позволит увеличить производительность, урожайность, количество продукции. Автоматизация повлечёт не только увеличение посевных территорий, но и сокращение персонала, так как за огромной территорией будет наблюдать техника, персонал необходим лишь для контроля и случаев внештатных ситуаций, которых не избежать при работе с техникой.

#### **Литература и источники**

1. Current World Population // Worldometr URL: <http://www.worldometers.info/world-population> (дата обращения: 05.04.2022).
2. Население мира будет расти, стареть, дольше жить и меньше мигрировать // hse URL: <https://iq.hse.ru/news/177669242.html> (дата обращения: 05.04.2022).

*Научный руководитель – д.т.н, доцент, профессор кафедры ЮНЕСКО по ИВТ, Степанов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»*

**Научное издание**

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ, ХИМИИ,  
МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ**

Материалы симпозиума в рамках  
XVII (XLIX) Международной научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Образование, наука, инновации: вклад молодых  
исследователей».

Выпуск 23

16+

Материалы печатаются в авторской редакции

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кемеровский государственный университет»  
(КемГУ).  
650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

Объем 13,11 Мб