

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ШКОЛА ОБЩЕСТВЕННЫХ НАУК

---

# **НАУЧНАЯ ИНИЦИАТИВА ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

Сборник докладов  
V Международной научно-практической конференции

**22–24 апреля 2025 г.**

Томск 2025

УДК 378.147.88:347.176.2(063)

ББК Ч484(2)71:Ч481.268л0

НЗ4

НЗ4 **Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов:** сборник докладов V Международной научно-практической конференции (Томск, 22–24 апреля 2025 г.) / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2025. – 360 с.

ISBN 978-5-4387-1250-3

Сборник представляет интерес для специалистов и исследователей в области математики, механики, электротехники, информатики и вычислительных систем, физики, химии, геологии, гуманитарных наук и экономики.

УДК 378.147.88:347.176.2(063)

ББК Ч484(2)71:Ч481.268л0

*Редакционная коллегия*

Е.А Шерина, канд. филол. наук, доцент Отделения русского языка ШОН ТПУ;

Т.Б. Фрик, канд. филол. наук, доцент Отделения русского языка ШОН ТПУ;

Ю.О. Охорзина, канд. экон. наук, канд. филол. наук, доцент Отделения русского языка ШОН ТПУ;

И.В. Салосина, канд. пед. наук, доцент Отделения русского языка ШОН ТПУ;

Н.В. Курикова, канд. филол. наук, доцент Отделения русского языка ШОН ТПУ;

Ю.В. Серышева, канд. филол. наук, доцент Отделения русского языка ШОН ТПУ.

**Ответственность за содержание работ несут авторы**

ISBN 978-5-4387-1250-3

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2025

Уважаемые коллеги!

Предлагаемый вашему вниманию сборник материалов V Международной научно-практической конференции «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов» содержит доклады иностранных студентов, магистрантов и аспирантов, обучающихся в российских и зарубежных вузах.

В период работы конференции 22–24 апреля 2025 г. на заседаниях 9 секций был представлен 351 доклад, программа конференции размещена на сайте конференции (<https://isc.tpu.ru>).

В сборнике опубликованы материалы докладов иностранных студентов - представителей 43 стран мира. Все материалы конференции в сборнике сгруппированы по пяти направлениям: актуальные проблемы гуманитарных наук, актуальные проблемы социально-гуманитарных наук, актуальные проблемы инженерных наук, «Научный старт» (для слушателей Подготовительных отделений), а также доклады секции на английском языке «Science as a vocation and career».

Доклады отражают научные интересы молодых иностранных учёных по современным динамично развивающимся направлениям инженерных и естественных наук (машиностроение, разработка и эксплуатация полезных ископаемых, геодезия, технические системы и процессы управления, энергетика, химическая технология, материаловедение, информатика, приборостроение, геология, экология). Сборник содержит доклады по проблемам общественных наук (филология, социология, история, экономика, педагогика, этнография, искусствоведение). Большинство материалов докладов представляет собой апробацию научных результатов дипломных и диссертационных работ.

Конференция организована отделением русского языка Школы общественных наук, осуществляющим обучение русскому языку по всем направлениям с 2006 года. Отделение готовит аспирантов по специальности 5.9 Филология (<http://russian.tpu.ru/>).

Надеемся, что данный сборник будет интересен и полезен всем читателям, интересующимся современным развитием науки и техники.

С уважением,  
оргкомитет конференции

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГУМАНИТАРНЫХ НАУК.....</b>                                                                                     | <b>10</b> |
| <b>Агагелдиева Айджахан Башимовна (Туркменистан).....</b>                                                                             | <b>10</b> |
| ПРИЕМЫ РАБОТЫ С ОБЩЕУПОТРЕБИТЕЛЬНОЙ ЛЕКСИКОЙ НА УРОКАХ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО (НА МАТЕРИАЛЕ ДВУЯЗЫЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СЛОВАРЕЙ) |           |
| <b>Буэссо Малонга Беренис (Республика Конго).....</b>                                                                                 | <b>14</b> |
| КОММУНИКАТИВНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ГЕРОЕВ И ФУНКЦИИ РЕЧЕВОГО ЭТИКЕТА В РАССКАЗАХ И.А. БУНИНА                                                   |           |
| <b>Кудайбергенов Женисбай Бахтияр улы (Узбекистан).....</b>                                                                           | <b>17</b> |
| ТЮРКСКОЕ НАСЛЕДИЕ В НАЗВАНИЯХ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ                                                                                      |           |
| <b>Кэ Вэйсян (Китай), Замятина Елена Викторовна (Россия) .....</b>                                                                    | <b>21</b> |
| РУССКИЕ АНТРОПОНИМЫ В УНИВЕРСИТЕТСКОЙ СРЕДЕ КИТАЯ И РОССИИ                                                                            |           |
| <b>Ли Шу (Китай).....</b>                                                                                                             | <b>26</b> |
| ОБРАЗЫ ИНОСТРАННЫХ КУЛЬТУР В ПЕТЕРБУРГСКИХ НАЗВАНИЯХ РЕСТОРАНОВ                                                                       |           |
| <b>Пэн Шэнжун (КНР), Сенина Анастасия Денисовна (Россия), Курикова Наталья Владимировна (Россия).....</b>                             | <b>30</b> |
| АДАПТАЦИЯ НАИМЕНОВАНИЙ КИТАЙСКИХ БРЕНДОВ К РОССИЙСКОМУ РЫНКУ: ФОНОСЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ                                                |           |
| <b>Се Мин-Сюнь (Китай) .....</b>                                                                                                      | <b>34</b> |
| ПЛАТФОРМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ИМПЛИЦИТНОГО СПОСОБА ОБУЧЕНИЯ РКИ В КИТАЙСКОЙ АУДИТОРИИ                                            |           |
| <b>Су Хун (Китай).....</b>                                                                                                            | <b>37</b> |
| О ДВУХ ПЕРЕВОДАХ РОМАНА Л.Н. ТОЛСТОГО «АННА КАРЕНИНА» НА КИТАЙСКИЙ ЯЗЫК: ГЕНДЕРНЫЕ АСПЕКТЫ В ПРАКТИКЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ПЕРЕВОДА        |           |
| <b>Сунь Ичэнь (Китай), Рахимова Анастасия Рамеловна (Россия) .....</b>                                                                | <b>42</b> |
| МЕТАФОРИЗАЦИЯ ОБРАЗА ЧЕЛОВЕКА В РУССКОЙ И КИТАЙСКОЙ ЯЗЫКОВОЙ КАРТИНЕ МИРА (НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕКСЕМ «ОСТРЫЙ» – «ТУПОЙ»)        |           |
| <b>Того Амаду, Диурте Хамиду (Мали), Тараканова Дарья Александровна (Россия) .....</b>                                                | <b>48</b> |
| ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ ИНОСТРАННЫХ СЛУШАТЕЛЕЙ ЛЕКСИКЕ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ: НА МАТЕРИАЛЕ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ «ОБРАЗОВАНИЕ»                  |           |
| <b>Фань Чуюй (Китай).....</b>                                                                                                         | <b>51</b> |
| МЕТАФОРА В ОРИГИНАЛЕ И В ПЕРЕВОДЕ РОМАНА ЮЙ ХУА «ЖИТЬ»                                                                                |           |
| <b>Ху Литин (Китай), Понкратова Екатерина Михайловна (Россия).....</b>                                                                | <b>54</b> |
| ВЕСНАТ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ РКИ В КИТАЙСКОЙ АУДИТОРИИ                                                                                |           |



|                                                                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Цинь Сяоя (Китай) .....</b>                                                                                                   | <b>57</b>  |
| ЛИНГВОКУЛЬТУРНЫЕ КОДЫ В КИТАЙСКОМ ИНТЕРНЕТ-ДИСКУРСЕ                                                                              |            |
| <b>Чжэн Янь (Китай).....</b>                                                                                                     | <b>61</b>  |
| ИНТЕРНЕТ-ПЛАТФОРМЫ В ОБУЧЕНИИ АКАДЕМИЧЕСКОМУ ПИСЬМУ ПРЕДМАГИСТРАНТОВ ИЗ КИТАЯ<br>(ОПЫТ НАПИСАНИЯ ВКР)                            |            |
| <b>Ши Чэньян (Китай) .....</b>                                                                                                   | <b>64</b>  |
| ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ В ПРЕПОДАВАНИИ РКИ (НА МАТЕРИАЛЕ ДИСЦИПЛИНЫ<br>«ЯЗЫК ИНФОРМАТИКИ»)                                          |            |
| <b>АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ НАУК .....</b>                                                                     | <b>70</b>  |
| <b>Аброр Эллон (Индонезия) .....</b>                                                                                             | <b>70</b>  |
| БУДУЩЕЕ ЭНЕРГЕТИКИ ЕВРОПЫ: СМОЖЕТ ЛИ ОНА ОТКАЗАТЬСЯ ОТ РОССИИ?                                                                   |            |
| <b>Баточир Должинжав (Монголия), Шерстнева Светлана Владиславовна (Россия) .....</b>                                             | <b>73</b>  |
| УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВЫЗОВОВ                                                         |            |
| <b>Ван Жуйсинь (Китай), Волчков Назар Алексеевич (Россия), Боженко Елена Аркадьевна (Россия) .....</b>                           | <b>78</b>  |
| РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КИТАЯ В РАМКАХ СТРАТЕГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ГЛОБАЛЬНОЙ<br>ЭКОНОМИКИ                               |            |
| <b>Гу Минюань (Китай).....</b>                                                                                                   | <b>82</b>  |
| АРХЕОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА РУССКИХ УЧЁНЫХ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ КИТАЯ В XX ВЕКЕ                                                        |            |
| <b>Ма Ваньли (Китай), Овчинников Леонид Евгеньевич (Россия), Боженко Елена Аркадьевна (Россия) .....</b>                         | <b>89</b>  |
| ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ В РАМКАХ НОВОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ: ВЛИЯНИЕ<br>КИТАЯ НА ЦИФРОВИЗАЦИЮ АВТОПРОМА ЕВРОПЫ |            |
| <b>Тань Хуа (Китай), Чжан Чи (Китай), Замятина Елена Викторовна (Россия) .....</b>                                               | <b>94</b>  |
| РУССКИЙ ЯЗЫК В ЭПОХУ ГЛОБАЛИЗАЦИИ                                                                                                |            |
| <b>Цинь Куньпин (Китай), У Юйсюань (Китай), Замятина Елена Викторовна (Россия) .....</b>                                         | <b>99</b>  |
| РОЛЬ СЛАДОСТЕЙ В КИТАЙСКОЙ И РУССКОЙ КУЛЬТУРЕ                                                                                    |            |
| <b>Чжоу Дань (Китай) .....</b>                                                                                                   | <b>103</b> |
| РУССКОЕ ИСТОРИЧЕСКОЕ КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ В ХАРБИНЕ (НА ПРИМЕРЕ ХАРБИНСКОГО<br>ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА)                        |            |
| <b>Чэнь Жань (КНР), Тимофеева Анна Владимировна (Россия), Курикова Наталья Владимировна (Россия).....</b>                        | <b>108</b> |
| ТРАДИЦИОННАЯ КИТАЙСКАЯ МИФОЛОГИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ<br>ОНЛАЙН-ИГРЫ GENSIN IMPACT)                           |            |

|                                                                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК.....</b>                                                                                      | <b>114</b> |
| <b>Авад Петер Адел Вахим (Египет).....</b>                                                                                           | <b>114</b> |
| РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ НА БАЗЕ ROS                                                                    |            |
| <b>Аганя Давид Делаали (Гана), Новикова Анастасия Викторовна (Россия) .....</b>                                                      | <b>120</b> |
| ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ<br>ГИБРИДНЫХ ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ                |            |
| <b>Аль-Мусави Висам Мохаммедтаки М Джавад (Ирак).....</b>                                                                            | <b>127</b> |
| АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТИВНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ В СИСТЕМАХ<br>SIMO-OFDM С УЛУЧШЕННЫМ КОДИРОВАНИЕМ РИДА-СОЛОМОНА |            |
| <b>Ван Тао (Китай) .....</b>                                                                                                         | <b>131</b> |
| ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕДИ                                                                |            |
| <b>Ди Чэнь (Китай), Ли Вэйхан (Китай), Дин Цзэжу (Китай), Цао Сюакай (Китай), Козлов В.Н. (Россия) .....</b>                         | <b>134</b> |
| РАСЧЕТ ФИЗИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ                                                                      |            |
| <b>Дин Цзэжу (Китай), Жуй Минхань (Китай), Козлов В.Н. (Россия), Федоров В.В. (Россия),<br/>Донцов Ю.В. (Россия).....</b>            | <b>139</b> |
| МОНИТОРИНГ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ                                                                      |            |
| <b>Дин Цзэжу (Китай), Цао Сюакай (Китай), Ли Вэйхан (Китай), Ди Чэнь (Китай),<br/>Козлов Виктор Николаевич (Россия).....</b>         | <b>143</b> |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ НА ГЛАВНОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКЕ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ<br>ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СТАЛИ 40X13                           |            |
| <b>Исса Хайдер Абдулсахиб Исса (Ирак) .....</b>                                                                                      | <b>149</b> |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОГО<br>ВОДОРОДА И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ                  |            |
| <b>Ли Цзе (Китай), Букал Владислав Романович (Россия) .....</b>                                                                      | <b>159</b> |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИЭФИРКЕТОНКЕТОНОВЫХ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ НА Ti ПОДЛОЖКЕ<br>МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАСПЫЛЕНИЯ                             |            |
| <b>Ли Цзюмин (Китай) .....</b>                                                                                                       | <b>164</b> |
| ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ YOLO11                                                           |            |
| <b>Ли Шухуэй (Китай) .....</b>                                                                                                       | <b>170</b> |
| ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МИШЕНИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ИМПУЛЬСНЫХ НЕЙТРОННЫХ ПОТОКОВ                                                           |            |
| <b>Линь Ян (Китай), Станько А.Ю. (Россия).....</b>                                                                                   | <b>175</b> |
| СЕДИМЕНТАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ В СИНТЕТИЧЕСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ                                                                         |            |
| <b>Маньяма Тумайни Маньяма.....</b>                                                                                                  | <b>180</b> |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ЁМКОСТНОГО УРОВНЕМЕРА                                                                                                   |            |

|                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Массунда Жуниор Фернандо Эрнешто (Мозамбик) .....</b>                                                                               | <b>184</b> |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРИК ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ВСТРАИВАНИЙ (ЭМБЕДДИНГОВ) В КОНТЕКСТЕ<br>РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ                                           |            |
| <b>Массунда Жуниор Фернандо Эрнешто (Мозамбик) .....</b>                                                                               | <b>188</b> |
| РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ                                                          |            |
| <b>Мачука Мендоса Кристиан Родриго (Эквадор).....</b>                                                                                  | <b>193</b> |
| ОБНАРУЖЕНИЕ ОЧАГОВ СТЕЛОВЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ ПРИ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОМ<br>МОНИТОРИНГЕ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ                              |            |
| <b>Нгуен Хоанг Тиен (Вьетнам) .....</b>                                                                                                | <b>199</b> |
| АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ КУКА YOUNOT С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПОДХОДОМ РЕШЕНИЯ<br>ОБРАТНОЙ КИНЕМАТИКИ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ |            |
| <b>Пань Мэнхуа (Китай), Чжан Цинжун (Китай), Ли Хаонань (Китай) .....</b>                                                              | <b>204</b> |
| КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СПЛАВА Cu-13Al-3Fe С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ В РАСТВОРЕ 3,5 % NaCl                                               |            |
| <b>Сунь Чан (Китай), Брылев О.А. (Россия) .....</b>                                                                                    | <b>208</b> |
| НАВИГАЦИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРОСКАЛЫЗЫВАНИЯ                                                                             |            |
| <b>Сяо Цяньцянь (Китай) .....</b>                                                                                                      | <b>215</b> |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СИМОЮ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕПЛОВОГО ОБЪЕКТА                                                                         |            |
| <b>Тань Хуа (Китай), Станько А.Ю. (Россия).....</b>                                                                                    | <b>221</b> |
| ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА НА КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ПШЕНИЦЫ                                                               |            |
| <b>Текере Ричард (Ботсвана).....</b>                                                                                                   | <b>225</b> |
| НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ МРТ-СНИМКОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЗГА                                                                      |            |
| <b>Тянь Чэньтаоцзюнь (Китай), Станько А.Ю. (Россия).....</b>                                                                           | <b>231</b> |
| ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ НА КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ПШЕНИЦЫ                                                                           |            |
| <b>Чжан Чуян, Ли Хаонань (Китай) .....</b>                                                                                             | <b>234</b> |
| ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПОНЕНТОВ ХИТОЗАНОВОГО ГЕЛЯ НА ВЯЗКОСТЬ И ГИДРОФИЛИЛЬНОСТЬ                                                           |            |
| <b>Чжао Чжэнчуань (Китай), Тарбоков Владислав Александрович (Россия) .....</b>                                                         | <b>238</b> |
| ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КОМБИНИРОВАННЫМ<br>МЕТОДОМ                                                       |            |
| <b>Чжоу Сяньбинь (Китай).....</b>                                                                                                      | <b>242</b> |
| ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВЫХОД ВОДОРОДА<br>ИЗ МЕТАЛЛОВ Pd, Ni, Ti, Zr, Pt                               |            |
| <b>Чэнь Сяпин (Китай) .....</b>                                                                                                        | <b>248</b> |
| СИНТЕЗ И АНАЛИЗ НАНОПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМОМАГНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ                                                                          |            |

|                                                                                                                                                         |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Шэн Юйсы (Китай) .....</b>                                                                                                                           | <b>251</b> |
| ОБНАРУЖЕНИЕ И АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ КАПЕЛЬ НА МИКРОФОТОГРАФИЯХ ЭМУЛЬСИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ, ОСНОВАННОЙ НА НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ, И КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА        |            |
| <b>Шэнь Юань (Китай), Буслович Д.Г.(Россия) .....</b>                                                                                                   | <b>258</b> |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПФА-КОМПОЗИТОВ ПРИ ЛИНЕЙНОМ ТРИБОКОНТАКТЕ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ТРЕНИЯ И СМАЗКИ                                        |            |
| <b>Ян И (Китай), Станько А.Ю. (Россия).....</b>                                                                                                         | <b>261</b> |
| ИЗУЧЕНИЕ АДсорбЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ В РАСТВОРАХ КРАСИТЕЛЕЙ                                                                                        |            |
| <b>Ян Сун (Китай) .....</b>                                                                                                                             | <b>266</b> |
| СИНТЕЗ И АНАЛИЗ НАНОКОМПОЗИТОВ MgO-ZnO, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ                                                                                     |            |
| <b>«SCIENCE AS A VOCATION AND CAREER».....</b>                                                                                                          | <b>270</b> |
| <b>Ali AlWakkaf (Syria).....</b>                                                                                                                        | <b>270</b> |
| LOW FREQUENCY QUASI-ZERO STIFFNESS VIBRATION ISOLATOR FOR AIRCRAFT ONBOARD BLOCKS                                                                       |            |
| <b>Carlos Sebastian Mamani Cuenca (Bolivia) .....</b>                                                                                                   | <b>274</b> |
| ANALYSIS OF DESIGN FEATURES OF PROMISING SMALL POWER REACTORS                                                                                           |            |
| <b>Fahmy Abdalla (Egypt).....</b>                                                                                                                       | <b>290</b> |
| EXAM ANXIETY ACROSS ASSESSMENT FORMATS: A GAUSSIAN ANALYSIS .....                                                                                       |            |
| <b>Faustina Ntim Opoku (Ghana), A.A. Bulavskaya (Russia), I.A. Miloichikova (Russia),<br/>D.A. Polomoshnova (Russia), S.G. Stuchebrov(Russia) .....</b> | <b>295</b> |
| IONIZATION CHAMBERS MODELING FOR DOSIMETRY PHANTOMS DEVELOPMENT                                                                                         |            |
| <b>Odii Christopher Joseph (Nigeria) .....</b>                                                                                                          | <b>299</b> |
| THERMAL ANALYSES OF UNIFORMLY HEATED FUEL PIN CELL, INVERTED CELL, AND DUAL SURFACE COOLED CELL GEOMETRIES USING COMSOL MULTI-PHYSICS                   |            |
| <b>Rawand Samad Abdullah (Iraq) .....</b>                                                                                                               | <b>304</b> |
| ENTHALPY OF EVAPORATION FOR SOME AROMATIC COMPOUNDS AT STANDARD TEMPERATURE                                                                             |            |
| <b>Reeman Abdul-Haq (Syria).....</b>                                                                                                                    | <b>310</b> |
| EXPERIMENTAL CHARACTERIZATION OF VIBRATION DAMPING PROPERTIES OF MATERIALS                                                                              |            |
| <b>Ye Hezhi (China).....</b>                                                                                                                            | <b>315</b> |
| AUTOMATED SYSTEM OF OIL LEVEL CONTROL IN THE HORIZONTAL SEPARATOR                                                                                       |            |
| <b>«НАУЧНЫЙ СТАРТ (ДЛЯ СЛУШАТЕЛЕЙ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ)».....</b>                                                                                 | <b>318</b> |
| <b>Альаббас Башар (Сирия).....</b>                                                                                                                      | <b>318</b> |
| ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ BACILLUS SUBTILIS НА ГРИБЫ ALTERNARIA, FUSARIUM КАК ФОРМА БИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В БОРЬБЕ С ПАТОГЕНАМИ РАСТЕНИЙ                       |            |

|                                                                                                                                                                                                      |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Анан Нур Эль Худа (Алжир).....</b>                                                                                                                                                                | <b>322</b> |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМОЛЕКУЛ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ<br>ГЕРБИЦИДОВ (НА ПРИМЕРЕ РАСТЕНИЙ СЕВЕРНОГО АЛЖИРА)                                                                       |            |
| <b>Бат-Очир Должинжав (Монголия), Выдрина Вера Владимировна (Россия).....</b>                                                                                                                        | <b>327</b> |
| РОЛЬ ГАДЖЕТОВ В ЖИЗНИ СОВРЕМЕННЫХ СТУДЕНТОВ                                                                                                                                                          |            |
| <b>Баянмунх Дулгуун (Монголия), Выдрина Вера Владимировна (Россия).....</b>                                                                                                                          | <b>330</b> |
| ПРОЕКТ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА СОСЕДЕЙ ПО КОМНАТЕ В ОБЩЕЖИТИИ                                                                                                                                          |            |
| <b>Диарра Алу (Мали) .....</b>                                                                                                                                                                       | <b>333</b> |
| ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭКОНОМИКУ СЕЛЬСКОГО<br>ХОЗЯЙСТВА МАЛИ                                                                                                            |            |
| <b>Кане Зумана (Мали).....</b>                                                                                                                                                                       | <b>337</b> |
| ВОСПРИЯТИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ РИСА В СЕКТОРЕ БАБУГУ (МАЛИ)<br>И СТРАТЕГИИ ИХ АДАПТАЦИИ                                                                                                |            |
| <b>Кансай Абдулай (Мали).....</b>                                                                                                                                                                    | <b>342</b> |
| АНАЛИЗ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКА В СЕКТОРЕ ФАНА В МАЛИ: НА ПРИМЕРЕ<br>СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНА КЕРЕЛА                                                                                   |            |
| <b>Фам Тхи Хуен (Вьетнам) .....</b>                                                                                                                                                                  | <b>346</b> |
| РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСОМ ВО ВЬЕТНАМЕ                                                                                                                                  |            |
| <b>Фаманта Амаду (Мали) .....</b>                                                                                                                                                                    | <b>351</b> |
| ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ МОЧЕВИНУ (46 %)                                                                                                                           |            |
| <b>Хоссу Грас (Бенин), Виган Махуньон Эстель (Бенин) .....</b>                                                                                                                                       | <b>355</b> |
| СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА ЛИСТЬЕВ ЛАУНЕИ<br>ОДУВАНЧИКОЛИСТНОЙ LAUNAEA TARAXACIFOLIA И МАСЛА НИМА В БОРЬБЕ С ОСНОВНЫМИ<br>ВРЕДИТЕЛЯМИ БАМИИ (ABELMOSCHUS ESCULENTUS) |            |

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГУМАНИТАРНЫХ НАУК

*Агагелдиева Айджахан Башимовна (Туркменистан)*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург*

*Научный руководитель: Троцюк Светлана Николаевна, к.ф.н., доцент*

### **ПРИЕМЫ РАБОТЫ С ОБЩЕУПОТРЕБИТЕЛЬНОЙ ЛЕКСИКОЙ НА УРОКАХ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО (НА МАТЕРИАЛЕ ДВУЯЗЫЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СЛОВАРЕЙ)**

**Аннотация.** В статье исследуется общеупотребительная лексика и ее значимость для иностранных обучающихся, рассматриваются приемы обучения данной лексике с использованием двуязычных электронных словарей. Кроме того, анализируются функциональные возможности двуязычных электронных словарей, их влияние на формирование языковых навыков в преподавании русского как иностранного.

**Ключевые слова:** общеупотребительная лексика, русский язык как иностранный, нейродидактика, электронный словарь, двуязычный электронный словарь.

#### **Введение**

Актуальность исследования обусловлена необходимостью обучения иностранных студентов общеупотребительной лексике при изучении русского языка.

В условиях растущей академической мобильности и межкультурного взаимодействия иностранные студенты сталкиваются с необходимостью овладеть русским языком на уровне, достаточном для успешного освоения учебного материала и повседневного общения. Общеупотребительная лексика играет важную роль в формировании коммуникативной компетенции, но ее освоение вызывает значительные трудности у обучающихся.

Несмотря на широкое распространение электронных ресурсов в учебном процессе, методика их применения в обучении общеупотребительной лексике требует дальнейшего изучения и совершенствования. В этой связи возрастает значимость научных исследований, направленных на разработку эффективных подходов к использованию двуязычных электронных словарей при обучении иностранцев русскому языку.

Результаты данной работы будут востребованы преподавателями русского языка как иностранного (далее – РКИ), методистами, а также разработчиками учебных курсов и программ, и позволят повысить эффективность обучения и адаптацию иностранных студентов к образовательной среде.

Целью статьи является анализ приемов обучения общеупотребительной лексике иностранных студентов с использованием двуязычных электронных словарей.

Новизна исследования заключается в систематизации опыта использования двуязычных электронных словарей в обучении РКИ и разработке рекомендаций по их интеграции в учебный процесс.

Статья учитывает современные тенденции развития информационных технологий и потребности иностранных студентов в изучении русского языка.

Полученные данные помогут сформировать научно обоснованные рекомендации для преподавателей и разработчиков учебно-методических комплексов.

Таким образом, исследование призвано внести вклад в развитие теории и практики преподавания РКИ, обеспечив иностранных студентов необходимыми инструментами для успешного освоения русского языка.

### **Основная часть**

В современном мире, где информация стремительно проникает в каждый уголок нашей жизни, изучение языка становится не просто необходимостью, но и искусством. Особенно это касается общеупотребительной лексики – «пульса», который служит связующим звеном между культурами и поколениями. С каждым новым словом, понятым иностранными студентами, «расцветают оттенки» понимания и восприятия. Поэтому в данном контексте двуязычные электронные словари открывают перед обучающимися уникальную возможность не только постигнуть грамматику и лексику, но и погрузиться в глубину культурного контекста. Эти лексикографические компасы помогают ориентироваться в многогранном мире русского языка, создавая прочный мост между словом и значением, между национальной идентичностью и универсальными ценностями.

Ученый О.В. Фельде определяет общеупотребительную лексику как «комплекс стилистически нейтральных слов, служащих основой национального языка и используемых во всех сферах коммуникации» [3]. Данный вид лексики охватывает знаменательные части речи (существительные, прилагательные, глаголы, числительные, местоимения, наречия) и образует тематические группы, включающие обозначения предметов, явлений, действий, состояний и качеств.

Для эффективного обучения общеупотребительной лексике в РКИ, на наш взгляд, необходимо применять такие подходы, которые включают инновационные методы, способствующие успешному усвоению и применению лексическо-

го материала. Благодаря использованию данных методов, главным инструментом становятся электронные словари, в особенности двуязычные, обеспечивающие доступ к передовым методикам и способствующие качественному усвоению лексики [2].

В методике преподавания РКИ с использованием двуязычных электронных словарей важным является интеграция нейродидактических приемов, которая не только повышает качество обучения, но и развивает у студентов навыки самостоятельного поиска и анализа информации [1], что является важным элементом современной образовательной парадигмы.

В рамках данной статьи мы проанализируем следующие нейродидактические приемы работы с общеупотребительной лексикой при помощи двуязычных электронных словарей:

чередование: выбор слов из двуязычного электронного словаря для каждой из выбранных тем, смена темы через каждые 5 минут, предлагая новые слова, что демонстрирует разнообразие контекстов их использования;

- интервальные повторения, т.е. формирование списка слов из двуязычного электронного словаря для регулярного повторения через заданные интервалы времени, что оптимизирует процесс запоминания;
- практика поиска: после изучения новых слов закрытие перевода в двуязычном электронном словаре и самостоятельное воспроизведение студентами перевода и предложений с этими словами, стимулирующее активную память;
- двойное кодирование: нахождение слов в двуязычном электронном словаре и добавление к ним изображений для усиления визуальной ассоциации и улучшения запоминания;
- практика проработки: создание собственных предложений с новыми словами после их изучения, с возможностью проверки корректности использования через двуязычные электронные словари;
- использование двуязычного электронного словаря для нахождения примеров употребления новых слов в различных контекстах, что способствует созданию диалогов, текстов и историй, закрепляющих изученное.

Данные приемы позволяют преподавателю существенно увеличить уровень вовлеченности студентов, повысить эффективность учебного процесса, и способствуют глубокому усвоению лексического материала, что, в свою очередь, ведет к достижению высоких результатов в изучении языка иностранными студентами.

### **Заключение**

В данной работе было проведено исследование, направленное на изучение возможностей использования двуязычных электронных словарей в процессе обучения общеупотребительной лексике иностранных студентов при изучении



русского языка, в ходе которого было определено, что общеупотребительная лексика является важнейшей составляющей коммуникативной компетенции и двуязычные электронные словари представляют собой эффективный инструмент для внедрения ее в учебный процесс.

Благодаря своим интерактивным возможностям и доступности, двуязычные электронные словари позволяют студентам не только расширять свой словарный запас, но и развивать навыки самостоятельного поиска и усвоения информации.

Кроме того, в статье были даны примеры использования двуязычных электронных словарей при обучении общеупотребительной лексике на основе нейродидактических приемов. Эти приемы, практика чередования, интервальные повторения, практика поиска, двойное кодирование, практика проработки и прием конкретных примеров, способствуют активизации когнитивных процессов и улучшению запоминания лексических единиц. Примеры использования двуязычных электронных словарей на основе нейродидактических приемов демонстрируют высокую эффективность данного подхода. Например, практика чередования позволяет студентам познакомиться с разнообразием контекстов использования слов, интервальные повторения оптимизируют процесс запоминания, практика поиска стимулирует активную память, двойное кодирование усиливает визуальную ассоциацию, практика проработки развивает навыки самостоятельного использования новых слов, а приём конкретных примеров способствует созданию диалогов, текстов и историй, закрепляющих изученное.

Таким образом, результаты исследования могут быть использованы для совершенствования методик преподавания РКИ, разработки новых учебных материалов и программ, а также для повышения качества обучения иностранных студентов.

### Список литературы

1. Комкова А.М. Особенности использования приемов нейродидактики при обучении иноязычной лексике // elibrary.ru. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53839531> (дата обращения: 15.03.2025).
2. Троцюк С.Н. К вопросу о современных технологиях обучения русскому языку как иностранному / С.Н. Троцюк // Русское культурное пространство – реальное и виртуальное: Сборник материалов XXI международной научно-практической конференции, Москва, 03 декабря 2020 года. – Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография), 2022. – С. 241–244. – EDN LBPUGH.
3. Фельд О.В. Общеупотребительная лексика // Эффективное речевое общение (базовые компетенции). – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. – С. 351.

*Буэссо Малонга Беренис (Республика Конго)*

*Ивановский государственный университет, г. Иваново*

*Научный руководитель: Фархутдинова Фения Фарвасовна, д. филол. н., профессор*

## **КОММУНИКАТИВНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ГЕРОЕВ И ФУНКЦИИ РЕЧЕВОГО ЭТИКЕТА В РАССКАЗАХ И.А. БУНИНА**

**Аннотация.** Изучение русской классики, шедевров литературы позволяет не только найти ответы на вечные вопросы, которые стоят перед человеческим сообществом, изучить колорит эпохи создания произведения, но и рассмотреть изменения в языке и культуре, а также проанализировать их воспитательный потенциал. В статье анализируются особенности коммуникативного поведения героев И.А. Бунина из цикла «Темные аллеи». Цикл рассматривается в аспекте отношения к семейным ценностям, одна из которых – сохранение семьи, семейного уклада, особого семейного общения.

**Ключевые слова:** коммуникативное поведение, речевой этикет, вежливость, вы-формы, ты-формы, семейное общение.

**Введение.** Интерес современных российских и зарубежных ученых к циклу рассказов И.А. Бунина «Темные аллеи» связан с тем, что он признан вершиной прозаического творчества писателя. Здесь проявляется богатство и многослойность его языка, получившего название *бунинская парча*. В произведениях цикла «Тёмные аллеи» автор воссоздаёт атмосферу жизни русского общества до 1917 года, описывает быт эмигрантов в Европе после революции и делится впечатлениями от своих путешествий на Восток. Несмотря на то, что Бунин жил за границей, он оставался русским писателем, который сохранял свой взгляд на мир и использовал русские культурные коды. В его произведениях можно увидеть проявления русскости, которые выражаются через вербальный и невербальный речевой этикет как часть коммуникативного поведения героев.

Исследование формул речевого этикета и их всестороннее описание не утрачивают своей значимости в связи с динамичными изменениями, происходящими в русском языке в целом и в национальном речевом этикете в частности. Изучение этой части словарного состава языка важно, поскольку речевой этикет является одним из ключевых элементов языковой картины мира народа, в котором отражается взаимосвязь языка, культуры, менталитета всего этноса и каждого его представителя.

### **Основная часть**

Речевой этикет – это важный и показательный элемент любой национальной культуры. Он представляет собой выработанные обществом правила, национально специфичные, устойчиво закреплённые в речевых формулах, но в то же

время исторически изменчивые [1, с. 54]. Одна из главных функций речевого этикета – реализация «социально-регулятивной функции языка» [2, с. 353], вербальное и невербальное указание собеседнику отношения к нему, а также самооценку себя и своего положения относительно собеседника [1].

Многие любовные истории, показанные И.А. Буниным, происходят в атмосфере помещичьей усадьбы (рассказы «Руся», «Антигона», «Муза», «Натали», «Таня», «Баллада», «Холодная осень»). Каждая усадьба – это особый мир. Его составляют интерьер помещичьего дома, сад, тенистые аллеи, дорожки, пруд и клумба. В доме живут хозяева и слуги, бывают посторонние – гости или нанятые для работы люди. Именно чужие люди замечают, как общаются между собой обитатели усадьбы.

Обязательная часть повествования – речевой этикет, основой которого является вежливость. В русской культуре вежливость проявляется в последовательном разграничении *вы-формы* и *ты-формы*. *Вы-форма* выступает средством демонстрации уважения к собеседнику, помогает подчеркнуть закономерное распределение ролей между коммуникантами и статус самой ситуации общения, например, беседу родственников, один из которых старший по возрасту, другой – младший. Так, в рассказе «Руся» главная героиня обращается к родителям на *вы*. Эту форму она использует в разговоре с отцом (- *Не угощайте его, папа, напрасно*). Эта же форма звучит в её речи при общении с матерью: *Она прошептала: - Вы, вы, мама...* В ключевой сцене рассказа мать тоже обращается к Русе на *вы*, называя свою дочь по имени-отчеству: *Марья Викторовна, выбирайте: мать или он!* Если *вы-формы* в речи Руси – показатель вежливости и уважения к собеседнику, то в монологе матери они используются как способ давления на девушку, потому что безумная женщина ставит дочь перед выбором, которого нет.

В общении с главным героем рассказа Руся сначала использует только *вы-формы* (*- А вы думаете, что вы что-нибудь смыслите в живописи?*), но с момента физической близости она переходит на *ты-формы*. В начале своего знакомства молодые люди соблюдали правила этикета и проявляли вежливость, а после того, как стали как бы мужем и женой, их общение стало более дружеским и интимным. Беседуя с героем, Руся называет его *глупый*, чтобы показать, что он ошибается в своих оценках её чувства.

В рассказе «Руся» писатель показал, как хамство в общении с человеком влияет на его состояние, как оно запоминается на долгие годы. Любовные отношения героя и Руси разорвала мать девушки. Именно она вбежала в гостиную, где герои сидели и беседовали, разглядывая картинки в журнале «Нива». Она театрально закричала: – *Только через мой труп перешагнет она к тебе! Если сбежит с тобой, в тот же день повешусь, брошусь с крыши! Негодяй, вон из моего дома! Марья Викторовна, выбирайте: мать или он!* (И. Бунин «Руся»). В приведенном фрагменте хорошо видно, что мать Руси (полоумная

женщина) оскорбительно ведет себя по отношению к молодому человеку: она не только называет его *негодяем* и выгоняет его из дома, но и обращается к нему на *ты*, а также говорит о нем в третьем лице. Это, отмечает А.Г. Балакай, «считается невежливым: говорящий как бы исключает собеседника из общения, демонстрируя тем самым неуважительное к нему отношение» [3, с. 329]. При этом к своей дочери женщина обращается по имени-отчеству (*Марья Викторовна*) и использует вы-форму (*выбирайте*), но тоже говорит о Русе в третьем лице (*через мой труп перешагнет она к тебе! Если сбежит с тобой...*) (И. Бунин «Руся»). Вспоминая эту сцену через двадцать лет, рассказчик ощущает стыд и боль от неожиданного разрыва. Однако эта черта – говорить о присутствующем в третьем лице – была и в коммуникативном поведении Руси: девушка невольно, незаметно для себя, повторяла речевые особенности матери.

Совершенно иначе строится коммуникативное поведение в тех усадьбах, где есть достаток и благополучие. Там герои очень вежливы, дружелюбны, как в рассказе «Антигона»: они обнимаются при встрече, целуют друг друга, используют слова-названия родственных отношений (*дядя*). в качестве обращений. И от сиделки, ухаживавшей за дядей, избавляются красиво, не показывая своего недовольства её поведением. Семейный речевой этикет позволяет генеральше сохранить лицо семьи и избежать скандала.

В рассказе «Муза» ни интимное сближение героев, ни их совместная жизнь и совместное ведение хозяйства не привели к тому, что рассказчик и Муза Граф перешли на *ты*-формы общения: и при знакомстве, и при расставании молодая женщина была очень сдержанной и обращалась к рассказчику только на «вы». Исследователи рассказа отмечают, что в образе Музы выведен новый тип женщины, которая сама выбирает себе спутника, определяет ход его жизни, сама знакомится и сама решает, когда с ним расстаться [4, 5]. Такое поведение отражается на речевом этикете: она держит дистанцию с мужчинами и не позволяет им проникнуть в её мир. Именно поэтому у героев не сложилась семья, их отношения не стали семейными.

### **Заключение**

В каждом рассказе цикла «Темные аллеи» И.А. Бунин показывает не только особенности русского речевого этикета, но и особенности семейной жизни героев, характер взаимоотношений, принятых в семье или в обществе. Изучение и описание речевого этикета как части коммуникативного поведения героев позволяет по-новому интерпретировать сюжет произведения, характер развития отношений героев, выявить авторский взгляд на рассказанную историю, а также смысл, вложенный в нее автором.

### Список литературы

1. Формановская Н.И. Русский речевой этикет: лингвистический и методический аспекты. – М., 1982. – 246 с.
2. Котлева Е.Б. Тенденции в изучении речевого этикета // Пушкинские чтения. – 2011. – № XVI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-v-izuchenii-rechevogo-etiketa> (дата обращения: 25.02.2025).
3. Балакай А.Г. Словарь русского речевого этикета: 2-е изд., испр. и доп. – М., 2001. – 672 с.
4. Комлева Н.В., Рябова Е.В. Лингвопоэтический анализ имени *Муза* в одноимённом рассказе И.А. Бунина // Казанская наука. – 2021. – № 3. – С. 38–40.
5. Нгуен Тхи Тхыонг. Имя и портрет в рассказе И. А. Бунина «Муза» (цикл «Тёмные аллеи») // Вестник Удмуртского университета. Серия «История и филология». – 2014. – Вып. 4. – С. 41–44.

*Кудайбергенов Женисбай Бахтияр улы (Узбекистан)*

*Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва*

*Научный руководитель: Митрофанова Ирина Игоревна, кандидат социологических наук,  
доцент*

### ТЮРКСКОЕ НАСЛЕДИЕ В НАЗВАНИЯХ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ

**Аннотация:** в данной работе исследовано влияние тюркских народов на топонимию России, а также города с тюркской этимологией, такие как Самара, Астрахань, Оренбург и другие. Рассматриваются исторические связи, культурное взаимодействие и изменения в названиях, сохранившие следы тюркского наследия и влияния на этнокультурное развитие региона.

**Ключевые слова:** тюркская лексика, народ, топонимы.

#### **Введение**

Язык – это уникальная система знаков, которая выполняет важнейшие функции в жизни общества, такие как общение, идентификация и передача культурных ценностей. Исторически Россия находилась в тесном контакте с тюркскими народами, начиная с раннего Средневековья, когда кочевые тюркские племена пересекали евразийские степи и вступали в торговые, военные и культурные связи с восточнославянскими племенами. Эти взаимодействия привели к тому, что тюркские слова и выражения постепенно проникли в русский язык. Тюркская лексика оставила значительный след в русском языке, особенно в областях, связанных с кочевой жизнью, военными терминами, бытом и при-

родой. Например, такие слова, как «караван», «сарай», «аркан», «табун» и «кумыс», имеют тюркское происхождение. Таким образом, тюркские слова не только дополнили словарный запас русского языка, но и способствовали формированию уникального культурного синтеза, что особенно заметно в названиях населенных пунктов на территориях с историческим присутствием тюркских народов. Актуальность работы заключается в необходимости осознания роли тюркских народов в историческом и культурном развитии России, в частности, через их влияние на язык и топонимию. Цель исследования – выявить следы тюркского воздействия на русскую лексику и топонимию, а также проследить, как взаимодействие различных культур способствовало формированию этнокультурного ландшафта страны.

### **Основная часть**

Тюркские народы играли важную роль в формировании этнокультурного ландшафта на территории современной России. С VI века и до позднего Средневековья степные районы Евразии, а также Урал (Челябинск, Магнитогорск, Сибай, Стерлитамак) – земли башкир, мишарей и других тюркских племен), Поволжье (Казань, Уфа, Самара, Саратов) – территории с богатым наследием волжских булгар и татар, и Сибирь (Омск, Тюмень, Тобольск, Барнаул) – регионы, где кочевали сибирские татары, телеуты, ханы и другие народы, были местами активного расселения тюркских племен: булгар, хазар, кыпчаков, башкир, татар, казахов и других. Это влияние отразилось в топонимах, многие из которых сохранились до наших дней.

Всем известно, что Российская империя и СССР в свое время меняли тюркские названия городов на русские, тем самым обосновывая себя. Бывало, что заменяли к близкому по значению русскому слову или напрямую переводили названия местностей и городов, например, так Сарын-Чин («Желтый остров», «сары» в переводе с тюркского – «желтый») превратился в Царицын (спустя время переименован в Волгоград), кроме этого они переводили названия гор, например: «Бештау» («Пять гор», в переводе с тюркского – «беш» это «пять», а «тау» это «гора») превратился в «Пятигорск», здесь я упомянул одного из самых узнаваемых городов России.

В сегодняшних реалиях существуют города, которые сохранили свою тюркскую этимологию, но все равно потерпели изменения. Люди начали добавлять различные суффиксы -ск, -град, -ь, -ево / -ово. Ниже будут представлены топ 5 известных городов России, которые имеют тюркскую этимологию:

- Самара (тат. и чуваш. Самар, башк. Һамар) – девятый по численности город в России, расположен в историческом регионе Идель-Урал. Значение города объясняется в разных источниках по-разному. Одни пишут, что от имени сына Ноя Сима (Сама), якобы владевшего землями от волжских и самарских берегов на юго-восток, включая и страны Азии [1]. Поселение-

пристань Самара впервые отмечено на карте Волги 1367 года венецианских купцов Франческо и Доменико Пицигано, а значит, до захвата этого населенного пункта российскими войсками, в это время на этой территории существовала Золотая Орда. Расположен на левом низменном берегу Саратовского водохранилища напротив Самарской Луки, при впадении в неё рек Самары (отсюда название города) и Сока. Впервые название реки Самары упоминается в записках секретаря арабского посольства и путешественника Ахмеда ибн Фадлана (921 год) как «Самур». Великий немецкий языковед, лексикограф, славист и балканист российского происхождения – Макс Фасмер написал, что название происходит от языков тюркской группы, приводя в пример, татарское, чагатайское, чувашское «самар» – «мешок, чаша».

- Астрахань (тат. и башк. *Әстерхан*, каз. *Астрахан* (Астархан, Астарқан, Қажытархан), ног. *Аштархан*, азерб. *Həştərxan*, тюрк. *Ажы-Тархан*) – прикаспийский город, некогда столица Астраханского ханства. Исследователями отмечено, что существует свыше 20 форм написания Астрахани [2]. Она имеет богатую историю, была центром торговли Золотой Орды благодаря своему очень удачному географическому положению. Название происходит от арабского «хаджи» («совершивший хадж, паломничество в исламскую святыню – Каабу») и тюркского «тархан» (тюркский титул, который также используется в качестве мужского имени). Далее из-за особенностей тюркской фонетики (отсутствуют звуки «h» и «дж») «хаджи» превратилось в «ажы» (кирг. ажы, ног. ажи и т.д.).
- Оренбург (каз. *Орынбор*, башк. *Ырымбур*, тат. *Ырынбур*) – в 1734 году казахский хан Абулхаир отправил своего сына Ерали ко двору русской императрицы Анны Ионовны, обсуждался вопрос возведения крепости на реке Орь для того, чтобы казахи из Киши Жуза обеспечивали безопасность караванов и границ, также Абулхаир-хан добился утверждения в его роде ханское престолонаследие на вечные времена (но Российская Империя позже нарушила слово) и в итоге был построен город, известный как Оренбург. Происходит от названия реки Орь (левый приток Урала). В переводе с немецкого означает «крепость на реке Орь». Название города было дано как дань «немецкой моде» той эпохи (город был основан в 1735 году при Анне Иоанновне) [3].
- Омск (каз. *Омбы*, бараба-тат. *Умбы*) – один из крупнейших городов России, располагающийся на слиянии рек Иртыш и Омь. Название города восходит к реке Омь, на которой он расположен. Само слово «Омь» имеет тюркское происхождение, образованное от слова «ом», что означает «тихая» на диалекте барабинских татар. Археологические исследования показывают, что территория современного Омска была заселена уже в III–IV веках нашей эры. Здесь располагались поселения тюркского народа

хунну (сюнну), пришедшего из Центральной Азии. Эти племена оказали значительное влияние на культурный и этнический ландшафт региона. До прихода русских первопроходцев в XVII веке данная территория была частью кочевой жизни барабинских татар – одной из тюркских этнических групп Западной Сибири. Татары Барбы активно использовали местные водоемы для рыболовства и скотоводства, а река Омь играла ключевую роль в их хозяйственной деятельности. Сибирские татары и другие тюркские народы региона взаимодействовали с русскими казаками, пришедшими в Сибирь в XVI–XVII веках. Это взаимодействие отразилось на языке, культуре и топонимике региона.

- Челябинск (башк. *Силәбе*, тат. *Чиләбе*, каз. *Челябі*) – седьмой по численности населения город России, расположенный на границе Урала и Сибири. Название города восходит к тюркскому имени и титулу *Челеби*, что в переводе означает: «царевич», «образованный», «господин», «благородный». Имя и титул *Çelebi* распространено в тюркских языках:
  - турецкий – *Çelebi*,
  - каракалпакский – *Shalabiy*,
  - татарский – *Чаләби*,
  - азербайджанский – *Çələbi*,
  - узбекский – *Chalabiy*,
  - крымско-татарский – *Çelebi*.

Это подтверждается топонимическим словарем «*Географические названия мира*» под редакцией Евгения Поспелова [4]. Челябинск не только сохранил тюркское название, но и является частью культурного наследия Южного Урала, где с давних времен проживали различные тюркские народы: башкиры, татары, казахи и другие. Башкирское название Силәбе и татарское Чиләбе отражают связь города с местными тюркскими этносами и их языковым наследием.

### **Заключение**

Тюркские топонимы имеют важную роль в сохранении исторической памяти о народах, которые проживали на этих территориях. Они служат не только географической меткой, но и своеобразным напоминанием о тех культурных и политических процессах, которые происходили в этих местах. Топонимия – это не просто названия мест, это целая история о людях и их жизни, об их мировоззрении и культуре. Через такие города, которые были упомянуты выше можно узнать не только о тюркском наследии, но и о том, как оно вписывалось в более широкую историю России. Тюркские корни в названиях российских городов подчеркивают многообразие этнических и культурных влияний, которые оказали значительное воздействие на развитие страны. Данные топонимы – это не только названия территорий, но и важные элементы исторического наследия,



которые помогают нам понять, как тюркские народы в разные исторические эпохи жили, взаимодействовали и оставили след в топонимике современных российских городов.

### Список литературы

1. Мультимедийный лингвострановедческий словарь «Россия». – М. : Государственный институт русского языка им. А. С. Пушкина, 2014–2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ls.pushkininstitute.ru/lsslovar> (дата обращения: 12.04.2025)
2. Бармин А.Н., Бесчётнова Э.И., Вознесенская Л. М. [и др.] География Астраханского края : учеб. пособие. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – С. 259.
3. Фасмер М. Предисловие автора // Этимологический словарь русского языка = Russisches etymologisches Wörterbuch [пер. с нем.]: в 4 т. Т. 1. – 4-е изд., стереотип. – М. : Астрель – АСТ, 2007.
4. Пospelов Е.М. Географические названия мира: Топонимический словарь: Свыше 5000 единиц / отв. ред. Р.А. Агеева. – М.: «Русские словари», 1998.– 372 с. – ISBN 5-89216-029-7

*Кэ Вэйсян (Китай), Замятина Елена Викторовна (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Замятина Елена Викторовна, к. ф. н., доцент*

## РУССКИЕ АНТРОПОНИМЫ В УНИВЕРСИТЕТСКОЙ СРЕДЕ КИТАЯ И РОССИИ

**Аннотация:** в данной статье рассматривается использование русских имен в китайско-российской университетской среде и анализируются причины, по которым китайские студенты выбирают русские имена при изучении русского языка и при общении с преподавателями, закономерности использования имен китайских студентов преподавателями вузов Китая и России на занятиях.

**Ключевые слова:** антропонимика, русские имена, университетская среда, культурная идентичность.

### Введение

Имена очень удобный инструмент в университетах, они облегчают передачу информации между людьми и делают образовательную исследовательскую работу и повседневную жизнь университета более эффективными. В то же время имя может выражать уважение к старшим и делать окружающую среду более гармоничной.

Для понимания тенденций присвоения китайскими студентами русских имен был использован метод анкетирования. Для анализа частотности использования русского имени китайских студентов преподавателями применен метод наблюдения.

### **Основная часть**

Имя собственное используется для выделения именуемого объекта среди других объектов [1], служит для индивидуализации личности, требует отдельного, особого рассмотрения [2]. Среди собственных имен особо важное значение приобретают антропонимы, так как являются идентификаторами человека в социальной и культурной среде.

Большая российская энциклопедия даёт такое определение антропонимики – это «раздел ономастики, изучающий антропонимы – любые собственные имена, которые может иметь человек или группа людей» [3]. Антропонимические системы уникальны в разных обществах и культурах. Форма имён и традиции их употребления имеют ярко выраженные национальные особенности. К антропонимам относятся: фамилия, имя, отчество, псевдоним, прозвище.

### **Употребление русских имен китайскими студентами**

В университетской среде в Китае используют двучленное личное имя: фамилию и имя. В китайском языке нет отчества. Так, к преподавателю необходимо обращаться с использованием звания или должности и фамилии (Преподаватель Лю). А обращение к студенту – только фамилия и имя (Ли Хуа).

В России используют трёхчленное личное имя: фамилию, имя, отчество. Отчество – это характерная черта русской именной системы. К преподавателю обращаются по имени и отчеству, к студенту – по имени.

В среде вузов Китая есть традиция давать русское имя студентам, изучающим русский язык. Такое имя можно назвать прозвищем, так как прозвище дают человеку по его характерной черте или свойству, а цель применения русского имени китайскими студентами – наименование с помощью созвучного имени или включение в лингвокультурную среду изучаемого языка. По своим функциям русское имя китайских студентов является псевдонимом (это имя используют вместо настоящего). Псевдоним – вымышленное имя, которое иногда принимают писатели и поэты. Однако, студенты не используют данное для публичных выступлений, его используют в неформальной обстановке и в учебной университетской среде (внутри группы).

Преподаватели в Китае ищут русские имена, похожие по звучанию на китайские имена. Например, китайское имя Ли Мин близко к «Миша», его русское имя может быть Михаил. Преподаватели могут выбирать имена с положительным подтекстом (Светлана, Людмила), или связанные с русской литературой и культурой (Андрей) и историей (Пётр, Владимир).

Студентам нравится примерять на себя русское имя, так как, во-первых, русские имена легко читаются и звучат приятно, они ритмичные и благозвучные, как музыка, а созвучия с китайским именем делают русское имя близким и приятным. Во-вторых, нравятся значения имен. Наиболее распространённые российские имена являются привлекательными и для китайских молодых людей. А русские имена, которые совершенно отличаются от китайских имён, позволяют почувствовать себя интересными и любимыми, студенты «чувствуют мелодику русского языка, особенности его вокализма и консонантизма, а через имя хотят приобщиться к традициям русской культуры независимо от места изучения языка» [4].

#### **Анкета и анализ данных**

Мы провели анкетирование среди китайских студентов, изучающих русский язык. В феврале 2025 года 29 студентов Чунцинского университета искусств и наук и Томского политехнического университета заполнили анкету о понимании своих собственных русских имен.

Всего анкета содержала 8 вопросов:

1. Как долго вы изучаете русский язык?
2. Какое имя вы выбрали?
3. Вам нравится ваше русское имя?
4. Как вы выбрали русское имя?
5. Почему именно это имя вы выбрали?
6. Обращал вы внимание на значение русского имени при его выборе?
7. Это означает ваше русское имя, вы знаете?
8. Помогает ли наличие русского имени?

Большинство студентов изучают русский язык в течение двух-трех лет.

Из ответов на второй и третий вопросы мы узнали, что русские имена китайских студентов очень распространены и большинство (96 %) из них очень довольны своими русскими именами.

При ответе на четвертый вопрос студенты отметили, что 31 % русских имен учеников были выбраны их учителями, 42 % студентов выбрали свои русские имена сами, а 27 % русских имен учеников были рекомендованы их друзьями. Это говорит о том, что большинство китайских студентов, изучающих русский язык, готовы самостоятельно изучать русскую культуру и выбирать русское имя, которое им подходит в соответствии с собственными потребностями (рис. 1).

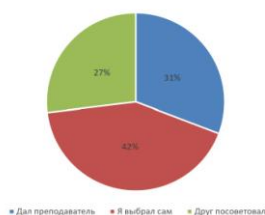


*Рис. 1. Происхождение русских имен китайских студентов*

При ответе на пятый вопрос 55 % студентов отметили приятное звучание русских имен, а 45 % студентов отметили красивое значение и глубокий культурный подтекст, заложенный в русских именах. Это помогает китайским студентам лучше понять русскую культуру и глубже изучить русский язык (рис. 2).



*Рис. 2. Причины, по которым китайские студенты выбирают русские имена*

Согласно ответам на вопросы 6 и 7, две трети учащихся знают и понимают значение своих русских имен. Это говорит о том, что наличие русского имени может помочь китайским студентам лучше понять российскую историю и культуру. Благодаря углубленному изучению студенты могут еще больше расширить свои знания о российском обществе и истории, а также улучшить культурную коммуникацию.

Отвечая на вопрос 8, почти все студенты отметили, что наличие русского имени полезно для изучения русского языка. Русские имена помогают учащимся понять русскую культуру, облегчают учителям запоминание учащихся и делают общение между преподавателями и студентами более удобным.

#### **Употребление русских имен китайских студентов преподавателями**

Преподаватели играют важную роль в общении со студентами. Важность русских имен в университетском образовании можно понять, наблюдая за частотой, с которой преподаватели китайских и российских университетов используют русские имена студентов.

Наблюдая за использованием русских имен студентов преподавателями Чунцинского университета искусств и наук и Томского политехнического университета на занятиях, мы можем сделать следующие заключение: большая часть преподавателей готова использовать русские имена для обращения к своим ученикам. Известно, что 9 преподавателей китайского вуза готовы использовать русские имена для обращения к студентам в классе, а 5 преподавателей предпочитают использовать китайские имена для обращения к студентам (рис. 3).

Мы выявили следующие закономерности. Во-первых, зависимость от численности обучающихся в группе. В каждой группе русского отделения Чунцин-

ского университета искусств и наук обучается около 35 человек, поэтому преподавателю из России легче обращаться к студентам по русскому имени. Во-вторых, русские имена очень лаконичны, и учителя могут быстро запомнить и узнавать русское имя каждого ученика и, таким образом, быстро общаться.

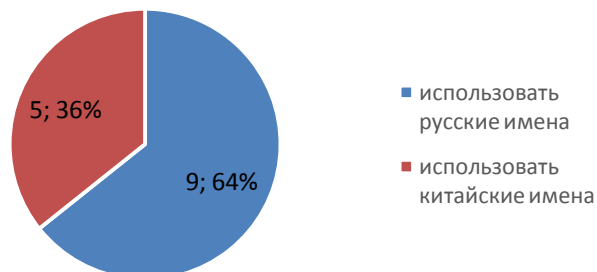


*Рис. 3. Использование русских имен китайскими преподавателями*

При изучении русского языка в российском университете количество человек в каждой группе, изучающей русский язык, небольшое. В Томском политехническом университете в каждой группе 7–12 человек, поэтому преподаватель называет студентов их китайскими именами. В группе 154Б22 9 преподавателей называли студентов китайскими именами, а 6 преподавателей называли студентов русскими именами, зная их русские имена (рис. 4).

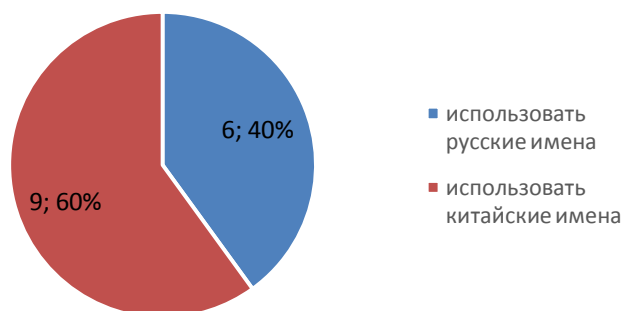


*Рис. 4. Использование русских имен русскими преподавателями*

При чтении лекции, если количество студентов превышает 15, преподаватель обычно обращается к студентам по их русским именам. Это связано с тем, что преподаватель лучше знаком с русскими именами и может точно идентифицировать студентов по их русским именам, что делает коммуникацию более эффективной.

### **Заключение**

Имя человека отражает историю народа. Наличие иностранного имени также может помочь вам лучше интегрироваться в языковую среду при изучении иностранного языка. Например, когда студенты изучают русский язык наличие русского имени может помочь им понять историю и культурные конно-

тации русского языка. Она также может служить символом изучающих русский язык и давать им чувство идентичности. Изучение использования русских имен в китайско-российских университетских условиях может способствовать взаимопониманию и культурному обмену между двумя странами.

### Список литературы

1. Жулева М.И. Личные имена в студенческой речевой коммуникации / М.И. Жулева, Е.Н. Бекасова // *Linguistica Juvenis*. – 2022. – № 24. – С. 88–96. – EDN LSHWJD.
2. Суперанская А.В. Общая теория имени собственного. – М. : URSS. – 2007. – 366 с.
3. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://old.bigenc.ru/linguistics/text/2689763> (дата обращения 15.04.2025)
4. Котова Д.С. Русские антропони́мы в сознании китайских студентов (по материалам анкетирования) / Д.С. Котова, Чжао Чэньси // *Мир науки, культуры, образования*. – 2021. – № 3(88). – С. 430–435. – DOI 10.24412/1991-5497-2021-388-430-435. – EDN WRLLBG.
5. Гранкина М.А. Русские антропони́мы и их роль в аккультурации китайских студентов (на примере сопоставительного анализа) / М.А. Гранкина // *Известия Южного федерального университета. Филологические науки*. – 2019. – № 1. – С. 208–211.

*Ли Шу (Китай)*

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург*

*Научный руководитель: Кира Александровна Щукина, к.ф.н., доцент*

### ОБРАЗЫ ИНОСТРАННЫХ КУЛЬТУР В ПЕТЕРБУРГСКИХ НАЗВАНИЯХ РЕСТОРАНОВ

**Аннотация:** в статье рассматриваются инокультурные элементы в 300 названиях ресторанов Санкт-Петербурга. Выделены доминирующие инокультурные элементы: итальянские (17 %), американские (11.7 %) и японские (6.3 %). Результаты исследования демонстрируют культурную открытость города и влияние глобализации на гастрономическую сферу города Санкт-Петербурга.

**Ключевые слова:** эргоним, коммерческие названия, урбанонимика, лингвокультурология.

## Введение

Наименования коммерческих предприятий занимают значительное место в городском ономастиконе [1, с. 579]. Город Санкт-Петербург, выступая в качестве «окна в Европу», имеет богатую гастрономическую культуру. На фоне ускоренной глобализации, петербургские названия ресторанов служат важным проводником межкультурной коммуникации. Актуальность исследования обусловлена важностью описания эргонимов, в частности, названий ресторанов, с точки зрения лингвокультурологии. Целью данной работы является выявление элементов иностранных культур в 300 названиях ресторанов Санкт-Петербурга. Новизна исследования заключается в выявлении иностранных элементов в названиях ресторанов Санкт-Петербурга с учетом того, что требуется отдельный анализ иноязычных элементов в контексте глобализации урбанистического пространства.

## Основная часть

Феномен «еда/пища» является одним из важнейших «пластов бытия», который не только обеспечивает базовые потребности человека, но и определяет культуру этноса [2, с. 238]. В 300 единицах петербургских названий ресторанов обнаруживаются русские (32 %), итальянские (17 %), американские (11.7 %), японские (6.3 %), французские (6 %), мексиканские (4 %), китайские (4 %), корейские (2.3 %), немецкие (1.7 %), греческие (1.7 %), индийские (1.7 %), испанские (1.3 %), марокканские (1 %) и другие (9.3 % смешанные или абстрактные) элементы культуры. В исследовании были использованы описательный метод, сопоставительный метод при сборе и анализе эргонимов, количественный подсчет. Данные исследования были собраны с веб-сайта «*То место*» [3]. Рассмотрим самые характерные элементы (за исключением русских) в порядке очереди:

### 1. Итальянские элементы (51 название)

В названиях ресторанов Санкт-Петербурга встречается всего 51 заведение, которые отражают итальянскую культуру. Способы отражения итальянских элементов в названиях ресторанов следующие: 1) Прямое использование итальянского слова. «*Trattoria*» активно используется в названиях ресторанов, которая отличается от классического ресторана небольшим набором блюд. Например, «*Траттория Стефано*», «*Траттория Лимончелло*», «*Марио Траттория*», «*Траттория «Роберто»*» и др. Некоторые названия ресторанов получили свои названия от названий блюд итальянской кухни. К примеру можно привести такие названия, как «*Pasta*», «*Pizza*», «*Risotto*» (блюдо итальянской кухни из риса), «*Gelato*» (итальянский замороженный десерт) и др. 2) Употребление итальянских топонимов. Например, «*Milano*», «*Toscana*» и т.д. 3) Употребление итальянских антропонимов. Например, «*Челентано*» (итальянский музыкант), «*Ромео*» и др.

Заметное место итальянской культуры на рынке петербургского общественного питания показывает потребительское предпочтение петербуржцев. Это

объясняется не только популярностью итальянской кухни в мире, но и привлекательностью культурных кодов, таких как «романтика», «семья», «искусство» в итальянской культуре.

## 2. Американские элементы (35 названий)

Преимущества американской культуры в названиях ресторанов Санкт-Петербурга заключаются в следующем:

1) Высокая узнаваемость популярных блюд. Такие блюда, как BBQ, стейк, бургер широко известны во всем мире. Например, «Smoke BBQ», «Стейк-хаус», «Стейк by Steak» и др.

2) Несомненная привлекательность американской культуры. Элементы американского фильма, сленга, и других легко привлекают внимание потребителей. Например, «The Buddy Cafe». «Buddy» является сленговым выражением в американской культуре. Название ресторана передает приятную и непринужденную атмосферу.

3) Молодежная направленность и коммерческая ориентированность американской культуры позволяют ресторанам с американскими элементами занимать особое место в таких сферах, как фастфуд и бары. Например, «Аль Капоне». Название бара связано с американским гангстером Аль Капоне. Данное название создает винтажную и дерзкую атмосферу 1930-х годов Америки и привлекает молодую аудиторию.

## 3. Японские элементы (19 названий)

Особенность японской культуры в названиях ресторанов объясняется следующими признаками:

1) Тенденция здорового питания. В названиях ресторанов с японскими элементами «суши» является самым употребительным словом. Например, «Суши в Бутылке», «Самба Суши», «Суши-Рия», «Суши Уайт», «Про-Суши» и др. Использование слова «суши» напрямую указывает ключевой знак японской культуры. Благодаря низкому содержанию жиров и использованию свежих ингредиентов в ходе приготовления, это блюдо мы можем отнести к здоровому питанию. Кроме того, в названиях ресторанов также были использованы такие слова, как «васаби» (японский хрен), «тайяки» (традиционное японское печенье в форме рыбки), представляющие собой символы японской культуры.

2) Популярность японской культуры. Например, название «езо изакаия» состоит из двух частей. «Ezo» – бывшее название японского острова Хоккайдо. «Изакаия» – тип неформального японского бара. Название ресторана акцентирует внимание на местной японской кухне. «Изакаия», «сакура» и другие элементы японской культуры легко воспринимаются потребителями.



#### 4. Французские элементы (18 названий)

Названия ресторанов с французскими элементами представлены следующими способами:

1) Использование французского слова. Встречаются в названиях: «La Vue» (с французского языка переводится как вид), «Bellevue» (прекрасный вид) и др. К этой группе также относятся названия ресторанов, которые используют названия традиционных французских блюд. Например, «Рататуй» (от французского слова *ratatouille*), «Фуа Гра» (жирная печень) и т.д.

2) Употребление французского топонима. Например, ресторан «Париж», «Прованс», «Бургундия» и др.

#### 5. Мексиканские (12 названий)

В названиях ресторанов обнаруживаются элементы мексиканской культуры. Названия могут напрямую использовать испанское слово: «Брос Бурритос» (Бурритос обозначает мексиканское блюдо), «Don Garcia Taqueria» (Don – это уважительное обращение к мужчине на испанском языке, фамилия Garcia символизирует медведя или молодого воина, последнее слово Taqueria обозначает тип ресторана, в котором подают мексиканское тако), «Трес Амигос» (в переводе с испанского обозначает «три друга»), «Paloma Cantina» (Paloma – традиционное название мексиканского коктейля, Cantina представляет собой тип бара в Мексике) и т. п.

В названиях ресторанов наблюдается включение элементов азиатской культуры, помимо вышеупомянутых японских элементов, можно выделить не только китайские элементы, например, «Сычуань» (провинция Китая), «Малатан» (китайское блюдо) и др., но и корейские, например, «Кореана», «Корейский лофт», «Бибимбап» (корейское блюдо) и т.п. Кроме того, среди 300 единиц названий ресторанов присутствуют элементы культуры, занимающие незначительную долю: немецкие (1.7 %), греческие (1.7 %), индийские (1.7 %), испанские (1.3 %), марокканские (1 %).

#### Заключение

Подводя итоги, можно утверждать, что среди 300 названий ресторанов Санкт-Петербурга доминирующие культурные элементы составляют итальянские (17 %), американские (11.7 %) и японские (6.3 %). Результаты исследования свидетельствуют о высокой степени культурной открытости города Санкт-Петербурга и отражают особенность глобализации городской гастрономической культуры.

#### Список литературы

1. Позднякова Е.Ю. Исконная и заимствованная лексика в наименованиях коммерческих объектов городского пространства // Вопросы журналистики, педагогики и языкознания. – 2022. – Т. 41, № 3. – С. 578–589.

2. Лабунец Н.В., Эртнер Е.Н. Гастрономический текст в обучении русскому языку иностранцев: семиотическая проекция // Филологический класс. – 2022. – Т. 27, № 1. – С. 236–248.
3. То место // URL: <https://tomesto.ru/spb> (дата обращения 22.02.2025).

*Пэн Шэнжун (КНР), Сенина Анастасия Денисовна (Россия),  
Курикова Наталья Владимировна (Россия)*

*Томский государственный университет, Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Курикова Наталья Владимировна, к.филол.н., доцент кафедры  
международной деловой коммуникации*

## **АДАПТАЦИЯ НАИМЕНОВАНИЙ КИТАЙСКИХ БРЕНДОВ К РОССИЙСКОМУ РЫНКУ: ФОНОСЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

**Аннотация:** в статье исследуется фоносемантическое восприятие названий китайских автомобильных брендов на российском рынке: на примере Geely, Chery, Haval, BYD, FAW и Dongfeng рассматриваются удачные и неудачные решения в адаптации наименований брендов с учетом субъективной фоносемантики. Анализ демонстрирует, как звуковая структура названия влияет на эмоциональные ассоциации потребителей и восприятие бренда, что позволяет сформулировать практические рекомендации для китайских компаний, ориентирующихся на российский рынок.

**Ключевые слова:** фоносемантика, брендинг, китайские бренды, авторынок, нейминг.

### **Введение**

В условиях глобализации и трансформации потребительских рынков возрастает значение корректной адаптации наименований брендов к восприятию их в иностранных аудиториях. Особенно это актуально для китайских автопроизводителей, активно выходящих на российский рынок. Несмотря на очевидные успехи в продажах, вопрос влияния звукового образа названия на эмоциональное восприятие бренда остается малоизученным в отечественной научной литературе, что определяет новизну и практическую значимость настоящего исследования.

Продвижение китайских автомобильных брендов на российском рынке – заметный тренд последних лет особенно после ухода с отечественного рынка ряда западных автопроизводителей. По данным китайских источников, в 2023 году шесть китайских марок (Chery, Haval, Geely, Changan, Omoda и Exeed) заняли около 47 % рынка легковых автомобилей в России, продав почти

500 000 единиц [1]. Этот показатель подтверждает значимость китайских брендов и актуальность их культурной и языковой адаптации для российского потребителя. Как отмечают аналитики [2], среди наиболее успешных в продажах брендов – это модели премиального сегмента и кроссоверы, что связано не только с техническими характеристиками, но и с тем, как воспринимается само название марки. При этом в 2023 году объем экспорта китайских автомобилей в Россию вырос на рекордные 459 %, достигнув 910 000 единиц [3]. В этих условиях вопрос нейминга приобретает особую маркетинговую значимость.

### **Основная часть**

Влияние звукового облика бренда на потребительское восприятие до момента знакомства с самим товаром позволяет исследовать фоносемантика. Как подчеркивает А.Е. Куцерубов, звуковое оформление названия торговой марки способно формировать у потребителя первичный эмоциональный отклик, который может как способствовать выбору товара, так и оттолкнуть от него [4]. При этом восприятие звука часто сопровождается эмоциональной оценкой, что важно учитывать при выводе бренда на новые рынки.

Теоретический подход субъективной фоносемантики основан на разложении слова на фонетические элементы и на сравнении их со шкалами восприятия, выявленными экспериментально. Впервые данные параметры с помощью опросов большой аудитории выявлял американский психолог Чарльз Осгуд. Для русского языка эти значения в свое время определил советский ученый, доктор филологических наук А.П. Журавлев. Им было установлено фоносемантическое значение каждого звука русской речи. Суть работы заключается в следующем: звуки классифицируются по ряду параметров (25 шкал): размер (большой – маленький), форма (острый – округлый), скорость (быстрый – медленный), сила (тяжелый – легкий), эмоциональный настрой (дружелюбный – угрожающий) [5]. В результате слово получает профиль ассоциативных характеристик, который помогает определить, насколько оно соответствует имиджу бренда и ожиданиям целевой аудитории. Такой подход подтверждается выводами М.В. Данильчук о том, что именно звукоряд названия является основным источником информации для потребителя и способен управлять его восприятием [6]. Таким образом, в настоящем исследовании случаи интеграции китайских брендов автомобилей в российский рынок были разделены на случаи удачной и неудачной адаптаций с позиции фоносемантического анализа.

В настоящем исследовании, руководствуясь уже существующей шкалой звуковых ассоциаций, разработанной А.П. Журавлевым, мы получили ассоциации, которые могут быть вызваны у большинства русскоговорящих людей.

Интерпретация звучания на китайском языке основана на переводе иероглифов, формирующем национально-культурные ассоциации.

Рассмотрим удачные случаи адаптации.

Geely (Джили) – адаптация китайского 吉利, что переводится как «удача, благоприятность». Звучание «Джили» с мягкими согласными и гласной «и» вызывает ассоциации с легкостью, дружелюбностью и доверием. Для китайского покупателя это название усиливает культурные ассоциации с успехом, для российского – воспринимается как благозвучное и нейтральное. По шкале субъективной фоносемантики оно выражает качества: храбрый, хороший, яркий.

Chery (Чери) – короткое и легко запоминающееся имя с англоязычной отсылкой к слову «cherry» (вишня). Такая ассоциация создаёт у российского покупателя ощущение легкости, молодости и позитивной эмоциональной окраски. Для китайского потребителя 奇瑞 звучит современно и инновационно. Согласно субъективной фоносемантике, бренд соотносится с такими чертами: быстрый, легкий, дружелюбный.

Naval (Хавейл) – адаптированное название китайского 哈弗 (Hāfú). Звуковое сочетание с твёрдыми Н и V создаёт ощущение надёжности и основательности, что особенно актуально для бренда внедорожников. По шкале субъективной фоносемантики Naval ассоциируется со следующими чертами: большой, мужественный, величественный.

Были выявлены также неудачные случаи адаптации названий.

BYD – аббревиатура Build Your Dreams. Для российского потребителя это сокращение не вызывает эмоциональных ассоциаций и воспринимается как отстранённое. С точки зрения фоносемантики, аббревиатуры не несут звуковой и образной нагрузки, затрудняя запоминание и создание позитивного имиджа. В Китае BYD ассоциируется с инновационностью, но на российском рынке подобная аббревиатура теряет своё значение. Альтернативный нейминг мог бы предположить расшифровку или замену аббревиатуры на более звучный псевдоним.

Аббревиатура FAW – First Automobile Works - ситуация аналогична BYD. Аббревиатура FAW состоит из букв, не образующих последовательности, вызывающей эмоциональный отклик. Более того, сочетание [фау] воспринимается отстраненно и механически, что плохо сочетается с эмоциональным маркетингом автомобильного сектора. При первом контакте с брендом у потребителя не формируется яркого звукового образа, что затрудняет не только запоминание, но и последующую эмоциональную привязанность. Для китайской аудитории аббревиатура FAW ассоциируется с престижной государственной корпорацией, а для российского потребителя это сухое сочетание букв. При более глубокой адаптации название могло бы быть заменено на «ФАВТО» или иное звучное слово.

Dongfeng (Донгфенг) – транслитерация китайского 东风 («Восточный ветер»). Несмотря на поэтичность оригинала, звучание для русского уха остаётся

тяжёлым, шипяще-звонким и труднопроизносимым. Отсутствие смыслового «якоря» в русском языке, а также сложные сочетания согласных, формируют у потребителя ощущение чужеродности, ослабляет связь между звучанием и запоминаемостью бренда, что в свою очередь снижает вероятность положительного отклика. На китайском рынке «Dongfeng» ассоциируется с символикой национальной силы и ветра перемен. На российском рынке название воспринимается как нечто чуждое и трудное для произношения. Гипотетическая адаптация могла бы заменить название на «ДонАвто» или даже оставить смысл перевода – «Восточный».

Более того, как подчеркивают китайские исследователи, нейминг китайских автомобилей для зарубежных рынков зачастую требует не просто транслитерации, а комплексной адаптации. Например, названия Chery Omoda 5 было упрощено до Omoda, что улучшило его восприятие международной аудиторией за счет лаконичности и универсальности звучания. А модель BYD Yuan PLUS была переименована в АТТО 3 для западного рынка, чтобы избежать трудностей произношения и усилить ассоциацию с технологичностью [7].

### **Заключение**

Проведенный фоносемантический анализ показал, что названия, обладающие легким звучанием, положительными звуковыми ассоциациями и простой фонетической структурой, существенно повышают шансы бренда на положительное восприятие и запоминание на новом рынке. Китайским производителям, ориентирующимся на российский рынок, стоит учитывать не только смысл названия, но и его звуковую оболочку с учетом фонетических особенностей русского языка. Фоносемантический подход может служить надежным инструментом для прогнозирования успеха названия бренда в различных культурах и языковых средах. Эти выводы согласуются с наблюдениями китайских исследователей, которые подчеркивают важность корректировки звучания и даже смысла названия бренда при выходе на зарубежные рынки, чтобы усилить эмоциональную связь с потребителем и адаптировать бренд к новой языковой среде.

### **Список литературы**

1. Six Chinese brands ranked among the top 10 in Russian car sales in 2023. – STCN. – URL: <https://www.stcn.com/article/detail/1092481.html> (дата обращения 15.04.25).
2. Китайские бренды на рынке России. – Sinoruss. – URL: <https://sinoruss.com/nashi-proekty/1525-2022-12-16-13-17-28.html> (дата обращения 15.04.25).
3. Анализ экспорта китайских автомобилей. – 199IT. – URL: <https://www.199it.com/archives/1701453.html> (дата обращения 15.04.25).

4. Куцерубов А.Е. Маркетинговая фоносемантика // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – №10. – С.108-110.
5. Журавлев А.П. Фонетическое значение. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 160 с.
6. Данильчук М.В. Потенциал фоносемантического анализа в процессе номинации в маркетинге // Вестник современной науки. – 2016. – № 2. – С. 12–14.
7. 百度 百家 号 : « 为 何 中 国 汽 车 在 海 外 经 常 更 名 ? 》 URL: <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1815788037610010262&wfr=spider&for=pc> (дата обращения 15.04.25).

*Се Мин-Сюнь (Китай)*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск  
Научный руководитель: Тараканова Дарья Александровна, кандидат филологических наук,  
доцент*

## **ПЛАТФОРМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ИМПЛИЦИТНОГО СПОСОБА ОБУЧЕНИЯ РКИ В КИТАЙСКОЙ АУДИТОРИИ**

**Аннотация:** статья посвящена презентации методической разработки, которая осуществляет реализацию имплицитного способа обучения РКИ китайских учащихся на языковой платформе. Описываются возможности языковой платформы в реализации имплицитного способа в обучении РКИ.

**Ключевые слова:** языковая платформа, имплицитный способ, РКИ, китайская аудитория, грамматика.

### **Введение**

Под термином «имплицитный подход» Э.Г. Азимовым и А.Н. Щукиным подразумевается «формирование грамматических навыков без объяснения правил, на основе интуиции» [1].

Имплицитный метод обучения характеризуется Е.А. Пономаревой как путь следования, содержащий систему скрытых, выраженных неявно, целенаправленных действий педагога, организующих познавательную и практическую деятельность обучаемых, обеспечивающую бессознательное усвоение им содержания образования и тем самым достижение целей обучения [2]. В имплицитных методах Н.Ф. Искандеров и Е.А. Пономарева видят скрытое, не прямое воздействие на личность ученика [3].

Имплицитный метод нами понимается как наличие особых приемов и способов действия со стороны преподавателя, которые приводят к бессознательному изучению аспекта языка или языка в целом. В настоящей статье нами рас-

считается один из способов обучения грамматике РКИ, при помощи которого происходит интуитивное усвоение материала русского языка китайскими обучающимися.

Целью данной работы является апробация имплицитного способа обучения русскому языку как иностранному в китайской аудитории с использованием языковой платформы.

### **Основная часть**

Имплицитный способ обучения РКИ реализуется на платформе SpeakRus. Урок по теме «Комната» посвящен обучению китайских учащихся на начальном этапе предложному падежу. Формирование грамматических знаний об изменении окончаний в предложном падеже существительных происходит за счет имплицитного способа обучения.

Упражнения, через которые осуществляется имплицитное усвоение учащимися грамматики, это «карточки» и «тредмил». «Карточки» выполняют ознакомительную функцию, а «тредмил» выполняет тренировочную функцию.

### **Упражнение «карточки».**

В рамках данного упражнения учащимся предлагается методика, основанная на визуальном восприятии и последовательном преобразовании языковых конструкций. Каждая карточка содержит изображение, сопровождаемое китайским предложением. На следующем этапе происходит поэлементное замещение китайского предложения на его русскоязычный аналог. Основная задача обучающихся заключается в чтении, повторении и запоминании предложений.

В контексте темы «Комната» акцентируется внимание на таких фразах, как «Тетрадь лежит в рюкзаке», «Цветок стоит в вазе», «Сумка висит на стуле», «Картина висит на стене» и других аналогичных конструкциях. Данная методика способствует имплицитному усвоению правил образования форм предложного падежа существительных различных родов через практическое взаимодействие с языковыми образцами. Таким образом, учащиеся не только развивают навыки чтения и произношения, но и формируют грамматическую компетенцию в контексте изучаемого языка.

### **Упражнение «Тредмил»**

В рамках данного урока применяется два типа упражнений, направленных на развитие языковых навыков учащихся.

Первый тип включает в себя следующие этапы:

1. Учащиеся видят как китайское, так и русское предложения, слушают, читают и повторяют русское предложение.
2. На следующем этапе они видят только китайское предложение и выполняют задание по написанию и преобразованию его в русское слово за словом.

Второй тип предполагает более сложную последовательность действий:

1. Учащиеся видят китайское предложение, слушают и повторяют русское предложение, которое является его переводом.
2. Затем они читают, слушают и повторяют русское предложение.
3. Учащиеся читают русское предложение.
4. Далее они слушают, читают и пишут русское предложение.
5. Учащиеся смотрят на изображение, которое иллюстрирует содержание предложения, слушают и повторяют русское предложение.
6. В заключительном этапе они вновь обращаются к картинке, слушают и записывают русское предложение.

Данная структура упражнений способствует многократному взаимодействию с языковым материалом, что в свою очередь способствует более глубокому усвоению лексики и грамматических конструкций.

### **Заключение**

Подводя итоги, следует отметить, что языковая платформа предоставляет возможности для имплицитного обучения грамматике, реализуемого через уникальные типы упражнений, такие как «карточки» и «тредмил». Эти упражнения позволяют интегрировать визуальные и аудиоматериалы, что существенно отличается от традиционных методов преподавания грамматики.

Поэтапное декодирование лексических элементов китайского языка на русский в контексте языкового образца способствует более эффективному запоминанию русских лексических единиц учащимися. Правила образования форм предложного падежа существительных различных родов усваиваются через практическое использование предложений с существительными разных родов, а не через прямое объяснение грамматических правил. Такой подход позволяет учащимся глубже понять грамматические конструкции и формирует навык их свободного использования в устной речи.

### **Список литературы**

1. Азимов Э.Г., Щукин А.Н. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам). – М. : Издательство ИКАР, 2009. – 448 с.
2. Пономарева Е.А. Изучение педагогических понятий, связанных с терминами «Эксплицитный» и «Имплицитный» // Мир науки, культуры, образования. – 2015. – № 2 (51). – С. 133–138.
3. Искандеров Н.Ф., Пономарева Е.А. Дидактические основы эксплицитной и имплицитной методики обучения // Историческая и социально-образовательная мысль. – 2015. – Т. 7, № 5-2. – С. 214–222.



Су Хун (Китай)

Томский государственный университет, г.Томск

Научный руководитель: Никонова Наталья Егоровна, д-р филол. наук, профессор, зав. каф. романо-германской и классической филологии Томского государственного университета

## **О ДВУХ ПЕРЕВОДАХ РОМАНА Л.Н. ТОЛСТОГО «АННА КАРЕНИНА» НА КИТАЙСКИЙ ЯЗЫК: ГЕНДЕРНЫЕ АСПЕКТЫ В ПРАКТИКЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ПЕРЕВОДА**

**Аннотация:** в статье рассматриваются в сравнительном аспекте два китайских перевода романа Л.Н. Толстого «Анна Каренина»: во-первых, вариант Чжоу Яна и Се Сутай (1956); во-вторых, вариант Цао Ина (1982). Выявляются особенности, связанные с гендерной принадлежностью переводчиков и с отражением некоторых гендерных культурных стереотипов при передаче образности оригинала.

**Ключевые слова:** роман «Анна Каренина», китайский перевод, гендерный аспект.

### **Введение**

Гендерный аспект занимает важное место при изучении языка и коммуникации и является одним из главных направлений в филологических исследованиях. В последнее время возросла актуальность учёта гендерного аспекта и в сфере перевода. Это означает, что профессиональные переводчики должны учитывать гендерные особенности в языке оригинала и адекватно передавать их в переводе, избегая искажений смысла и невольного воспроизведения стереотипов, независимо от собственной гендерной идентичности. В данной статье мы рассматриваем гендерный вопрос на примере двух переводов художественного текста романа Л. Н. Толстого «Анна Каренина» на китайский язык, выполненных Цао Ином (1982), а также Се Сутай и Чжоу Яном (1956). Основное внимание уделяется сравнению переводов, выполненных переводчиком-мужчиной и переводчиком-женщиной. Для выявления основных различий в переводах служат такие критерии, как выбор лексики, обращение к женщине и описание женских образов. Сравнительно-сопоставительный анализ оригинала и переводов на китайский язык, позволит выявить различия в результатах работы переводчиков разного пола.

### **Основная часть**

Гендерные исследования в переводе зародились в результате развития феминистских исследований в 1980-х годах. Осведомленность переводчика касается, кроме прочего, гендерной специфики, выраженной автором оригинала. Это влияет на позицию переводчика при выборе стратегий. Немецко-канадская переводчица, писательница и учёный Луиза фон Флотов, одна из представительниц феминистской школы перевода, указала в своей книге «Перевод и ген-

дер: перевод в эпоху феминизма», что компетентность переводчиков включает в себя признание гендерных различий в ценностях между исходным языком и языком перевода, а также переписывание и компенсацию образа женщин в тексте при переводе [1]. Учёт гендерной принадлежности переводчика при переводе способствует улучшению качества перевода и более точной передаче прагматических намерений автора.

Как известно, роман «Анна Каренина» – одно из самых значительных произведений Л.Н. Толстого, которое с момента первой публикации привлекло внимание читателей разных стран. В начале XX века произведение было представлено в Китае и сразу же заинтересовало китайских ученых и переводчиков. С 1917 года, когда появился первый китайский перевод, роман «Анна Каренина» распространяется в Китае уже более века. На сегодняшний день существует около 50 китайских переводов этого произведения, последний из которых был опубликован в 2019 году. Среди существующих переводов наиболее популярны версии Цао Ина (опубликована в 1982 году и переиздана 14 раз) и Се Сутай и Чжоу Яна (опубликована в 1956 году и переиздана 13 раз).

Цао Ин (1923–2015) – один из ведущих переводчиков произведений русских писателей Л.Н. Толстого и М.А. Шолохова на китайский язык. На протяжении двадцати лет своей переводческой деятельности Цао Ин перевел полное собрание сочинений Л. Н. Толстого. Се Сутай (1925–2010) наиболее известна как одна из ведущих переводчиков произведений Л.Н. Толстого на китайский язык. Следует отметить, что Се Сутай и Чжоу Ян совместно работали над переводом романа «Анна Каренина». Изначально Чжоу Ян перевел данное произведение с английского, но остался недоволен результатом, так как перевод был выполнен не напрямую с языка оригинала, и в нём существовали несовпадения с оригинальным содержанием. Поэтому он пригласил Се Сутай, владеющую русским языком, вычитать и тщательно отредактировать перевод, сверяя с русским оригиналом. Будучи одной из первых женщин в Китае, получивших высшее образование, Се Сутай находилась под влиянием прогрессивной феминистской культуры, что отразилось на ее переводах, отличающихся выраженным гендерным сознанием. Сравнение с оригинальным текстом показывает, что у Цао Ина и Се Сутай разные стратегии. Чтобы выявить основные различия в переводах двух переводчиков, мы выбрали следующие критерии: выбор лексики, обращения к женщине и описание женских образов.

Из-за физиологических и психологических различий между мужчинами и женщинами, а также влияния социальной атмосферы и гуманистических концепций того времени лексика, используемая переводчиками-мужчинами и женщинами при переводе одного и того же произведения, может отличаться [2].

Рассмотрим пример выбора лексики.

Таблица 1

*Выбор лексики*

| Оригинал                                                                                                                 | Перевод Цао Ина                                                                                                                                                                          | Перевод Се Сутай                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «Нынче уж так не <b>вы-дают замуж</b> , как прежде», – думали и говорили все эти молодые девушки и все даже старые люди. | “现在 <b>出嫁</b> 同以前不一样了。”年轻姑娘都这么想, 这么说, 就连上了年纪的人也一样。<br>Перевод: «Сейчас замуж выходить не так, как раньше». Так думают и говорят все молодые девушки, и даже люди постарше думают так же. | “现在 <b>结婚</b> 和从前不同了。”所有这些少女, 甚至她们的长辈都这么想而且这么说。<br>Перевод: «Сейчас жениться не так, как раньше». Так думают и говорят все эти молодые девушки и даже их старшее поколение. |

В этом предложении Се Сутай и Цао Ин использовали слова «**结婚**» («жениться») и «**出嫁**» («выходить замуж») соответственно для перевода фразы «выдают замуж». В традиционных китайских представлениях слово «**出嫁**» несёт в себе сильную патриархальную идеологию. Такой подход заставляет думать, что женщина после замужества становится личной собственностью и придатком мужчины, что у некоторых читательниц может вызвать ощущение сексизма. Се Сутай перевела это как «**结婚**», имея в виду союз мужчины и женщины с целью создания семьи, что отражает её стремление к гендерному равенству и является более уместным.

Следует отметить, что инстинктивное понимание женщинами-переводчиками необходимости защиты прав женщин отражается в переводе, в котором смягчаются или перефразируются утверждения, являющиеся предвзятыми или дискриминационными. Это отчетливо отражено и в обращениях к женщинам, переданным в переводе. Рассмотрим примеры обращений к женщинам в переводе.

Таблица 2

*Обращение к женщинам*

| Оригинал                                | Перевод Цао Ина                                                                   | Перевод Се Сутай                                                                                |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Грубые <b>бабки</b> замаривают детей.   | 无知的 <b>娘们</b> 把孩子活活折磨死。<br>Перевод: Невежественные <b>бабья</b> замаривают детей. | 无知的 <b>农妇</b> 饿死小孩。<br>Перевод: Невежественная <b>крестьянка</b> уморила голодом своего ребенка |
| Очень мила, – сказала <b>старушка</b> . | “她真可爱!”老太婆说。<br>Перевод: «Она такая милая!» – сказала <b>старуха</b> .            | “迷人得很呢。”老夫人说。<br>Перевод: «Так милая», – сказала <b>старая леди</b> .                           |

«娘们» («бабья») в переводе Цао Ина, и «农妇» («крестьянка») в переводе Се Сутай являются терминами, обозначающими взрослых сельских женщин. «娘们» – более разговорное слово, часто используемое для обозначения сельских женщин в уничижительной манере, с выраженным пренебрежительным подтекстом. Использование слова «娘们» может вызвать негативные чувства у читательниц. В переводе Се Сутай использован термин «农妇» – нейтральное слово, что свидетельствует о большем уважении к женщинам и учитывает чувства читательниц.

Слово «старушка» в словарях определяется как уменьшительно-ласкательная форма от «старухи» – женщины, достигшей старости. Цао Ин перевёл его на китайский язык как «老太婆» («старуха»), что означает «пожилая женщина». Однако часто это слово имеет уничижительный оттенок, и люди, проявляющие неуважение к пожилым женщинам, могут называть их «старушками». Се Сутай перевела его нейтральным словом «老夫人» («старая леди»), которое точно передаёт значение слова «пожилая женщина» в оригинальном тексте и не содержит уничижительных элементов.

Важно отметить, что существуют и другие различия в переводе описаний женских образов в романе «Анна Каренина» женщиной-переводчицей и мужчиной-переводчиком.

Таблица 3

*Описание женских образов*

| Оригинал                                                                                                                                               | Перевод Цао Ина                                                                                                                                                                                                                   | Перевод Се Сутай                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Что-то такое сказал раскрашенной, в ленточках, кружевах и завитушках француженке, сидевшей за конторкой, что даже эта француженка искренно засмеялась. | 对柜台后面那个浓妆艳抹、一身都是缎带、花边和满头鬟发的法国女人说了几句俏皮话，引得她格格格地笑起来。<br>Перевод: Он сделал несколько остроумных замечаний француженке за прилавком, которая была густо накрашена, покрыта лентами, кружевами и вьющимися волосами, и она хихикнула. | 跟坐在柜台后面，用丝带、花边和鬟发装饰着的，涂脂抹粉的法国女人说了句什么话，引得那个法国女人都开怀地大笑了。<br>Перевод: Он что-то сказал раскрашенной француженке за прилавком, украшенной лентами, кружевами и локонами, и она от души рассмеялась. |

При описании образа женщины стиль выражения в переводе Цао Ина более прямой, лаконичный и разговорный, в то время как стиль Се Сутай – более формальный, серьёзный и литературный. В значении «женщина наносит макияж» Цао Ин перевел «раскрашенной» как «浓妆艳抹» («роскошный туалет»), что является уничижительным определением, предполагающим, что макияж женщины слишком яркий. Се Сутай перевела это как «涂脂抹粉» («применять косметику»), что также подразумевает обильный макияж, но без уничижительного

оттенка, а сама формулировка сравнительно элегантна. Цао Ин перевел фразу «искренно засмеялась» как «格格格地笑起来» («громко рассмеялась»), используя звукоподражание «гэгэгэ» для описания смеха, что придает фразе несколько легкомысленный оттенок. Се Сутай перевела это как «开怀地大笑» («от всей души рассмеялась»), что звучит более нейтрально.

### **Заключение**

Таким образом, проанализировав два китайских перевода «Анна Каренина», выполненных Цао Ином и Се Сутай, можно сделать вывод о значимой роли гендерных маркеров, заметных как на лексическом, так и на стилистическом уровне. Гендерная принадлежность переводчиков оказывает влияние на выбор слов и стилистические особенности переводного текста. Считается, что женщины-переводчики лучше улавливают тонкие нюансы женских образов и применяют такие методы перевода, как выбор нейтральных слов, чтобы смягчить негативное представление о женщинах в переводе.

Мужчины-переводчики чаще ограничены традиционными моделями мышления и могут следовать гендерным нормам при переводе характеристик женских образов. В результате, гендерный стереотип может происходить не из оригинального текста, а из субъективного подхода переводчика. Однако возросшее внимание к феминизму в последние годы заставило многих переводчиков учитывать этот вопрос при переводе. В современном феминистском дискурсе как мужчины, так и женщины-переводчики могут осознавать данную проблему и переводить более точно.

### **Список литературы**

1. Von Flotow L. (1997). *Translation and Gender: Translating in the “era of Feminism”*. Ottawa: University of Ottawa Press.
2. Го Шуан. Сравнение двух версий «Анна Каренина» с точки зрения пола переводчика // *Frontier Economy and Culture*. – 2015. – № 1. – С. 123–124.

*Сунь Ичэнь (Китай), Рахимова Анастасия Рамеловна (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Чжан Лиянь (Китай)*

*Цзилиньский университет, г. Чанчунь*

*Научные руководители: Рахимова Анастасия Рамеловна, к.фил.н, доцент Чжан Лиянь, к.п.н.*

## **МЕТАФОРИЗАЦИЯ ОБРАЗА ЧЕЛОВЕКА В РУССКОЙ И КИТАЙСКОЙ ЯЗЫКОВОЙ КАРТИНЕ МИРА (НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕКСЕМ «ОСТРЫЙ» – «ТУПОЙ»)**

**Аннотация:** статья посвящена описанию языковых метафор и фразеологизмов, семантическая структура которых содержит лексемы «острый» – «тупой». В русской и китайской языковой картине мира данные выражения связаны с метафоризацией знания о человеке, его внешнем виде, поведении, чувствах, способностях и отношениях. В основе образования идиоматических выражений содержится прототипическая ситуация употребления данных лексем в исходном значении.

**Ключевые слова:** языковая картина мира, метафора, фразеологизм, русский язык, китайский язык.

### **Введение**

Языковая картина мира, отражающая совокупность представлений о человеке, его жизни и мироустройстве, является объектом междисциплинарного изучения: лингвокультурологии, когнитивной и контрастивной лингвистики, а также приобретает немаловажное значение для педагогики, в частности, в преподавании русского языка как иностранного.

Успешное овладение иностранным языком требует формирования собственно языковых и лингвокультурной компетенций. В этой связи исследование языковой картины мира, включающей лексику и лексические средства изучаемого языка, способствует успешному пониманию чужого менталитета, приобретению к другой культуре и межкультурной коммуникации. Так работы, посвященные сопоставительному исследованию фразеологизмов в русском и китайском языках, позволили выявить общие и различные образы, участвующие в метафорической репрезентации знания о внешности и эмоциях человека [1, 2].

*Объектом* данного исследования являются общеупотребительные метафоры и устойчивые языковые выражения, внутренняя форма которых включает лексемы «острый» – «тупой». Выбор объекта исследования обусловлен гипотезой о том, что в основе семантически членимого выражения (фразеологизма, пословицы, поговорки) содержатся лексические единицы, которые, с одной стороны, участвуют в формировании его актуального значения, а с другой – отражают прототипическую или типизированную ситуацию, в которой перенос-

ное значение языкового выражения может быть интерпретировано в качестве основного. Обращение к буквальному значению идиомы, образованной в результате метафорического или метонимического переноса, способствует более точному пониманию ее значения в связи с тем, что семантическая структура устойчивого выражения «наследует и инкорпорирует определенные черты исходного фрейма или сценария» [3, с. 98]. Так русская пословица «*как серпом по шее*», метафорически описывающая состояние сильного шока, ощущение крайней безнадёжности и дезориентации человека, содержит прототипическую ситуацию, связанную с наступлением внезапной смерти в результате отсечения головы острым инструментом.

*Цель* данного исследования – определить понятийные сферы, участвующие в метафоризации знания о человеке в русской и китайской языковой картине мира и репрезентированные с помощью устойчивых языковых выражений. *Материал* для исследования отбирался из следующих *источников*: толковые словари, академические словари по русской фразеологии современного и литературного языка, китайско-русский фразеологический словарь, сборники пословиц и поговорок русского языка, национальный корпус русского языка [5, 7, 9–13].

Для достижения поставленной цели на первом этапе работы использовался метод сплошной выборки устойчивых языковых выражений русского и китайского языков, в основе которых содержится представление о человеке. С помощью лексико-семантического и компонентного анализов были отобраны фразеологизмы и языковые афоризмы, включающие лексемы «острый» – «тупой». Методом лингвистической интерпретации были определены актуальные значения русских и китайских метафор. На основе сопоставительного анализа их значений были выявлены метафорические эквиваленты, общие и различные черты, отражающие культурную специфику идиоматических выражений.

### Основная часть

Отметим, что в исходном значении лексемы «острый» – «тупой» связаны с характеристикой предметов, относящихся к домашней утвари, и бытовых инструментов: «острый – 1. имеющий хорошо колющий конец или хорошо режущий край (*острая игла, острая бритва, острый нож, острые ножницы*)» [4, с. 658]. В китайском языке данное лексическое значение зафиксировано иероглифами 尖[的], 快[的], 锋利[的], 尖锐[的], характеризующими предметы домашнего обихода по наличию указанного признака (*острая игла 尖的针, острый нож 快刀, острая пила 锋利的锯*) [5, с. 281], «*острота* – 1.尖锐» [Там же]. Напротив, лексема «тупой» фиксирует отсутствие данной характеристики, затрудняющее функциональное использование объекта: «тупой – 1. Недостаточно отточенный, такой, которым трудно резать, колоть, пилить (*тупая игла, тупая пила, тупая бритва, тупые ножные*)» [6, с. 426]. В китайском языке

данное значение представлено иероглифом 钝[的] и его синонимом «неострый» 不快[的]: «Тупой (о ноже и т. п.) 钝[的];不快的; *тупой нож* 钝刀, *тупая бритва* 不快的剃刀» [5, с. 501].

Проведенное исследование показало, что метафорическая репрезентация знания о человеке на основе указанных признаков актуализирует понятийные сферы: внешность человека, его поведение и характер, чувства, способности и межличностные отношения.

### Внешность человека

Метафоризация знания о внешнем виде человека связана с описанием черт лица и тела, которые имеют суживающуюся к концу форму. Данное значение фиксируется языковыми эквивалентами – общеупотребительными метафорами в русском и китайском языках: «**острый нос** 尖鼻头», «**острый подбородок** 尖下颚», «**острые уши** 尖耳朵» [7].

Актуализация лексемы «тупой» связана с описанием бессмысленного выражения лица: «**тупой взгляд**, **тупое выражение лица** 迟眉钝眼» [Там же]. В русской языковой картине мира метафора «**тупая улыбка**, **с тупой улыбкой на лице**» характеризует человека, улыбающегося без причины: «*профессор и Седельников не могли удержаться от смеха, и на лице Рамиса блуждала тупая улыбка*» [8].

### Характер и поведение человека

В русской и китайской языковой картине мира лексема «острый» содержится в описании саркастичного человека, способного делать язвительные замечания в адрес собеседника: «**острый на язык**», «尖酸刻薄 – **острый**, кислый, **протыкающий тонкое**; ехидный, издевательский, **острый на язык**» [9, с. 206]. Метафорические эквиваленты также присутствуют в характеристике внимательного, наблюдательного человека, умеющего замечать суть вещей: «**острый глаз / острый взгляд** 敏锐的眼睛» [5, с. 501].

В русской языковой картине мира лексема «острый» характеризует различные черты поведения. Так фразеологизм «**держат ухо востро (остро)**» описывает недоверчивого человека, который ведёт себя крайне осторожно [10, с. 98]. Рискованное поведение людей, связанное с опасностью, описывается фразеологизмом «**ходить по лезвию ножа**» [11, с. 727]. Для характеристики болтливости и ленивого человека, привыкшего обещать, но не делать, применима пословица «**остер на язык, а к делу не привык**» [12]. Собеседник, умеющий поддержать интересный разговор, характеризуется пословицей «**остёр на язык**» и ее вариантами «**остёр на язык / острый на язык**»: о человеке, который остроумен в общении [13, с. 271].

Поведение людей, связанное с нежеланием прислушаться к мнению и советам окружающих, остановиться в совершении каких-либо действий обозна-



чается устойчивым выражением «*делать что-л. с тупым упрямством, с тупым упорством*».

### Способности человека

Метафоризация знания о человеке в русском и китайском языке связана с характеристикой его интеллектуальных способностей. Умение хорошо анализировать и быстро воспринимать информацию отражено в языковой метафоре «*острый ум*», имеющей китайские эквиваленты «*острый ум 敏锐的智慧, человек с острым умом 机智的人, острота ума 头脑的敏锐*» [5, с. 501]. Напротив, описание непонятливого или недостаточно интеллектуально развитого человека связано с отсутствием указанного признака, что обозначается лексемой «*тупой*»: «*тупой ум; я туп; тупица*» [6, с. 426–427], «*弩钝 – бездарный, глупый, тупой*», «*钝才 – тупица, бездарь*» [7].

Невозможность научить чему-то глупого или упрямого человека передана русской пословицей «*Тупо сковано – не наточишь, глупо рождено – не научишь*» [12].

### Чувства человека

В русской и китайской языковой картине мира лексема «*острый*» связана с представлением о высокой интенсивности переживаемых ощущений: «*острая боль, острое горе*» [7], «*острое любопытство*», «*острое желание*».

В русской языковой картине мира фразеологизмы, описывающие появление внезапных или неприятных чувств, образованы на основе метонимической модели и содержат прототипическую ситуацию, связанную с нанесением телесных повреждений острым предметом. Так возникновение сильного чувства уподобляется возможности сделать сквозное отверстие в теле человека: «*пронзать душу* – кто-либо остро, мгновенно испытывает какое-либо чувство (раскаяние, стыд, обиду и т.п.)» [11, с. 537]. Ощущение внезапной и глубокой душевной боли, разочарования обозначается устойчивым выражением «*как ножом по сердцу*»: «*на нас они, шуточки-то эти, как ножом по сердцу режут*» [8] и фразеологизмом «*вонзать острый нож в сердце* – причинять острую боль, глубокое страдание» [11, с. 91].

Ощущение ненависти и злости по отношению к кому-либо уподобляется возможности наточить предмет, сделать его более острым: «*точить (острить) зубы (зуб)* – испытывать сильную ненависть, замышлять неприятность» [13, с. 420], «*острить на кого-то когти*» [12, с. 112].

### Межличностные отношения

В характеристике взаимодействия человека с окружающими лексема «*острый*» связана с описанием сложных и непримиримых отношений: «*острое противоречие, острый конфликт*» [7]. Китайский фразеологизм «*针锋相对*», в дословном переводе означающий «*острие против острия*», свя-

зан с описанием враждебных отношений между людьми и имеет русский эквивалент *«быть как на ножах с кем-либо»* [9, с. 553].

В русской языковой картине мира фразеологизмы, описывающие поступки людей по отношению друг к другу, образованы в результате метонимического переноса. Устойчивое выражение *«нож в спину»* характеризует «коварное предательство, предательский поступок по отношению к кому-либо» [11, с. 417]. Прототипом выражения является ситуация нападения, когда человек не может увидеть или предугадать данное действие. Случай, в котором один из партнеров может подвести другого, уподобляется возможности отсечь голову острым предметом и выражен фразеологизмом *«срезать голову»*: *«разбойник ты такой! голову ты срезал с меня! Господи, куда же это он письмо-то сбыл с рук?»* [Там же, с. 649].

Желание людей договориться и разрешить конфликт обозначается как возможность сделать что-то менее острым, более гладким: *«сглаживать (острые) углы, сгладить (острые углы – смягчать, делать менее заметными какие-либо разногласия, противоречия и т.п.»* [Там же, с. 604].

### Заключение

Метафорическая репрезентация знания на основе лексем «острый» – «тупой» является значимой составляющей русской и китайской языковой картины мира. Данные лексические единицы входят в состав семантической структуры общеупотребительных метафор, фразеологизмов и языковых афоризмов. В русском и китайском языках метафорические эквиваленты присутствуют в описании внешнего вида, чувств и способностей человека (острый нос, острое горе, острый ум), характеристике его поведения и межличностных отношений (острый на язык, острый конфликт).

Исследование устойчивых выражений с учетом исходного значения лексем «острый» – «тупой» позволяет не только определить признаки метафорического и метонимического переноса, но и рассмотреть прототипическую ситуацию, которая содержится во фразеологизмах русского языка. Представление знания о появлении и переживании неприятных чувств (обиды, стыда, раскаяния) с ситуацией нанесения прямого удара острым предметом в сердце. Ситуация, в которой люди могут обмануть или предать друг друга, уподобляется возможности нанесения удара острым предметом в спину. Желание наладить отношения связано с возможностью сделать углы менее острыми.

Изучение языковой картины мира, отражающей особенности национального менталитета и фиксирующей опыт народа в устойчивых языковых выражениях, является перспективным направлением в сопоставительном, культурологическом и лингвокогнитивном аспектах исследования.

### Список литературы

1. Ван Ц. Фразеологические единицы с семантикой «внешность человека» в русском и китайском языках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=70109](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=70109) (дата обращения 26.02.2025).
2. Чэн Юйсяо. Сопоставительный анализ русских и китайских фразеологизмов со значением «эмоциональное состояние человека» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/43298/1/m\\_th\\_y.cheng\\_2016.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/43298/1/m_th_y.cheng_2016.pdf) (дата обращения 26.02.2025).
3. Баранов А.Н. Очерки общей и русской фразеологии / А.Н. Баранов, Д.О. Добровольский. – М. : Издательский Дом ЯСК, 2024. – 280 с.
4. Словарь русского языка : в 4 т. Т. II. / ред. А.П. Евгеньева. – М.: Русский язык. – 1986. – 736 с.
5. Баранова З.И. Русско-китайский словарь: Ок. 40 000 слов / З.И. Баранова, А.В. Котов. – М. : Рус. яз., 1990. – 566 с.
6. Словарь русского языка: в 4 т. Т. IV. / ред. А.П. Евгеньева. – М.: Русский язык. – 1988. – 795 с.
7. Большой китайско-русский словарь // URL: <https://dabkrs.com/> (дата обращения 04.03.2025).
8. Национальный корпус русского языка // URL: <https://ruscorpora.ru/> (дата обращения 11.03.2025).
9. Готлиб О.М. Китайско-русский фразеологический словарь. Около 3500 выражений / О.М. Готлиб, Му Хуаин. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2019. – 596 с.
10. Васильев А.И. Фразеологический словарь языка М.А. Шолохова. Т. 1. – Стерлитамак : Изд-во Фобос, 2015. – 420 с.
11. Фёдоров А.И. Фразеологический словарь русского литературного языка: ок. 13 000 фразеологических единиц. – М. : Астрель: АСТ, 2008. – 878 с.
12. Даль В. Пословицы и поговорки русского народа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://imwerden.de/pdf/poslovitsy\\_russkogo\\_naroda\\_tom1\\_1989.pdf](https://imwerden.de/pdf/poslovitsy_russkogo_naroda_tom1_1989.pdf) (дата обращения 16.03.2025).
13. Ларионова Ю.А. Фразеологический словарь современного русского языка. – М. : «Аделант», 2014. – 512 с.

*Того Амаду, Диурте Хамиду (Мали), Тараканова Дарья Александровна (Россия)*

*Томский государственный университет, г. Томск*

*Научные руководители: Тараканова Дарья Александровна, к. филол. н, доцент*

*Понкратова Екатерина Михайловна, к. филол. н, доцент*

## **ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ ИНОСТРАННЫХ СЛУШАТЕЛЕЙ ЛЕКСИКЕ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ: НА МАТЕРИАЛЕ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ «ОБРАЗОВАНИЕ»**

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются современные подходы к обучению лексике иностранных слушателей на начальном этапе на материале тематической группы «Образование». Авторами предложен метод заучивания новых слов при помощи функциональных карточек. В разработке методического материала (карточек) реализованы коммуникативный, личностно-ориентированный и деятельностный подходы в обучении РКИ.

**Ключевые слова:** русский язык как иностранный, обучение лексике, лексический минимум.

### **Введение**

Обучение лексике – ключевой аспект в освоении РКИ, в особенности на начальном этапе. Работа с лексикой необходима для развития всех видов речевой деятельности: чтения, письма, аудирования и говорения. Несмотря на важность, эффективные дидактические материалы для обучения лексике, зачастую отсутствуют или недостаточно адаптированы для иностранных слушателей. Это обуславливает необходимость разработки собственных материалов, учитывающих особенности восприятия и запоминания лексики носителями разных языков.

### **Основная часть**

Лексика – это центральная часть языка, которая формирует, именует, передает знания о каких-либо объектах и явлениях, тем самым является важным элементом в изучении русского языка как иностранного, и от уровня полученных знаний, приобретенных навыков и умений будет зависеть способность обучаемого правильно излагать свои мысли и общаться на изучаемом языке [1].

В данной статье рассматривается Лексико-тематическая группа «Образование», представленная в Лексическом минимуме по РКИ, как одна из важных составляющих лексического запаса иностранного студента. Лексический минимум представляет собой оптимальный набор слов и выражений, который учитывает способности учащихся и отведённое на обучение время, но при этом достаточен для практического общения на языке.

Лексический минимум по теме «Образование» РКИ содержит следующие лексические единицы: наука, школа, институт, университет, класс, группа, курс,

факультет, ученик-ученица, студент-студентка, учитель-учительница, преподаватель-преподавательница, учёный и т.д. [2].

Карточки, представленные в данной работе, разработаны для иностранных студентов франкофонов.

Создание карточек для изучения лексики вызвано несколькими факторами:

1. **Упрощение процесса запоминания:** Визуальные образы помогают лучше запомнить слова и фразы, связывая их с конкретными ситуациями. Это особенно важно для студентов, которые учатся на начальном уровне.
2. **Повышение мотивации:** Работа с карточками делает процесс обучения более увлекательным и интересным для студентов. Это может значительно повысить их заинтересованность в изучении языка.
3. **Адаптация к различным стилям обучения:** Каждый студент уникален и имеет свой стиль обучения. Некоторые лучше воспринимают информацию визуально, другие – через слух. Карточки могут быть адаптированы под разные стили, что делает обучение более доступным для всех.

**Структура функциональных карточек для заучивания новых слов.**

Две рабочие стороны. Каждая из сторон содержит следующие элементы:

1. Слово
2. Транскрипция на латинице
3. Изображение
4. QR-код со ссылкой на аудио (произношение слова)

Так как карточки разработаны для студентов-франкофонов, то одна сторона содержит информацию на французском и русском языках, а вторая – только на русском языке (рис. 1).

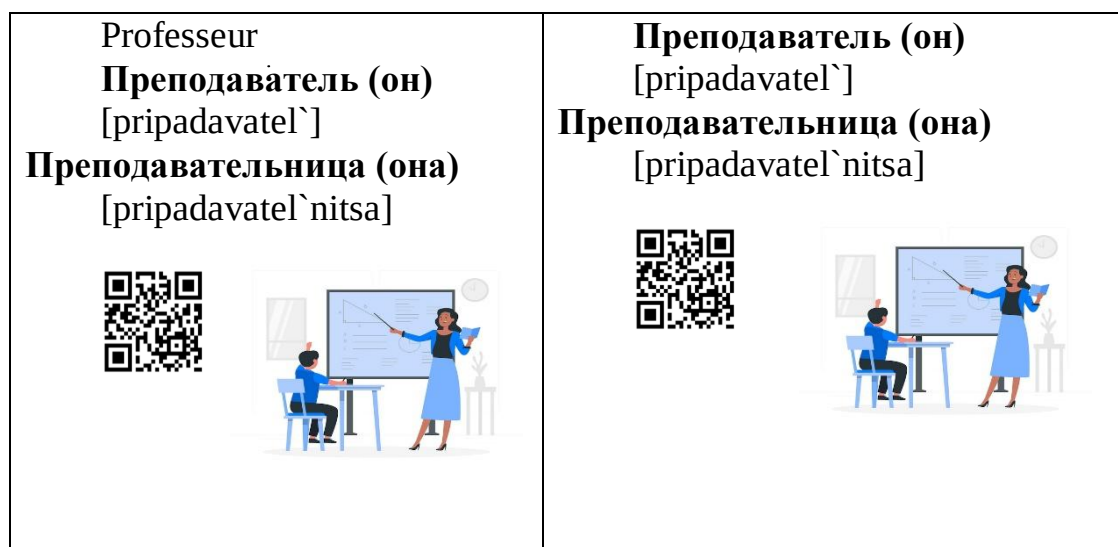


Рис. 1. Функциональная карточка

Работа с карточками предполагает следующие этапы:

1. Начало работы происходит с той стороны карточки, на которой содержится информация на русском и французском языках.
2. Все слова из тематической группы заучиваются одно за другим.
3. После заучивания первой стороны всех карточек, карточки переворачиваются вверх той, стороной, которая содержит информацию только на русском языке.
4. Далее происходит просмотр карточек на русском языке: обучающийся проверяет, усвоил ли он слова. Карточки с выученными словами откладываются в сторону.
5. Процесс изучения карточек с невыученными словами повторяется с начала до тех, пор, пока все карточки из тематической группы не будут отложены в сторону.

### **Заключение**

Обучение лексике на начальном этапе является важной задачей для преподавателей иностранных языков. Тематическая группа «Образование» предоставляет богатый контекст для изучения лексики, необходимой для успешной интеграции студентов в учебный процесс. Использование различных подходов, таких как контекстуальное обучение, визуализация, игровые методы и адаптация материалов, способствует более эффективному усвоению языка. Важно помнить, что обучение должно быть увлекательным и мотивирующим, что в конечном итоге приведет к успешному освоению русского языка как иностранного.

Комплексный подход к разработке и использованию карточек, учитывающий различные методы обучения лексике, индивидуальные особенности обучающихся и возможности для активного применения новых слов, значительно повышает эффективность обучения иностранных слушателей на начальном этапе.

### **Список литературы**

1. Грачева Н.Г. Изучение русского языка как иностранного на базе лексико-тематической группы Здоровье – Образование // Научные кадры. – 2024. – № 4. – С. 270–274.
2. Лексический минимум по русскому языку как иностранному Элементарный уровень / Андрюшина Н.П., Козлова Т.В. – М. : Златоуст, 2014. – 61 с.

Фань Чуюй (Китай)

Народный университет Китая, г. Пекин

Научный руководитель: Чэнь Сяохуэй, канд. филол. наук, декан факультета русского языка

## МЕТАФОРА В ОРИГИНАЛЕ И В ПЕРЕВОДЕ РОМАНА ЮЙ ХУА «ЖИТЬ»

**Аннотация:** в работе сопоставляются метафорические выражения китайского романа «Жить» и его перевода на русский язык. Выявляются группы с различными стратегиями перевода метафор, описывается их национально-культурная специфика.

**Ключевые слова:** метафора, перевод, китайский язык, русский язык, художественная литература.

### Введение

Метафора как средство репрезентации языковой картины мира играет ключевую роль в понимании менталитета и культурных особенностей носителей языка. Перевод метафор – сложная задача, особенно когда речь идет не только о национально специфических метафорах, связанных с определенным языковым и культурным контекстом, но и об авторской интерпретации образности, способной трансформировать смыслы сквозь призму творческого восприятия мира и человека.

В данной работе были проанализированы тексты оригинала и перевода на русский язык китайского романа Юй Хуа «Жить», впервые опубликованного в 1992 году. Произведение рассказывает о трагической судьбе главного героя Сюй Фугуя, который переживает резкие изменения в китайском обществе XX века. Через простую сюжетную линию роман раскрывает смысл жизни и ценность существования, а также показывает беспомощность перед судьбой и непредсказуемость жизни. Данный роман является одним из самых значимых и популярных произведений современной китайской литературы, привлекающим внимание читателей и исследователей из различных стран. На русский язык он был переведен Романом Шапиро.

Многие ученые отмечают языковые особенности произведений Юй Хуа, среди которых использование юмора, иронии [1], нарушение устоявшихся языковых норм для создания большей выразительности [2], метафоричность [3].

Этот роман наполнен метафорами, что не только делает язык текста более образным и выразительным, но и отражает глубокие размышления писателя о человеческой природе и социальной среде. Сопоставление метафор в оригинале и переводе романа «Жить» позволяет выявить не только особенности перевода, но и глубокие различия в восприятии и осмыслении мира в китайской и русской культурах. В этом заключается актуальность данного исследования.

### Основная часть

В китайском оригинале романа «Жить» было обнаружено 195 контекстов с метафорами, из которых 100 были переведены с помощью стратегии прямого перевода, 57 – с использованием смыслового перевода, 17 – с частичным замещением оригинальных метафор, 12 – с полным замещением оригинальных метафор, а 9 – были опущены в переводе. Кроме того, в русском переводе было добавлено 27 контекстов с метафорами, которых нет в оригинале. Рассмотрим конкретные примеры.

Для метафор, которые имеют общий образ и соответствующие коннотации в китайской и русской культурах и могут быть поняты русскоязычными читателями, переводчик использует **стратегию прямого перевода**. Например: 两头蠢驴, 打架都不会, 给我去拉大炮 (*Офицер назвал нас **ослами** и велел тащить пушку*). Юй Хуа в своем творчестве часто сравнивает людей с животными. В данном случае герой романа использует образ осла для того, чтобы оскорбить людей, указывая на их невысокие умственные способности. И в китайской, и в русской культуре осел является символом глупости, поэтому переводчик сохранил эту метафору в переводе.

В оригинале автор использует некоторые китайские национально специфические метафоры, которые имеют яркие черты китайской культуры и легко воспринимаются китайскими читателями, но имеют значительные различия с русским языком и культурой, что затрудняет их понимание российскими читателями. В соответствии с этим переводчик использует **метод смыслового перевода** этих метафор. Например: 于是村里人就知道那个会讲荤故事会唱酸曲的人又来了. Прямой перевод: *И вот жители деревни узнали, что тот, кто рассказывает **мясные истории** и поет **кислые песни**, снова пришел*. Перевод в русскоязычной версии: *И деревенские понимали, что к ним вернулся человек, который рассказывает охальные сказки и поет тоскливые песни*. В китайском языке «мясные истории» обозначают истории, связанные с половым актом, а «кислые песни» – песни о любви. Безусловно, такие образные значения данных выражений не знакомы носителям русского языка и русской культуры, более того, могут вызвать неправильные ассоциации, поэтому переводчик использует стратегию свободного перевода. В данном случае метафоричность утрачивается.

Следующая стратегия – **полное замещение** китайских метафорических выражений русскими идиомами, фразеологизмами, пословицами и поговорками при сохранении общего смысла: 我偏偏是软硬不吃. Прямой перевод: *Я именно тот, кто не ест ни мягкое, ни твердое*. Перевод в русскоязычной версии: *Но тогда все мне было – **хоть кол на голове теши***. «软硬不吃» – устойчивое выражение в китайском языке, описывающее упрямого человека, кото-



рый сопротивляется любым способам воздействия, не поддается мягким уговорам и не боится принуждения. Еще один пример: 上梁不正下梁歪啊. Прямой перевод: *Верхний брус крив, нижний тоже кривой*. Перевод в русскоязычной версии: *Яблочко от яблони недалеко падает*. «上梁不正下梁歪» – это китайская пословица, которая связана со строительством деревянных домов в древнем Китае. Брус – важная часть конструкции здания, и если верхний брус неправильно установлен, то и нижний брус будет также неровно располагаться. Это метафорическое выражение обычно используется для описания ситуации в семье, команде или обществе, когда неправильное поведение родителей или руководителей влияет на детей или подчиненных.

В некоторых случаях переводчик прибегает к **частичному замещению** оригинальных метафорических выражений: наиболее понятная носителю русского языка часть выражения остается, а другая заменяется метафорой, свойственной русскому языку. Приведем пример: 家珍.....走路时裤裆里像是夹了个馒头似的一撇一撇. Прямой перевод: *Цзячжэнь...ходила по-утиному, будто ей в штаны насыпали маньтоу*. Перевод в русскоязычной версии: *Цзячжэнь...ходила по-утиному, будто ей в штаны насыпали пампушек*. Маньтоу и пампушка представляют собой круглые изделия из теста, однако пампушка встречается в части регионов России, а маньтоу – один из основных продуктов питания в северном Китае. Переводчик использовал знакомый россиянам образ мучного изделия для замены в целях более легкого восприятия текста.

Также для придания тексту большей выразительности в процессе перевода могут появляться новые метафоры, характерные для русского языкового пространства, то есть происходит **добавление новых образных слов и выражений**. Например: 听说他（龙二）从城里被押出来时眼泪汪汪. Прямой перевод: *Говорили, что он (Лун Эр) был выведен из города, и в тот момент его глаза были полны слёз*. Перевод в русскоязычной версии: *Говорили, что он рыдал в три ручья*. Этот русский фразеологизм прекрасно подходит для описания безутешно рыдающего человека, пребывающего в состоянии сильного эмоционального потрясения. Добавление образной единицы усиливает драматизм ситуации и делает текст более ярким, придает ему эмоционально-экспрессивную окраску.

**Опущение метафор** редко наблюдается в переводе романа «Жить». Переводчик в таких случаях сохраняет самую важную часть текста, раскрывающую основные идеи, не прибегая к созданию дополнительной образности. Если метафоры не влияют на развитие сюжета или на языковом уровне могут мешать восприятию текста, то переводчик может их опустить: 好端端的一个家成了砸破了的瓦罐似的四分五裂. Прямой перевод: *Целый дом стал как разбитая глиняная ваза, разорванный на куски*. В данном примере автор использует метафору разбитой вазы, чтобы описать разрушенный дом главного героя после

того, как его жена, Цзячжэнь, была насильно увезена своим отцом. Такие образные единицы, безусловно, отражают языковые особенности писателя и китайскую языковую картину мира в целом, но в переводной версии текста они сознательно опускаются.

### **Заключение**

Итак, роман Юй Хуа «Жить» наполнен как общими для китайской и русской культур метафорами, так и китайскими национально специфическими образными единицами. Универсальные метафоры показывают сходства китайского и русского менталитетов, а китайские – национально окрашены, часто связаны с культурными, историческими и социальными явлениями, демонстрируют особенности мышления китайцев, отражают их взгляд на мир, ценности, традиции и повседневную жизнь.

### **Список литературы**

1. Сюй Б. Фокус на технику языка – многогранный анализ повествовательного искусства произведений Юй Хуа // Журнал Хэбэйского педагогического университета (издание по философии и социальным наукам). – 2023. – № 2. – С. 63–67.
2. Ху Л., Ван С. Исследование языковой вариативности в искусстве произведений Юй Хуа // Журнал Цзянсийского научно-технического педагогического университета. – 2009. – № 1. – С. 98–101.
3. Линь Ц., Ло Т. О риторических особенностях языка в творчестве Юй Хуа // Журнал Тунхуаского педагогического университета. – 2016. – № 9. – С. 73–77.

*Ху Литин (Китай), Понкратова Екатерина Михайловна (Россия)*

*Томский государственный университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Понкратова Екатерина Михайловна, канд. филол. наук, доцент*

### **WECHAT КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ РКИ В КИТАЙСКОЙ АУДИТОРИИ**

**Аннотация:** Статья посвящена исследованию дидактического потенциала мессенджера WeChat в качестве средства обучения русскому языку как иностранному (РКИ) китайских студентов. В работе описываются учебные возможности мессенджера WeChat, показывается эффективность его использования при обучении китайцев. Приводятся примеры использования мессенджера в процессе обучения.

**Ключевые слова:** WeChat, РКИ, цифровые технологии.

### **Введение**

Традиционные аудиторные методы сталкиваются с вызовами цифровой эпохи: недостаток концентрации слушателей, необходимость гибкости и интерактивности. На фоне растущего спроса на изучение русского языка в китайском обществе, актуальность данной статьи обусловлена развитием методов преподавания РКИ, необходимостью решений, соответствующих локальным цифровым реалиям. Необходимо преодолеть разрыва между традиционными методами обучения и цифровой реальностью современного образования. Цель исследования – предоставить образовательный инструмент для повышения мотивации обучающихся, а также адаптировать процесс обучения РКИ к китайскому технологическому и культурному контексту. Предлагаемый инструмент не только отвечает на вызовы времени, но и предоставляет конкретное средство для педагогов, работающих с китайской аудиторией.

### **Основная часть**

WeChat – это мобильная коммуникационная система для передачи текстовых и голосовых сообщений, разработанная китайской компанией Tencent, первый релиз которой был выпущен в январе 2011 г. [1]. Согласно отчету, опубликованному компанией Tencent, по состоянию на 30 июня 2023 года количество пользователей WeChat достигло 1,327 миллиард [2]. WeChat объединяет коммуникацию, обмен моментами, доступ к новостям через официальные аккаунты, онлайн-покупки и услуги (мини-программы), удовлетворяя разнообразные повседневные и рабочие потребности. Кроссплатформенность (Android, Windows Phone и др.), интуитивный интерфейс, многоязычная поддержка и богатый функционал делают его удобным для пользователей из разных стран.

Благодаря своим особенностям WeChat имеет явное преимущество при обучении. Значимыми для организации образовательного процесса являются:

1. Групповой чат: преподаватели могут ответить в чате на вопросы, которые учащиеся не вполне поняли на уроке, но на которые преподаватель не смог ответить своевременно из-за нехватки времени.
2. Публичный аккаунт: студенты могут прочитать статьи или информацию, размещенную на официальном аккаунте, чтобы расширить свои внеклассные знания и повысить интерес к учебе.
3. Мини-программа: преподаватели могут легко создавать интерактивные уроки с богатым содержанием в мини-программы, а студенты – учиться в любое время и в любом месте, преодолевая границы времени и пространства.
4. Облачное хранение: обучающие и преподаватели могут получить доступ к сохраненным материалам в любое время.

В последние годы все больше ученых начинают проводить исследования в области использования мессенджеров в преподавании. В одной из таких работ

рассматривается эффективность смешанной модели обучения (сочетающей аудиторские и онлайн-методы) для преподавания РКИ китайским студентам на уровне В1, с использованием мессенджера WeChat. Разработанная автором модель состояла из трех этапов: диагностика, проектирование учебной деятельности, организация и мониторинг. В эксперименте приняли участие 27 студентов (15 в экспериментальной группе и 12 в контрольной). В ходе эксперимента использовались входные/выходные тесты, анкетирование и интервью. Проанализировав результаты тестирования студентов, а также ответы на вопросы анкеты, можно сделать вывод, что модель очень эффективна для оптимизации учебного процесса, персонализации обучения и повышения мотивации. Кроме того, студенты отметили, что WeChat удобен для экономии времени, доступа к информации и частого взаимодействия с преподавателями [3].

Существуют также исследования, в которых изучается использование WeChat в конкретных дисциплинах. Например, в одной из работ изучалось, как можно использовать WeChat для обучения китайских студентов чтению. Автор создал публичный аккаунт под названием «Чтение на русском языке» для размещения адаптированных материалов: живых тем, четких комментариев к сложным текстам и мультимедийного контента [4]. Еще в одном исследовании анализировались возможности использования мессенджера WeChat для обучения китайских студентов написанию научных статей на русском языке. Разработана программа обучения, включающая 15 аудиторных и 9 онлайн-занятий на WeChat. Темы разделены на три блока: речевые, языковые и дискурсивные компетенции. В ходе исследования приведены примеры учебных ситуаций с применением возможностей WeChat в обучении китайских студентов написанию научных статей на русском языке [5]. Проведя ряд анализов и исследований, авторы пришли к выводу, что использование WeChat для обучения РКИ является весьма перспективным и возможным благодаря своей гибкости и интерактивности.

### **Заключение**

В заключение следует отметить, что WeChat демонстрирует большой потенциал в преподавании РКИ благодаря своей многофункциональности, культурной релевантности и способности создавать интерактивную среду обучения. Практические примеры подтверждают, что интеграция WeChat в процесс преподавания может повысить мотивацию, улучшить языковые навыки и обеспечить гибкость в обучении. Мессенджер WeChat имеет большие перспективы распространения в России как средство обучения РКИ в китайской аудитории.

### Список литературы

1. Антропова М. Ю. Мобильные технологии в учебном процессе (на примере китайского WECHAT) // Cross-Cultural Studies: Education and Science (CCS&ES). – 2018. – Vol. 3, iss. 3. – P. 218–224.
2. Отчет. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Tencent
3. Янь Ж. Реализация модели смешанного обучения в курсе русского языка для китайских студентов / Ж. Янь // Преподаватель XXI век. – 2023. – № 1–1. – С. 199–210. – DOI 10.31862/2073–9613-2023-1-199-210. – EDN SALWVQ.
4. Цзян Т. Использование WeChat для обучения китайских студентов чтению / Т. Цзян // В мире русского языка и русской культуры: Сборник тезисов VI Международной студенческой научно-практической конференции, Москва, 22 апреля 2022 года. – Москва : Государственный институт русского языка имени А. С. Пушкина, 2023. – С. 243–244. – EDN LJAHAO.
5. Ли Ц. Многофункциональная платформа WeChat как средство обучения написанию научных статей / Ц. Ли // Вестник Санкт-Петербургского государственного института культуры. – 2023. – № 1(54). – С. 102–108. – DOI 10.30725/2619–0303-2023-1-102-108. – EDN CNJTQA.

*Цинь Сяоя (Китай)*

*Народный университет Китая, г. Пекин*

*Научный руководитель: Цинь Мэйлин, канд. филол. наук, преподаватель Института иностранных языков*

### ЛИНГВОКУЛЬТУРНЫЕ КОДЫ В КИТАЙСКОМ ИНТЕРНЕТ-ДИСКУРСЕ

**Аннотация:** в работе рассматриваются основные культурные коды, выявленные на материале текстов китайского блогера, известного под ником Джон Хан. Анализируются образные единицы, воплощающие коды, описывается их национально-культурная специфика. Предложена тематическая классификация лингвокультурных кодов.

**Ключевые слова:** лингвокультурный код, образ, метафора, интернет-дискурс.

#### **Введение**

Лингвокультурные коды представляют собой системы символов и смыслов, которые объединяют язык и культуру. Они являются ключом к пониманию того, как носители языка структурируют, категоризируют и интерпретируют окружающий мир через призму национальных и культурных ценностей. Изучение

лингвокультурных кодов в современном медийном пространстве становится всё более актуальным, особенно в контексте блогов и социальных сетей, где язык активно используется для создания уникальных смыслов и культурных ассоциаций.

Исследователи обычно классифицируют коды по тематическим признакам, выделяя антропоморфный (связан с человеком и его характеристиками), зооморфный (опирается на образы животных для описания людей или ситуаций), религиозный (включает символику, связанную с религией, верой и сакральными понятиями), природно-ландшафтный (использует образы природы для выражения эмоций и описания событий), растительный (основывается на ассоциациях с растениями, их жизненными циклами и характеристиками), военный (описывает отношения, конфликты и поведение через образы войны и сражений), колоративный (связан с цветами и их культурными значениями) и другие коды. Такое разнообразие кодов позволяет анализировать, как через язык отражаются культурные особенности, исторический опыт и восприятие мира.

Метафора как один из важнейших элементов языка играет особую роль в создании и функционировании лингвокультурных кодов. Она не только украшает речь, но и помогает формировать культурно значимые образы, связывая их с определенным социокультурным контекстом. В метафоре заложен потенциал для выражения сложных идей и эмоций через простые и понятные образы, что делает ее особенно востребованной в блогосфере.

Маленький Джон Хан (小约翰可汗) – ведущий блогер в области истории и знаний на сайте bilibili, у которого около 9,16 млн подписчиков. Каждое его видео просмотрели не менее 3 млн человек, а самое просматриваемое видео («Почему Советский Союз был силен») набрало более 31 млн просмотров. Речь этого блогера является предметом многих лингвистических исследований [1–3]. Цель данной работы – выявить и описать культурные коды в интернет-дискурсе на материале образной речи Джон Хана.

### Основная часть

В работе были проанализированы 6 самых проигрываемых видеороликов блогера, повествующих о российских исторических деятелях, и в них было найдено 146 метафорических контекстов, реализующих 8 основных лингвокультурных кодов (в порядке убывания): зооморфный, предметный, военный, код компьютерных игр, растительный, колоративный, религиозный и природно-ландшафтный. Рассмотрим конкретные примеры.

**Зооморфный код:** 面对这个社牛分子，一头雾水的布莱克茫然地伸出右手。(Досл.: Перед этим человеком как **социальным быком** Блейк, находясь в тумане, ничего не понимая, протянул правую руку.)

Метафора «социальный бык» указывает на человека, который воспринимается как излишне активный и агрессивный в социальном взаимодействии.

Это помогает создать образ личности, не чувствующей себя неловко в отношениях с окружающими, но это контрастирует с реакцией Блейка, который выглядит растерянным.

**Предметный код:** 在抬旗成功的几个月后，上级终于给莫鲁迪下任务了。(Досл.: Через несколько месяцев после **поднятия флага** начальство наконец-то поручило Молодому задание.)

Слово «флаг» достаточно часто упоминается в речи блогера. «Поднятие флага» символизирует систему династии Цин, которая использовалась для обозначения аристократического статуса. В этом контексте описывается благородное происхождение семьи и повышение социального статуса. Сравнение с аристократией династии Цин создает интересный культурный мост, добавляя вес и ритуальность самому процессу. Использование метафоры, связанной с китайской историей, создает юмористический эффект и привлекает внимание.

**Военный код:** 莫洛迪立刻开展金钱攻势。(Досл.: Молодой немедленно **развернул атаку деньгами**.)

Метафора «атака деньгами» используется для образного выражения того, как Молодой действует, используя деньги как инструмент влияния. Атака обычно ассоциируется с агрессивным, наступательным действием, часто в военной сфере, где она имеет целью победу или захват чего-либо. Здесь она переносится на действия Молодого, подчеркивая, что он использует деньги как оружие, направленное на то, чтобы «победить» или достичь своих целей.

**Код компьютерных игр:** 1954 年 1 月所有的培训全部完成，苏联版朗斯戴尔正式上号了。(Досл.: В январе 1954 года завершилась вся подготовка, и советская версия Лонсдейла официально **вышла на номер**.)

В этом контексте использована метафора «выйти на номер», заимствованная из компьютерных игр, в отношении советского агента Лонсдейла. Это выражение означает, что агент был официально внедрен в какую-то сферу, как персонаж в видеоигре, который запускается и вступает в игру.

**Растительный код:** 几年以后，幼小的莫洛迪就饿得脖子赛麻杆，手指赛烟卷了。(Досл.: Через несколько лет маленький Молодой так проголодался, что его шея стала тонкой, **как соломинка**, а пальцы как сигареты.)

Образные выражения «как соломинка», «как сигареты» используются блогером для изображения крайней степени истощения персонажа. Эти предметы ассоциируются с чем-то тонким и хрупким, что подчеркивает неудовлетворительное физическое состояние героя. В этом контексте также реализуется и предметный код (образ сигареты).

**Колоративный код:** 他决定加入白军，投入到全俄罗斯红白大赛之中。(Досл.: Он решил вступить в Белую армию, во всероссийские **красно-белые** соревнования.)

Метафора «красно-белые соревнования» представляет два лингвокультурных кода: колоративный и спортивный. Выражение символизирует противостояние между двумя армиями, Белой (антикоммунистами) и Красной (коммунистами), известное в годы Гражданской войны в России. Метафора «соревнования» используется с целью отразить политическую борьбу за власть как нечто спортивное, организованное, что, в свою очередь, добавляет некоторую ироничность и упрощенность описанию очень серьезного и трагичного исторического конфликта. Кроме того, когда китайцы упоминают красный и белый цвета одновременно, они обычно имеют в виду свадьбы и похороны, поэтому в данном выражении создается юмористический эффект.

**Религиозный код:** 对于普通的德语法语课程, 莫洛迪感觉还是过于简单了, 因此他决定挑战一下地狱难度的科目——中文。(Досл.: Молодой посчитал немецкий и французский слишком простыми и решил бросить вызов предмету адского уровня – китайскому.)

Метафора «адский» подчеркивает высокую сложность китайского языка, создавая комический эффект чрезмерного преувеличения.

**Природно-ландшафтный:** 科罗特科夫拥有着不符合职业的坦诚, 他开门见山的对莫洛迪说, 祖国需要你从事一些秘密工作, 你愿意吗? (Досл.: Коротков обладал откровенностью, которая не соответствовала его профессии. Он открыл дверь и сразу увидел гору, сказав Молодому: «Родина нуждается в том, чтобы ты занялся некоторой секретной работой, ты согласен?»)

В данном предложении использована развернутая метафора «открыл дверь и сразу увидел гору». Эта метафора выполняет характеризующую функцию, она описывает откровенность персонажа. Выражение «увидел гору» описывает значимость и внезапность того, что стало очевидным – в данном случае это не просто просьба, а серьезная и важная задача, в решении которой нуждается Родина.

### **Заключение**

Таким образом, в речи Маленького Джона Хана широко используются разные лингвокультурные коды. Используемые метафоры часто относятся к разговорной, просторечной, жаргонной лексике и популярны среди молодежи как в онлайн-общении, так и во внесетевом общении. Ориентация на молодежную аудиторию обуславливает выбор подобной лексики.

В таких аллюзиях, помимо прочего, декларируется культурная глобализация и взаимопроникновение культур, что еще раз подчеркивает тот факт, что интернет-дискурс испытывает на себе сильное воздействие социальных, социокультурных и лингвокультурологических факторов, участвуя в формировании у пользователей концептуальной картины мира как она понимается в рамках когнитивной лингвистики.



Проанализированные метафорические единицы позволяют утверждать, что Маленький Джон Хан успешно достигает главной цели, презентуя себя и создавая личный бренд. Его языковой стиль, образное мышление в описании исторических фигур отвечают когнитивным привычкам и культурным предпочтениям китайской аудитории, что в значительной степени способствует распространению русской культуры в Китае и повышению интереса китайской публики к российской истории и политике.

### Список литературы

1. Ли Х. Анализ стратегий распространения видеозаписей на исторические темы на платформе Bilibili // Исследование по журналистике. – 2024. – № 19. – С. 88–91.
2. Сунь Ю., Ху М. Медиатизация в производстве и воспроизведении знаний: интеграционная практика видеоблогеров для популяризации знаний на платформе Bilibili // Новостной век. – 2025. – № 01. – С. 62–72.
3. Цзоу Ю. Создание текста независимых видеоблогеров в эпоху коротких видео: от «мемов» и далее // Народное искусство. – 2023. – № 21. – С. 99–103.

*Чжэн Янь (Китай)*

*Томский государственный университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Понкратова Екатерина Михайловна, канд фил. наук, доцент  
кафедры РКИ ТГУ*

### **ИНТЕРНЕТ-ПЛАТФОРМЫ В ОБУЧЕНИИ АКАДЕМИЧЕСКОМУ ПИСЬМУ ПРЕДМАГИСТРАНТОВ ИЗ КИТАЯ (ОПЫТ НАПИСАНИЯ ВКР)**

**Аннотация:** В данной работе исследуются интернет-платформы как эффективные инструменты для обучения академическому письму предмагистрантов из Китая. Анализируется их роль в процессе написания выпускных квалификационных работ (ВКР), а также влияние на развитие навыков критического мышления и исследовательской деятельности. Рассматриваются примеры успешного использования данных платформ в образовательном процессе и их вклад в повышение качества академического письма.

**Ключевые слова:** академическое письмо, интернет-платформы, предмагистранты, ВКР.

#### **Введение**

Актуальность исследования обусловлена растущими требованиями к качеству академического письма среди предмагистрантов из Китая в условиях гло-

бализации образования [1]. Современные образовательные стандарты требуют от студентов не только глубоких знаний в своей области, но и способности к грамотному и структурированному изложению своих мыслей в письменной форме. В условиях недостаточной подготовки традиционными методами обучения, интернет-платформы, такие как YouTube, Speakrus, Stepik, становятся важными инструментами для развития навыков академического письма и критического мышления.

### **Основная часть**

В последние годы наблюдается рост числа китайских студентов, обучающихся в российских вузах, что связано с глобализацией образовательного процесса и стремлением получить качественное образование за границей. Однако многие из них сталкиваются с трудностями в написании выпускной квалификационной работы (ВКР) из-за недостаточного владения русским языком и различий в образовательных системах Китая и России. В современных условиях, когда традиционные методы обучения не всегда эффективны, онлайн-платформы, такие как YouTube, Speakrus, Stepik, становятся важным инструментом для развития навыков академического письма, критического мышления и структурирования научных работ. Цель данного исследования – анализ эффективности интернет-платформ как средства обучения академическому письму для предмагистрантов из Китая. В работе будут рассмотрены подходы к обучению и возможности существующих платформ в подготовке студентов к написанию ВКР, что может способствовать повышению качества их академической подготовки в России.

Обратимся к платформе Stepik, а именно курсу «Как писать диплом (выпускную квалификационную работу)». Курс научит вас проводить исследования и анализировать академические источники. Вы узнаете, как формулировать аргументы и разрабатывать логическую структуру вашей работы. Кроме того, курс поможет вам развить навыки академического письма, включая правильное цитирование и оформление библиографии. В результате прохождения курса вы сможете написать качественный диплом, соответствующий академическим стандартам. Одной из задач курса является обучение студентов навыкам редактирования и корректировки собственных работ для достижения высокого уровня качества академического письма [2].

В настоящее время видеохостинг YouTube является самым популярным сайтом для просмотра видео в мире, и вторым по посещаемости среди всех сайтов. [3] Иметь хорошие перспективы для диссертационного исследования. YouTube предлагает разнообразные видео по академическому письму, где студенты могут найти материалы о структуре ВКР, литературном обзоре, оформлении ссылок и избегании ошибок. Это позволяет каждому выбрать контент по своим потребностям. Китайские студенты предпочитают визуальные методы

обучения, и видео часто включают графику и примеры, что упрощает понимание сложных концепций. Некоторые каналы предлагают интерактивные задания, что способствует активному вовлечению. Для студентов с ограниченным уровнем языка доступны видеоматериалы с субтитрами на разных языках, а также видео на китайском, что полезно для начинающих. На YouTube можно найти лекции от экспертов, которые делятся лучшими практиками написания ВКР. Платформа доступна в любое время, что позволяет студентам учиться в удобном темпе, пересматривать видео и изучать материал в своем ритме, что особенно важно в условиях загруженного учебного графика.

На платформе «Speakrus» есть множество упражнений, заданий, текстов, видео, которые помогут улучшить знание русского языка. В этом приложении есть возможность тренировать навыки письменной речи. Платформа предполагает взаимную активность преподавателя и студента, при этом, за счёт использования упражнений с автоматической проверкой, максимально сокращено время для оценивания работ преподавателем.

Платформа «Speakrus» представляет собой эффективный инструмент в обучении академическому письму для предмагистрантов из Китая. Она предлагает разнообразные ресурсы, включая упражнения, задания, тексты и видео, которые помогают студентам развивать необходимые навыки. Платформа предоставляет четкие инструкции и примеры, что позволяет студентам лучше понимать, как правильно структурировать свои работы. Упражнения с автоматической проверкой помогают сократить время на оценивание и позволяют студентам получать обратную связь в режиме реального времени. Платформа акцентирует внимание на взаимодействии между преподавателем и студентом, что способствует более глубокому пониманию материала и улучшению навыков письменной речи. Преподаватели могут создавать курсы (ВКР) на основе уровня и потребностей студентов в «Speakrus» [4].

### **Заключение**

В ходе исследования было установлено, что интернет-платформы, такие как YouTube, Speakrus и Stepik, могут выступать эффективными инструментами для обучения академическому письму предмагистрантов из Китая. Они способствуют развитию навыков критического мышления, структурирования научных работ и грамотного изложения мыслей в письменной форме.

Анализ показал, что использование онлайн-ресурсов помогает преодолеть трудности, связанные с недостаточным владением русским языком и различиями в образовательных системах Китая и России. Это, в свою очередь, может способствовать повышению качества подготовки китайских студентов в российских вузах.

Таким образом, интернет-платформы представляют собой перспективное направление в обучении академическому письму и могут быть рекомендованы для использования в образовательном процессе с предмагистрантами из Китая.

### Список литературы

1. Короткина И.Б. Университетские центры академического письма в России: цели и перспективы // Высшее образование в России. – 2016. – № 1. – С. 75–86.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stepik.org/course/182522/info>
3. The World's Most Popular Websites / Statista.com. 2019. Nov. 25. – URL: [https://www.statista.com/chart/17613/most-popular-websites/\(accessed:15.09.2019\)](https://www.statista.com/chart/17613/most-popular-websites/(accessed:15.09.2019)).
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://speakruss.ru/#/courses>

*Ши Чэньянь (Китай)*

*Томский государственный университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Понкратова Екатерина Михайловна, канд фил. наук, доцент  
кафедры РКИ ТГУ*

### **ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ В ПРЕПОДАВАНИИ РКИ (НА МАТЕРИАЛЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ЯЗЫК ИНФОРМАТИКИ»)**

**Аннотация:** в настоящем исследовании демонстрируется эффективность синтеза трёх цифровых платформ – Спикрус, LearningApps и Stepik в формировании профессионально-ориентированной коммуникативной компетенции при изучении языка информатики иностранными студентами.

**Ключевые слова:** интерактивные платформы, Спикрус, LearningApps, Stepik, РКИ.

#### **Введение**

Цифровизация образования актуализирует необходимость интеграции интерактивных платформ в преподавание РКИ. Исследование направлено на оценку эффективности использования ресурсов Спикрус, LearningApps и Stepik в процессе обучения китайских студентов ТГУ. Актуальность работы определяется необходимостью преодоления трудностей при чтении и понимании специализированных текстов. Новизна работы заключается в том, что впервые предложена методика, в которой консолидируются возможности трёх интерактивных платформ и традиционные способы обучения «Языку информатики». Анализ функциональных возможностей платформ и разработка методики их использования позволят оптимизировать обучение языку информатики в поликультурной среде. В последние годы все больше студентов и преподавателей стали активно использовать онлайн-платформы для обучения и преподавания.

## Основная часть

В создании методических разработок для изучения научного стиля речи русского языка как иностранного (Язык информатики) нами использовались онлайн-платформы Спикрус, LearningApps и Stepik, данные платформы уже освещались в научно-методической литературе, однако не был рассмотрен их учебный потенциал при комплексном использовании [1–4].

Спикрус – современная образовательная платформа, предоставляющая уникальные интерактивные ресурсы, такие как видеолекции, интерактивные тесты с мгновенной обратной связью и специализированные форумы для обсуждения. Кроме того, Спикрус предлагает инструмент мониторинга успеваемости, который позволяет преподавателям контролировать обучение студентов на основе данных, поступающих с платформы [2]. Представим несколько типов заданий.

### Упражнение 1. 听下列单词录音

#### 1. 请听下列单词的录音

|                  |      |            |    |
|------------------|------|------------|----|
| информатика      | 信息学  | устройство | 设备 |
| информация       | 信息   | передача   | 传输 |
| компьютер        | 计算机  | хранение   | 保存 |
| технология       | 科学技术 | прием      | 接收 |
| переработка      | 加工   | выдача     | 输出 |
| кибернетика      | 控制学  | обработка  | 处理 |
| инструмент       | 工具   | интеллект  | 智力 |
| программирование | 编程   | сбор       | 收集 |

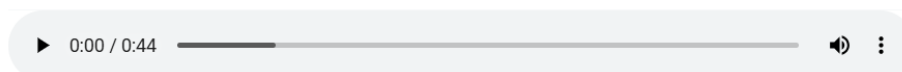


Рис. 1. Упражнение на платформе «СпикРус»

### Упражнение 2. Выберите нужное слово 选择正确的单词

8. Выберите нужное слово 选择正确的单词

1 2 3 4

4. Студентам нужно правильно (использовать/использование) информацию.

Ваш ответ

☒ использовать

☐ использование

ОТВЕТИТЬ

Оценка за ответ

✓

Рис. 2. Упражнение на платформе «СпикРус»

Это упражнение направлено на запоминание новых слов. Студентам необходимо прослушать запись и повторить, при этом слушатели могут регулировать скорость записи в соответствии со своими потребностями.

Цель этого упражнения – помочь студентам попрактиковаться в преобразовании существительных в глаголы, одновременно углубляя их знания концепций информатики.

LearningApps.org создан для поддержки обучения и преподавания с помощью небольших общедоступных интерактивных упражнений. Эти упражнения создаются онлайн и могут использоваться в образовательном процессе. Сайт предлагает различные шаблоны, такие как классификационные упражнения и тесты с множественным выбором. Однако они не являются самостоятельными учебными единицами и должны быть интегрированы в общий сценарий обучения. [3] Представим несколько типов заданий.

#### Упражнение 1. Разгадайте кроссворд 填字游戏



Рис. 3. Упражнение на платформе «LearningApps»

Это упражнение представляет собой кроссворд. Студенты заполняют соответствующие слова по картинкам. Кроме того, вопросы могут быть представлены в текстовом, аудио и видео.

#### Упражнение 2. 听、重复单词并选择正确的选项

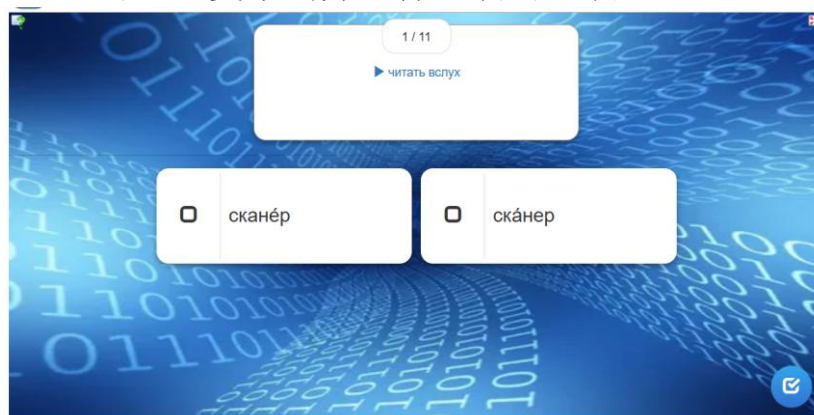


Рис. 4. Упражнение на платформе «LearningApps»

Это упражнение предназначено для аудирования. Студенты оценивают положение ударений в словах с помощью записи. Это помогает им овладеть правильным произношением слов и улучшить свои навыки аудирования.

### Упражнение 3. 选择正确的选项

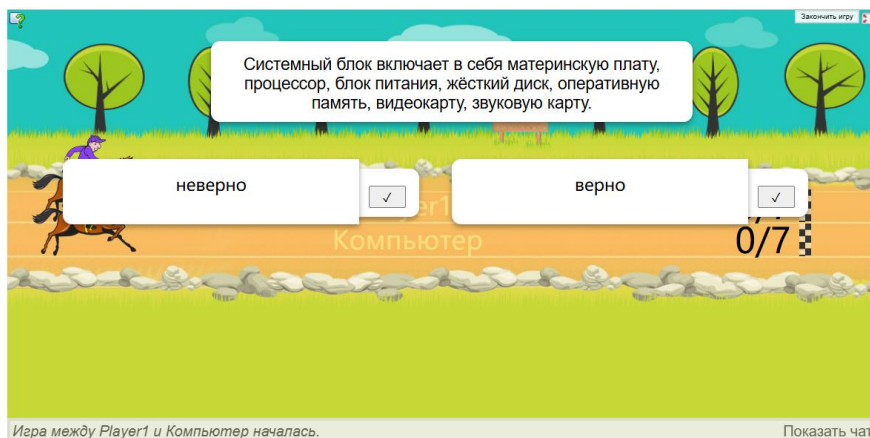


Рис. 5. Упражнение на платформе «LearningApps»

Это упражнение сочетает в себе элементы игры. За каждый правильный ответ на вопрос они получают одно очко. В итоге побеждает игрок, набравший наибольшее количество очков. Интеграция игровых элементов помогает повысить энтузиазм студентов.

Stepik – это образовательная платформа, предназначенная для разработки и распространения интерактивного учебного контента, а также для предоставления различных типов автоматически оцениваемых заданий. Платформа подходит для различных форм электронного обучения, включая индивидуальные занятия в учебных заведениях и массовые открытые онлайн-курсы (МООС) [1, 4].

### Упражнение 1. 确定名词是由哪些动词构成的

Сопоставьте значения из двух списков

Верно решил 1 учащийся  
Из всех попыток 40% верных

|               |               |
|---------------|---------------|
| обеспечивать  | проверка      |
| запускать     | включение     |
| сохранять     | распределение |
| создавать     | разработка    |
| разрабатывать | создание      |
| проверять     | запуск        |
| распределять  | обеспечение   |
| включать      | сохранение    |

Отправить

Рис. 6. Упражнение на платформе «Stepik»

Это упражнение представляет собой упражнение на сопоставление, в котором студентам необходимо сопоставить глаголы с соответствующими им существительными.

## Упражнение 2. 根据概念选择正确答案

Какая программа используется для обработки текста? Выберите: ?

Какая программа используется для создания таблицы? Выберите: ?

Какая программа используется для получения информации из Интернета? Выберите: ?

Какая программа используется для работы с аппаратурой? Выберите: ?

Максимум 5 баллов за решение.

Отправить

Решения Вы получили: 1 балл из 5

Рис. 7. Упражнение на платформе «Stepik»

Выберите соответствующее название программного обеспечения в зависимости от концепции. Это упражнение помогает студентам лучше понять соответствующие концепции программного обеспечения.

### Заключение

Эти платформы показывают следующие преимущества при преподавании предмета «Язык информатики» [4–6]:

**Интерактивные учебные материалы.** Преподаватели могут использовать мультимедийные возможности платформы для добавления учебных материалов в виде видео, аудио и изображений. Это позволяет интуитивно доносить профессиональные концепции и термины, улучшая понимание и запоминание студентов.

**Интерактивные упражнения.** Эти упражнения не только эффективно сочетают в себе четыре навыка: аудирование, говорение, чтение и письмо, но и включают игровые элементы, что делает процесс обучения более ярким и интересным.

**Обратная связь и коррекция.** Студенты получают немедленную обратную связь после выполнения упражнения. Такой механизм немедленной обратной связи помогает учащимся быстро понять свою работу, выявить ошибки и внести коррективы, что способствует повышению эффективности обучения.

**Позволяет асинхронно сохранять материалы** курса и обеспечивает постоянный доступ, чтобы студенты могли просматривать и повторять их в любое время.



### Список литературы

1. Колоскова Г.А. Использование платформы stepik в образовательном процессе // Сборник научных трудов Юбилейного форума с международным участием. – Москва : Институт стратегии развития образования, 2023. – С. 527–541. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=62583318> (дата обращения: 29.03.2025).
2. Стаканова Т.К. Образовательная платформа как инструмент преподавания императивных речевых жанров в иностранной аудитории (на примере РЖ совета и просьбы) [Магистерская диссертация] / Т.К. Стаканова. – Томск : Филологический факультет Томского государственного университета, 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vital:17070> (дата обращения: 28.03.2025). – Текст: электронный.
3. Игнатович Т.В. Обучение русскому языку как иностранному с использованием сервиса learningapps // Русистика. – 2021. – № 1. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-russkomu-yazyku-kak-inostrannomu-s-ispolzovaniem-servisa-learningapps> (дата обращения: 20.01.2025).
4. Шамурадова А. Создание курсов на образовательной платформе stepik [Текст] / А. Шамурадова // Сборник статей VII Международной научно-практической конференции. – Москва : Издательство «Перо», 2023. – С. 220–223. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54009742> (дата обращения: 28.03.2025). – Текст: электронный.

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ НАУК

*Аброр Эллеон (Индонезия)*

*Томский государственный университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Воробьева Людмила Владимировна, канд. филол. наук, доцент  
кафедры международной деловой коммуникации ТГУ*

## БУДУЩЕЕ ЭНЕРГЕТИКИ ЕВРОПЫ: СМОЖЕТ ЛИ ОНА ОТКАЗАТЬСЯ ОТ РОССИИ?

**Аннотация:** доклад посвящён вопросам энергетической безопасности Европы и её зависимости от российских энергоресурсов. Рассматриваются причины трансформации энергетической политики ЕС, включая диверсификацию поставок, развитие возобновляемых источников энергии и последствия геополитических изменений последних лет.

**Ключевые слова:** энергетика, Европа, Россия, газ, безопасность.

### **Введение**

Энергия является основой современной экономики и играет ключевую роль в развитии государств. Доступ к надёжным источникам энергии влияет на промышленность, транспорт, отопление и многие другие сферы жизни. Для Европы, как одного из крупнейших потребителей энергии в мире, вопрос энергетической безопасности имеет особое значение. Исторически значительная часть энергоресурсов поступала из-за рубежа, а зависимость от импорта нефти, газа и урана влияла на экономическую и политическую стратегию региона. Это делает энергоснабжение важным фактором в международных отношениях Европы. Россия, будучи одним из крупнейших поставщиков, долгое время играла ключевую роль в обеспечении региона энергоресурсами.

### **Основная часть**

До 2022 года Россия была основным поставщиком энергии для Европы, особенно природного газа. Согласно отчёту Европейского совета по международным отношениям, в 2021 году страны ЕС импортировали около 155 миллиардов кубометров (bcm) российского газа, что составляло около 45 % от общего объёма импорта газа [3]. Газ поставлялся по нескольким основным трубопроводам, таким как «Северный поток», «Ямал-Европа» и «Дружба» [1]. Кроме того, атомные электростанции Европы, обеспечивающие четверть общего производства электроэнергии ЕС, также зависели от России. Согласно отчёту

Investigate Europe, 18 АЭС в Центральной и Восточной Европе было спроектировано Россией, поэтому они зависят от российских технологий и услуг, а также от топлива, поставляемого компанией «Росатом» [5]. Однако после 2022 года ситуация изменилась из-за конфликта и санкций ЕС, направленных против России.

Сокращение поставок российского газа привело к резкому росту цен на энергоносители в Европе. В августе 2022 года стоимость электроэнергии превысила 500 евро за МВт·ч. Этот рост цен оказал широкомасштабное влияние: в ряде европейских стран прошли протесты из-за роста стоимости электроэнергии, а производство в тяжёлой промышленности было затруднено. Эти обстоятельства вынудили ЕС искать выход из кризиса и альтернативные источники энергии.

ЕС принял меры по сокращению зависимости от российской энергии. Одной из основных стратегий стала диверсификация поставок. Европа начала наращивать импорт сжиженного природного газа (СПГ) из альтернативных стран, таких как Норвегия, США и Катар [2]. В 2022 году Германия построила новый СПГ-терминал в Вильгельмсхафене, а ЕС активнее использовал газопровод «Турецкий поток» для обеспечения стабильности поставок. Эти шаги отражают стремление ЕС обеспечить энергетическую безопасность региона.

Помимо диверсификации, Европа активно переходит на возобновляемые источники энергии. Инвестиции в солнечную энергетику резко возросли, и в 2024 году ЕС впервые произвёл больше электроэнергии на солнечных панелях, чем на угольных станциях. Франция также возобновляет развитие атомной энергетики как решения для повышения энергетической безопасности. В Германии 67 % населения поддерживает возобновление работы АЭС [6], что может повлиять на энергетическую политику страны.

В ответ на европейские санкции Россия переориентировала экспорт энергоносителей на азиатский рынок. Китай и Индия стали основными покупателями российской нефти и газа, часто получая их со скидками. Поставки осуществляются через такие инфраструктурные проекты, как трубопровод «Сила Сибири» для Китая [4] и танкерные перевозки нефти в Индию. Несмотря на потерю европейского рынка, Россия сохранила доходы от энергетического сектора благодаря гибкой экспортной стратегии.

Возникает вопрос: сможет ли ЕС полностью отказаться от российских энергоресурсов? Хотя ЕС стремится сократить зависимость от российского газа с помощью санкций и диверсификации поставок, некоторые европейские страны продолжают импортировать российский газ как напрямую, так и через посредников. В конце 2024 года Россия по-прежнему оставалась одним из крупнейших поставщиков СПГ в Европу, обеспечивая около 20 % импорта СПГ ЕС. После того как Украина закрыла транзит российского газа через свою территорию в начале 2025 года, некоторые страны, такие как Словакия, начали искать

альтернативные маршруты для получения российского газа, например, через «Турецкий поток» [7], который поставляет российский газ через Турцию в южную и центральную Европу. Эта ситуация подчёркивает дилемму некоторых стран ЕС, которым приходится балансировать между требованиями ЕС и собственными энергетическими потребностями. Высокая стоимость СПГ по сравнению с российским трубопроводным газом вынуждает некоторые европейские государства сохранять импорт российского газа для стабилизации своих экономик.

### **Заключение**

Энергетические отношения между Россией и Европой значительно изменились за последние несколько лет. ЕС стремится к энергетической независимости от России, в то время как Россия переориентируется на азиатские рынки. Однако, несмотря на усилия ЕС, некоторые страны продолжают импортировать российский газ, руководствуясь экономическими соображениями. Долгосрочные последствия этих изменений будут зависеть от геополитической ситуации, развития технологий в сфере энергетики и экономической политики в будущем.

### **Список литературы**

1. Gross S., Stelzenmüller C. Europe's messy Russian gas divorce [Электронный ресурс]. – Brookings, 18.06.2024. – URL: <https://www.brookings.edu/articles/europes-messy-russian-gas-divorce/> (дата обращения: 13.03.2025).
2. European Council. Where does the EU's gas come from? [Электронный ресурс]. – Council of the European Union, 2025. – URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/where-does-the-eu-s-gas-come-from/> (дата обращения 11.04.2024).
3. Kardas S. Conscious uncoupling: The Europeans' Russian gas challenge in 2023 [Электронный ресурс]. – European Council on Foreign Relations (ECFR), 2023. – URL: <https://ecfr.eu/article/conscious-uncoupling-europeans-russian-gas-challenge-in-2023/> (дата обращения 14.03.2025).
4. Dickel R., Hassanzadeh E., Henderson J., Honoré A., El-Katiri L., Pirani S., Rogers H., Stern J., Yafimava K. Reducing European Dependence on Russian Gas: Distinguishing Natural Gas Security from Geopolitics. – Oxford : Oxford Institute for Energy Studies, 2014.
5. Investigate Europe. Russia's multi-million-euro nuclear exports untouched by EU sanctions [Электронный ресурс]. – Investigate Europe, 2022. – URL: <https://www.investigate-europe.eu/en/posts/russias-multi-million-euro-nuclear-exports-untouched-by-eu-sanctions> (дата обращения: 13.03.2025).
6. Clean Energy Wire. Two-thirds of Germans against shutting down last nuclear power plants: poll [Электронный ресурс]. – Clean Energy Wire, 2023. –

URL: <https://www.cleanenergywire.org/news/two-thirds-germans-against-shutting-down-last-nuclear-power-plants-point-survey> (дата обращения: 14.03.2025)

7. Slovakia starts receiving Russian gas via TurkStream after Ukraine transit halt [Электронный ресурс]. – Pipeline Technology Journal, 2025. – URL: <https://www.pipeline-journal.net/news/slovakia-starts-receiving-russian-gas-turkstream-after-ukraine-transit-halt> (дата обращения: 14.03.2025).

*Баточир Должинжав (Монголия), Шерстнева Светлана Владиславовна (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Ботыгин Игорь Александрович, к.т.н., доцент*

## **УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВЫЗОВОВ**

**Аннотация:** В работе рассмотрены некоторые аспекты регионального дисбаланса качества доступных водных ресурсов. Приведено распределение типов источников централизованного питьевого водоснабжения, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям. Отмечены субъекты РФ с плохими показателями санитарно-эпидемиологической безопасности. Выделены базовые направления напряженности в отношении водных ресурсов. Сделан вывод, что для эффективного управления водохозяйственным комплексом необходимо создать комплексную систему регулирования, которая бы обеспечивала координацию действий всех заинтересованных сторон.

**Ключевые слова:** водные ресурсы, водный кризис, водная стратегия, загрязнение, окружающая среда.

### **Введение**

Актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что современные глобальные экологические вызовы, включая изменение климата, антропогенное загрязнение и рост населения, оказывают значительное влияние на все сферы природопользования. В условиях глобальных экологических вызовов особое место занимает проблема охраны и использования водных ресурсов, как самых необходимых ресурсов, обеспечивающих существование не только человечества, но и всей биосферы. Таким образом, доступность водных ресурсов становится существенным фактором экономического развития не только отдельных стран, но и целых регионов планеты. Целью данной работы является рассмотрение основных направлений напряженности в отношении водных ресурсов и изучение возможностей использования современных инженерных и цифровых решений в процессах управления ими.

## Основная часть

Согласно последним исследованиям [1, 2], сегодня более 25 % населения мира (почти 2,2 миллиарда человек) не имеют доступа к безопасной воде, ежегодно от ее дефицита умирают не менее 1,4 миллиона человек, к 2030 году дефицит воды может затронуть около 40 % мирового населения, а ежегодные экономические потери от неэффективного водопользования достигнут 5 трлн долларов.

В условиях нарастающих экологических рисков проблема регионального дисбаланса водных ресурсов приобретает особую значимость и для России, где, несмотря на обладание 20 % мировых запасов пресной воды (второе место в мире после Бразилии), наблюдаются значительные различия в качестве доступных водных ресурсов по регионам. Ниже приведена столбчатая диаграмма процентного соотношения разных источников централизованного питьевого водоснабжения, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям [3].

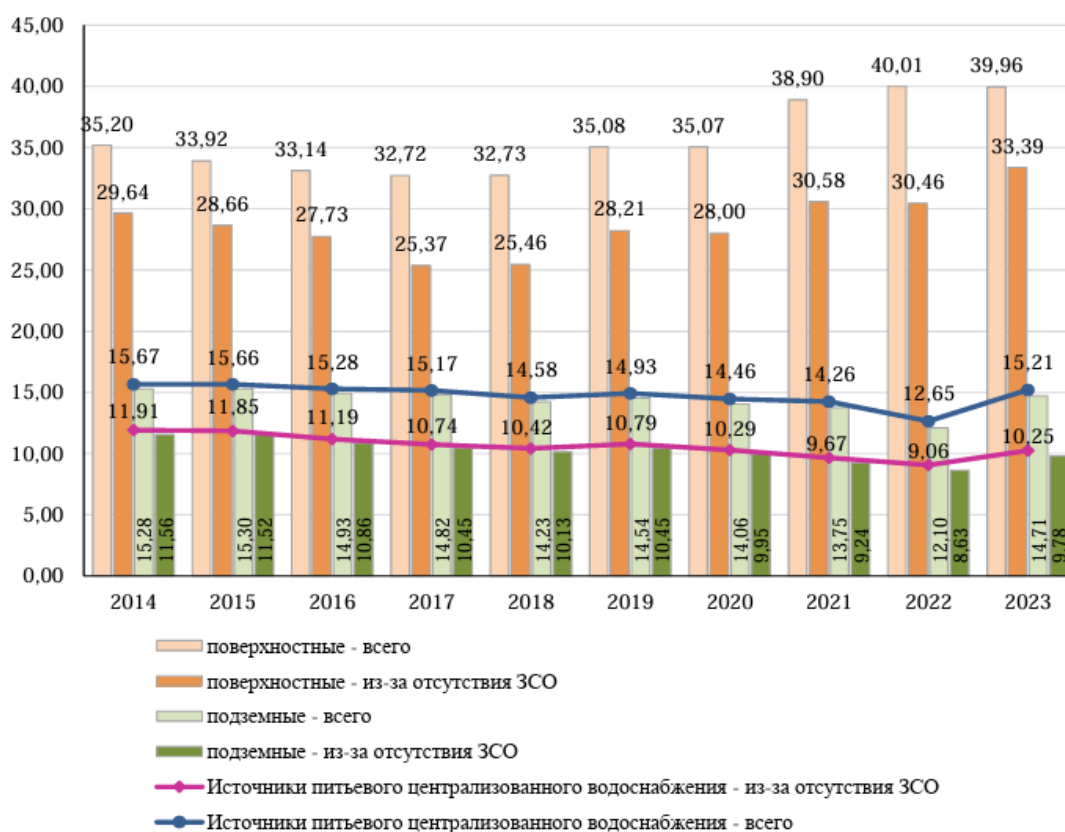


Рис. 1. Доля (%) источников централизованного питьевого водоснабжения, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям

Согласно государственному докладу, «удельный вес источников централизованного питьевого водоснабжения, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям (выше среднероссийского показателя

(15,21 %) зафиксирован в 34 субъектах Российской Федерации, например, в Республике Калмыкия (86,36 %), Республике Карелия (78,88 %), Саратовской области (75,78 %), Республике Бурятия (75,33 %), Чеченской Республике (67,34 %)» [3].

Частично, особенно в развивающихся странах, такая ситуация объясняется плохим отводом бытовых сточных вод (канализации) с территории населенных пунктов. По состоянию на 2020 год 56,2 % населения Земли проживало в городах. В 2050 году, по среднему варианту прогноза ООН, в городах будет проживать 68,6 % населения Земли. Возрастают проблемы не только обеспечения необходимого количества питьевой воды, но и качества ее регенерации и очистки.

Комплексный анализ современной научной литературы [4–10] позволяет выделить целый спектр направлений водного кризиса. Ниже представлен список причин нарастания кризиса водных ресурсов в мире без ранжирования по важности.

1. Естественная ограниченность пресных водных ресурсов. При этом специалисты утверждают, что при правильном распределении имеющейся качественной пресной воды хватит всему населению Земли.
2. Непрерывное увеличение мирового потребления воды. Например, за счет постоянного роста населения Земли.
3. Недостаточно контролируемая эксплуатация водных объектов и водных ресурсов (недостаточно контролируемое потребление воды).
4. Увеличивающийся уровень загрязнения воды. Здесь и масштабирующееся загрязнение промышленным производством, и интенсификация водопользования сельскохозяйственным производством.
5. Глобальные климатические изменения – изменение режимов осадков, учащение экстремальных гидрологических явлений (засухи, наводнения). Например, вследствие таяния ледников подъем уровня Мирового океана может привести к затоплению обширных территорий Земли. А побочные эффекты непродуманных стратегий управления водными ресурсами, например, выбросы парниковых газов при использовании энергетически затратных методов опреснения соленой воды или очистки воды от загрязнений могут повлиять на климат, в свою очередь влияющий на круговорот воды.
6. Технологическое старение водохозяйственной инфраструктуры и низкая эффективность систем водопользования.
7. Несовершенство нормативно-правовой базы и отсутствие эффективных механизмов регулирования систем водопользования. Например, отсутствие нормативно-правовых мер по формированию цивилизованного международного рынка пресной воды. Такая группа мер соответствует национальным интересам России и могла бы способствовать валютным поступлениям от экспорта качественной пресной воды.

В настоящее время на повестке дня использование современных инженерных и цифровых решений в процессах управления водными ресурсами, внедрение мембранных технологий и термических методов, позволяющих опреснять и очищать загрязненную воду, и других наноматериалов и нанокompозитов. Как показывают исследования [11, 12], внедрение IoT-мониторинга (промышленного Интернета вещей), предиктивной аналитики и автоматизированных систем распределения воды позволяет повысить эффективность водопользования на 25–40 %. Однако для достижения устойчивого результата необходима комплексная стратегия, сочетающая технологические инновации с совершенствованием нормативно-правовых механизмов и экономических стимулов [13].

### **Заключение**

Международный опыт в сфере водоснабжения демонстрирует, что не существует единой управленческой модели, подходящей для всех стран. Успешное решение водных проблем требует консолидации усилий всех участников процесса: государственных структур, бизнеса, некоммерческих организаций, научного сообщества и, что особенно важно, активного вовлечения населения. Для эффективного управления водохозяйственным комплексом необходимо создать комплексную систему регулирования, которая бы обеспечивала координацию действий всех заинтересованных сторон.

Особую значимость водные ресурсы приобретают в контексте национальной безопасности государства. Их рациональное использование напрямую влияет на обеспечение населения качественной питьевой водой, стабильное функционирование всех отраслей экономики, экологическую безопасность территорий, способность прогнозировать и предотвращать чрезвычайные ситуации, минимизацию возможных негативных последствий. Таким образом, водохозяйственный комплекс становится ключевым фактором, определяющим не только текущее состояние, но и перспективы социально-экономического развития страны.

### **Список литературы**

1. Горшков А.Г., Иванова Е.С. Устойчивое управление водными ресурсами в условиях изменения климата // Водное хозяйство России. – 2023. – № 2. – С. 45–58.
2. The Global Water Crisis and the SDGs. – URL: <https://storymaps.arcgis.com/stories/438754236b2e41d99c6e88dd0ec14f34> (дата обращения: 27.03.2025).
3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году» // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. [2024]. – URL:



- [https://docsfera.ru/upload/pdf/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_sanitarn\\_o\\_epidemiologicheskogo\\_blagopoluchiya\\_naseleniya\\_2023.pdf](https://docsfera.ru/upload/pdf/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_sanitarn_o_epidemiologicheskogo_blagopoluchiya_naseleniya_2023.pdf) (дата обращения: 27.03.2025).
4. Smith J., Brown L. Climate Change and Water Scarcity: Engineering Solutions // *Environmental Engineering Science*. – 2022. – Vol. 39, No. 5. – P. 412–425.
  5. Water Governance in Cities // OECD. [2016]. – URL: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2016/02/water-governance-in-cities\\_g1g63c3e/9789264251090-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2016/02/water-governance-in-cities_g1g63c3e/9789264251090-en.pdf) (дата обращения: 27.03.2025).
  6. Water Conflict Chronology // Pacific Institute. [2025]. – URL: <https://pacinst.org/water-conflict-chronology/> (дата обращения: 27.03.2025).
  7. Water scarcity conditions in Europe // [eea.europa.eu](https://www.eea.europa.eu). – URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/use-of-freshwater-resources-in-europe-1> (дата обращения: 27.03.2025).
  8. UN World Water Development Report 2024 // [unwater.org](https://www.unwater.org). – URL: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2024> (дата обращения: 27.03.2025).
  9. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability // [ipcc.ch](https://www.ipcc.ch). – URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (дата обращения: 27.03.2025).
  10. Водный кодекс Российской Федерации // КонсультантПлюс. [1997–2025]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/) (дата обращения: 27.03.2025).
  11. Zhang H. et al. Sustainable Water Management in Industry: Best Practices // *Journal of Cleaner Production*. – 2023. – Vol. 405. – P. 136–150.
  12. Boretti A., Rosa L. Reassessing the Projections of the World Water Development Report // *NPJ Clean Water*. – 2022. – Vol. 5, No. 1. – P. 1–10.
  13. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Проект // [raww.ru](https://raww.ru). – URL: <https://raww.ru/assets/modckeditor/default/0/novaya-vodnaya-strategiya-do-2035.pdf> (дата обращения: 27.03.2025).

*Ван Жуйсинь (Китай), Волчков Назар Алексеевич (Россия),  
Боженко Елена Аркадьевна (Россия)*

*Томский государственный университет, Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Боженко Елена Аркадьевна, преподаватель кафедры  
востоковедения*

## **РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КИТАЯ В РАМКАХ СТРАТЕГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ**

**Аннотация:** Стратегия Китая по декарбонизации, балансирующая между энергетической безопасностью, экономическим прагматизмом и климатическими амбициями, представляет собой важный пример для глобального устойчивого развития. В настоящем исследовании рассматривается роль Китая как лидера в области возобновляемой энергетики (86 % установленных энергетических мощностей к 2024 г.) и одновременно угледависимой экономики, анализируется соответствие его деятельности Парижскому соглашению и участие в многосторонних форумах, таких как COP. Используя статистические данные, политические документы и теоретические концепции (неолиберализм, устойчивое развитие), исследование подчеркивает прогресс Китая в исследуемой области: замедление роста выбросов CO<sub>2</sub> (0,6 % в 4 квартале 2024 г.) и доминирование в нескольких технологических областях. Однако уголь по-прежнему занимает центральное место в энергетическом балансе, что отражает противоречия между долгосрочным «зеленым» переходом и краткосрочными потребностями в энергии. Результаты исследования указывают на парадокс: в то время как Китай стимулирует глобальное развитие возобновляемых источников энергии, его зависимость от ископаемого топлива выявляет системные уязвимости. Авторы пришли к выводу, что достижение углеродной нейтральности к 2060 году требует разрешения противоречий между риторикой о декарбонизации и императивами энергетической безопасности.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, зелёная энергетика, Китай, глобальная экономика, декарбонизация.

### **Введение**

#### **Актуальность исследования**

Устойчивое развитие является одним из направлений международного сотрудничества для большинства государств мира [1]. Тематика, связанная с теорией и практикой устойчивого развития, также является важной составляющей внутренней и внешней политики Китайской Народной Республики. Начиная с 1990-х годов XX в. в Китае активно предпринимаются попытки декарбонизации экономики, заключающейся в экологизации промышленности и развитии экономической политики с учётом глобальных потребностей [2]. В то же время

в Китае наблюдается последовательный рост использования каменного угля, сырой нефти и нефтепродуктов в качестве стабильных источников энергии. КНР крайне зависима от использования именно этих ресурсов и, как следствие, заинтересована в диверсификации источников получения электроэнергии [3].

### **Цель исследования**

Целью настоящей работы является выявление роли Китая в глобальной стратегии по снижению выбросов углерода в атмосферу, а также определение текущих направлений политики Китая в области развития возобновляемой энергетики.

### **Материалы и методы исследования**

Исследование основано на статистических данных, отчётах, договорах и прочих публикаций национальных и международных правительственных и неправительственных организаций.

Проблематика, связанная с возобновляемой энергетикой Китая, получила достаточно широкое осмысление в отечественной и зарубежной литературе. Среди российских исследований можно выделить работу Е.О. Заклязьминской «Политика Китая в области охраны окружающей среды». Автор отмечает важность увеличения доли возобновляемой энергии в структуре энергетики Китая и подчёркивает, что китайский рынок возобновляемой энергетики является быстрорастущим [2]. Вклад в изучение возобновляемой энергетики Китая также внёс В.А. Матвеев, который в монографии «Современная энергетическая политика Китая: внешние и внутренние вызовы» рассматривает декарбонизацию как важнейший драйвер глобального энергетического перехода. Исследователь также отмечает, что и в Китае эта тенденция получила широкое распространение на государственном и корпоративном уровне [4].

Китайские специалисты в целом также отмечают позитивные тенденции в декарбонизации экономики и развитии возобновляемой энергетики Китая. В частности, Д. Сянвань, Х. Цимай, В. Сецзинь и др. в монографии «Стратегия развития возобновляемой энергии Китая» рассматривают возобновляемую энергетику в контексте достижения целей устойчивого развития. Авторы считают, что ведущие позиции Китая в области ветроэнергетики и использования фотоэлектрических модулей будут способствовать глобальному энергетическому переходу [5].

Данное исследование опирается на синтез нескольких теоретических подходов. Тесная интеграция Китая в систему глобального регулирования углеродных выбросов и участие в международных инициативах может рассматриваться с точки зрения неолиберальной теории. Авторы также опираются на концепцию устойчивого развития, которая имеет достаточно прочные позиции в научном сообществе [6]. Кроме того, требуется привлечение институционального и системного подходов, которые важны для понимания мировой энергетической политики в форме комплекса организаций, норм и тенденций,

влияющих на облик возобновляемой энергетики Китая [7, 8]. В работе также использованы общенаучные методы, анализ статистических и вторичных данных.

### **Результаты**

Стратегия декарбонизации экономики Китая тесно связана с обеспечением энергетической безопасности страны, также она опирается на экологическую устойчивость большинства возобновляемых источников энергии и экономическую целесообразность [9]. В рамках декарбонизационной стратегии руководство КНР отдает приоритет увеличению доли электроэнергии, поскольку она производится не из ископаемого топлива, которое, во-первых, является крайне неэкологичным и, во-вторых, подвержено регулярным ценовым скачкам на рынке в условиях глобальных кризисов.

Основным индикатором мировых декарбонизационных тенденций является Парижское соглашение 2015 г. Согласно этому документу, международное сообщество обязуется последовательно сокращать выбросы углекислого газа в атмосферу с целью недопущения дальнейшего нагревания планеты. КНР также является одной из сторон, подписавшей и ратифицировавшей Парижское соглашение [10].

Ведущим международным мероприятием, которое посвящено обсуждению климатических вопросов, является Конференция сторон (COP) Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК). Китай использует COP и другие многосторонние форматы, связанные с климатической повесткой, для поддержания образа страны, которая движется в сторону усиления тенденций декарбонизации. Если Китай и не намерен использовать COP в качестве площадки для продуктивного диалога, то для заявления о своей позиции и дальнейших планах COP используется Китаем вполне эффективно.

Китай является лидером по производству и использованию электроэнергии, произведённой из возобновляемых источников энергии [3]. Согласно последним статистическим данным, установленная мощность возобновляемой энергии в 2024 г. составила 86 % от общей установленной мощности, что является самым высоким показателем среди других стран мира [11]. Высокая доля возобновляемых источников энергии (главным образом, гидроэнергетики, ветроэнергетики, солнечной энергетики и энергии биомасс) создаёт предпосылки для успешного участия китайских энергетических компаний в зарубежных проектах, связанных с возобновляемой энергетикой.

Реформы КНР в области энергетической политики, направленные на повышение доли возобновляемой энергетики, уже привели к замедлению роста выброса углекислого газа в атмосферу: в четвертом квартале 2024 г. выбросы CO<sub>2</sub> в стране выросли всего на 0,6 % в годовом исчислении. При этом, однако,

высокая доля использования каменного угля в энергетической структуре осложняет энергетический переход [12].

### **Заключение**

Энергетическая политика Китая в контексте декарбонизации является симбиозом амбициозных климатических целей, экономического прагматизма и стратегического обеспечения энергобезопасности. Страна демонстрирует заметные успехи в развитии возобновляемых источников энергии, став глобальным лидером по установленной мощности солнечных, ветровых и гидроэлектростанций. Достижение доли ВИЭ в 86 % от общей энергомощности к 2024 году и замедление роста выбросов CO<sub>2</sub> до 0,6 % в годовом исчислении свидетельствуют о значительном прогрессе в реализации Парижского соглашения.

Однако стратегия декарбонизации сталкивается с системными вызовами. Сохранение угля как основы энергобаланса отражает противоречие между долгосрочными целями по защите окружающей среды и краткосрочными потребностями растущей экономики. Уголь остаётся «страховкой» в периоды энергодефицита, что подчёркивает хрупкость «зеленого перехода» и зависимость от внешних факторов. Активное продвижение Китаем образа «зелёного лидера» на площадках COP и других форумах идёт вразрез с фактическими действиями, создавая риски для репутации государства в данной сфере.

### **Список литературы**

1. Sustainable Development / Department of Economic and Social Affairs // United Nations. – [New York], 2025. – URL: <https://sdgs.un.org/goals> (дата обращения: 14.04.2025).
2. Заклязьминская Е.О. Политика Китая в области охраны окружающей среды // Аналитическая записка. – 2024. – № 50. – С. 1–12.
3. Energy system of China // International Energy Agency. – [Paris], 2025. – URL: <https://www.iea.org/countries/china> (дата обращения: 10.04.2025).
4. Матвеев В. А. Современная энергетическая политика Китая: внешние и внутренние вызовы / В.А. Матвеев. – М: ИДВ РАН., 2022. – 168 с.
5. 中国可再生能源发展战略 / 杜祥琬, 黄其励, 汪燮卿 [和其他的]. – 北京, 中国工程院出版社, 2008. – 409 页.
6. The Evolution of Sustainable Development Theory: Types, Goals, and Research Prospects / by L. Shi, L. Han, F. Yang, L. Gao // Sustainability. – 2019. – Vol. 24, № 7158.
7. Hall P.A. Political Science and the Three New Institutionalisms / P.A. Hall, R.R. Taylor // Political Studies. – 1996. – Vol. 44, № 5. – P. 936–957.
8. Глава 5. Системный подход и эволюция международных отношений в XX веке // Очерки теории и политического анализа международных отношений / А.Д. Богатуров. – М., 2002. – С. 112–128.

9. Renewable Energy Prospects: China. Executive Summary // International Renewable Energy Agency. – [Abu Dhabi], 2014. – URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/Nov/IRENA\\_REmap\\_China\\_summary\\_2014\\_EN.pdf?la=en&hash=20CE156A1ADA8CD0EFE142C2437FADBB0FED480C](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/Nov/IRENA_REmap_China_summary_2014_EN.pdf?la=en&hash=20CE156A1ADA8CD0EFE142C2437FADBB0FED480C) (дата обращения: 15.04.2025).
10. The Paris Agreement // United Nations Framework Convention on Climate Change. – [New York], 2016. – URL: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement\\_publication.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf) (дата обращения: 13.04.2025).
11. Renewable energy accounts for 56 pct of China's total installed capacity // State Council of the People's Republic of China. – [Beijing], 2025. – URL: [https://english.www.gov.cn/archive/statistics/202501/28/content\\_WS6798de96c6d0868f4e8ef410.html](https://english.www.gov.cn/archive/statistics/202501/28/content_WS6798de96c6d0868f4e8ef410.html) (дата обращения: 12.04.2025).
12. Myllyvirta L. Analysis: Record surge of clean energy in 2024 halts China's CO2 rise // CarbonBrief. – URL: <https://www.carbonbrief.org/analysis-record-surge-of-clean-energy-in-2024-halts-chinas-co2-rise/> (дата обращения: 15.04.2025).

*Гу Минюань (Китай)*

*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток*

*Научный руководитель: Хисамутдинов Амир Александрович, д.и.н., профессор*

## **АРХЕОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА РУССКИХ УЧЁНЫХ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ КИТАЯ В XX ВЕКЕ**

**Аннотация:** в работе исследуется формирование и развитие археологической деятельности русских ученых на северо-востоке Китая в XX веке. Анализируются ключевые организации (ОРО, ОИМК), экспедиции, персоналии (А.М. Баранов, В.Я. Толмачев, В.В. Поносов) и их вклад в изучение древностей Маньчжурии. Рассматривается взаимодействие науки с политическим контекстом эпохи.

**Ключевые слова:** археология Китая, российские археологи, археологическая культура, научные и общественные организации.

### **Введение**

Актуальность исследования определяется уникальным феноменом формирования русской археологической школы на северо-востоке Китая в условиях политической и культурной трансформации XX века. Деятельность русских

ученых-эмигрантов, связанная с изучением древностей Маньчжурии, долгое время оставалась на периферии научного дискурса, несмотря на ее значимость для понимания межкультурного взаимодействия, колониальной истории и развития археологии в Азии. Исследование восполняет пробел в изучении роли русских исследователей как посредников между европейской научной традицией и локальным культурным наследием Китая.

Цель работы – проанализировать процесс становления, институционализации и научного вклада русской археологической культуры в Северо-Восточном Китае, выделив ключевые этапы, организации и персоналии, определившие ее специфику. Этот культурный феномен положил начало систематическому изучению археологических памятников Маньчжурии, обогатив китайскую науку методами полевых исследований и музейных изысканий. Практическая значимость работы заключается в возможности использования материалов для изучения истории российско-китайских научных связей, музеологии и археологии пограничных регионов. Исследование также актуально в контексте современных дискуссий о деколонизации науки и переосмыслении наследия имперских исследований.

### **Основная часть**

В начале 20-го века масштабы иностранной иммиграции на северо-востоке Китая продолжали расширяться. В этот период городское население Харбина стало многонациональным и диверсифицированным. Культурные особенности более очевидны, и экспатрианты из более чем 20 стран собрались здесь один за другим. Среди огромных групп иностранных экспертов первое место по количеству экспатов занимают российские экспаты. Большинство из них проявляют большой интерес к китайской истории. В результате на северо-востоке Китая сформировалась исключительно русская археологическая культура, а некоторые из археологов имели статус эмигрантов.

Первоначальные крупномасштабные археологические исследования в районе Маньчжурии проводились одновременно со строительством Китайско-Восточной железной дороги (КВЖД). Интеллектуалы из России основали «Харбинское отделение Королевского русского общества» в Харбине в 1908 г. (Королевское русское общество было основано в Санкт-Петербурге, в России, в 1900 г.).

Российские ученые и краеведы продолжают накапливать информацию о региональных и археологических памятниках. Основные исследования проводились в рамках Общества русских ориенталистов (ОРО), которая была основана в Харбине 6 февраля 1909 г. и имеет офисы во Владивостоке и Санкт-Петербурге [1].

Среди основных сотрудников ОРО - переводчики, дипломаты, бизнесмены и профессора высших учебных заведений. В июле 1909 г. число членов достигло 66 человек; к 1911 году их число выросло до 125 человек [2].

В начале 1922 г. Л.Р. Сайкай, Н.Н. Козьмин, Т.А. Беховский, М.А. Кролл, В.В. Маргоит, А.И. Новицкий, А.Г. Лебедев и другие сформировали группу и предложили создать музей в Харбине и основать в музее академическую библиотеку [3]. По замыслу группы, музей должен не только собирать местные экспонаты, но и, что более важно, стать научно-исследовательским учреждением для всестороннего изучения Беймана [4].

Итак, в феврале 1922 г., инициативная группа представила китайским властям «Устав Маньчжурской ассоциации культурных исследований» и обратилась с просьбой о создании «Маньчжурской ассоциации культурных исследований». Для удовлетворения культурных потребностей местных жителей ассоциация была создана в Харбине. Ее задача – всесторонне изучить природу и быт Маньчжурии и прилегающих к ней районов. Цель заключается в первую очередь в создании музеев и библиотек.

Китайские власти одобрили ее 22 сентября 1922 г. Учредителями, подписавшими хартию, были г-н Ли Цзяо, председатель Верховного суда Харбина (впоследствии полномочный представитель Китайской Республики в Советском Союзе) и еще 18 человек. 29 октября 1922 г. 105 членов провели свое первое пленарное заседание. Этот день следует рассматривать как начало существования ассоциации [5].

21 мая 1923 г. позвонили из канцелярии главы исполнительной власти Специального района Восточной провинции и сказали: «Название Маньчжурской ассоциации культурных исследований неуместно, и его следует изменить на базирующуюся в Харбине ассоциацию по исследованию культурных реликвий Восточной провинции» [6]. Ассоциация по исследованию культурных реликвий Восточной провинции состоит из междисциплинарных исследовательских подразделений: отдела натурализма, отдела геологии, отдела исторической этнографии, Ассоциации по изучению древних монет, отдела археологии и т.д., занимающихся палеонтологическими, историческими, этнологическими и археологическими исследованиями в регионе Бейман.

В 1927 г. ОРО присоединился к Маньчжурскому исследовательскому обществу. Археологические исследования в ОИМК были сосредоточены в историко-этнографической секции, которой руководил начальник штаба Заамурской пограничной стражи А.М. Баранов (1865–1927, Харбин). Он провел много лет в регионе, изучая Монголию и северную Маньчжурию, и опубликовал много работ. Его главная миссия – собирать и сохранять редкие древние реликвии Северной Маньчжурии.

Эта работа позволила П.В. Шкуркину и А.М. Баранову совместно составить первую карту исторических периодов Маньчжурии. Достоинством этой работы являлось то, что она была основана на результатах новейших археологических раскопок, проводимых членами Общества изучения Маньчжурского



края. Этот труд так и не был опубликован и до недавнего времени хранился в музее Хэйлунцзянской провинции [7]. После смерти А.М. Баранова П.В. Шкуркин продолжил его дело и в дальнейшем развил некоторые археологические наблюдения в новых работах [8]. Автор многих работ о Китае, переводчик и преподаватель П.В. Шкуркин обращал большое внимание на изучение культурного развития края, опираясь на археологические находки.

Уральский археолог В.Я. Толмачев – один из сотрудников музея ОИМК. В его задачу входило регулярное инспектирование пригородов Харбина и Харара, вдоль реки Хайлань и других районов, а также публикация регулярных отчетов. Он заинтересовался археологией, особенно открытием замка Байчэн – это был первый раз, когда он руководил исследованиями [9]. Результатом этих работ стало уточнение времени строительства Байчэна: ученый пришел к выводу, что древний город начали строить раньше, чем было принято считать [10].

Вскоре В.Я. Толмачев устроился на работу заведующим Тарифно-показательным музеем КВЖД. Хотя его работа в музее не была связана с археологическими исследованиями, он по-прежнему постоянно пополнял коллекцию археологических артефактов [11].

Археологические исследования продолжались и членами ОИМК. В феврале 1929 г. китайские власти закрыли Общество, «преобразовав» его в Общество изучения культурного развития Особого района восточных провинций (ОРВП). Музей при этом перешел в подчинение Департамента народного образования ОРВП, при котором в январе 1931 г. создали Научно-исследовательский институт ОРВП, который стал называться Музеем Северной Маньчжурии.

С 1931 по 1932 г. Общество изучения культурного развития Особого района восточных провинций организовывало научные экспедиции, провело масштабные комплексные следственные мероприятия. Это событие в основном расследовалось в Муданьцзяне, в некоторых местах по обе стороны среднего течения, в низовьях реки Хайланг и в бассейне реки Мулинг. На этот раз исследование было очень плодотворным, и были обнаружены древний город Дунцзин, древний город Нюянг, древний город Сантоьцзянтун, древний город Городской стены, древний город Наньхутоу, древний город Сонгигоу и древний город бассейна Ержан. Некоторые древние городские руины, такие как Сити, древний город Шалху и некоторые городские объекты в бассейне реки Мулинг, а также на некоторых участках были проведены пробные раскопки.

В 1931 г. Общество изучения культурного развития Особого района восточных провинций и геологический институт Бэйпина совместно исследовали Харбин. В.В. Поносов и Инь Заньсюнь изучали палеонтологические окаменелости позднего плейстоцена и человеческую жизнь в Гусянтуне, западном пригороде Харбина. Научное исследование и раскопки останков животных позволили обнаружить большое количество палеонтологических окаменелостей позд-

него плейстоцена и другие реликвии. Информация о раскопках была опубликована в августе 1931 г. Инь Заньсюнем в «Журнале Китайского геологического общества» [12].

В 1932 г. начал руководить музеем А.С. Лукашкин. Он окончил Читинскую гимназию Восточного института и бизнес-школу в Харбине. Ранее он был секретарем Департамента природы ОИМК. Он собрал научные книги, открыл читальный зал и архив местных публикаций, а также реорганизовал отдел археологических исследований после продолжения своих исследований. Так, в 1934 г. Лукашкин совершил археологическую экспедицию в район железнодорожной станции Цицикар. Он вернулся оттуда с интересными находками [13]. А.С. Лукашкин остался на своем посту и при очередном преобразовании, когда в 1934 г. Харбинский музей и институт вошли в структуру Континентального института научного исследования в Маньчжу-Ди-Го в Синьцзине и стали называться Харбинской лабораторией.

Рамки научной и экспедиционной деятельности еще более расширились с 1 января 1937 г., когда музей стал частью Харбинского отделения Государственного научно-исследовательского института «Да-Лу», подчинявшегося палате министров Маньчжурской империи. Под руководством В.В. Поносова каждый год проводились археологические исследования, и в них принимали участие многие молодые исследователи. Осенью 1931 г. он возглавил палеонтологическую группу, исследовавшую культурное развитие ОРВП в Дунцзинчэн. В 1934 г. В.В. Поносов руководил археологической экспедицией в Баргу, где было сделано много находок [14]. В том же году вышла его работа «Следы доисторического человека на костях животных из Кусянтуня» по результатам экспедиции на станцию Сунгари, а в 1935 г. в Харбине отдельным изданием опубликовали статью «Типы исторических памятников Северной Маньчжурии», опубликованную ранее в журнале «На Дальнем Востоке» [15].

В мае 1936 года под руководством И.Г. Баносова и Т.П. Гордеевой был обследован древний храм Ачена, а в августе было сделано несколько интересных палеонтологических открытий. Древние произведения искусства и археологические сокровища были выставлены в историческом отделе организации Бансова.

Археологические исследования входили и в задачи молодежного объединения, «Национальную организацию исследователей-пржевальцев» (первоначально Кружок имени Н.М. Пржевальского при Национальной организации скаутов-разведчиков), созданный в 1929 г. Возглавлял ее В.В. Поносов, а советником «пржевальцев» был А.С. Лукашкин. Основной задачей провозглашалось «служение Отечеству посредством изучения природы и человеческой культуры» [16]. Отряды образовывались по направлению исследований, имелся и археологический. В течение первого десятилетия участники дискуссии про-

вели 314 встреч и подготовили 570 докладов на различные научные темы: от археологии и географии до китайской музыки и языка. Они провели более 200 исследований и собрали большое количество предметов старины [12].

В.В. Поносов продолжал успешно заниматься исследованиями, став созаведующим в музее научно-исследовательского института Да-Лу (1939–1945 гг.). Продолжалась и его экспедиционная деятельность: он был начальником археологической экспедиции в Маозршань, по результатам Археологические исследования входили и в задачи молодежного объединения, «Национальную организацию исследователей-пржевальцев» (первоначально Кружок имени Н.М. Пржевальского при Национальной организации скаутов-разведчиков), созданный в 1929 г. Возглавлял ее В.В. Поносов, а советником «пржевальцев» был А.С. Лукашкин. Основной задачей провозглашалось «служение Отечеству посредством изучения природы и человеческой культуры».

В период с 1940 г. по 1943 г. В.В. Поносов и другие трижды исследовали Хугуоррос (ныне уезд Чжаоюань) и обнаружили руины доисторической культуры в Ванхайтуне. Керамика характеризовалась окрашенной в красный цвет керамикой, поэтому они называли ее «культура красной керамики». Позже они исследовали древние города Баличенг, Тученгзи, Уралки и несколько могил.

В августе 1945 г. Харбин был оккупирован советскими войсками и контроль над бывшим музеем ОИМК был возвращен русским и переименован в Харбинский краеведческий музей. С 1946 г. по 1955 г. в течение девяти лет при нем работало Харбинское общество естествоиспытателей и этнографов.

Хотя археология не упоминается, соответствующие исследования все еще продолжаются. В частности, были выдающимися и научные труды В.С. Старикова (1919–1987), и в 1942 г. он опубликовал свою первую археологическую работу «Развалины вдоль среднего течения р. Лалинь». В 1946 г. он рассказал о следах доисторической культуры, обнаруженных у станции Яблоня восточной линии Китайско-Чанчуньской железной дороги по результатам археологической экскурсии в долине реки Цунххэ.

### **Заключение**

Северо-восточный регион Китая обширен и имеет множество археологических памятников. С приходом на Северо-Восток в начале XX века все большего числа русских ученых российские археологи много изучали Китай, многого достигли и провели множество эффективных археологических исследований, которые сегодня, кажется, вылились в особую археологическую культуру. Например, создание и развитие музеев на Северо-востоке Китая является одним из наиболее плодотворных результатов археологической работы, и это определяет условия для зарождения археологии на Северо-востоке Китая, а также способствует повышению осведомленности Китая о защите культурных реликвий. Результаты археологических исследований были опубликованы во всем мире, распространены тысячами международных ученых и имеют перспективы для развития археологической культуры в России и Китае.

### Список литературы

1. 李述笑. 哈尔滨历史编年 – 哈尔滨: 哈尔滨出版社, 2000. – 486 с.
2. 世旭. 俄国侨民在东北地区的文化活动述评 – 北京: 北京语言文化大学. 2001. – 48 с.
3. Первая серия коллекции переводов археологических и этнических данных Хэйлунцзяна / под ред. Вэньцзяня. Ву. – Харбин : Северные культурные реликвии. 1991. – 192 с.
4. Первая серия коллекции переводов археологических и этнических данных Хэйлунцзяна / под ред. Вэньцзяня. Ву. – Харбин : Северные культурные реликвии. 1991. – 192 с.
5. Жернаков В.Н. Введение в историю музея провинции Хэйлунцзян. Харбин: Харбинский музей– 1958. – С. 192 – 200.
6. 政协哈尔滨市委文史和学习委员会. 历史的见证 – 哈尔滨: 黑龙江人民出版社. 2000. – 263с.
7. Жернаков В.Н. Шкуркин П.В // 70-летие Харбинских железнодорожных училищ. 1903–1973. – 1973. – С. 20–22.
8. Шкуркин П.В. Несколько слов о доисторическом Китае // Вестник Азии. – 1924. – № 52. – С. 345 – 351.
9. Толмачев В.Я. Древности Маньчжурии и развалины Бай-Чэна: По данным археологических разведок 1923–1924 гг. – Харбин : Изд-во ОИМК, 1925. – 29 с.
10. Толмачев В.Я. Бай-чэн. Строительные материалы, архитектурные украшения и другие предметы с развалин Бай-Чэна (по данным разведок 1925–1926 гг.) – Харбин : Изд-во ОИМК, 1927. – 8 с.
11. Толмачев В.Я. Деятельность тарифно-показательного музея Китайской Восточной железной дороги в Харбине за десятилетие 1924–1934 гг. – Харбин : Типолитограф. КВЖД, 1935. – 7 с.
12. Шиян А.И. Обзор археологической истории Хэйлунцзяна в 20 веке // Археология и культурные реликвии. – 2013. – № 4. – С. 16–25.
13. Лукашкин А.С. Исследования неолитических стоянок близ станции Цицикар // Вестник Маньчжурии. – 1934. – № 3. – С. 135–164.
14. Упшинский А. Века отдают свои тайны // Рубеж. – 1934. – № 33 (11 авг.). – С. 19–20.
15. Bakich O.M. China. Archaeology and History / Bakich O.M. Harbin Russian imprints: bibliography as history, 1898–1961: Materials for a definitive bibliography. – New York ; Paris : Norman Ross Publishing Inc. 2002. – 584 с.
16. Национальная организация исследователей-пржевальцев // Натуралист Маньчжурии: Сб. / Секция молодых археологов, натуралистов и этнографов Союза национ. молодежи при БРЭМе. – Харбин : Тип. Л.М. Абрамовича, 1937. – С. 51–52.

*Ма Ваньли (Китай), Овчинников Леонид Евгеньевич (Россия),  
Боженко Елена Аркадьевна (Россия)*

*Томский государственный университет, Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Боженко Елена Аркадьевна, преподаватель кафедры востоковедения*

## **ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ В РАМКАХ НОВОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ: ВЛИЯНИЕ КИТАЯ НА ЦИФРОВИЗАЦИЮ АВТОПРОМА ЕВРОПЫ**

**Аннотация:** В статье исследуется трансфер технологий в сфере автомобилестроения в контексте инициативы Китая «Один пояс – один путь», с акцентом на экспорт китайского автопрома в Европу. Рассматриваются стратегии китайских компаний, протекционные меры со стороны ЕС и особенности конкурентной среды данного региона, а также формулируются рекомендации для китайских автопроизводителей по продолжению успешного выхода на европейский рынок.

**Ключевые слова:** новый шелковый путь, трансфер технологий, торговые пошлины, Европейский союз, цифровизация, локализация производства, автомобильная промышленность, технологическое партнёрство.

### **Введение**

В современном мире автомобилестроение является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей промышленности. В последние годы цифровая трансформация изменила ландшафт и этой сферы, ускорив развитие электромобилей и технологий автомобилестроения. В этом процессе особую роль играет Китайская Народная Республика, которая не только становится крупнейшим производителем автомобилей и электромобилей, но и активно экспортирует свою продукцию в такие ведущие регионы мира, как Европа, используя различные стратегии технологического трансфера.

По данным китайского издания Global Times, в 2024 году Китай произвел более 31 миллиона автомобилей, что делает его мировым лидером в отрасли [1]. В Европе, напротив, автомобильный сектор сталкивается с рядом проблем и вызовов, включая снижение продаж локальных «традиционных» автопроизводителей [2] и усиление регуляторного давления в рамках инициатив ЕС по снижению выбросов CO<sub>2</sub> [3].

В этих условиях китайские компании стремятся закрепиться на европейском рынке, используя различные механизмы, включая покупку местных заводов и создание совместных предприятий. Это помогает им минимизировать риски, связанные с торговыми барьерами, и укрепить свои позиции в ЕС: согласно данным Европейской ассоциации автопроизводителей (ACEA), к 2025 году доля электромобилей, в том числе и китайского производства, на европейском рынке достигнет 13 % [4].

### **Основная часть**

В процессе «завоевания» европейского рынка одной из ключевых стратегий китайских автопроизводителей является приобретение европейских заводов. Например, компании Chery Auto и BYD проявили интерес к покупке производственных мощностей Volkswagen в Германии [5], что позволило бы им в будущем избежать возможных импортных пошлин и упростить логистику поставок.

Еще одним направлением трансфера автомобильных технологий из КНР в Европу является создание совместных предприятий с европейскими автоконcernами. Китайский автопроизводитель Geely владеет значительной долей в Daimler (Mercedes-Benz) и полностью контролирует Volvo Cars [6], что дало компании доступ к технологиям европейских партнеров и позволило улучшить собственные разработки в области конструирования автомобилей как с двигателями внутреннего сгорания, так и электромобилей.

Кроме того, китайские компании активно инвестируют в Европейские исследовательские центры. Например, BYD и CATL расширяют свои европейские подразделения [7], что позволяет им быстрее адаптировать продукцию под требования местного рынка и внедрять передовые технологии.

Расширение присутствия китайских автопроизводителей в Европе вызывает смешанную реакцию со стороны Европейского союза. С одной стороны, китайские электромобили предлагают потребителям современные технологии по более доступной цене, что стимулирует конкуренцию и развитие рынка. Согласно официальным сайтам автопроизводителей (на примере Volkswagen [8] и BYD [9]) стоимость аналогичных по характеристикам моделей авто у китайского производителя существенно ниже, что делает китайскую продукцию привлекательной для европейских покупателей. Также важную роль для конечного потребителя играет лучшая технологическая оснащённость при аналогичной стоимости: китайские электромобили оснащены более технологичными и мощными батареями, а также вспомогательными системами вождения на основе ИИ, которые и вовсе отсутствуют в перечне предлагаемых опций у европейских автопроизводителей. Примером таких систем можно назвать Hongmeng – разработку компании Huawei [10].

Однако помимо вышеописанных преимуществ, у китайских автомобилей в Европе имеются некоторые недостатки:

Во-первых, слабо развитая сеть официальных дилеров и сервисных центров затрудняет техническое обслуживание и послепродажную поддержку. Из-за этого европейские страховые компании часто отказывают в страховании автомобилей китайских производителей из-за невозможности оценить стоимость ремонта [11].

Во-вторых, китайские автопроизводители испытывают сложности с адаптацией программного обеспечения мультимедийных систем автомобилей: по

сообщениям Немецкой Организации Автомобилистов, слабой стороной китайских авто являются сенсорные экраны, которые медленно реагируют на нажатие, при этом меню в мультимедиа-системе часто выполнено слишком мелким шрифтом и с ошибками в переводе с китайского языка [12].

В-третьих, у покупателей сохраняется низкий уровень доверия к китайским брендам автомобилей. Европейские потребители меньше знакомы с китайскими марками (Geely, NIO, Chery и др.), по сравнению с устоявшимися брендами из Германии, Японии и Южной Кореи. Однако некоторые китайские бренды (BYD) уже заработали хорошую репутацию у потребителей из стран Евросоюза [13].

С другой стороны, европейские регуляторы опасаются усиления технологической зависимости от Китая. Например, согласно данным EVTank, в 2024 году Китай экспортировал 1214,6 ГВт/ч литий-ионных аккумуляторов по всему миру, что составляет 78,6 % от мирового объема [14]. В ответ на это, Еврокомиссия рассматривает возможность введения новых ограничений на импорт китайских электромобилей и батарей для электромобилей, включая дополнительные пошлины и требования по локализации производства [15], помимо уже существующих пошлин. Например, ЕС ввел антисубсидиарные пошлины в размере 17 %, 20,8 % и 38,1 % для трех китайских автопроизводителей (BYD, Geely и SAIC) соответственно [16].

### **Заключение**

Для успешного закрепления на европейском рынке китайским компаниям необходимо учитывать ряд факторов:

1. Дальнейшая локализация производства: строительство заводов в Европе позволит минимизировать торговые барьеры и повысить доверие со стороны местных потребителей.
2. Расширение партнерских отношений с европейскими автоконcernами: совместные разработки и обмен технологиями могут способствовать интеграции китайского автопрома на европейском рынке. На данный момент уже существуют примеры такого подхода: новый Mercedes-Benz CLA получил двигатель и ряд других технологических узлов, произведенных Geely.
3. Учет требований ESG (экологические, социальные и управленческие стандарты): соблюдение норм ЕС по выбросам и устойчивому развитию должны стать фундаментальными для китайских компаний, желающих выйти на европейский рынок. Поскольку данные стандарты в странах ЕС и Китае различаются, необходима специальная адаптация технологий под европейские стандарты.
4. Инвестиции в бренд и послепродажный сервис: вложение средств в маркетинг, создание имиджа надёжности и качества, а также организация широкой сети сервисных центров значительно повысят доверие евро-

пейских потребителей. Немаловажно обеспечить доступность запчастей, цифровых сервисов и технической поддержки на локальных языках.

5. Участие в цифровой трансформации европейского автопрома: китайские компании могут предложить технологически продвинутые решения – от автопилота и телеметрических платформ до систем на базе искусственного интеллекта. Интеграция этих решений в европейские цифровые экосистемы (например, в smart city-платформы) откроет доступ к новым рыночным нишам.
6. Гибкость в адаптации бизнес-моделей. На европейском рынке активно развиваются модели подписки, аренды, совместного пользования автомобилем. Китайским компаниям важно предлагать не только автомобили как товар, но и как услугу (Mobility-as-a-Service) [17], что особенно актуально в мегаполисах ЕС.

Таким образом, можно сказать, что на современном этапе, технологический трансфер играет ключевую роль в стратегии китайских автопроизводителей по выходу на европейский рынок. Покупка заводов, создание совместных предприятий и инвестиции в научно-технологические исследования помогают минимизировать торговые риски и укреплять конкурентные позиции в ЕС. Однако европейские регуляторы усиливают меры защиты внутреннего рынка, что может усложнить дальнейшую экспансию китайских брендов.

В долгосрочной перспективе успех китайских компаний будет зависеть от их способности адаптироваться к европейским требованиям и развивать партнерские отношения с европейскими производителями. Определенные меры, способствующие технологическому трансферу и локализации производства, станут определяющими факторами в этом процессе.

### **Список литературы**

1. Global Times. China's auto industry achieves new milestones in 2024, with production and sales both surpassing 31 million units [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://www.globaltimes.cn/page/202501/1326784.shtml> (дата обращения: 4.04.2025).
2. Euronews. European car sales dip in February, EVs pick up but Tesla sales tumble [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://www.euronews.com/business/2025/03/25/european-car-sales-dip-in-february-evs-pick-up-but-tesla-sales-tumble> (дата обращения: 4.04.2025).
3. Interfax. Европарламент одобрил обновленный регламент ЕС по сокращению выбросов парниковых газов [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/business/891035> (дата обращения: 4.04.2025).



4. Weicheng. Why is the European electric vehicle market declining instead of growing? [Электронный ресурс] // Sina Finance. – 2025. – Режим доступа: <https://finance.sina.com.cn/stock/relnews/cn/2025-01-18/doc-inefkytu5424166.shtml> (дата обращения: 4.04.2025).
5. Reuters. Chinese buyers interested in unwanted German Volkswagen factories, source says [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/chinese-buyers-interested-unwanted-german-volkswagen-factories-source-says-2025-01-16/> (дата обращения: 4.04.2025).
6. Reuters. Geely chairman builds 9-billion stake in Germany's Daimler [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.reuters.com/article/us-daimler-geely-stake/geely-chairman-builds-9-billion-stake-in-germanys-daimler-idUSKCN1G72B7/> (дата обращения: 3.04.2025).
7. Forbes.ru. Восполнение энергии: изменят ли новые аккумуляторы рынок электромобилей [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/mneniya/512946-vozpolnenie-energii-izmenat-li-novye-akkumulatory-rynok-elektromobilej> (дата обращения: 5.04.2025).
8. Volkswagen. Модельный ряд ID.4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.volkswagen.it/it/modelli.html/\\_\\_app/id-4.app](https://www.volkswagen.it/it/modelli.html/__app/id-4.app) (дата обращения: 5.04.2025).
9. BYD Europe. Электромобили BYD ATTO 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.byd.com/eu/electric-cars/atto-2>, <https://www.leonori.it/ricerca-nuove-byd> (дата обращения: 5.04.2025).
10. Википедия. Harmony Intelligent Mobility Alliance [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Harmony\\_Intelligent\\_Mobility\\_Alliance](https://ru.wikipedia.org/wiki/Harmony_Intelligent_Mobility_Alliance) (дата обращения: 5.04.2025).
11. Auto Express. Some Chinese cars 'almost uninsurable' due to parts and repair support [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.autoexpress.co.uk/car-insurance/362519/exclusive-some-chinese-cars-almost-uninsurable-parts-and-repair-support> (дата обращения: 5.04.2025).
12. ADAC. Chinesische Automarken [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/auto/chinesische-automarken/> (дата обращения: 5.04.2025).
13. ADAC. Chinesische Automarken [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/auto/chinesische-automarken/> (дата обращения: 5.04.2025).
14. EVTank. Global lithium-ion battery shipments reached 1545.1 GWh in 2024, with power battery shipments growing 64.9 % year-on-year [Электронный

- ресурс] // ESCN. – 2025. – Режим доступа: <https://www.escn.com.cn/news/show-1135600.html> (дата обращения: 5.04.2025).
15. European Commission. Commission imposes definitive countervailing duties on Chinese battery electric vehicles [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_24\\_5589](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_5589) (дата обращения: 5.04.2025).
16. Jiang W., Li X. China strikes back against EU tariffs on electric vehicles [Электронный ресурс] // MyCaijing. – 2024. – Режим доступа: <https://www.mycaijing.com/article/detail/533377> (дата обращения: 5.04.2025).
17. IRU. MaaS mobility service [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://www.iru.org/who-we-are/where-we-work/europe/maas-mobility-service> (дата обращения: 7.04.2025).

*Тань Хуа (Китай), Чжан Чи (Китай), Замятина Елена Викторовна (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Замятина Елена Викторовна, к.ф.н., доцент*

## **РУССКИЙ ЯЗЫК В ЭПОХУ ГЛОБАЛИЗАЦИИ**

**Аннотация:** в статье исследуется влияние глобализации на русский язык, его современное состояние и перспективы развития. Рассматриваются ключевые аспекты, такие как роль русского языка в международном общении, воздействие иностранных языков (особенно английского) на лексику, а также влияние новых технологий на языковые нормы. Авторы выделяют основные проблемы, включая чрезмерное заимствование иностранных слов и деградацию литературных норм и предлагают меры для сохранения и укрепления позиций русского языка в мире.

**Ключевые слова:** глобализация, русский язык, языковая политика, заимствования.

### **Введение**

Эпоха глобализации привнесла кардинальные изменения в общественную жизнь, включая сферу языкового общения. Русский язык как один из ведущих языков мира сталкивается с новыми вызовами и возможностями на фоне стремительного развития технологий, расширения международных связей и углублённого обмена культурными ценностями. Глубокое изучение того, как глоба-

лизация влияет на русский язык, каково его текущее состояние и каковы перспективы развития, имеет важное значение.

Исследование актуально в условиях глобализации, когда русский язык сталкивается с новыми вызовами, такими как конкуренция с другими мировыми языками, влияние цифровых технологий и изменение языковых норм. Анализ этих процессов позволяет разработать стратегии для сохранения языковой идентичности и расширения сферы использования русского языка.

Целью работы является анализ текущего состояния русского языка в эпоху глобализации, выявление основных проблем и перспектив его развития, а также предложение мер для укрепления его позиций на международной арене.

В исследовании использованы методы анализа научной литературы, статистических данных и нормативных документов, а также сравнительный анализ влияния глобализации на языковые процессы.

### **Основная часть**

#### **Русский язык как средство международного общения**

Русский язык обладает огромной исторической и культурной ценностью. Он является одним из восьми официальных языков ООН, широко используется в сфере международных отношений, науки, культуры и бизнеса. Россия как крупная держава играет значительную роль на мировой арене, а русский язык служит важным инструментом коммуникации между Россией и другими странами.

В прошлом русский язык широко распространялся в странах бывшего СССР и ближнего зарубежья. После распада Советского Союза он сохранил важные позиции в этих регионах. Многие постсоветские государства продолжают использовать русский язык в образовании, науке и бизнесе. Например, в Казахстане русский язык имеет статус языка межнационального общения, а в Беларуси он остаётся основным языком преподавания в высшем и профессиональном образовании. Кроме того, русский язык имеет большое значение для русскоязычных диаспор, проживающих в разных странах мира.

В современном мире русский язык становится всё более популярным за рубежом. В ряде стран Европы, Азии и Америки открываются курсы русского языка, растёт интерес к его изучению. Это связано с усилением позиций России на международной арене и интересом к русской культуре, науке и искусству. По данным ЮНЕСКО, в 2023 г. число изучающих русский язык за рубежом превысило 15 миллионов человек [1].

#### **Влияние глобализации на русский язык**

Глобализация привела к интенсивному языковому обмену. Русский язык испытывает влияние иностранных языков, особенно английского. Английский как язык международного бизнеса, науки и технологий оказывает существенное воздействие на русский [2].

В современном русском языке можно наблюдать большое количество заимствований из английского. Эти заимствования охватывают все сферы жизни:

бизнес («маркетинг», «бренд»), наука («компьютер», «интернет»), техника («аэроплан», «телефон»), спорт («баскетбол», «футбол») и развлечения («кино-фильм», «концерт»).

Особенно заметно влияние английского языка в сфере видеоигр и киберспорта. Например, такие термины, как «геймер» (от англ. gamer), «квест» (от англ. quest), «стрим» (от англ. stream), «лут» (от англ. loot), «респаун» (от англ. respawn), прочно вошли в русскую лексику. Некоторые слова адаптируются через транслитерацию: «мод» (от англ. mod – модификация), «скриншот» (от англ. screenshot), другие становятся кальками, например, «огнелис» (от англ. firefox, fire огонь + fox лиса), «мышь» (от англ. mouse).

Влияние английского вызывает неоднозначную реакцию. Некоторые считают, что заимствования обогащают русский язык, делают его более современным и гибким; другие опасаются утраты самобытности и идентичности русского языка, выступают за ограничение использования иностранных слов и защиту чистоты языка. Например, в 2024 г. в России был принят закон о защите русского языка от неоправданного использования иностранных слов и терминов [3].

Новые технологии коммуникации, такие как интернет, социальные сети и мобильная связь, изменили способы общения людей и используемый ими язык. В соцсетях появился новый стиль языка, отличающийся от литературного. Для него характерны краткость, простота, использование сокращений, сленговых выражений и эмодзи. Например, «оч» вместо «очень», «спс» вместо «спасибо», «хор» вместо «хорошо». Также появились новые слова, связанные с технологиями: «мем», «флуд», «хэштег» [4].

Технологии также способствуют распространению русского языка в мире. Благодаря интернету любой человек может изучать русский язык, знакомиться с русской культурой. Российские СМИ, сайты и социальные платформы распространяют русский язык и культуру по всему миру. Например, телеканал «Россия 24» доступен более чем в 100 странах, а сайт «Русский язык за рубежом» предоставляет информацию об изучении русского языка и культуры.

### **Современное состояние русского языка**

В России русский язык является государственным и основным средством общения для большинства населения. Однако в последние годы наблюдается рост многоязычия. В разных регионах страны проживают представители различных народов, имеющих свои языки и культуры.

В России реализуются мероприятия по сохранению и развитию языков народов России: открываются классы с изучением национальных языков, издаются книги и журналы на национальных языках, проводятся культурные мероприятия. Одновременно уделяется внимание продвижению русского языка, повышению грамотности граждан. Например, в 2023 г. стартовал федеральный

проект «Русский язык – язык успеха», направленный на повышение языковой компетенции граждан [5].

За рубежом русский язык также имеет свою аудиторию. В разных странах организованы курсы русского языка, многие люди изучают русский. Однако по степени распространённости он пока уступает таким языкам, как английский, китайский и испанский.

В некоторых странах бывшего СССР русский язык сталкивается с проблемами. Например, в ряде государств снижается его статус в образовании, сокращается количество уроков русского. Это связано с процессами укрепления национальной идентичности и развития государственных языков. Однако в других постсоветских странах русский сохраняет важные позиции как язык образования и общения.

### **Количество иностранных студентов в России**

По данным Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, в 2023 г. в российских вузах обучалось около 300 тысяч иностранных студентов. Этот рост связан с расширением международных образовательных программ и государственных стипендий для иностранцев [6]. Китайские студенты составляют одну из крупнейших групп иностранных учащихся в России. Согласно статистике за 2023 г., в российских университетах обучается примерно 40 тысяч китайских студентов. Это обусловлено укреплением сотрудничества между странами в рамках инициативы «Один пояс - один путь» и программами обмена [7].

Конкретные данные о числе российских студентов в Чунцине публикуются редко. Однако, согласно отчетам Управления образования Чунцина, в 2023 г. в городе обучалось около 200–300 российских студентов. Основными направлениями являются технические и гуманитарные специальности в университетах, таких как Чунцинский университет науки искусства. В Чунцине сейчас изучают русский язык от 2000 до 4000 человек. Почему китайские студенты изучают русский язык и приезжают учиться в Россию? Потому что Россия обладает образованием мирового уровня в технических науках (авиакосмическая отрасль, ядерная энергетика, машиностроение), медицине (клиническая медицина, стоматология) и искусстве (музыка, балет, изобразительное искусство). Например, Томский государственный университет и Томский политехнический университет демонстрируют отличные результаты в рейтинге QS World University Rankings и возможности, предоставляемые китайско-российским стратегическим сотрудничеством: совместные стипендиальные программы правительств Китая и России.

Мы провели опрос среди китайских студентов, изучающих русский язык, Чунцинского университета науки искусства (г. Чунцин), Цилиньского университета иностранных языков (г. Чанчунь), Томского политехнического университета (г. Томск), Томского государственного педагогического университета

(г. Томск) с целью выяснить основные причины получения образования в России. Результаты показали, что интерес к культуре России и доступность образования становятся основными причинами выбора студентов (рис. 1), а программы сотрудничества делают образование доступным.

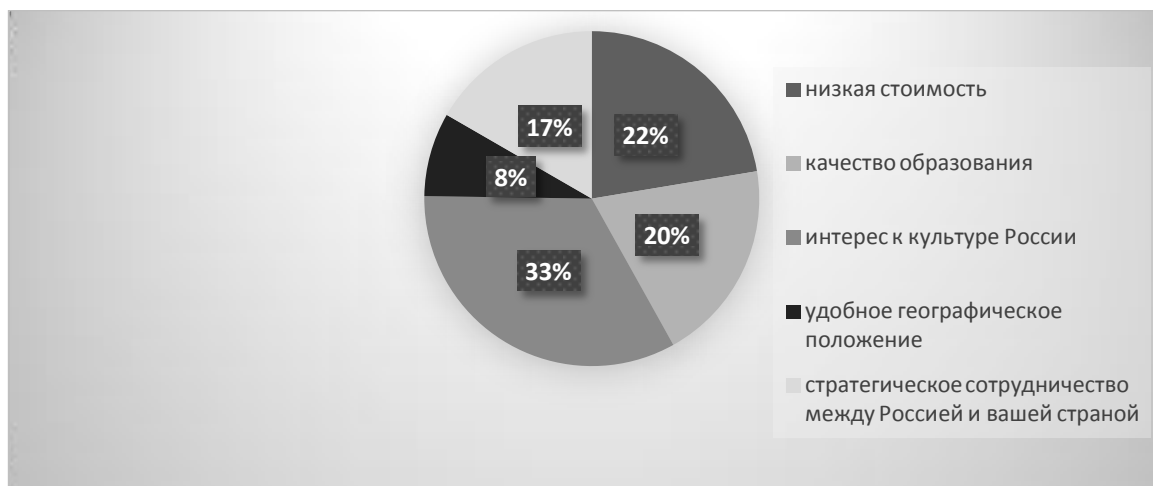


Рис. 1. Основные причины обучения в России

### **Проблемы и перспективы развития русского языка в эпоху глобализации**

Продвижение русского языка за рубежом сталкивается с трудностями. В некоторых странах бывшего СССР его позиции ослабевают, в других странах уровень распространённости остаётся невысоким. Это связано с отсутствием эффективных мер продвижения и недостатком ресурсов для изучения русского языка.

Для расширения аудитории русского языка за рубежом необходимо активное продвижение. Например, необходимо открывать больше культурных центров и языковых школ, организовывать олимпиады и культурные обмены, укреплять сотрудничество в сфере образования и культуры. Для сохранения и развития русского языка необходимо создавать новые языковые ресурсы: издавать больше книг, журналов и газет на русском, разрабатывать программы и онлайн курсы для изучения языка, проводить культурные мероприятия.

Использование новых технологий, таких как искусственный интеллект и виртуальная реальность, может способствовать развитию русского языка. Например, ИИ может помочь в создании новых языковых ресурсов, а VR – создать immersive-среду для изучения языка.

### **Заключение**

В эпоху глобализации русский язык играет важную роль в международном общении. Это распространённый язык, который применяется во всех сферах жизни. Однако он сталкивается с рядом проблем, вызванных процессами гло-

бализации. Для сохранения и развития русского языка необходимы комплексные меры, включая создание новых языковых ресурсов, продвижение языка за рубежом и гармоничное развитие с национальными языками. Только так русский язык сможет сохранить свои позиции в мире и оставаться языком будущего.

### Список литературы

1. ЮНЕСКО (2023). Статистика изучения языков в мире. [Электронный ресурс]. – URL: <https://unesco.org/ru/statistics/lang-stats>.
2. Миленович Ж.М., Цветкович Р.Е. Русский язык в эпоху глобализации. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/russkiy-yazyk-v-epohu-globalizatsii>.
3. Закон о защите русского языка от неоправданного использования иностранных слов и терминов. Федеральный закон от 22.04.2024 г. № 93-ФЗ.
4. Иванов И.И. Технологии и русский язык в эпоху цифровой революции // Язык и культура. – 2022. – № 3. – С. 45–56.
5. Русский мир (2024). – URL: <https://russkiy-mir.ru/>
6. Министерство науки и высшего образования РФ (2024). Россия и Китай активно развивают сотрудничество в области науки, высшего образования и молодежной политики. [Электронный ресурс]. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/mezhdunarodnoe-sotrudnichestvo/83209/?lang=ru>.
7. Министерство образования КНР (2024). Заместитель министра образования У Янь посещает Россию. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xwfb/gzdt\\_gzdt/moe\\_1485/202501/t20250127\\_1176983.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/moe_1485/202501/t20250127_1176983.html).

*Цинь Куньпин (Китай), У Юйсюань (Китай),  
Замятина Елена Викторовна (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Замятина Елена Викторовна, к.ф.н., доцент*

### РОЛЬ СЛАДОСТЕЙ В КИТАЙСКОЙ И РУССКОЙ КУЛЬТУРЕ

**Аннотация:** в данной работе исследуется роль сладостей в китайской и русской культурах, их культурное значение, исторические корни и влияние на культурный обмен между двумя странами.

**Ключевые слова:** сладости, национальная кухня, праздники, символическое значение, культурный обмен.

## **Введение**

Национальная кухня – «система коллективных представлений о пищевых привычках нации, включающая в себя блюда, которые считаются репрезентативными для данной культуры» [1, с. 15]. Сладости – в широком смысле это продукты питания, которые содержат сахар или другие сладкие вещества и обычно употребляются в качестве десерта или лакомства.

Изучение роли сладостей в китайской и русской культурах актуально по ряду причин. Во-первых, сладости являются важным элементом кулинарной культуры, отражающей исторические, социальные и культурные особенности общества. Во-вторых, сближение культур в условиях глобализации обуславливает необходимость изучения и понимания культурных особенностей различных стран, в том числе в области кулинарии. В-третьих, сладости часто связаны с традициями и праздниками, что позволяет изучать их как носителей культурной идентичности.

Предмет исследования: культурные особенности сладостей в китайской и русской культурах. Объект исследования: сладости как элемент кулинарной культуры в Китае и России.

Цель исследования - изучить роль сладостей в китайской и русской культурах, выявить их культурное значение и исторические корни.

### **Задачи исследования:**

1. Проанализировать исторические и культурные аспекты сладостей в Китае и России и выявить основные виды сладостей и их символическое значение в обеих культурах;
2. Сравнить культурные особенности сладостей в китайской и русской культурах и исследовать современное влияние сладостей на обмен культурой между Китаем и Россией.

### **Основная часть**

Как считает М.В. Капкан, «исследование культуры любого этноса невозможно без изучения его кухни, ибо в ней в концентрированном виде отражается история, быт и нравы народа» [2, с. 117].

Сладкое – это продукты, которые характеризуются главным образом сладким вкусом и обычно содержат более высокий сахар или другие подсластители. Сладкое в разных культурах имеет богатый ассортимент и формы, которые можно использовать как в рамках обеда, так и в качестве послеобеденного десерта или самостоятельной закуски.

Изучение сладостей важно с культурной точки зрения. Являясь частью материальной культуры, процесс производства и дизайн упаковки конфет отражают эстетику и мудрость различных культур. На институциональном культурном уровне использование сладостей на праздниках и ритуалах отражает социальные нормы и обычаи. Психологически и культурно конфеты тесно свя-



заны с эмоциями и ценностями. Они служат мостом для культурного наследия и коммуникации, помогая защищать нематериальное культурное наследие и содействовать культурным обменам. Кроме того, сладости могут усилить культурную идентичность и чувство принадлежности, а также являются важным инструментом культурного образования.

### **Сладости в китайской культуре**

Китай имеет долгую историю и своеобразную культуру, а китайская кухня является её очень важным элементом [3, с. 123]. Сладости являются неотъемлемой частью традиционной китайской кухни, они тесно связаны с праздником, счастьем и воссоединением. Например, во время Праздника весны люди готовят всевозможные сладости и пирожные, чтобы угостить родственников и друзей. Эти сладости символизируют сладость и счастье, а также предвещают счастливую жизнь и удачу в новом году. Кроме того, традиционные сладости, такие как шарики из клейкого риса во время Праздника фонарей и лунные пряники во время Праздника середины осени несут в себе смысл воссоединения и счастья. Они являются важными символами моментов воссоединения семьи.

В повседневной жизни по всему Китаю большой популярностью пользуются также закусочные и магазины десертов (будь то булочки с пастой из красной фасоли на севере, сахарный суп на юге или местные деликатесы, такие как рыба-мандарин из Сучжоу и лапша «дандан» из Чэнду), широкий выбор сладостей отражает многообразие и богатство китайской кулинарной культуры. Более того, сладости часто используются для выражения благословений и добрых пожеланий в китайской культуре. Например, сладости незаменимы на свадьбах, днях рождения и других мероприятиях, поскольку они несут добрые пожелания людям молодоженам и старшим.

### **Сладости в русской культуре**

Сладости также играют важную роль в русской культуре. На российскую культуру сладостей глубокое влияние оказали православные традиции и народные обычаи, и сладости часто используются для празднования религиозных праздников и семейных торжеств. Например, на Пасху люди пекут традиционный кулич – сладкий хлеб на дрожжах, в состав которого часто входят такие ингредиенты, как изюм и цедра лимона, символизирующие воскресение и возрождение. Кроме того, во время Масленицы люди наслаждаются блинами, которые обычно подают со сладкими ингредиентами, такими как мед, варенье, сметана и т. д., символизируя приход солнца и света.

Русские десерты изготавливаются с изысканным мастерством и представлены в самых разных вариантах. От традиционных медовухи и варенья до современного шоколада и конфет – сладости занимают важное место в рационе россиян. Более того, культура сладкой кухни в России также отражает гостеприимство и любовь к жизни, свойственные ее национальному характеру. Когда члены семьи собираются вместе или приходят друзья, хозяева обычно уго-

щают гостей домашними десертами, что является не только проявлением уважения к гостям, но и способом выразить дружбу и теплоту.

### **Заключение**

Хотя культура сладостей в Китае и России различается по форме и разнообразию, обе они отражают стремление к лучшей жизни и важность семьи и друзей. В китайской и русской культуре сладости являются важным средством празднования, выражения благословений и усиления чувств. Однако китайские сладости больше внимания уделяют цвету, аромату и вкусу, а также обращают внимание на сочетание ингредиентов и изысканность технологии производства, в то время как русские сладости подчеркивают свою символическую значимость в религии и народных обычаях, а также больше внимания уделяют традициям и семейной преемственности при производстве. В целом сладости играют незаменимую роль в культуре как Китая, так и России. Они не только доставляют вкусовое наслаждение, но и являются важным носителем культурного наследия и эмоционального самовыражения. Пробуя эти сладости, мы можем глубже понять культурные особенности и образ жизни людей в Китае и России.

### **Список литературы**

1. Ван Ч. Национально-культурные особенности лексико-семантической группы наименований блюд русской кухни в аспекте обучения РКИ (на фоне китайского языка) // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, 2006. – С. 117–120.
2. Капкан М.В. Национальная кухня как элемент национальной культуры России: динамика исторических изменений в XIX-XX вв. // Человек в мире культуры, 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/natsionalnaya-kuhnya-kak-element-natsionalnoy-kultury-rossii-dinamika-istoricheskikh-izmeneniy-v-xix-xx-vv/viewer>.
3. Чжан М. Лингвокультурологические характеристики китайской национальной кухни / М. Чжан // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 3, № 1. – С. 122 – 124.
4. Ли С. Национальная кухня Китая как культурный код: лингвокультурные и когнитивные особенности кулинарных рецептов / С. Ли, С. А. Колода // Ярославский педагогический вестник. – 2023. – № 2(131). – С. 225 – 239.

Чжоу Дань (Китай)

Департамент истории и археологии Дальневосточного федерального университета,  
г. Владивосток

Научный руководитель: Хисамутдинов Амир Александрович, д.и.н., профессор

## **РУССКОЕ ИСТОРИЧЕСКОЕ КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ В ХАРБИНЕ (НА ПРИМЕРЕ ХАРБИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА)**

**Аннотация:** Статья посвящена описанию жизни и деятельности российских инженеров, окончивших Харбинский политехнический институт (ХПИ) и работавших в Харбине. Отмечается их роль в формировании архитектурного стиля, развитии образования, промышленности, торговли и др. в г. Харбине и Китае. Статья написана с использованием материалов Музея Харбинского политехнического университета и изданий выпускников Харбинского политехнического института «Политехник» (Австралия).

**Ключевые слова:** Харбинский политехнический институт, выпускник ХПИ, русское наследие Харбина, русские инженеры в Харбине.

### **Введение**

Во второй половине XX века в Харбине многие здания торгового, культурного и производственного назначения по заказам купечества и промышленников разрабатывали инженеры строительного управления. Массовый приток эмигрантов из восточных регионов России, из Сибири и даже из городов центральной России, среди которых насчитывалось несколько сотен специалистов инженерных специальностей. [1, с. 276] Проблемы с кадрами строительных инженеров не существовало. Как известно, в Харбине с 1920 по 1949 г. существовал русский политехнический институт, превращенный сейчас в университет, которым называется Харбинский политехнический университет (ХПУ), раньше назывался Харбинский политехнический институт (ХПИ). Время сохранило немало зданий различных типов, многие из которых до сих пор играют важную роль в оформлении и развитии архитектурного стиля Харбина, а также в развитии образования Харбина и Китая.

### **Русское историческое наследие**

В качестве примера следует назвать сохранившиеся в Харбине постройки инженера-архитектора и художника Михаила Андреевича Бакича (1909–2002). М.А. Бакич родился 29 января 1909 г. во Владивостоке. В 1923 г. его мать с детьми переехала в Харбин, где он с золотой медалью окончил Реальное Училище в 1926 г., а затем в 1933 г. – инженерно-строительный факультет Харбинского политехнического института. [2, с. 248]. В студенческие годы, он часто выполнял строительные проекты и черновые чертежи, чтобы зарабатывать. Будучи студентом ХПИ, он участвовал в конкурсе архитектурных проектов Еврейской больницы в районе Даоли в Харбине и представил свои работы под

двумя разными псевдонимами. Его две работы, выполненные в совершенно разных стилях, получили вторую и третью премии соответственно.

В начале 1937 г. М.А. Бакич принимал участие в ремонте гостиницы «Модерн». Ему было поручено изменить дизайн главных офисов, вестибюля и фойе гостиницы «Модерн». В своем проекте он умело перенял новейшие европейские и американские модернистские стили того времени. В то время в газете Харбина так написали, что гостиница «Модерн» – успешная работа инженера-архитектора М.А. Бакич. В том году М.А. Бакич со своим преподавателем П.С. Свиридовым совместно спроектировали многоэтажную жилую и деловую застройку Отель «Нью-Харбин».

Во второй половине 1940-х гг. М.А. Бакич служил в строительной конторе фирмы Чурин и Ко., где по его проекту был построен Чуринский клуб.

М.А. Бакич известен как известный автор харбинских памятников, поскольку после Второй мировой войны его работа была сосредоточена на проектировании памятников в Харбине и других городах. Памятник советским воинам, погибшим в Китае и Харбине создан на площади Хунбо в 1945 г. Впоследствии памятник советским воинам, погибшим в Китае и Харбине снова был установлен на площади перед вокзалом Харбина. Этот памятник был разрушен в 1992 г. В Харбине третий памятник, спроектированный М.А. Бакичем, находился на Успенской могиле на улице Дачжи (ныне улица Дундачжи), а в 2007 г. перенесен на могилу Хуаншань. Теперь в Парке Чанцин на районе Даовай стоит Башня-памятник антияпонским воинам погибшим на Северо-востоке Китая, дизайн которого создан М.А. Бакичем. После 1945 года Китайско-Восточная железная дорога (КВЖД) переименована в Китайско-Чанчуньскую железную дорогу (КЧЖД) и находилась под совместным управлением СССР и Китая. К концу 1952 года она полностью перешла под управление Китая. По этому случаю перед Управлением железной дороги, расположенным на улице Дачжи (ныне улица Сидачжи), был построен памятник, который является работой М.А. Бакича. К сожалению, этот памятник не сохранился, но бронзовая скульптура в нижней части памятника сохранилась до сих пор. В 1958 году в честь победы над наводнениями перед Парком Сталина был создан памятник защитникам Харбина от наводнения, сделанный М.А. Бакичем и Ли Гуаняо (выпускник ХПИ) [3, с. 16–54].

Кроме того, М.А. Бакич спроектировал комплекс зданий Северо-Восточного сельскохозяйственного университета (ныне комплекс задний Хэйлунцзянского университета традиционной китайской медицины) (1948 г.), комплекс зданий Северо-Восточного лесохозяйственного университета (1952 г.), комплекс зданий Промышленной выставки и дворца молодежи на берегу Сунгари (1958 г.) [4].

Среди существующих соборов в Харбине лучше всего сохранилась красно-белая кирпичная церковь на пересечении улицы Гоголя и Гэсиньцзе района Наньган – Католическая церковь Харбина, которая называлась Свято-Алексеевская церковью до 1958 года. С 1980 года и до сих пор здесь харбинские католики проводят свою религиозную деятельность. В 1930 году на средства прихожан была начата новая каменная постройка рядом со старым храмом, и к 1935 г. возведена по проекту архитектора, выпускника ХПИ Юрия Витальевича Смирнова (1903-1947). Руководством и надзором за строительством был М.В. Карбышев (тоже выпускник ХПИ [5].

Инженер-строитель Ю.В. Смирнов (1903–1947) родился во Владивостоке. С детства он жил в Харбине. Закончил гимназию Д. Л. Хорвата с золотой медалью, затем в 1928 году он окончил ХПИ с отличием со званием инженера-строителя, и последующие годы успешно работал по проектированию зданий и некоторое время преподавал в ХПИ.

За всю свою короткую жизнь он спроектировал более 200 зданий, в том числе общежитие китайских студентов в ХПИ и Свято-Алексеевскую церковь в Модягоу, а также больницу памяти доктору Казем-Бек.

В середине 30-х годов он с семьей переехал в Циндао, где рисовал и проектировал много зданий. В 1939 году он переехал в Гонконг, потом в 1943 г. он с семьей перебрался в Макао, где они прожили два года. В 1945 г. вернулся в Гонконг.

Он был не только талантливым архитектором, но и прекрасным художником. Его картины имели большой успех. В 1985 году по случаю 40-летия окончания войны и 25-летия основания музея правительством Макао была устроена выставка произведений искусства, в том числе и картин Ю.В. Смирнова [6, с. 214]. В 2003 году к 100-летию со дня рождения художника была организована масштабная выставка в Художественном музее Макао, где ныне хранятся его 74 произведения.

Евгений Александрович Уласовец (1907–1963) тоже стал известным инженером-архитектором в Харбине. В 1930 годы Е.А. Уласовец окончил инженерно-строительный факультет ХПИ по специальности инженера-строителя (ученик Петра Федоровича Федоровского).

По окончании института Е.А. Уласовец работал в Провинциальном строительном управлении по проектированию и постройке различных сооружений и зданий. С 1946 года он был управляющим Административно-хозяйственного сектора Акц. О-ва Чурин и Ко и затем в 1953 году работал главным архитектором Строительного отдела Харбинского городского управления. В 1956 году Е.А. Уласовец уехал в Советский Союз [7, с. 209–210].

Е.А. Уласовец является архитектором сооружений, которые представляют собой большую часть сохранившегося русского наследия. Отель «Нью-Харбин» (совместно с П.С. Свиридовым, М.А. Бакичем), находится на улице

Си Дачжицзе № 4 района Наньган. Детский приют «Ясли» (совместно с П.Ф. Свиридовым), построен в 1934 году, как пристройка к Свято-Иверской церкви (ныне на улице Завода района Даоли № 9). В 1943 году выполнил мозаичное панно в тимпане фронтона на здании детского приюта «Ясли». [8]

В 1939 году инженер-строитель В.В. Корягин вместе со своим компаньоном инженером Г. В. Симоненко осуществлял строительство здания банка Сельскохозяйственного кооператива в районе Наньган (бывший Новый город) на ул. Иньхан (бывшая Банковская), напротив здания «Ямато-отеля». Автором проекта являлся инженер-архитектор Е. А. Уласовец [9, с. 148].

Отдельно стоящая надвратная колокольня церкви Успения Пресвятой Богородицы на Новом кладбище [10]. Теперь и церковь, и колокольня в запущенном состоянии и остро нуждаются в реставрации, они находятся в парке Культуры (улица Дун Дачжицзе № 1).

Е.А. Уласовец был также хорошим художником. Спроектировал иконостас для церкви Благовещения Пресвятой Богородицы [11].

Кроме инженерской деятельности он принимал участие в работе Общества Изучения Маньчжурского Края и, будучи знающим энтомологом-любителем, собирал замечательные коллекции бабочек, жуков и др. [12].

В районе Даовай Харбина существует крупнейший исламский храм на северо-востоке Китая – Харбинская мечеть (на улице Южной двенадцатой), которая является единственной из 1500 мечетей в Китае, построенной в арабском стиле. Здание было сооружено в 1897 году, перестроено в 1904 году и расширено в 1935 году по проекту Ивана Ивановича Кораблева и Ольги Ивановны Кораблевой, выпускников ХПИ. И.И. Кораблев – инженер путей сообщения, строитель, педагог, родился 4 апреля 1902 г, окончил реальное училище в Никольск-Уссурийске в 1920 году. В 1929 году И.И. Кораблев окончил инженерно-строительный факультет ХПИ со званием инженера-строителя. После окончания работал в техническо-строительной конторе. Состоял в союзе маньчжурских подданных. О.И. Кораблев его сестра.

Кроме того, инженеры ХПИ внесли вклады в область образования, промышленности и т. д. в Харбине. Инженер Геннадий Иванович Погодин (1910–1992) всю жизнь посвятил скрипке. Он родился в Харбине, среднее образование получил в гимназии имени А.С. Пушкина, которую окончил в 1929 г. В 1935 г. окончил электромеханический факультет ХПИ и получил диплом инженера-электрика. Одновременно Г. И. Погодин окончил музыкальную студию по классу скрипки. с 1935 по 1940 г. занимался музыкальной педагогической деятельностью в Харбине и других городах. С 1940 по 1952 г., работал в должности инженера в техническом отделе фирмы Чурин и Ко. И с 1940 по 1955 г. также работал в оркестре Харбинского Симфонического Общества педагогом по классу скрипки в Харбинской Высшей Музыкальной школе. С 1955 по 1960 г.



выступал в камерных концертах Харбинского Симфонического Общества, а также занимался частной педагогической работой, давал уроки по теории и гармонии музыки и вел класс по курсу скрипки и аккордеону [13].

Дмитрий Аркадьевич Муценко (1923-1997) выпускник и преподаватель ХПИ. М.Д. Аркадьевич родился в Харбине. После начальной школы поступил в лицей Св. Николая в 1935 году. Окончил лицей с золотой медалью в 1941 году. После этого поступил в Северо-Маньчжурский университет (СМУ), который окончил в 1945 году, из-за обстановки в Китае защитил дипломный проект только в обновленном ХПИ в 1947 году получив звание инженер-механика.

После окончания института начал работать в Техническом отделе ХПВРЗ (Харбинского паровозо-вагоно-ремонтного завода) инженером-конструктором и по совместительству читал лекции в ХПИ по курсу «Насосы и воздухоудные машины». Был капитаном яхты ХПВРЗ, чемпионки Харбина. В 1951 году с должности старшего конструктора завода перешел в Министерство легкой промышленности Хэйлунцзянской провинции по проектировке и постройке сахарных заводов на должность помощника старшего инженера в Механическом отделе проектного бюро. Д.А. Муценко участвовал в проектировке сахарного завода в Ченгаузе и был ведущим на монтаже механического оборудования завода. После запуска завода Д.А. Муценко вернулся в главную проектную контору и продолжал проектировку разных механических проектов до отъезда в Австралию [14].

### **Заключение**

Выпускники ХПИ внесли большой вклад в оформление облика города, развитие образования, промышленности, торговли и других Харбина. За годы своей деятельности ХПИ выпустил сравнительно большое количество инженеров, ныне рассеянных по всему свету. Трудоспособность и специальные технические познания дали место плодотворной работе, дали не только одному Харбину, но и всему Китаю.

### **Список литературы**

1. Крадин Н.П. Роль русских архитекторов-эмигрантов в архитектурном образовании в Китае первой половины XX в.//Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2005. – №1 (1). – С. 275 – 284.
2. Политехник. – 2004. – № 16. – С. 248.
3. Бария. Харбинский архитектор М.А. Бакич. – Харбин, 2021. – С. 87
4. Музей Харбинского политехнического университета (г. Харбин, КНР). Фотографии
5. Там же.
6. Политехник. – 1989. – № 12. – С. 214.
7. Политехник. – 1989. – № 12. – С. 209–210.

8. Музей Харбинского политехнического университета (г. Харбин, КНР). Фотографии
9. Базилевич М., Ким А.А. Русские инженеры – строители банков Маньчжурии. Проект Байкал. – 2021. – Т. 18, № 68. – С. 147–151.
10. Искусство и архитектура Русского зарубежья [элек. ресурсы]. – СПб. : Фонд Д.С. Лихачева. – URL: <https://art.rz.ru/articles/1804820128/index.html> (дата обращения 22.10.2010)
11. Там же.
12. Политехник. – 1989. – № 12. – С. 210.
13. Политехник. – 1995. – № 14. – С. 159 – 160.
14. Политехник. – 1999. – № 15. – С. 184.

*Чэнь Жань (КНР), Тимофеева Анна Владимировна (Россия),  
Курикова Наталья Владимировна (Россия)*

*Томский государственный университет, Томский политехнический университет (г. Томск)*

*Научный руководитель: Курикова Наталья Владимировна, к.ф.н., доцент кафедры  
международной деловой коммуникации*

## **ТРАДИЦИОННАЯ КИТАЙСКАЯ МИФОЛОГИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ОНЛАЙН-ИГРЫ GENSIN IMPACT)**

**Аннотация:** Исследование посвящено описанию особенностей интерпретации китайской мифологии, истории, традиции посредством онлайн игры Genshin Impact. Данная работа демонстрирует новый ракурс рассмотрения компьютерных игр как мощного средства социокультурной и межкультурной коммуникации.

**Ключевые слова:** мифология, китайская культура, онлайн игра Genshin Impact.

### **Введение**

Данная статья посвящена выявлению особенностей интерпретации китайской мифологии, истории, традиции в компьютерной игре Genshin Impact.

В современном мире понимание своей культуры и принятие своей идентичности постепенно утрачивается как некий пережиток прошлого, в связи с этим история, традиции и культура ищут способы остаться в сознании людей. Так, современные медиа пытаются сохранить и преумножить традиционную культуру в актуальных для современной молодежи формах: например, некоторые элементы сохраняются в дорамах, что-то уходит в комиксы, часть культуры популяризируется с помощью компьютерных игр, что наблюдается, напри-



мер, в одной из самых трендовых китайских компьютерных играх Genshin Impact [1].

Онлайн игру Genshin Impact можно считать мощным средством глобализации и интерактивного культурного обмена в современном мире, она сочетает в себе уникальную китайскую культуру и современную популярную культуру, становясь инструментом межкультурной коммуникации и действенным стимулом для изучения китайской культуры и языка [2].

В ней находят отражение и образы великих героев, и философские учения даосизма и буддизма, и отражение традиционных праздников. Представляется интересным отследить, как разные многовековые традиции были переосмыслены в игровом формате. Из вышесказанного вытекает актуальность исследования.

Цель работы – проанализировать варианты отражения и адаптации китайской культуры в современном мире посредством игры Genshin Impact, а также сравнить реальные проявления традиционного праздника с его игровым воплощением.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Кратко описаны ключевые элементы традиционных китайских праздников и выявлены историко-мифологические и культурные образы, связанные с этими праздниками.
2. Определено представление и переосмысление данных элементов в Genshin Impact.
3. Проведено сравнение реальных традиций и игровых интерпретаций.

### **Основная часть**

#### **1. Рассмотрим элементы мифологических и культурных образов, отраженных в некоторых традиционных китайских праздниках.**

Одним из значимых традиционных праздников в Китае считается Новый год (по китайскому лунному календарю). В видеоигре Genshin Impact китайский Новый год называется праздником или же фестивалем морских фонарей. В игровом формате он объединяет 3 праздника: сам китайский Новый год, известный как 春节 (Chūnjié), праздник фонарей, именуемый 元宵节 (Yuánxiāo jié), а также 清明节 - Qīngmíng jié – день поминовения умерших близких [3]. Праздник морских фонарей обычно совпадает с датами празднования китайского нового года, а именно с датами его завершения. Каждый год, соответственно, выпадают разные даты. Фестиваль проходит на территории региона Ли Юэ. Данный регион в значительной степени вдохновлен китайской культурой, традициями и историей [4]. Схожесть жизненной и игровой реальности присутствует почти во всех аспектах, начиная с пейзажей и рельефа, заканчивая именами, валютой и философией региона. Фестиваль морских фонарей в игровом мире Genshin Impact несет в себе сакральный смысл, напоминает о надежде, очищении и обновлении с каждым новым годом, поскольку это праздник света.

Жители Ли Юэ, запуская фонарики в небо, пишут свои пожелания на фонарике, таким образом символизируя свою веру в будущее. Они запускают свои фонарики в небо, отправляя туда и свою надежду в «мир», как для себя, так и для тех, кого уже нет в живых [5].

Существует множество легенд о происхождении китайского Праздника фонарей, одна из самых известных историй связана с Нефритовым императором, верховным богом даосизма [6].

Легенда гласит, что давным-давно на свете было много свирепых птиц и зверей, которые наносили вред людям и скоту по всему миру, поэтому люди объединялись, чтобы бороться с ними. Однажды божественная птица заблудилась и приземлилась на земле, но ее случайно застрелил ничего не подозревающий охотник, поэтому он решил отомстить, сжег их деревню в пятнадцатый день первого лунного месяца.

Когда его дочь услышала о плане отца, она пожалела несчастных жителей деревни и предупредила их о том, что должно было произойти.

Чтобы спасти себя, жители деревни решили обмануть Нефритового императора, заставив его подумать, что их деревня горит. Они сделали это, развесив красные фонари, запалив петарды и разведя костры по всей деревне.

Их план сработал: император был обманут и деревня была спасена. С тех пор жители продолжают ежегодно запускать петарды и развешивать красные фонарики в ознаменование этого события [7].

В Ли Юэ в этот день вспоминают не только умерших родных и близких, но и древних павших защитников, а именно Якс. Представляется интересным рассмотреть их историю чуть подробнее. Яксы – это могущественные воины, духи-защитники, которые были призваны божеством (архонтом) Ли Юэ Чжун Ли, чтобы сражаться с проявлениями «хаоса и искажения» после великой войны Архонтов [8]. Их задача была в том, чтобы сражаться с божественными искажениями, которые оказывали уничтожающее влияние на людей, природу, даже само пространство и время Тейвата. Они сдерживали духовное разложение, которое после себя в процессе эрозии оставляли погибшие и павшие боги (архонты). Осложнялось это тем, что в мире Тейвата вся энергия имеет закольцованный характер. Когда Яксы расправлялись с демонами, то забирали на себя часть посмертной злобы и безумия, тем самым подвергались постоянной ментальной порче. Историю Якс можно описать как традиционный восточный мотив. Божество или дух становится чудовищем, если не сможет обрести покой. Они самое яркое воплощение того самого жертвенного героя, кто отдает свою жизнь на борьбу за мир, осознавая, что цена победы будет очень высока, в частности его собственная душа [9]. Жители Ли Юэ не знают всей правды о великих защитниках, но истории о них живут в сознании народа. И в честь великих подвигов люди запускают в небо фонарики. Данная традиция является, как было

указано выше, актом почитания и поминовения предков, что сходится с реальным китайским праздником Цин Мин.

## **2. В Китае существуют традиции, переосмысленные в игре Genshin Impact.**

Как во время реального Нового года вся семья собирается для празднования, так и в игровом варианте представлен фестиваль морских фонарей [10]. Каждый год во время праздника персонажи из разных регионов Тейвата вместе съезжаются в Ли Юэ, чтобы посмотреть на красочные представления, поесть вкусной еды, поиграть во что-то с друзьями. Genshin Impact также не забывает поднимать тему семьи и воссоединения. Например, в сюжетной истории 2024 года, а именно «Иволги наслаждаются весной, небеса дарят благословение» [11], поднимается тема конфликта поколений. Отец запрещает сыну заниматься традиционным танцем Ушоу (в игре танец Ушоу - вольная интерпретация классического танца Льва во время празднования китайского нового года), конфликт длится долго, и именно в вечер запуска фонарей он решается, как бы объединяя наконец семью. В последнем же мероприятии ивента герои проводят свое время, создавая воздушных змеев, играют в разные игры и едят специально приготовленные блюда [12].

Во время празднования Нового года в Китае придают значение разнообразным играм и мероприятиям. Аналогично представлена эта реальность в Ли Юэ во время празднования Нового года: весь город украсили в яркий красный цвет, помимо специальных наклеек на двери с пожеланием удачи, счастья и урожая, повсюду развешаны красные и желтые фонарики, что придает игре праздничную атмосферу. Кроме создания и запуска разнообразных петард и хлопушек, в 2024 году Genshin Impact создал новое развлечение, основанное на традиционном искусстве теневого театра, где силуэты фигурок проецируются на экран с помощью света. В игре театр был адаптирован под небольшое соревнование, где герои управляли небольшими бумажными фигурками для решения разнообразных головоломок [13]. Помимо этого, мы можем наблюдать за интерпретацией традиционного танца Льва в исполнении Камина, а также за запуском тысячи фонариков. В рамках празднования проводятся гонки на небольших катерах, что отсылает нас к празднику Драконьих лодок, во время него как раз и проводятся подобные соревнования.

Во время праздника 2023 года проводилась игра «Письма ветра», которая отсылает нас к традиционной китайской игре в слова, но имеет более простые правила. Персонажи должны были расшифровать подсказки и угадать слова или же фразы, используя китайские выражения. Как и в настоящей игре, персонажам предоставляются фрагменты стихов, пожеланий или писем, которые закодированы специальным образом [14].

Наша же задача восстановить смысл и дополнить фразы, используя предложенные иероглифы.

В Ли Юэ, как и в современном Китае, еда имеет огромное значение, а на время ивентов перетягивает на себя львиную долю всего внимания. В праздничное время каждый год создаются новые блюда. 2024 год отметился особым блюдом «Налетайка». Если искать аналоги, то ближайший к ним – это 火锅. Налетайку готовят в праздники, подает ее к столу человек, сидящий во главе, приглашая отведать. Он говорит: «Налетай-ка все разом» – собственно отсюда и название. В целом можно сказать, что данное блюдо сближает всех собравшихся за столом.

### **Заключение**

Таким образом, нами была сделана попытка определить варианты адаптации традиционных китайских мифологических сюжетов, ключевых традиций китайской культуры к современному восприятию в игровом формате. Первые результаты показали, что медиа способны через анимацию и наглядность сохранить и передать суть древних китайских мифов и культурные особенности праздников. Genshin Impact помогает людям из разных стран узнать больше о китайской культуре и погрузиться в нее в интересном и актуальном для нового поколения формате.

### **Список литературы**

1. Ли Юй [Электронный ресурс] // URL: [https://genshin-impact.fandom.com/ru/wiki/Ли\\_Юэ](https://genshin-impact.fandom.com/ru/wiki/Ли_Юэ) (дата обращения 08.04.25).
2. Ци Хунвэй, Пестерева А.А. Изучение особенностей китайской традиционной культуры в онлайн ролевой игре «原神» // URL: <https://na-journal.ru/11-2023-pedagogika/6720-izuchenie-osobennostei-kitaiskoi-tradicionnoi-kultury-v-onlain-rolevoi-igre-genshin-impact> (дата обращения 08.04.25).
3. 春节 – 习俗 [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: <https://zh.wikipedia.org/wiki/春節#习俗> (дата обращения: 13.04.2025).
4. Genshin Impact's Liyue Compared to Real-World China [Электронный ресурс] // Screen Rant. – URL: <https://screenrant.com/genshin-impact-liyue-china-comparison-architecture-landmarks-map/> (дата обращения: 13.04.2025).
5. Step into a Vast Magical World for Adventure [Электронный ресурс] // Genshin Impact. – URL: <https://genshin.hoyoverse.com/en/news/detail/103846> (дата обращения: 13.04.2025).
6. 元宵节的由来、传说与习俗 [Электронный ресурс] // 中国非物质文化遗产网·中国非物质文化遗产数字博物馆. –

- URL: [https://www.ihchina.cn/news\\_1\\_details/11186.html](https://www.ihchina.cn/news_1_details/11186.html) (дата обращения: 13.04.2025).
7. 元宵节的历史和传统 [Электронный ресурс] // StudyCLI. – URL: [https://studycli.org/zh-CN/chinese-holidays/lantern-festival/#Origin\\_story\\_two\\_A\\_trick\\_played\\_on\\_the\\_Jade\\_Emperor](https://studycli.org/zh-CN/chinese-holidays/lantern-festival/#Origin_story_two_A_trick_played_on_the_Jade_Emperor) (дата обращения: 13.04.2025).
  8. Genshin Impact Lantern Rite 2024: Everything You Need to Know [Электронный ресурс] // RealSport101. – URL: <https://realsport101.com/article/genshin-impact-lantern-rite-2024> (дата обращения: 13.04.2025).
  9. Xiao/Lore [Электронный ресурс] // Genshin Impact Wiki. – URL: <https://genshin-impact.fandom.com/wiki/Xiao/Lore> (дата обращения: 13.04.2025).
  10. Lantern Rite Festival [Электронный ресурс] // Genshin Impact Wiki. – URL: [https://genshin-impact.fandom.com/wiki/Lantern\\_Rite\\_Festival](https://genshin-impact.fandom.com/wiki/Lantern_Rite_Festival) (дата обращения: 13.04.2025).
  11. Step into a Vast Magical World for Adventure [Электронный ресурс] // Genshin Impact. – URL: <https://genshin.hoyoverse.com/m/en/news/detail/103846> (дата обращения: 13.04.2025).
  12. Developer Insight #4: Character Stories (I) - «Vigilant Yaksha» Xiao [Электронный ресурс] // Genshin Impact. – URL: <https://genshin.hoyoverse.com/m/en/news/detail/103849> (дата обращения: 13.04.2025).
  13. Genshin Impact Lantern Rite 2024: Everything you need to know [Электронный ресурс] // RealSport101. – URL: <https://realsport101.com/article/genshin-impact-lantern-rite-2024> (дата обращения: 13.04.2025).
  14. Lantern Rite Festival [Электронный ресурс] // HoYoLAB. – URL: <https://www.hoyolab.com/article/12933> (дата обращения: 13.04.2025).

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК

*Авад Петер Адел Вахим (Египет)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Мамонова Татьяна Егоровна,*

*к. т. н., доцент, и. о. заведующего кафедрой – руководитель отделения на правах кафедры*

*(ОИС, ИШИНЭС)*

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ НА БАЗЕ ROS

**Аннотация:** в работе рассматриваются методы управления роботизированным манипулятором Dobot CR3 с использованием TCP/IP. Исследуется разработка программного обеспечения на платформе ROS для точного позиционирования робота. Анализируется точность и эффективность системы, а также преимущества и ограничения предложенного подхода.

**Ключевые слова:** роботизированный манипулятор, ROS, TCP/IP, управление, Dobot CR3.

### **Введение**

Современные роботизированные системы, такие как манипуляторы, играют ключевую роль в автоматизации промышленных процессов в машиностроении, медицине, космических исследованиях и других областях. Одним из наиболее перспективных инструментов для управления такими системами является Robot Operating System (ROS) – гибкая платформа с открытым исходным кодом, которая предоставляет широкий набор инструментов для разработки, моделирования и управления роботами. Согласно исследованиям, более 60 % современных роботизированных систем используют ROS в качестве основы для разработки программного обеспечения.

Одной из ключевых задач при работе с роботизированными манипуляторами является обеспечение высокой точности управления. Современные промышленные манипуляторы, такие как UR5 или KUKA, требуют точности позиционирования в пределах 0,1 мм, что достигается за счёт использования сложных алгоритмов управления и применения обратной связи от системы датчиков. ROS предоставляет инструменты для реализации таких алгоритмов, включая пакеты для кинематики, планирования траекторий и обработки данных с датчиков.

Целью данной работы является разработка и исследование системы управления роботизированными манипуляторами, в частности роботом Dobot CR3, с использованием TCP/IP для взаимодействия и контроля. В статье рассматриваются методы разработки и интеграции программного обеспечения для управления роботом, а также приводится анализ точности и эффективности системы. Особое внимание уделяется исследованию программного продукта, обеспечивающего управление роботом, и его функциональным возможностям.

### Обзор литературы и существующих решений

Анализ современных систем управления роботами показал, что современные системы управления роботами активно развиваются благодаря использованию платформы Robot Operating System (ROS). ROS предоставляет универсальную среду для разработки, моделирования и управления роботами, что делает её популярной в научных и промышленных приложениях. Например, пакет MoveIt позволяет эффективно решать задачи планирования траекторий и управления манипуляторами, обеспечивая высокую точность и адаптивность. Использование TCP/IP в робототехнике, а именно TCP/IP (192.168.5.1), является одним из наиболее распространённых протоколов для передачи данных в робототехнических системах. Он обеспечивает надёжную связь между компонентами системы, что особенно важно для управления роботами в реальном времени. Например, в работе описывается использование TCP/IP для управления промышленными роботами, где протокол обеспечивает передачу команд и данных с минимальными задержками. TCP/IP также активно применяется в системах удалённого управления роботами, где требуется стабильная связь между оператором и устройством.

Роботизированный манипулятор: робот Dobot CR3 представляет собой компактный и высокоточный манипулятор, предназначенный для образовательных, исследовательских и промышленных задач. Он обладает точностью позиционирования до 0,2 мм и поддерживает различные интерфейсы управления, включая TCP/IP [1].

Для описания кинематики Dobot CR3 используются параметры Денавита-Хартенберга (DH), которые представлены в Таблице 1 [2].

Таблица 1

Параметры Денавита-Хартенберга (DH) робота Dobot CR3

| (i) | $a_i$ (m) | $d_i$ (m) | $\alpha_i$ (degree) | $\theta_i$ (degree) |
|-----|-----------|-----------|---------------------|---------------------|
| 1   | 0         | 0.1328    | 90                  | $\theta_1$          |
| 2   | 0.274     | 0         | 0                   | $\theta_2 + 90$     |
| 3   | 0.230     | 0         | 0                   | $\theta_3$          |
| 4   | 0         | 0.1283    | 90                  | $\theta_4 + 90$     |
| 5   | 0         | 0.116     | 90                  | $\theta_5 + 180$    |
| 6   | 0         | 0.105     | 0                   | $\theta_6$          |

Несмотря на значительные успехи в разработке систем управления роботами, существует ряд проблем и ограничений. Во-первых, интеграция ROS с оборудованием, таким как Dobot CR3, требует значительных усилий по настройке и отладке. Во-вторых, использование TCP/IP, хотя и обеспечивает надёжную связь, может приводить к задержкам в системах с жёсткими временными ограничениями. Кроме того, существующие программные решения часто требуют доработки для адаптации к конкретным задачам, что увеличивает время разработки.

### Методы и подходы к разработке системы управления для роботизированного манипулятора с использованием ROS

Архитектура системы управления роботом Dobot CR3 [3, 4]: строится на основе интеграции трёх ключевых компонентов: ROS, TCP/IP и самого робота. ROS выступает в качестве центральной платформы, обеспечивающей управление, планирование и обработку данных. TCP/IP используется для передачи команд и данных между ROS и роботом, обеспечивая надёжное и стабильное взаимодействие. Dobot CR3 подключается к системе через открытый API, что позволяет контролировать его движения и получать данные с датчиков. Такая архитектура обеспечивает модульность и гибкость системы, позволяя легко адаптировать её для различных задач.

Рисунок 1 иллюстрирует архитектуру системы управления роботом на базе ROS. На схеме показаны ключевые компоненты системы и их взаимодействие.

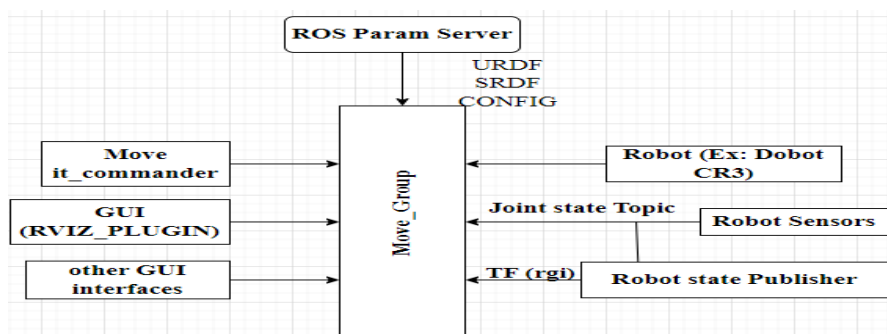


Рис. 1. Архитектура системы управления роботом на базе ROS

URDF-модель: Dobot CR3 была разработана на основе технической документации робота. Она включает следующее.

1. Описание звеньев (links) с указанием их геометрии и массы.
2. Описание суставов (joints) с указанием типа (вращательный, призматический), осей вращения и ограничений.
3. Параметры DH, интегрированные в модель для корректного расчёта кинематики.



URDF-модель [5] позволяет ROS корректно интерпретировать структуру робота, что необходимо для планирования движений, визуализации и симуляции. Сгенерированная модель робот показана на Рисунке 2.

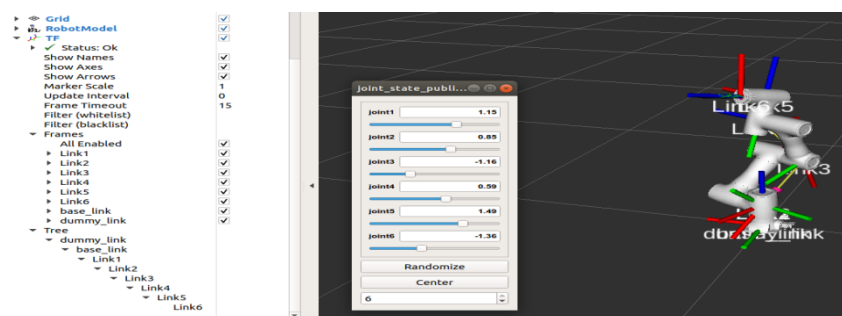


Рис. 2. URDF-модель Dobot CR3 в среде Move it

MoveIt состоит из набора функциональных пакетов в ROS, включающих планирование движений, управление операциями, 3D-восприятие, кинематику, обнаружение столкновений и другие функции. Это программное обеспечение представляет собой набор инструментов. Его планирование движений основано на традиционных методах, таких как Probabilistic Roadmap (RRT) – быстро исследующие случайные деревья, Probabilistic Roadmap (PRM) – вероятностные дорожные карты.

### Эксперименты и результаты

В ходе экспериментов по планированию траекторий для робота Dobot CR3 с использованием пакета MoveIt сравнивались алгоритмы PRM (Probabilistic Roadmap) и RRT (Rapidly-exploring Random Tree). Результаты показали, что RRT находит решение в среднем на 0.2 секунды быстрее из рис. 3, чем PRM, особенно в сложных средах с множеством препятствий. Это связано с тем, что PRM строит вероятностную карту конфигурационного пространства, что требует больше времени и вычислительных ресурсов. На рис. 3 представлен график, иллюстрирующий планирование движения из точки (0, 0, 0, 0, 0, 0) в точку (0, -6, 55, 13, 0, 28).

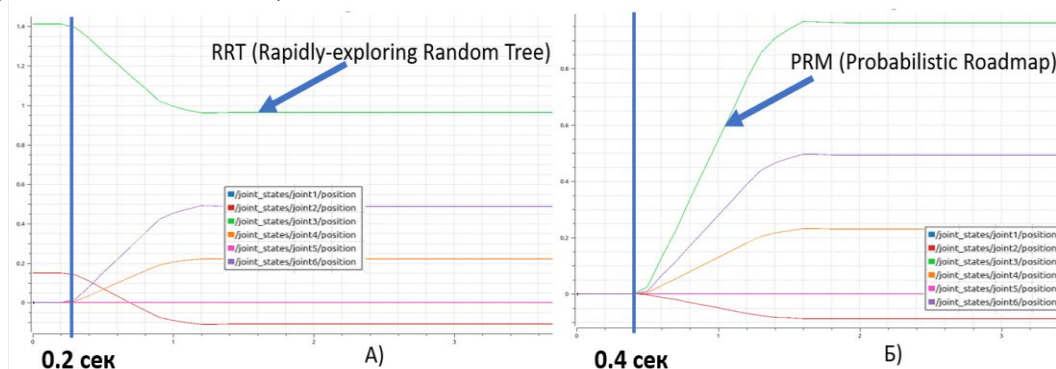


Рис. 3. Сравнительные между двумя основными алгоритмами;

А) PRM (Probabilistic Roadmap), Б) RRT (Rapidly-exploring Random Tree)

Результаты тестирования: в Таблице 2 представлены результаты фиксирования времени выполнения задач для системы управления на базе ROS (с использованием алгоритмов PRM и RRT) и собственного программного обеспечения Dobot Studio Pro.

Таблица 2

*Время выполнения заданий для системы управления на базе (ROS) и собственного программного обеспечения (Dobot Studio Pro)*

| Углы движения<br>(J1, J2, J3,<br>J4, J5, J6)     | Время на базе ROS<br>(PRM) $t_1$ (сек)                                              | Время на базе<br>ROS(RRT)<br>$t_2$ (сек)                                  | Время на собствен-<br>ной программе<br>$t_3$ (сек)                        |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| (90, 90, -90, 90, 90, 90)<br>до<br>(0,0,0,0,0,0) | 23,65                                                                               | 22,41                                                                     | 20,31                                                                     |
| (0, -90, 0, 0, 0, 0)                             | 20,98                                                                               | 16,40                                                                     | 14,30                                                                     |
| (0, -90, 90, 0, 0, 0)                            | 22,80                                                                               | 21,80                                                                     | 19,79                                                                     |
| (0, -90, 90, 90, 0, 0)                           | 24,87                                                                               | 22,00                                                                     | 19,77                                                                     |
| (0, -90, 90, 90, 90, 0)                          | 24,98                                                                               | 22,89                                                                     | 19,69                                                                     |
| (0, -90, 90, 90, 90, 90)                         | 23,99                                                                               | 21,89                                                                     | 19,38                                                                     |
| (90, 90, -90, 90, 90, 90)                        | 24,65                                                                               | 23,00                                                                     | 19,98                                                                     |
| Среднее время « $t_{cp}$ »                       | $\int_{t_7}^{t_1} t_{1n}$ $= \frac{t_{1_1} + \dots t_{1_7}}{7}$ $= 23,70$           | $\int_{t_7}^{t_1} t_{2n}$ $= \frac{t_{2_1} + \dots t_{2_7}}{7}$ $= 21,48$ | $\int_{t_7}^{t_1} t_{3n}$ $= \frac{t_{3_1} + \dots t_{3_7}}{7}$ $= 19,03$ |
|                                                  | $t_{cp} = \int_{t_7}^{t_1} t_{1n} - \int_{t_7}^{t_1} t_{2n} = 23,70 - 21,48 = 2,22$ |                                                                           |                                                                           |

Экспериментальные результаты демонстрируют, что собственное ПО Dobot Studio Pro выполняет задачи быстрее, чем системы на базе ROS. Среднее время выполнения составляет Dobot Studio Pro  $\int_{t_7}^{t_1} t_{3n} = 19.03$ , ROS RRT  $\int_{t_7}^{t_1} t_{2n} = 21.48$ , ROS PRM  $\int_{t_7}^{t_1} t_{1n} = 23.70$ .

Результаты, показанные в таблице 1 и продемонстрированные на рисунке 4, позволяют сделать вывод о том, что RRT быстрее PRM на  $t_{cp} = 2,22$  сек., подтверждая его эффективность для планирования траекторий.

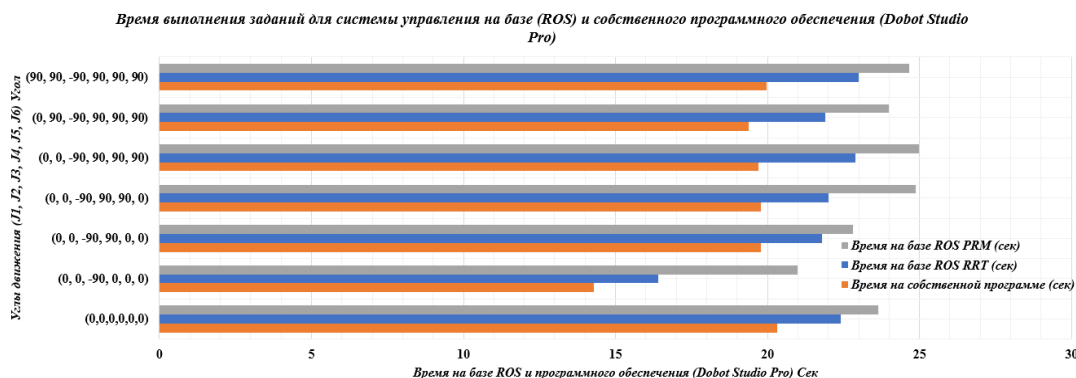


Рис. 4. Сравнение времени выполнения задач управления Dobot CR3 в ROS и Dobo Studio Pro

### Заключение

В данной работе исследована система управления роботом Dobot CR3 на базе ROS с использованием TCP/IP. Основное внимание было уделено разработке программного обеспечения, анализу точности и эффективности управления. ROS продемонстрировал свою эффективность благодаря широкому набору инструментов, таким как MoveIt, а протокол TCP/IP обеспечил надёжную связь компонентов системы. В ходе экспериментов алгоритм RRT показал преимущество, выполняя поиск пути на 2,22 секунды быстрее (см. Таблица 1), чем PRM, что делает его предпочтительным для задач, требующих быстрого реагирования.

В дальнейшем планируется применить методы машинного обучения для оптимизации движения и обучения робота новым задачам, а также с использованием компьютерного зрения разработать систему визуального слежения и адаптации траекторий движения.

### Список литературы

1. Smith J. и др. TCP/IP-based control of industrial robots. – 2020 [Электронный ресурс] // Официальная документация. – Режим доступа: Telecontrol system based on the Smith predictor using the TCP/IP protocol | Robotica | Cambridge Core (дата обращения: 12.02.2025).
2. Dobot CR3 Technical Specifications [Электронный ресурс] // Официальная документация. – Режим доступа: <https://www.dobot.cc> (дата обращения: 12.02.2025).
3. Mamonova T.E., Vasilyeva T.N., «Artificial intelligence in problems of leak definition from the oil pipeline» in Proc. 2014 Int. Conf. Mech. Eng., Autom. Control Syst. (MEACS). – 2014. – P. 6986846, DOI: 10.1109/MEACS.2014.6986846, ISBN: 978-1-4799-6221-1.
4. Awad P.A.V., Mamonova T.E., “Control of a custom URDF robotic arm in ROS,” in Proc. 2024 IEEE 3rd Int. Conf. Probl. Inform., Electron. Radio Eng.

(PIERE), 2024, DOI: 10.1109/PIERE62470.2024.10805061, Electronic ISBN: 979-8-3315-1632-1, Print on Demand (PoD) ISBN: 979-8-3315-1633-8.

5. Avad A.V.P., Mamonova T.E., “Digital twins in the control and optimization of manipulators,” (in Russian), in Proc. II All-Russian Sci. Pract. Conf. «Intellect. Energy» [Intellektual'naya Energetika]. – 2024. – P. 177–180.

*Аганя Давид Делали (Гана), Новикова Анастасия Викторовна (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Новикова Анастасия Викторовна, канд. филол. наук, доцент*

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ГИБРИДНЫХ ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

**Аннотация:** Гибридные энергетические системы, объединяющие солнечную и ветровую генерацию, играют ключевую роль в переходе к устойчивой энергетике. Однако их эффективность зависит от изменчивости погодных условий, что требует интеллектуального управления энергопотоками. В данной статье рассматриваются методы искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО), применяемые для оптимизации энергопотребления и повышения эффективности гибридных систем. Анализируются алгоритмы прогнозирования генерации, динамического распределения нагрузки и адаптивного управления накопителями энергии. Приводятся примеры успешного внедрения ИИ в реальных энергосистемах, а также обсуждаются перспективы дальнейшего развития технологий оптимизации энергопотребления.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, гибридные энергетические системы, ветровая энергия, солнечная энергия.

### **Введение**

Современные энергетические системы сталкиваются с рядом проблем при интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечные панели и ветрогенераторы. Основные сложности связаны с их нестабильностью: колебания мощности из-за изменения погодных условий, трудности с прогнозированием выработки, а также необходимость балансировки нагрузки в реальном времени для предотвращения сбоев в энергоснабжении.

Гибридные энергетические системы, сочетающие несколько видов генерации и накопителей энергии, позволяют частично снизить зависимость от погодных факторов и повысить надежность электроснабжения. Однако для эффективной работы таких систем требуются сложные алгоритмы прогнозирова-

ния производства энергии, динамического распределения нагрузок и оптимального управления накопителями.

Искусственный интеллект и машинное обучение предлагают мощные инструменты для решения этих задач. Они позволяют создавать более точные модели прогнозирования, разрабатывать адаптивные стратегии управления и повышать общую эффективность и устойчивость энергетических систем.

**Цель работы** – исследовать способы оптимизации потребления энергии в гибридных ветро-солнечных системах с использованием искусственного интеллекта (AI) и методов машинного обучения (ML). Основное внимание уделяется следующим аспектам:

- **Разработка интеллектуальных алгоритмов прогнозирования** для точного предсказания производства и потребления энергии.
- **Оптимизация управления энергией** путем динамического перераспределения нагрузки и эффективного использования систем хранения.
- **Повышение надежности и устойчивости** гибридных систем за счет использования AI для диагностики неисправностей и предиктивного обслуживания.
- **Анализ преимуществ и вызовов внедрения AI в энергетические системы**, а также перспектив будущего развития в данной области.

В конечном итоге исследование направлено на минимизацию потерь энергии, снижение эксплуатационных затрат и повышение эффективности интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему. На рисунке 1 представлен анализ работы энергосистемы.

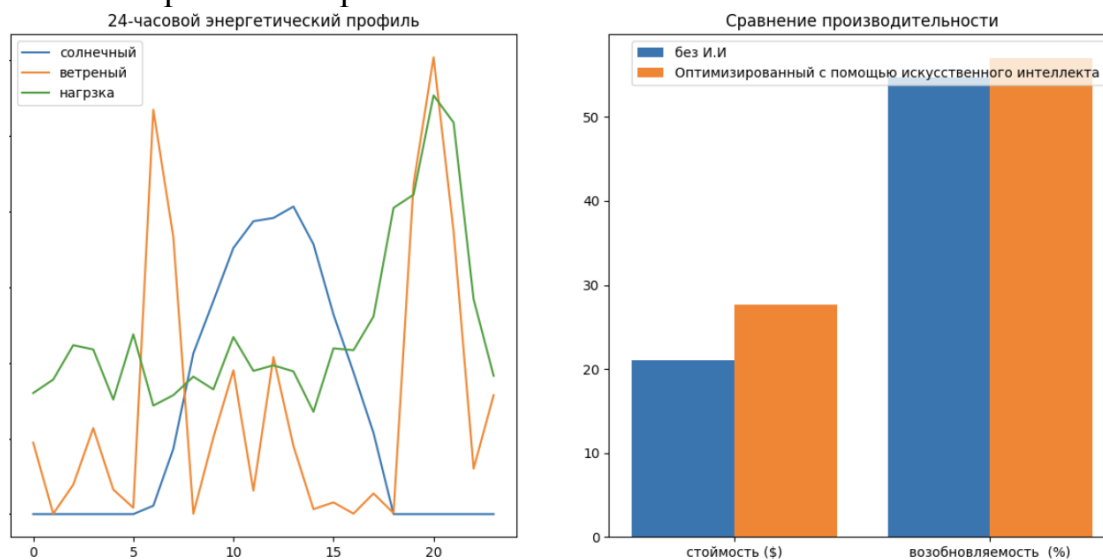


Рис. 1. Энергетический профиль и сравнительный анализ производительности системы с использованием ИИ и без него

Левая часть рисунка иллюстрирует 24-часовой энергетический профиль, включающий солнечную и ветровую генерацию, а также нагрузку. Правая

часть рисунка демонстрирует сравнительный анализ производительности системы без использования искусственного интеллекта и с его применением. На основании представленных данных видно, что оптимизация с помощью ИИ способствует снижению стоимости и увеличению доли возобновляемых источников энергии.

Особое внимание следует уделить методам ИИ и МО в гибридных энергосистемах, прежде всего в прогнозировании генерации энергии. Один из главных вызовов в гибридных энергосистемах – нестабильность выработки, связанная с изменчивостью погоды. Чтобы избежать нехватки или переизбытка электроэнергии, необходимо точно прогнозировать генерацию. В этом контексте ключевую роль играют алгоритмы машинного обучения, в частности рекуррентные нейронные сети.

Первый из них – рекуррентные нейронные сети (RNN, LSTM) используются для прогнозирования временных рядов, таких как изменения солнечного излучения или скорости ветра. LSTM-модели позволяют анализировать зависимость между погодными данными в разные моменты времени и предсказывать будущую генерацию. Исследования показывают, что модели долгой краткосрочной памяти (LSTM, Long Short-Term Memory) значительно улучшают точность прогнозирования выработки электроэнергии в гибридных ветро-солнечных системах [1]. В частности, в работе Wang et al. (2023) отмечается, что использование LSTM позволяет снизить среднюю абсолютную процентную ошибку (MAPE) прогнозирования генерации энергии на 20–30 % по сравнению с традиционными методами, такими как линейная регрессия и метод скользящего среднего. LSTM-нейросети особенно эффективны при работе с временными рядами, поскольку они учитывают долгосрочные зависимости в данных. Например, в исследовании Zhou et al. (2022) проведен сравнительный анализ нескольких методов прогнозирования генерации энергии в ветро-солнечных системах, где:

- традиционные статистические методы (ARIMA, линейная регрессия) имели MAPE около 18–25 %;
- глубокие нейросети, включая LSTM, снизили ошибку до 12–15 %;
- комбинированные модели (LSTM с Attention-механизмами) достигли точности прогнозирования до 90 % при учете погодных и исторических данных.

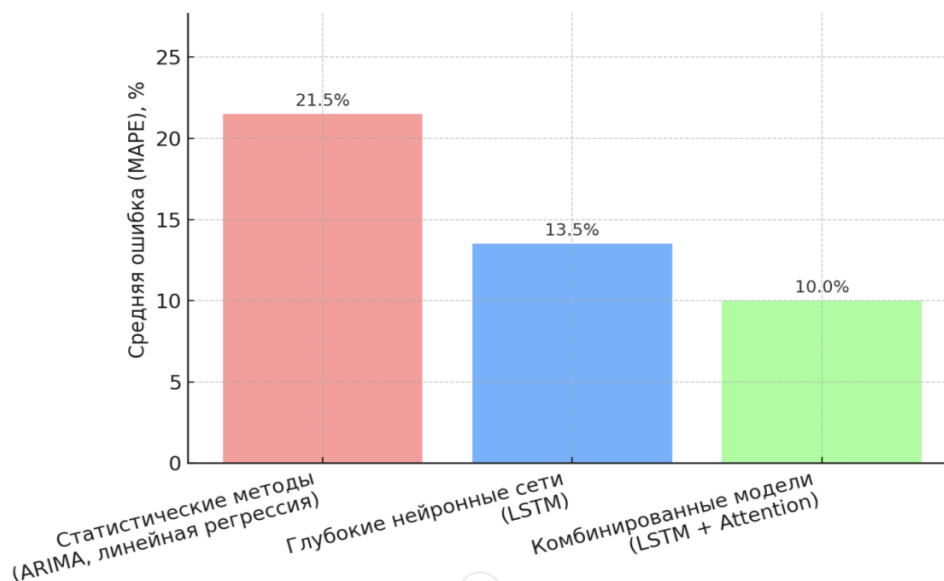


Рис. 2. Средняя ошибка прогнозирования (MAPE) различными методами

Таким образом, LSTM-алгоритмы позволяют значительно повысить эффективность прогнозирования выработки энергии, что критически важно для балансировки нагрузки в гибридных системах и снижения потерь энергии.

В дополнение к нейросетям, важным инструментом прогнозирования являются методы ансамблевого обучения (например, Random Forest и XGBoost), которые позволяют обрабатывать многомерные данные. Методы ансамблевого обучения, такие как Random Forest (RF) и XGBoost, широко применяются для анализа множества параметров, включая скорость ветра, облачность, температуру и уровень солнечной радиации [2], [3]. Эти модели обладают высокой устойчивостью к переобучению и демонстрируют хорошие результаты при наличии большого объема данных. Кроме того, такие методы хорошо справляются с задачами выбора наиболее значимых признаков, что позволяет улучшить интерпретируемость модели и оптимизировать прогноз. В ряде исследований было показано, что XGBoost способен достигать уровня точности, сопоставимого с LSTM, особенно при наличии четко структурированных погодных и технических данных [3].

Оптимизация распределения энергии в гибридных ветро-солнечных системах играет ключевую роль в достижении высокой эффективности энергоснабжения. Основные цели этой оптимизации включают снижение потерь энергии, улучшение стабильности работы системы и продление срока службы аккумуляторов и оборудования. Для решения этих задач в современных энергетических системах активно применяются такие методы, как генетические алгоритмы (GA) и обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL), которые адаптируются к изменяющимся условиям и находят оптимальные режимы работы системы. Генетические алгоритмы (GA) представляют собой метод оптимизации,

основанный на принципах естественного отбора и эволюции. В контексте гибридных энергетических систем ГА эффективно применяются для:

- оптимизации режимов работы аккумуляторов и генераторов;
- минимизации затрат на хранение и передачу энергии;
- балансировки нагрузки между различными источниками энергии, такими как ветер и солнце.

Пример использования ГА приведен в исследовании Gupta et al. (2022), которое показало, что применение генетических алгоритмов в гибридных системах позволяет снизить потери энергии на 15 – 25 % по сравнению с традиционными методами оптимизации, такими как линейное программирование. Этот алгоритм анализирует данные о солнечном излучении, скорости ветра и текущем энергопотреблении, что позволяет находить оптимальные стратегии распределения энергии [4].

Обучение с подкреплением (RL), в свою очередь, представляет собой метод, при котором ИИ-агент учится принимать решения на основе проб и ошибок. В гибридных системах RL позволяет:

- адаптироваться к изменениям погодных условий в реальном времени;
- оптимизировать процесс заряда и разряда аккумуляторов;
- автоматически корректировать подачу энергии в зависимости от потребностей системы.

Объединение генетических алгоритмов и обучения с подкреплением (GA + RL) может привести к еще более высокой эффективности. Например, ГА может использоваться для предварительного подбора параметров, а RL – для динамической адаптации стратегии в реальном времени. В исследовании Zhang et al. (2023) показано, что такая гибридная система снижает энергопотери на 35 % по сравнению с традиционными методами оптимизации [5].

Пример использования RL в реальных условиях можно увидеть в проекте DeepMind (Google), где обучение с подкреплением применялось для оптимизации энергопотребления в дата-центрах. Это позволило достичь следующих результатов:

- снижение энергопотерь на 40 %;
- улучшение стабильности работы серверов;
- снижение затрат на охлаждение.

Этот опыт демонстрирует, что RL может эффективно применяться для динамического управления энергоресурсами в гибридных системах, особенно в условиях переменчивых погодных факторов. В результате, использование таких методов, как ГА и RL, способствует более эффективному и устойчивому распределению энергии, а также снижению эксплуатационных затрат, что важно для успешной интеграции возобновляемых источников энергии в современную энергосистему [6].



В связи с этим, управление накопителями энергии в гибридных энергосистемах становится важным аспектом для стабилизации работы всей сети. Аккумуляторные системы помогают поддерживать баланс между выработкой и потреблением энергии. Искусственный интеллект значительно улучшает этот процесс, оптимизируя циклы заряда и разряда аккумуляторов, что способствует продлению их срока службы. Кроме того, ИИ позволяет точно прогнозировать пиковые нагрузки, что снижает зависимость от резервных генераторов, улучшая тем самым общую эффективность энергосистемы.

Оптимизация циклов заряда и разряда позволяет не только продлить срок службы батарей, но и обеспечить эффективное использование энергии. ИИ позволяет точно прогнозировать потребности в энергии, что помогает в правильном управлении процессами зарядки и разрядки аккумуляторов. Кроме того, прогнозирование пиковых нагрузок позволяет заранее скорректировать подачу энергии, избегая перегрузки системы и излишней зависимости от традиционных источников энергии, таких как резервные генераторы. Это особенно важно в контексте использования возобновляемых источников энергии, таких как ветер и солнце, выработка которых зависит от погодных условий.

Такие методы как Q-обучение и глубокие нейросети (DQN), показывают свою эффективность в управлении аккумуляторами. Q-обучение помогает системе принимать оптимальные решения на основе накопленного опыта, а DQN позволяет использовать глубокие нейросети для более точных предсказаний. Это позволяет повышать эффективность работы накопителей энергии, снижая потери и обеспечивая стабильность работы системы.

Практическим примером применения этих технологий является проект Tesla Autobidder. Эта платформа на основе ИИ управляет виртуальными электростанциями (VPP), которые объединяют солнечные панели и Powerwall батареи. Платформа анализирует данные о выработке энергии и потребностях в ней, автоматически регулируя подачу энергии в сеть. Это помогает минимизировать потери энергии и оптимизировать использование возобновляемых источников, что повышает экономическую эффективность системы и способствует устойчивому энергоснабжению.

Другим примером является система прогнозирования, разработанная IBM для ветро-солнечных ферм в Европе и США. Эта система использует ИИ для точного прогнозирования выработки энергии с учетом изменения погодных условий. Благодаря этому операторы могут более эффективно управлять гибридными системами, сокращая затраты и повышая стабильность работы сети. Точная информация о выработке энергии помогает оптимально распределять энергию, обеспечивая надежное энергоснабжение.

### **Заключение и выводы**

Использование ИИ и машинного обучения в гибридных энергосистемах открывает новые возможности для повышения их эффективности. Эти техноло-

гии помогают улучшить точность прогнозирования, оптимизировать управление аккумуляторами и интегрировать возобновляемые источники энергии в сетях с минимальными потерями. Однако для дальнейшего улучшения требуется развитие более точных моделей прогнозирования, интеграция блокчейн-технологий для децентрализованного управления энергией и совершенствование алгоритмов обучения с подкреплением для работы в условиях неопределенности. Это позволит повысить адаптивность и устойчивость гибридных энергосистем, а также обеспечит более эффективное использование возобновляемых источников энергии в будущем.

### Список литературы

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // *Neural Computation*. – 1997.
2. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // *ACM*. – 2016.
3. Li X., Zhang Y., Liu H. Application of ensemble learning for renewable energy forecasting: A case study on wind and solar power // *Renewable Energy*. – 2021. – Vol. 178. – P. 978–989.
4. Gupta, R., Sharma P., Kumar A. Genetic Algorithm-Based Optimization for Energy Management in Hybrid Renewable Systems // *Energy and AI*. – 2022. – Vol. 7. – P. 100123.
5. Zhang Y., Li M., Wang T. Hybrid Reinforcement Learning and Genetic Algorithm Approach for Energy Distribution in Smart Grids // *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. – 2023. – Vol. 15, no. 1. – P. 120–135.
6. DeepMind. Using AI to Improve Data Center Efficiency // *Google Blog*. – 2020.
7. Mnih V. et al. Human-level control through deep reinforcement learning // *Nature*. – 2015.
8. Tesla. Autobidder: AI-Powered Energy Trading // *Tesla Energy*. – 2021.
9. IBM. Hybrid Renewable Energy Forecasting with AI // *IBM Research*. – 2022.

*Аль-Мусави Висам Мохаммедтаки М Джавад (Ирак)*

*Южный федеральный университет «ЮФУ», г. Таганрог*

*Научный руководитель: Федосов Валентин Петрович, д.т.н., профессор*

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТИВНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ В СИСТЕМАХ SIMO-OFDM С УЛУЧШЕННЫМ КОДИРОВАНИЕМ РИДА-СОЛОМОНА**

**Аннотация:** в работе рассмотрены Эффективность метода оценки канала SIMO-OFDM для многолучевых радиоканалов была оценена с помощью компьютерного моделирования. Чтобы улучшить скорость и пропускную способность передачи данных, можно использовать передачу и прием для формирования SIMO-каналов с одним входом и несколькими выходами, обеспечивающих пространственную фильтрацию для выбора пути с максимальной мощностью сигнала. В этой статье анализ и моделирование передачи данных на основе системы SIMO беспроводного канала 3D WiMAX, где результат сравнения в этом методе с использованием адаптивного алгоритма и без него.

**Ключевые слова:** 3D-канальный режим, 3GPP, SIMO, MIMO, BER, OFDM, WiMAX, многопутность, адаптивный алгоритм.

### **Введение**

В беспроводных, спутниковых и космических системах связи подавление ошибок имеет решающее значение. В беспроводных системах связи с высокими коэффициентами битовых ошибок для передачи данных необходимо использовать несколько методов кодирования. Разработчики систем связи могут смягчить влияние зашумленного канала передачи, используя кодирование канала для обнаружения и исправления ошибок. В данном исследовании рассматривается усиление помехоустойчивости в беспроводных системах связи за счет использования кодов Рида-Соломона и адаптивных методов пространственно-временной обработки сигнала в приемнике с использованием адаптивной антенной решетки. Выполнение пространственной фильтрации в каналах, включающих отражения, становится возможным при наличии сложной картины распространения сигнала. Стандарт BER широко используется для оценки производительности при передаче и хранении цифровых данных. Его суть довольно проста: Отношение количества ошибочных битов к общему количеству битов Искажение данных возникает из-за помех в канале передачи. Отношение сигнал/шум, или SNR, характеризует взаимодействие между шумом и сигналом. Обычно отношение сигнал/шум (SNR) определяется отношением мощности сигнала к мощности шума и находится в обратной зависимости от коэффициента битовых ошибок (BER). Более низкое значение BER указывает на более высокий SNR и улучшенное качество связи. Когда сигнал проходит через канал AWGN, он часто искажается из-за дополнительного шума. Это приводит к из-

менению исходных компонентов сообщения и может стать серьезной проблемой для точности и функциональности цифровой системы. Таким образом, необходимы методы обнаружения и устранения ошибок. Одним из методов уменьшения ошибок в коробке передач является оптимизация соотношения  $E_b/N_0$ . Однако в реальности это отношение не может быть поднято выше определенного порога.

### **Основная часть**

Эффективной методикой определения пропускной способности беспроводного канала SIMO (STC) является пространственно-временное кодирование [1, 2]. Эта техника кодирования, известная как STC, была создана для работы с несколькими передающими антеннами. Чтобы установить связь между сигналами, посылаемыми различными антеннами в разное время, кодирование осуществляется как в пространственном, так и во временном доменах [3]. По сравнению с системами без пространственного кодирования, пространственно-временное кодирование позволяет увеличить мощность и разнообразие передаваемых сигналов без ущерба для пропускной способности. Передатчик кодирует пространство-время с помощью нескольких антенн [4–6]. Чтобы воспользоваться преимуществами кодирования и вариативности, символы могут быть хитроумно закодированы в пространстве и времени. Для пространственного кодирования передатчик использует множество антенн. Прежде чем приступить к объяснению, давайте рассмотрим несколько терминов [7–9].

Коды Рида-Соломона с коррекцией ошибок используются в самых разных контекстах - от передачи сигналов на далекие космические корабли до сбора информации со штрих-кодов и QR-кодов, которые мы видим каждый день [3, 10]. Наиболее распространенными в мире цифровыми кодами контроля ошибок являются коды Рида-Соломона. Важные приложения включают в себя компьютерную память, системы с распределенным спектром, системы связи с дальним космосом, цифровые аудиодиски и управление ошибками в замкнутых системах.  $RS(n, k)$  – это код Рида-Соломона, который использует  $s$ -битные символы. Это означает, что кодер собирает  $k$  символов данных, каждый из которых содержит  $s$  битов, а затем добавляет символы четности, чтобы получить кодовое слово из  $n$  символов. В каждом  $s$ -битном коде имеется  $pk$  символов четности. В кодовом слове, где  $2t = nk$ , декодер Рида-Соломона может исправить не более  $t$  символов. Для определенного размера символа  $s$  максимальная длина кодового слова ( $n$ ) кода Рида-Соломона равна  $n = 2s - 1$ . результаты исследования производительности передачи данных с использованием самой последней модели канала 3GPP 3D. Чтобы обеспечить небольшое затухание сигнала для необходимой дальности беспроводной связи, передающая и принимающая антенны были настроены на текущую частоту 2,5 ГГц. Исходя из предполагаемой производительности системы связи на высоте 25 метров и рас-

стоянии около 2 километров в городских условиях, будут выбраны высота и расстояние до базовой и мобильной станций. Предполагается, что мобильная станция движется со скоростью 40 км/ч, в то время как базовая станция остается неподвижной. В данном исследовании будет смоделирован каждый узел системы SIMO. Производительность отдельных узлов системы может быть оценена с помощью моделирования на основе параметров; вероятность ошибки системы SIMO-OFDM показана на рисунках 1 и 2. Графики для случаев с адаптацией и без нее показаны на рисунке 1, а графики для случаев с кодированием и адаптацией – на рисунке 2. Алгоритм кодирования называется кодом Рида-Соломона.

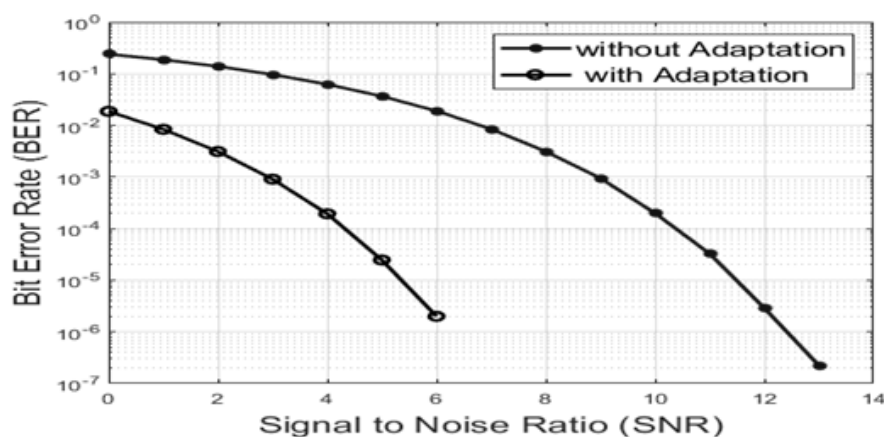


Рис. 1. Вероятность битовой ошибки для адаптивного алгоритма системы SIMO-OFDM

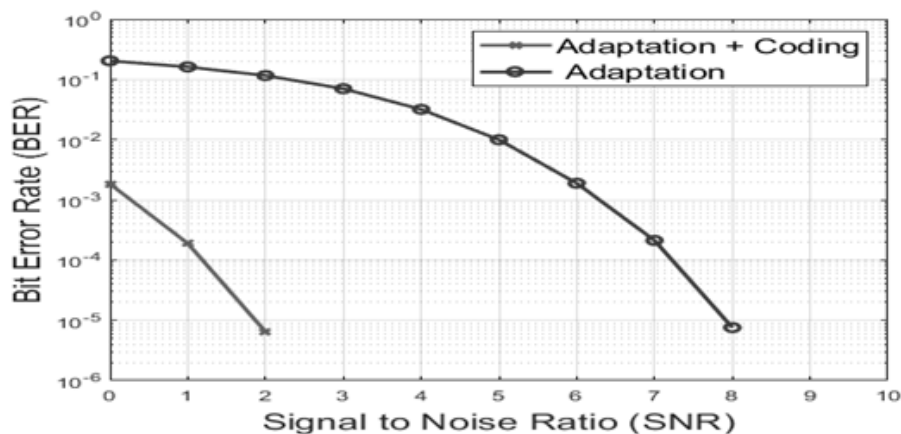


Рис. 2. Вероятность битовой ошибки для системы алгоритма адаптации SIMO-OFDM и кодов Рида-Соломона

Согласно приведенным выше данным, алгоритм адаптации может обеспечить защиту от шума на уровне до 6 дБ. Во время беспроводной передачи данных передатчик и приемник могут адаптивно применять кодирование канала при изменении шумовой обстановки. Поэтому можно сказать, что при обработке сигналов в приемном устройстве в условиях многоопытности применение адаптивных алгоритмов повышает помехоустойчивость. распространения сигналов. В системах SIMO помехоустойчивость может быть повышена на дБ по

отношению к SNR за счет использования подхода адаптации. Передатчик и приемник могут изменять кодирование канала при изменении уровня шума во время передачи данных по беспроводному каналу.

### **Заключение**

Создание адаптивного блока обработки сигналов для амплитудно-фазовых систем является основной целью данной работы. Была описана методика на основе SIMO-OFDM для создания адаптивной системы обработки сигнала для 3D-системы. При различных уровнях SNR данные передавались как с использованием техники адаптации, так и без нее. Также рассмотрены вопросы использования алгоритмов адаптации в сочетании с кодированием с коррекцией ошибок для повышения помехоустойчивости системы связи. При использовании кодирования с исправлением ошибок информационный поток становится более устойчивым к ухудшению качества передаваемой информации, вызванному шумами, помехами и затуханием сигнала. Код Рида-Соломона включает в себя эффективный метод исправления ошибок. Код Рида-Соломона обеспечивает улучшение до 6 дБ и до 5 дБ, соответственно, при использовании адаптивных алгоритмов для SIMO-OFDM.

### **Список литературы**

1. Series M. Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced: Report ITU-R M.638. – ITU, 2009. – 72 p.
2. Isa A.A.M., Othman M., Johal M. и др. Enhanced location estimation with a single base station in WiMAX network // Proceedings of IEEE Conference. – IEEE, 2014. – P. 1–6.
3. Almesaeed R., Ameen A.S., Doufexi A. и др. A comparison study of 2D and 3D ITU channel model // Proceedings of IEEE Conference. – IEEE, 2013. – P. 1–7.
4. Li Y., Seshadri N., Ariyavisitakul S. Channel estimation for OFDM systems with transmitter diversity in mobile wireless channels // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 1999. – Vol. 17, № 3. – P. 461–471.
5. Thota J., Almesaeed R., Doufexi A. и др. Infrastructure to vehicle throughput performance in LTE-A using 2D and 3D 3GPP/ITU channel models // Proceedings of IEEE Conference. – IEEE, 2015. – P. 1–5.
6. Fedosov V., Legin A., Lomakina A. Adaptive algorithm for data transmission in wireless channels based on MIMO-OFDM technique // Proceedings of IEEE Conference. – IEEE, 2017. – P. 218–221.
7. Fedosov V.P., Jameel J.S., Kucheryavenko S.V. Theoretical Analysis of Adaptive Algorithm Modulation Scheme in 3D OFDM WiMAX System // Trends in Sciences. – 2022. – Vol. 19, № 12. – P. 4605.

8. Fedosov V., Jameel J., Kucheryavenko S. Transmitting Image in 3D Wireless Channel using Adaptive Algorithm Processing with MMSE based on MIMO principles // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – P. 012131.
9. Fedosov V., Lomakina A., Legin A. Adaptive Algorithm Simulation for the Wireless Communication System Basing on the Spatial Coding in the Free Space // Proceedings of IEEE Conference. – IEEE, 2019. – P. 416–419.
10. Gubbi J., Sandeep N., Reddy K.P.K., and Balamuralidhar P. Robust markers for visual navigation using Reed-Solomon codes // in 2017 Fifteenth IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA) – 2017. – P. 460–463.

*Ван Тао (Китай)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна, к.х.н., доцент*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕДИ**

**Аннотация:** В работе рассматривается использование геля на основе полиакриламида для эффективной и щадящей очистки поверхности меди. Утверждается, что метод обеспечивает удаление загрязнений без повреждения подложки. Экспериментальные результаты подтверждают высокую эффективность и безопасность предложенного подхода.

**Ключевые слова:** гель, полиакриламид, медь, очистка поверхности.

### **Введение**

Очистка и реставрация музейных и археологических ценностей – это актуальная задача. Особое внимание в последние годы уделяется разработке полимерных композиций, которые могут не только эффективно удалять загрязнения, но и сохранять исходные свойства подложки. Наиболее перспективны в этой области полимерные гидрогели.

Например, сополимеры, содержащие акриламид, в частности сополимеры хлорида диметилдиаллиламмония с акриламидом, способны формировать плотную гидрофобную пленку на металлической поверхности, тем самым предотвращая проникновение агрессивных ионов и снижая скорость коррозии [1]. Применение подобных композиций с полиакриламидом позволяет формировать стабильное, увлажняемое покрытие с равномерной структурой, что было подтверждено при получении функциональных гелевых композитов для защиты металлических поверхностей [2].

Полиакриламидные гели широко применяются в различных отраслях, таких как медицина, охрана окружающей среды, электроника, благодаря их способности удерживать растворители, доступности и дешевизне сырья. Они способны мягко воздействовать на поверхность и обеспечивать локализованную очистку без механического повреждения основы. Такие гели обладают высокой вязкостью, гидрофильностью, устойчивостью к испарению, а также способностью к удержанию активных веществ, что делает их перспективными для щадящей очистки металлических поверхностей, в том числе меди.

Цель данной работы – исследовать эффективность применения геля на основе полиакриламида для очистки поверхности меди.

### **Методика эксперимента**

Для получения полиакриламидного геля был приготовлен водный раствор, содержащий 4 г акриламида, растворенного в 96 мл дистиллированной воды. В раствор добавляли 0,02 г персульфата аммония в качестве инициатора полимеризации. После тщательного перемешивания смесь герметично закрывали и выдерживали при температуре 60 °С в течение 48 часов без перемешивания.

По завершении реакции полимеризации 10 мл полученного раствора переносили в стерильную чашку Петри. К нему добавляли 1 мл полиэтиленгликоля и 0,6 мл глицерина в качестве пластификаторов. Образец оставлялся в термостате при температуре 40 °С на 8 часов до полного формирования прозрачной гелеобразной пленки. Полученный гель наносили на поверхность медной монеты равномерным слоем. Далее ежедневно проводили фиксацию изменений состояния поверхности меди с помощью фотосъемки. Целью наблюдений было отслеживание степени очистки, изменений цвета, а также возможных следов коррозии или окисления.

### **Результаты**

На рисунке 1 представлены изображения медной монеты до и после обработки полиакриламидным гелем. Видно, что после одной недели воздействия (рис. 1, б) поверхность монеты стала светлее, исчезла часть темных загрязнений. Через две недели обработки (рис. 1, в) поверхность монеты очистилась значительно сильнее, цвет стал более однородным, и большинство потемнений исчезло.



*Рис. 1. Неочищенная поверхность монеты (а), очистка поверхности монеты в течение одной недели (б), в течение двух недель (в)*



Полученные изображения были проанализированы в программе ImageJ. На графике (рис. 2) представлены профили интенсивности до очистки, после одной недели и после двух недель. Черная линия отражает исходное состояние поверхности: высокая интенсивность пиков свидетельствует о наличии загрязненных участков. Красная кривая (через неделю) показывает уменьшение интенсивности, а синяя (через две недели) – еще большее снижение и сглаживание профиля, что свидетельствует об эффективности очистки.

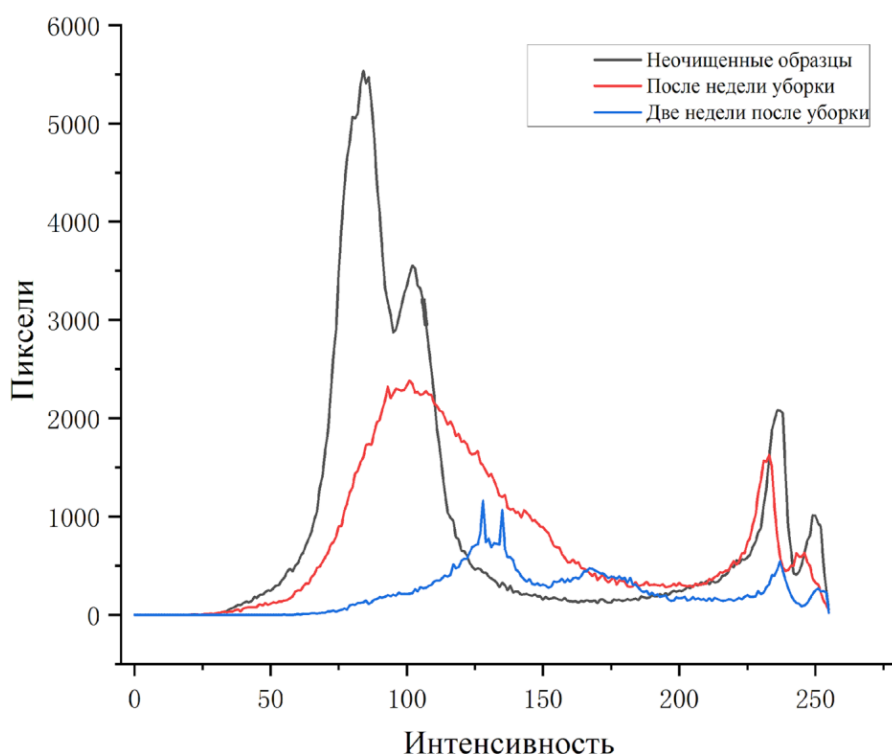


Рис. 2. Гистограммы распределения значений серого на поверхности монеты: до очистки (черная кривая), через неделю (красная кривая), через 2 недели (синяя кривая)

### Заключение

Проведенный эксперимент показал, что гель на основе полиакриламида эффективно очищает поверхность меди. Уже через неделю видны заметные изменения, а через две недели поверхность становится значительно светлее и чище. Такой гель можно использовать для щадящей очистки металлических изделий без повреждения их структуры.

### Список литературы

1. Li X.-X. et al. Insight into the corrosion inhibition performance of dimethyldiallylammonium chloride acrylamide copolymer for mild steel in acidic solution. // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2024. – Vol. 703. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.135422> (дата обращения: 12.05.2025).

2. Guo J., Liu X., Du K., et al. An anti-stripping and self-healing micro-arc oxidation/acrylamide gel composite coating on magnesium alloy AZ31 // Materials Letters. – 2020. – Vol. 260. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.126912> (дата обращения: 12.05.2025).

*Ди Чэнь (Китай), Ли Вэйхан (Китай), Дин Цзэжу (Китай),  
Цао Сяокай (Китай), Козлов В.Н. (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич к. т. н., доцент*

## **РАСЧЕТ ФИЗИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ**

**Аннотация:** В статье представлен метод расчета физических составляющих силы резания (нормальной  $N$  и касательной  $F$ ) при фрезеровании концевой фрезой. На основе экспериментальных данных, полученных с использованием токарного динамометра Kistler, выполнено преобразование технологических составляющих сил подачи  $Ph$ , боковой силы  $Pv$  в физические составляющие. Рассмотрены особенности измерения сил резания с использованием динамометра Kistler модели 9257BA при фрезеровании заготовки концевой фрезой и преобразования сил из системы сил токарного динамометра, при которой показываются на мониторе силы  $Fz$ ,  $Fy$  и  $Fx$ , характерные для токарной обработки, в систему сил, используемую при анализе процесса фрезерования концевой фрезой (силы  $Ph$ ,  $Pv$  и  $Px$ ). Показаны узловые точки при построении эпюр контактных напряжений на передней поверхности режущего инструмента и уравнения для расчета нормальной  $N$  и касательной  $F$  сил на передней поверхности зуба фрезы. Результаты могут быть использованы для оптимизации режимов резания и оценки прочности инструмента.

**Ключевые слова:** силы на передней поверхности зуба фрезы, составляющие силы резания при фрезеровании, концевая фреза.

### **Введение**

Для оценки прочности любого инструмента необходимо знать распределение в нем следующих напряжений: 1) эквивалентных, учитывающих не только напряжение по всем осям, но и влияние температуры на изменение предельно-допустимых напряжений; 2) распределение напряжений по всем осям ( $OZ$ ,  $OY$ ,  $OX$ ) [1].

Если требуется знать напряженно-деформированное состояние (НДС) всего инструмента, то можно прилагать сосредоточенные силы к его рабочим по-

верхностям, при этом можно использовать технологические составляющие силы резания: для токарных резцов тангенциальную  $P_z$ , радиальную (поперечную)  $P_y$ , осевую  $P_x$ ; а для фрез: силу подачи  $Ph$ , действующую вдоль направления минутной подачи  $s_{мин}$ ; боковую силу  $P_v$ , действующую перпендикулярно направлению подачи  $s_{мин}$ ; осевую силу  $P_x$ , действующую вдоль оси фрезы. При исследовании фрезерования концевой фрезой с использованием токарного динамометра можно измерить только эти силы.

При использовании специального фрезерного динамометра, устанавливаемого на шпиндель фрезерного или сверлильного станка и вращающегося вместе со шпинделем с закрепленной на нем фрезой, можно измерить другие технологические составляющие: тангенциальную силу  $P_z$ , действующую вдоль направления скорости резания  $v$ , радиальную силу  $P_y$ , действующую вдоль линии, соединяющую ось фрезы с точкой приложения силы резания, осевую силу  $P_x$ , действующую вдоль оси фрезы. Однако у таких динамометров есть ограничения, кроме того, существуют сложности с их приобретением.

### Основная часть

При исследовании процесса фрезерования концевой фрезой задачей было измерение технологических составляющих силы резания  $Ph$ ,  $P_v$  и  $P_x$  с помощью высокожесткого и высокоточного токарного динамометра Kistler модели 9257BA (рис. 1, а).

В программное обеспечение токарного динамометра Kistler заложено направление сил  $F_z$ ,  $F_y$  и  $F_x$  (рис. 1, а) [2], соответствующих направлению сил для токарной обработки, поэтому если, например, осевая сила (вертикальная)  $P_x$  действует в противоположном направлении по сравнению с вертикальной силой  $F_z$ , то она указывается на мониторе динамометра с отрицательным знаком. Аналогично и для других составляющих сил, измеряемых при фрезеровании.

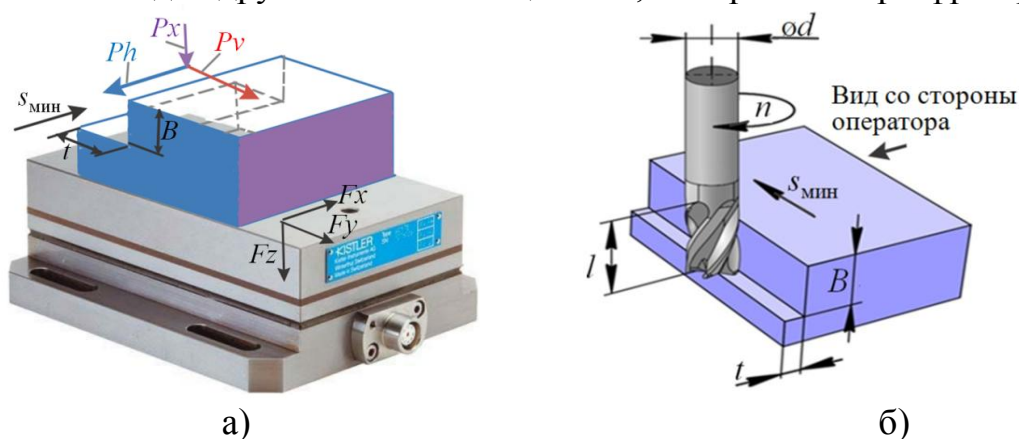


Рис. 1. Направление составляющих силы резания при встречном фрезеровании концевой фрезой (а) и схема фрезерования (б)

В настройках динамометра (в программе DynoWare) можно установить, что сила  $F_x$  есть сила подачи  $Ph$ , сила  $F_y$  есть боковая сила  $P_v$ , а сила  $F_z$  есть осевая сила  $P_x$ , но направление сил  $F_z$ ,  $F_y$  и  $F_x$  ( $Ph$ ,  $P_v$  и  $P_x$ ) изменить нельзя,

поэтому при отрицательном знаке силы  $Ph$  (соответствующей направлению силы  $F_x$ ) можно указывать, что она положительна при схеме встречного фрезерования, указанного на рисунках 1, а и б, и направлена против направления продольной минутной подачи  $s_{\text{мин}}$  фрезерного стола. Аналогично операцию можно произвести и для других составляющих сил, измеряемых при фрезеровании.

При вращении фрезы силы  $P_z$  и  $P_y$ , необходимые для расчета физических составляющих нормальной  $N$  и касательной  $F$  сил, действующих на поверхности зуба фрезы (см. рис. 2, а и б), изменяют свое направление, поэтому важно выделить их из измеряемых сил  $Ph$  и  $Pv$ . Для промежуточного положения зуба фрезы необходимо определить силы  $P_z$  и  $P_y$ , по которым можно рассчитать силы  $N$  и  $F$ . По этим силам на передней поверхности инструмента можно построить эпюры нормальных  $\sigma$  и касательных  $\tau$  контактных напряжений (МПа) с учетом полученных закономерностей их распределения и графиков величины узловых точек эпюр [3].

При вращении фрезы будет увеличиваться толщина среза  $a_i = s_z \cdot \sin \psi_i$  (мм), где  $s_z$  – подача на зуб (мм/зуб);  $\psi_i$  – центральный угол положения режущей кромки фрезы относительно точки входа в контакт с заготовкой (рис. 2, б).

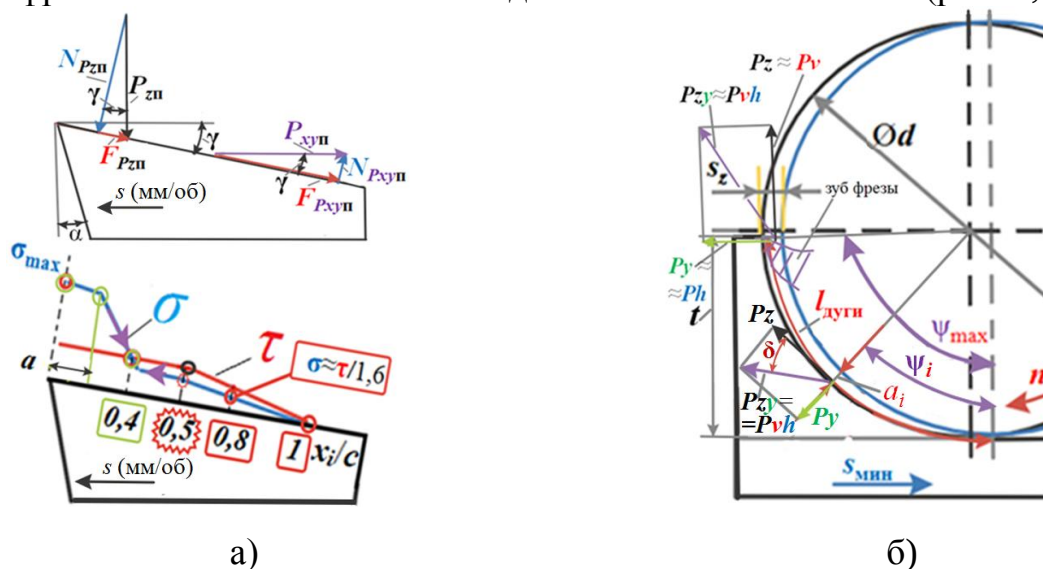


Рис. 2. Схема действия сил на передней поверхности режущего клина и распределение нормальных  $\sigma$  и касательных  $\tau$  контактных напряжений на его передней поверхности при радиальной подаче  $s$  (мм/об) (а) и схема действия сил при промежуточном и окончательном положении зуба фрезы (б)

Вследствие чего будут увеличиваться и силы  $P_z$  и  $P_y$  (рис. 2, б), которые для промежуточного положения зуба фрезы можно выделить из сил  $Ph$  и  $Pv$  из условий (рис. 2, б):

$$P_{zy_i} = P_{vh_i} \quad (1)$$

$$P_{vh_i} = (P_{vi}^2 + P_{vi}^2)^{1/2} \quad (2)$$

$$P_{zi} = P_{vh_i} \cdot \cos \delta_i \quad (3)$$

$$P_{y_i} = P_v h_i \cdot \sin \delta_i \quad (4)$$

$$a_i = s_z \cdot \sin \psi_i \quad (5)$$

Расчет физических составляющих силы резания  $\mathbf{N}$  и  $\mathbf{F}$  по технологическим составляющим  $\mathbf{P}_z$  и  $\mathbf{P}_y$  при переднем угле  $\gamma \neq 0^\circ$  выполняется по уравнениям, которые получаем из суммы векторов (см. рис. 2, а):

$$\vec{P}_{zn} = \vec{N}_{Pzn} + \vec{F}_{Pzn}; \vec{P}_{xyn} = \vec{F}_{Pxn} + \vec{N}_{Pxn}. \quad (6)$$

Из этих формул при переднем угле  $\gamma > 0^\circ$  (см. рис. 2, а и б) получаем два уравнения для расчета физических сил резания  $\mathbf{N}$  и  $\mathbf{F}$ :

$$N_n = N_{Pzn} - N_{Pyn} = P_{zn} \times \cos \gamma - P_{xyn} \times \sin \gamma; \quad (7)$$

$$F_n = F_{Pxn} + F_{Pzn} = P_{xyn} \times \cos \gamma + P_{zn} \times \sin \gamma. \quad (8)$$

При фрезеровании неизношенной фрезой  $P_{zn} = P_z = P_{zi}$ ,  $P_{xyn} = P_y = P_{yi}$  [4].

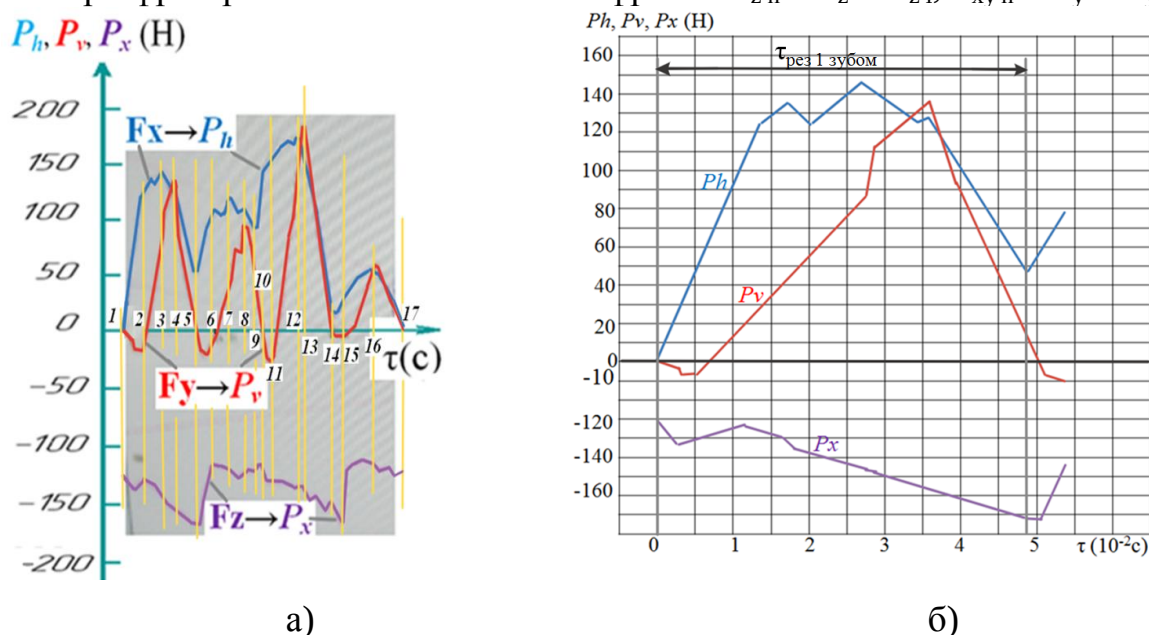


Рис. 3. Графики изменения сил при вращении острой фрезы на один оборот при встречном фрезеровании 4-зубой неизношенной фрезой  $\varnothing d = 8$  мм,  $t = 3,8$  мм,  $B = 2$  мм,  $n = 500$  об/мин,  $s_{мин} = 28$  мм/мин, 40X13 – твердый сплав ВК8 (а); графики изменения технологических сил фрезерования за четверть оборота фрезы при резании одним зубом, т. е. за время  $\tau_{рез}$  в период резания первым зубом из рис. 3 а (б)

При фрезеровании цельной твердосплавной фрезой диаметром 8 мм образца из стали 40X13, выполненного по аддитивной технологии, были получены графики изменения технологических составляющих силы фрезерования (см. рис. 3, а и б), по которым для любого положения зуба фрезы можно определить сначала величину сил  $P_h$  и  $P_v$ , затем  $P_z$  и  $P_y$  по уравнениям (2), (3) и (4) с учетом уравнения (1) и затем нормальную  $N$  и касательную  $F$  силы на передней поверхности зуба фрезы по уравнениям (7) и (8) с учетом уравнений (6).

Если установить глубину фрезерования  $t = d_{фр}/2$ , то при выходе зуба фрезы из контакта с заготовкой  $P_{z_{max}} \approx P_{v_{max}}$ , а  $P_{y_{max}} \approx P_{h_{max}}$  (см. рис. 2, б), поэтому

в момент выхода зуба фрезы из контакта с заготовкой, т. е. при  $\tau = 0,036$  с (см. рис. 3, б), наибольшие силы  $P_{z \max} = P_{v \max \tau = 0,036 \text{ с}} = 136$  Н,

$P_{y \max} \approx Ph_{\max \tau = 0,036 \text{ с}} = 128$  Н. При переднем угле  $\gamma = 8^\circ$  по уравнениям (7) и (8) рассчитываются силы на передней поверхности с учетом того, что при фрезеровании на передней поверхности у главной режущей кромки зуба фрезы  $P_{xy \text{ п}} = P_{y \text{ п}}$ :

$$N_{\text{п max } \tau = 0,036 \text{ с}} = P_{z \max} \cdot \cos \gamma - P_{y \max} \cdot \sin \gamma = 136 \cdot \cos 8^\circ - 128 \cdot \sin 8^\circ = 116,85 \text{ Н};$$

$$F_{\text{п max } \tau = 0,036 \text{ с}} = P_{y \max} \cdot \cos \gamma + P_{z \max} \cdot \sin \gamma = 128 \cdot \cos 8^\circ + 136 \cdot \sin 8^\circ = 145,6 \text{ Н}.$$

Средний коэффициент трения на передней поверхности зуба фрезы в момент выхода зуба фрезы из контакта  $\mu_{\text{ср}} = F_{\text{п max}} / N_{\text{п max}} = 1,25$ , что соответствует представлениям о среднем коэффициенте трения на передней поверхности режущего инструмента при обработке стали.

### **Заключение**

Приведенные в статье уравнения могут быть использованы для расчета физических составляющих силы резания при фрезеровании концевой фрезой на основе экспериментально измеренных технологических сил  $Ph$  и  $Pv$  с использованием токарного динамометра. Средний коэффициент трения на передней поверхности зуба фрезы, рассчитанный по полученным физическим составляющим силы резания, соответствует представлениям о среднем коэффициенте трения на передней поверхности режущего инструмента при обработке стали, что косвенно подтверждает правильность полученных уравнений для расчета физических составляющих силы резания.

### **Список литературы**

1. Козлов В.Н., Дин Ц., Чжан Х. и др. Анализ напряженно-деформированного состояния зуба фрезы // Современные проблемы машиностроения: сборник статей XVI Международной научно-технической конференции, г. Томск, 27 ноября – 1 декабря 2023 г. – Томск, 2024. – С. 209–211.
2. Martyushev N.V., Kozlov V.N., Qi, M. et al. Production of Workpieces from Martensitic Stainless Steel Using Electron-Beam Surfacing and Investigation of Cutting Forces When Milling Workpieces // Materials. – 2023. – 16. Article № 4529. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: DOI:10.3390/ma16134529 (дата обращения: 12.05.2025).
3. Kozlov V.N., Babaev A. S., Shults N. A. et al. Study of a Methodology for Calculating Contact Stresses during Blade Processing of Structural Steel // Metals. – 2023. – Vol. 13, iss. 12. – Article № 2009. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/met13122009> (дата обращения: 12.05.2025).



4. Козлов В.Н., Чжан Ц., Шэ Л. Напряженно-деформированное состояние режущей пластины при ее износе // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XV Международной научно-технической конференции. – Томск : Томский политехнический университет, 2022. – С. 123–125.

*Дин Цзэжу (Китай), Жуй Минхань (Китай), Козлов В.Н. (Россия),  
Федоров В.В. (Россия), Донцов Ю.В. (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Клименов Василий Александрович, д.т.н., профессор*

## **МОНИТОРИНГ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

**Аннотация:** Проведен сравнительный анализ электронно-оптической и термографической визуализации для *in situ* мониторинга процессов PBF-EB и LPBF. Оцениваются их разрешающая способность, чувствительность к дефектам и интеграционный потенциал в системы замкнутого управления при аддитивном производстве металлов.

**Ключевые слова:** аддитивное производство, *in situ* мониторинг, электронно-оптическая визуализация, термография, замкнутый контур управления.

### **Введение**

Аддитивное производство металлов (АМ) предоставляет неоспоримую свободу дизайна и возможности быстрого прототипирования, однако изменчивость процессов и формирование дефектов серьезно влияют на качество и надежность. В данной работе проводится критический анализ двух основных методов мониторинга процесса в реальном времени (*in situ*) – электронно-оптической визуализации (ELO) и термографической (инфракрасной и спектральной) визуализации, разработанных для обеспечения обратной связи во время процессов, таких как электронно-лучевое спекание порошкового слоя (PBF-EB) и лазерное спекание порошкового слоя (LPBF) (рис. 1).

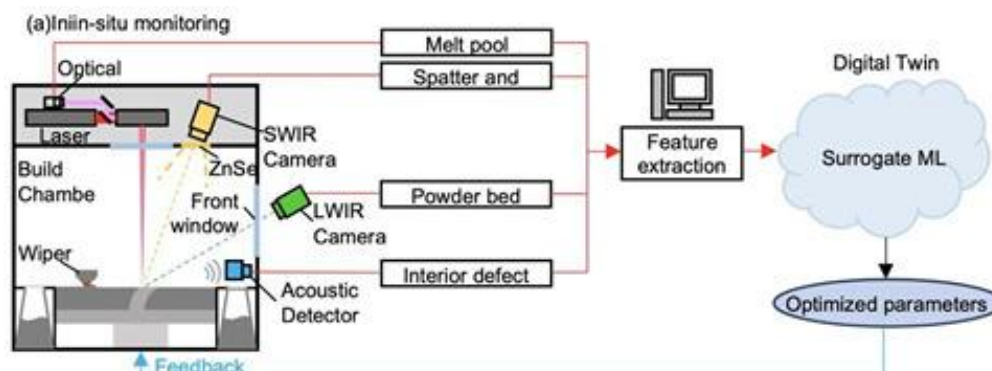


Рис. 1. Схема мониторинга и оперативного управления процесса лазерного сплавления порошкового слоя

Опираясь на детальные экспериментальные исследования, проведенные Арнольдом [1], А. Быковым и соавторами [2], Динвидди и соавторами [3], Олдаве и соавторами [4], а также Т. Лю [5] (см. рис. 1), авторы данной работы исследуют фундаментальные физические принципы, вопросы оснащения, алгоритмы обработки сигналов и методы валидации. В статье представлен сравнительный анализ с точки зрения пространственного / временного разрешения, чувствительности к образованию дефектов, требований к калибровке и потенциала интеграции для реализации замкнутого контроля. В заключение обсуждаются перспективные направления будущих исследований и промышленные последствия применения мульти-модальных систем мониторинга.

### Основная часть

На рисунке 2 представлена схема установки для электронно-лучевой аддитивной печати, разработанной в Томском политехническом университете (ТПУ).



Рис. 2. Схематическое изображение конструкции установки для электронно-лучевой аддитивной печати ТПУ: а) внешний вид оборудования, б) рабочая камера для печати, в) место для технологического окна для монтажа системы видеорегистрации



Конструкция установки включает три ключевых функциональных модуля:

1. Корпус оборудования выполнен в виде герметичной камеры с двухконтурной системой безопасности и блокировкой, обеспечивающей радиационную защиту при работе с высокоэнергетическим электронным пучком (рис. 2, а).
2. Рабочая зона оснащена современной вакуумной системой с давлением до  $10^{-3}$  Па и терморегулирующим комплексом, поддерживающим температурный режим в диапазоне от  $-50$  до  $+300$  °С, что соответствует требованиям к формированию аэрокосмических материалов на основе титановых сплавов (рис. 2, б).
3. Технологическое окно (рис. 2, в) интегрирует систему видеомониторинга с CCD-сенсором и инфракрасной подсветкой, обеспечивающей частоту съемки до 2000 кадров/с. Данная система позволяет проводить на месте (in situ) наблюдение за морфологией расплавленной зоны и оптимизировать технологические параметры на основе визуализированных данных.

Одна из основных трудностей, с которыми столкнулась команда ТПУ в текущих исследованиях, связана с конструктивными ограничениями вакуумной камеры, используемой в аддитивном производстве металлов (рис. 3, а). Камера изначально не была спроектирована для одновременного размещения системы процессного мониторинга и тепловизионной системы. В результате для захвата изображений процессная камера вынуждена использовать сложные системы подъемных зеркал (рис. 3, б).

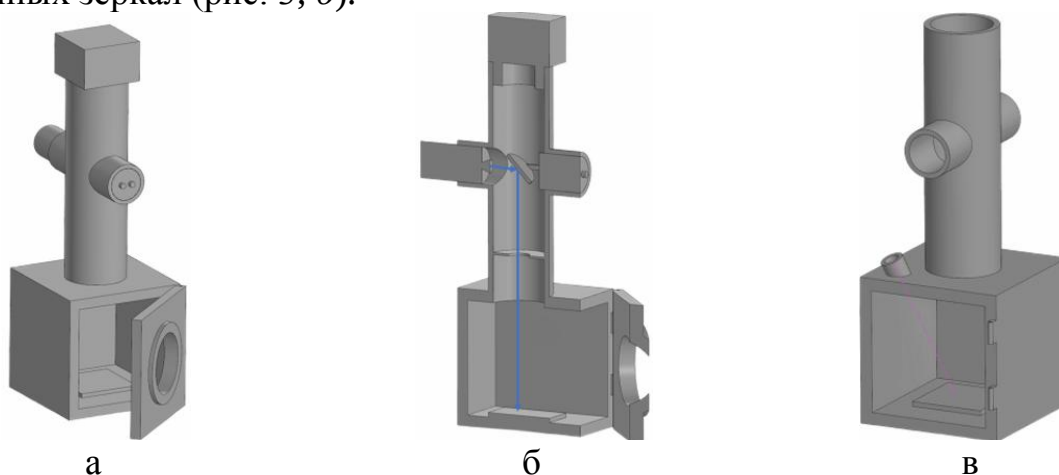


Рис. 3. Принципиальные схемы внешнего вида электронно-лучевого аддитивного принтера (а), оптического пути предлагаемой системы облучения электронным пучком (б) и расположение монтажного окна инфракрасной тепловизионной системы в корпусе принтера (в)

Эта конфигурация требует остановки облучения электронным пучком для получения кратковременных снимков, что исключает возможность получения четких, непрерывных изображений во время процесса печати, которые крити-

чески важны для детального анализа процесса и дальнейших исследований. Более того, проблема усугубляется отсутствием специального окна для тепловизионного наблюдения, расположенного аксиально по отношению к базовой платформе. Без такого окна невозможно напрямую установить тепловизионную систему для отслеживания температурных изменений базовой платформы в ходе процесса печати.

Для преодоления этих трудностей были рассмотрены два потенциальных решения. Первое предполагает размещение тепловизионной камеры снаружи свинцового стеклянного окна камеры. Однако этот подход вызывает дополнительные сложности, главным образом, риск получения неточных температурных данных из-за отражающих свойств свинцового стекла. Эта проблема требует разработки специальных алгоритмов калибровки для коррекции ошибок, вызванных отражением.

Альтернативное решение предусматривает установку тепловизионной камеры внутри самой вакуумной камеры. Хотя такое расположение может обеспечить более точные температурные измерения, устраняя влияние свинцового стекла, оно создает значительные практические сложности: крайне ограниченное пространство внутри камеры и высокие температуры во время печати могут негативно сказаться на работе и долговечности камеры. В связи с этим установка специального окна для монтажа тепловизионного оборудования на корпусе печатной камеры становится оптимальным решением (см. рис. 3, в).

### **Заключение**

Необходимость обеспечения мониторинга процесса при существующей конструкции оборудования требует принятия инновационных решений, способных согласовать ограничения существующей вакуумной камеры с требованиями к высокоточной визуализации в реальном времени в аддитивном производстве металлов.

### **Список литературы**

1. Arnold C. Fundamental Investigation of Electron-Optical Process Monitoring in Electron Beam Powder Bed Fusion (Doctoral Dissertation). – Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2023. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://open.fau.de/items/7f6d580e-48d1-45f2-a88c-451271d0b540/full> (дата обращения: 12.05.2025).
2. Bykov A., Khokhlov D., Polyakov M. Spectral Thermography Techniques for Melt Pool Thermal Imaging in Electron Beam Additive Manufacturing, 2024.
3. Dinwiddie R. B., Dehoff R. R., Lloyd, P., Lowe L. E. Thermographic In-Situ Process Monitoring of the Electron-Beam Melting Technology Used in Additive Manufacturing // Proceedings of SPIE. – 2013. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings->

- of-spie/8705/1/Thermographic-in-situ-process-monitoring-of-the-electron-beam-melting/10.1117/12.2018412.short (дата обращения: 12.05.2025).
4. Aldave I.J., Venegas Bosom P., Vega González L., López de Santiago I., Vollheim B., Krausz L., Georges M. Review of Thermal Imaging Systems in Composite Defect Detection // Infrared Physics & Technology. – 2013. – № 61. – P. 167–175.
  5. Liu T. In Situ Infrared Thermographic Inspection in Additive Manufacturing (Doctoral Dissertation). – Missouri University of Science and Technology, 2024. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://scholarsmine.mst.edu/doctoral\\_dissertations/3345](https://scholarsmine.mst.edu/doctoral_dissertations/3345) (дата обращения: 12.05.2025).

*Дин Цзэжу (Китай), Цао Сяокай (Китай), Ли Вэйхан (Китай),  
Ди Чэнь (Китай), Козлов Виктор Николаевич (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент ОМШ ИШНПТ НИ ТПУ*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ НА ГЛАВНОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКЕ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СТАЛИ 40X13**

**Аннотация:** В работе представлена методика определения удельной силы резания на разных участках главной режущей кромки концевой фрезы. Представлены схемы и уравнения для расчета удельной силы резания на разных участках главной режущей кромки концевой фрезы на основе технологических составляющих силы резания, измеренных с помощью динамометра Kistler, и геометрических параметров фрезы, приведен пример расчета при фрезеровании стали 40X13 цельной концевой твердосплавной фрезой диаметром 8 мм.

**Ключевые слова:** удельная сила резания, фрезерование концевой фрезой, силы на участках режущей кромки фрезы, сталь 40X13, динамометр Kistler.

### **Введение**

Для уменьшения вероятности поломки дорогой твердосплавной концевой фрезы при фрезеровании заготовок из стали 40X13, полученных по аддитивной технологии и поэтому имеющих высокую твердость, необходимо использовать рациональные режимы фрезерования, которые можно определить, зная напряженно-деформированное состояние (НДС) режущей части. Для расчета НДС необходимо знать не только величину технологических сил при фрезеровании  $Ph$ ,  $Pv$ ,  $Px$ , но и распределение контактных напряжений на передней и задней поверхностях зуба фрезы [1, 2]. Экспериментальное исследование их распре-

ления на зубе фрезы является очень сложной задачей, поэтому на данный момент уровень развития измерительной техники не позволяет это сделать. Для расчета контактных напряжений по составляющим силы фрезерования, измеренным с помощью динамометра, необходимо определить долю технологических сил резания, действующих на разных участках режущей кромки концевой фрезы.

### Основная часть

Используя результаты исследования распределения контактных напряжений на передней поверхности и на фаске износа по задней поверхности резца, полученные методом разрезного резца [3], можно рассчитать узловые точки эпюр касательных  $\tau$  и нормальных  $\sigma$  контактных напряжений и построить соответствующие эпюры. Для построения эпюр необходимо определить нормальную  $N_p$  и касательную  $F_p$  силы на передней поверхности зуба, действующих на разных участках режущей кромки концевой фрезы. Из общих сил резания необходимо выделить нормальную  $N_h$  и касательную  $F_h$  силы, действующие на фаске износа по задней поверхности зуба при его износе.

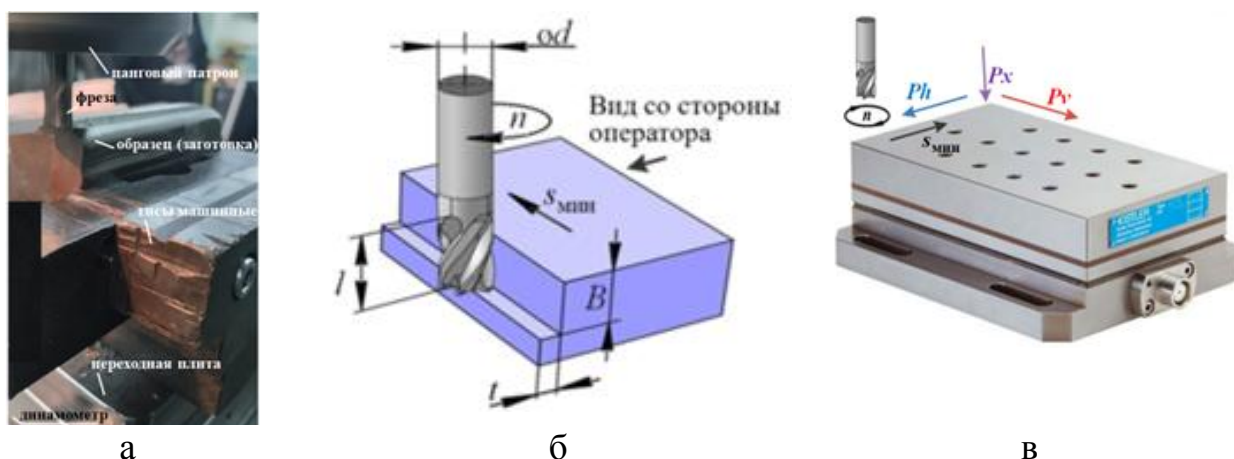


Рис. 1. Фрезирование образца на вертикально-фрезерном станке ФУ251: а – общий вид, б – схема фрезирования, в – направления сил, измеряемых динамометром Kistler, при встречном фрезировании образца

Для принятой схемы размещения динамометра и образца (см. рис. 1, а) ширина фрезерования  $B$  и глубина фрезерования  $t$  показана на рисунке 1, б, а схема действия технологических сил приведена на рисунке 1 в. При фрезеровании концевой фрезой сила, действующая параллельно направлению скорости минутной подачи  $S_{мин}$  (мм/мин), называется силой подачи  $P_h$ ; сила, действующая перпендикулярно направлению подачи, называется боковой силой  $P_v$ ; сила, действующая вдоль оси вращения фрезы, называется осевой силой  $P_x$  [4].

При вращении зуб фрезы входит в контакт с заготовкой с нулевой толщиной среза (рис. 2, а), при этом тангенциальная составляющая  $P_z$ , являющаяся исходным компонентом образования сил резания, совпадает с технологической

составляющей силы подачи  $P_h$ , а другая сила, радиальная составляющая  $P_y$ , являющаяся вторым исходным компонентом образования сил резания, совпадает с технологической составляющей боковой силы  $P_v$ .

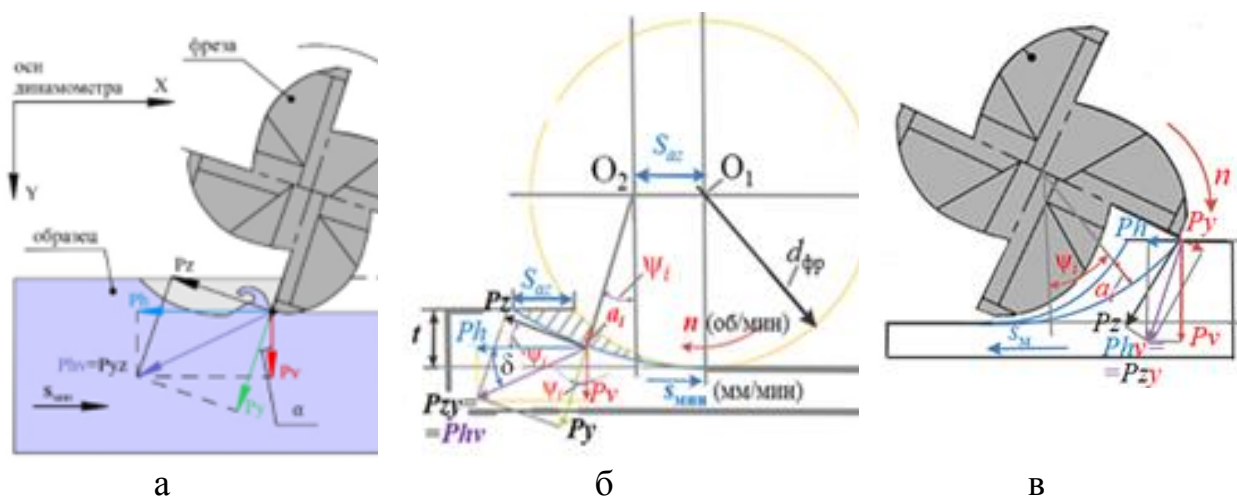


Рис. 2. Схемы действия сил: а – при врезании зуба фрезы при встречном фрезеровании, б – в промежуточном положении зуба при встречном фрезеровании, в – при врезании зуба фрезы при попутном фрезеровании

При дальнейшем повороте рассматриваемого зуба фрезы силы  $P_z$  и  $P_y$  уже не совпадают по направлению с технологическими составляющими силами  $P_h$  и  $P_v$  (рис. 2, б), что существенно затрудняет их выделение из общей силы резания. Так как силы  $P_z$  и  $P_y$  необходимы для расчета физических составляющих силы резания (нормальной  $N_n$  и касательной  $F_n$  силы на передней поверхности зуба при работе неизношенным инструментом), была разработана методика по их выделению из технологических составляющих сил  $P_h$  и  $P_v$ , измеряемых с помощью динамометра Kistler. Осевая сила  $P_x$  не меняет своего направления, поэтому проблем с ее измерением не возникает, но она мало влияет на силы  $N_n$  и  $F_n$ .

Вторая проблема после изменения направления сил  $P_z$  и  $P_y$  в процессе фрезерования заключается в наличии угла наклона винтовой канавки  $\omega$  (рис. 3, б), который позволяет зубу врезаться в заготовку не сразу по всей длине режущей кромки, а постепенно. Но это приводит к разной величине толщины среза вдоль режущей кромки (рис. 3, а), а значит, и разности удельных сил: чем больше угол  $\omega$ , тем больше эта разница.



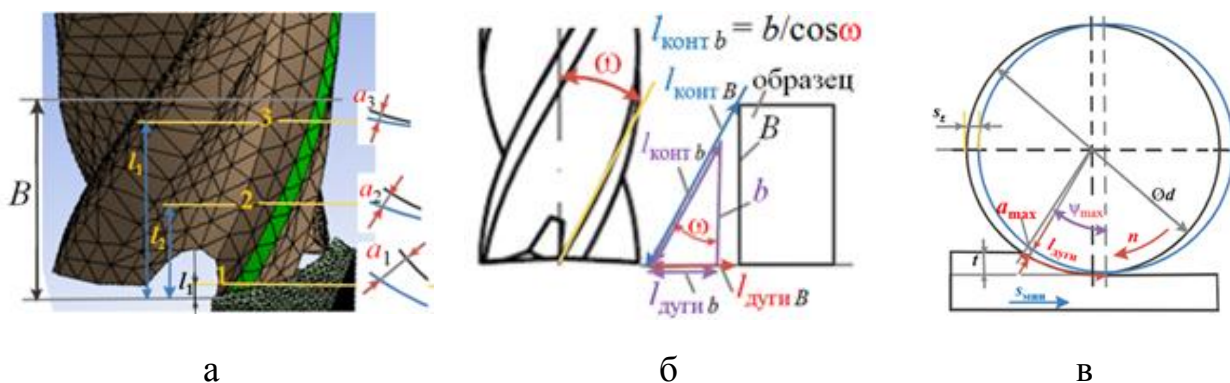


Рис. 3. Схема определения толщины среза на разных участках вдоль длины режущей кромки концевой фрезы (а), схема определения длины контакта режущей кромки  $l_{\text{конт } b}$  с вертикальной поверхностью заготовки (б), схема для определения длины дуги контакта вершины зуба с заготовкой (в)

При вращении фрезы в некоторый момент времени нижняя часть зуба, находящаяся на наименьшем расстоянии  $l_1$  от торца фрезы, пройдет большее расстояние, поэтому она будет срезать припуск с самой большой толщиной среза  $a_1$  (рис. 3 а). В этот же момент времени более верхняя часть зуба, находящаяся на расстоянии  $l_2$  от торца фрезы, пройдет меньшее расстояние, так как она вошла в контакт с заготовкой немного позднее, поэтому она будет срезать припуск с немного меньшей толщиной среза  $a_2$ . В этот же момент времени самая верхняя часть зуба, находящаяся на расстоянии  $l_3$  от торца фрезы, пройдет очень малое расстояние, так как она вошла в контакт с заготовкой самой последней, поэтому она будет срезать припуск с наименьшей толщиной среза  $a_3$ .

Проблема измерения величины сил  $\mathbf{Ph}$  и  $\mathbf{Pv}$  вдоль режущей кромки, то есть, в зависимости от длины  $x_i$  ( $x_i = 0 \dots l$ ) от торца фрезы, может быть решена измерением силы подачи  $\mathbf{Ph}$  и боковой силы  $\mathbf{Pv}$  по графикам изменения этих сил в разные периоды времени, но на одинаковых участках, соответствующих контакту режущей кромки с вертикальной поверхностью заготовки при небольшой величине ширины фрезерования  $B \leq 2$  мм.

Поэтому сначала необходимо определить длину дуги  $l_{\text{дуги}}$  (рис. 3, в), по которой проходит вершина зуба при контакте с заготовкой, то есть при срезании припуска. При фрезеровании четырехзубой фрезой  $\varnothing 8$  мм была назначена глубина фрезерования  $t = 3,8$  мм, то есть немного меньше, чем половина диаметра фрезы  $d = 8$  мм, чтобы одновременно с заготовкой контактировал только один зуб и не было наложения сил от действия следующего зуба.

При фрезеровании четырехзубой фрезой  $\varnothing 8$  мм с небольшой минутной подачей  $s_{\text{мин}} = 28$  мм/мин, которая несущественно влияет на длину дуги контакта, и глубине фрезерования  $t = 3,8$  мм из геометрических построений определяем длину дуги как четверть длины окружности диаметра фрезы  $d_{\text{фр}} = 8$  мм:  $l_{\text{дуги}} = \pi d_{\text{фр}} / 4 = 6,28$  мм (рис. 4, а). При угле наклона винтовой канавки  $\omega = 35^\circ$

длина контакта режущей кромки с заготовкой  $l_{\text{конт}} = l_{\text{дуги}} / \sin \omega = 6,28 / \sin 35 = 10,95$  мм (рис. 3, б).

Для уменьшения влияния угла наклона винтовой канавки было выполнено фрезерование с шириной фрезерования  $B = 2$  мм, в течение которого непрерывно измерялось изменение составляющих сил фрезерования (рис. 4, б).

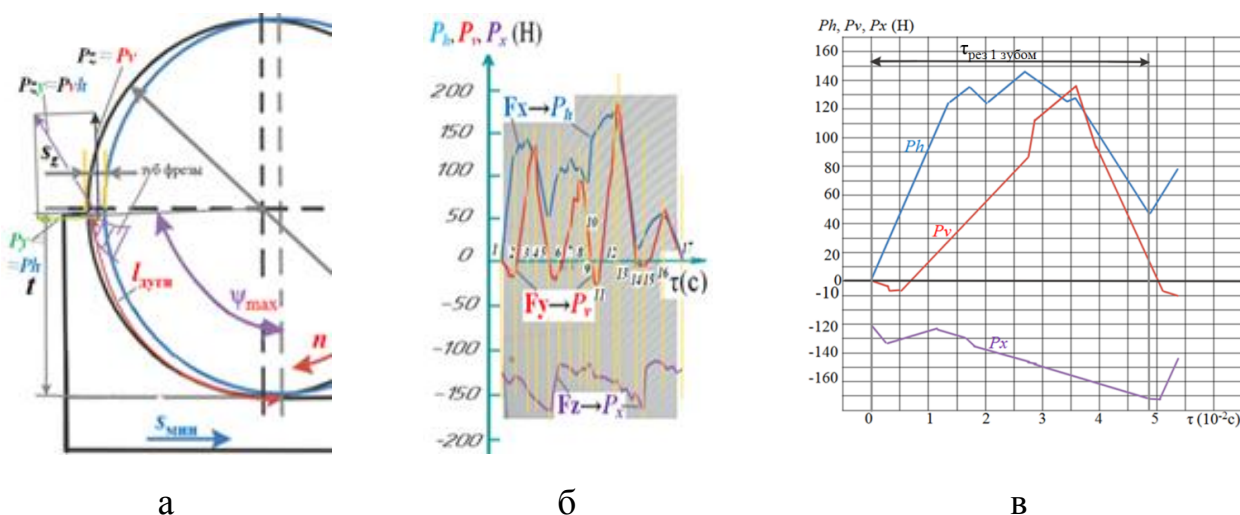


Рис. 4. Направление технологических составляющих силы резания ( $P_{z_{\max}} \approx P_{v_{\max}}$ ;  $P_{y_{\max}} \approx P_{h_{\max}}$ ) перед выходом зуба из контакта с заготовкой (а); графики изменения сил при повороте острой фрезы на один оборот при встречном фрезеровании четырехзубной неизношенной фрезой  $\varnothing d = 8$  мм,  $t = 3,8$  мм,  $B = 2$  мм,  $n = 500$  об/мин,  $s_n = 28$  мм/мин, 40Х13 (образец № 1 АТ) – твердый сплав ВК8 (б); графики изменения составляющих силы фрезерования при резании одним зубом (в)

Так как ширина фрезерования  $B = 2$  мм небольшая, то полная длина контакта будет ограничена ее величиной:

$$l_{\text{конт } B=2 \text{ мм}} = B / \cos \omega = 2 / \cos 35^\circ = 2,44 \text{ мм (см. рис. 3, б)}.$$

Тогда дополнительная длина дуги, которую пройдет наиболее верхняя часть режущей кромки над вершиной зуба фрезы во время ее врезания при указанной ширине фрезерования, рассчитывается по формуле:

$$l_{\text{дуги в. т. при врезании}} = l_{\text{дуги } B=2 \text{ мм}} = B / \text{ctg } \omega = 2 / \text{ctg } 35^\circ = 2 \cdot \text{tg } 35^\circ = 1,4 \text{ мм}.$$

Рассчитывается дополнительная длина дуги наиболее верхней части режущей кромки над вершиной зуба фрезы, которую та пройдет после выхода вершины зуба из контакта с заготовкой, по формуле:

$$l_{\text{дуги в. т. при выходе}} = l_{\text{дуги в. т. при } B=2 \text{ мм}} = B / \text{ctg } \omega = 2 / \text{ctg } 35^\circ = 2 \cdot \text{tg } 35^\circ = 1,4 \text{ мм}.$$

Рассчитывается длина дуги всех точек режущей кромки при  $B=2$  мм:

$$l_{\text{дуги всех т.}} = l_{\text{дуги верш}} + l_{\text{дуги в. т. при врезании}} + l_{\text{дуги в. т. при выходе}} = 6,28 + 1,4 + 1,4 = 9,08 \text{ мм}.$$

Скорость резания определяется скоростью вершины и периферии главной режущей кромки  $n = 500$  об/мин:  $v = \pi \cdot d \cdot n / 1000 = \pi \cdot 8 \cdot 500 / 1000 = 12,56$  м/мин = 12560 мм/мин.

Время контакта всех точек режущей кромки одного зуба:  
 $\tau_{рез} = l_{дуги\ всех\ т.} / v = 9,08 / 12560 = 7,229 \cdot 10^{-4}$  мин = 0,043 с. На рис. 4, б выделяем период работы одного зуба, который будет занимать  $\tau_{рез} = 0,043$  с. Период времени контакта всей режущей кромкой, то есть  $\Delta\tau_{кр.}$ , будет определять примерно одинаковую толщину среза  $a_i$ , так как ширина фрезерования небольшая  $B = 2$  мм, и будет соответствовать длине дуги контакта  $l_{дуги\ B=2\ мм} = 1,4$  мм (рис. 3, б), а время прохождения этой длины дуги:  
 $\tau_{р.кр.} = l_{дуги\ B=2\ мм} / v = 1,4 / 12560 = 1,11 \cdot 10^{-4}$  мин = 0,007 с.

Выделяя на графиках рис. 4 в участки продолжительностью  $\tau_{р.кр.} = 0,007$  с, можно определить составляющие силы, действующие на длине режущей кромки длиной  $l_{р.кр.\ конт\ B=2\ мм} = 2,44$  мм. Если силу резания поделить на эту длину, то рассчитывается удельная сила резания, приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки.

Наибольшие удельные силы:  
 $q_{Ph} = Ph / l_{р.кр.\ конт\ B=2\ мм} = 142 / 2,44 = 58,2$  Н/мм;  $q_{Pv} = Pv / l_{р.кр.\ конт\ B=2\ мм} = 83 / 2,44 = 34$  Н/мм;  $q_{Px} = Px / l_{р.кр.\ конт\ B=2\ мм} = 148 / 2,44 = 60,6$  Н/мм.

При концевом фрезеровании с шириной фрезерования  $B$  более двух миллиметров необходимо разделить режущую кромку на участки, длина которых не должна превышать 2 мм для повышения точности расчета удельной силы резания на разных участках режущей кромки.

### Заключение

Используя полученные в работе уравнения и схемы контакта режущей кромки концевой фрезы с заготовкой, можно рассчитать удельные силы, действующие на разных участках режущей кромки, если разделить режущую кромку на участки, длина которых не должна превышать 2 мм, но в области вершины зуба длина участка должна быть не более 0,5 мм, чтобы более правильно определить нагрузку на самом опасном участке зуба фрезы.

### Список литературы

1. Козлов В.Н., Чжан Ц., Шэ Л. Напряженно-деформированное состояние режущей пластины при ее износе // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XV Международной научно-технической конференции. – Томск: Томский политехнический университет, 2022. – С. 123–125.
2. Козлов В. Н., Дин Ц., Чжан Х. и др. Анализ напряженно-деформированного состояния зуба фрезы // Современные проблемы машиностроения: сборник статей XVI Международной научно-технической конференции, г. Томск, 27 ноября–1 декабря 2023 г. – Томск, 2024. – С. 209–211.
3. Kozlov V.N., Babaev A. S., Shults N. A. et al. Study of a Methodology for Calculating Contact Stresses during Blade Processing of Structural Steel //



- Metals. – 2023. – Vol. 13, iss. 12. – Article № 2009. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/met13122009> (дата обращения: 12.05.2025).
4. Martyushev, N.V., Kozlov, V.N., Qi, M., et al. Production of Workpieces from Martensitic Stainless Steel Using Electron-Beam Surfacing and Investigation of Cutting Forces When Milling Workpieces. Materials. – 2023. – 16. – Article № 4529. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1996-1944/16/13/4529> (дата обращения: 12.05.2025).

<sup>1</sup>Исса Хайдер Абдулсахиб Исса (Ирак)

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет, Г. Екатеринбург

<sup>2</sup>Абдали Лаит Мохаммед Абдали (Ирак)

<sup>2</sup>Университет Куфы, г. Наджаф

<sup>3</sup>Кувишинов В.В. (Россия)

<sup>3</sup>Севастопольский государственный университет, Севастополь,

<sup>1</sup>Велькин В.И. (Россия)

Научный руководитель: Велькин Владимир Иванович, д.т.н., профессор

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОГО ВОДОРОДА И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Аннотация:** Представлен метод определения параметров автономной гибридной системы с фотоэлектрическими (PV) солнечными панелями, водородной подсистемой и аккумулятором. Аккумулятор и водородная подсистема, состоящая из топливного элемента, электролизера и резервуара для хранения водорода, действуют как система хранения и резервирования энергии. Для определения необходимой мощности для каждого компонента системы с целью эффективного соответствия нагрузке, необходимой для получения наилучших технических и экономических результатов для гибридной системы, использовалась компьютерная программа в коде MATLAB. Гибридная система была смоделирована, а результаты представлены с использованием среды Matlab/Simulink.

**Ключевые слова:** фотоэлектрические преобразователи, PEM-топливный элемент, электролизер, система управления питанием, водородный бак.

### Введение

Моделирование гибридных систем на основе возобновляемой энергии, включающих солнечные батареи, топливные элементы и аккумуляторные батареи (PV/ТЭ/Системы хранения энергии) является важнейшим аспектом пони-

мания и оптимизации производительности этих систем [1]. В связи с растущим интересом к использованию возобновляемых источников энергии и необходимостью устойчивого и надежного производства электроэнергии такие гибридные системы привлекли значительное внимание авторов. Интеграция солнечных батарей, топливных элементов (ТЭ) и системы хранения энергии позволяет более эффективно и надежно использовать возобновляемую энергию. Солнечные батареи генерируют электричество из солнечного излучения, а ТЭ преобразуют химическую энергию в электрическую [2–4]. Системы хранения энергии играют жизненно важную роль в накоплении и хранении избыточной энергии для последующего использования, обеспечивая непрерывное электроснабжение. Моделирование и симуляция этих гибридных систем включает в себя учет сложных взаимодействий между различными компонентами, такими как солнечные батареи, ТЭ и системы хранения энергии, а также учет таких факторов, как солнечное излучение, температура, требуемая нагрузка, эффективность системы и стратегии управления [5–7]. Разрабатывая точные модели и симуляции, исследователи могут анализировать производительность гибридных систем (PV/ТЭ/Системы хранения энергии) в различных условиях эксплуатации и оптимизировать их конструкцию и работу. Кроме того, моделирование и симуляция позволяют исследовать различные стратегии и методы управления энергопотреблением для повышения производительности системы [8–10]. Эти методы позволяют оценить различные сценарии, такие как подключение к централизованной сети или автономная работа, оптимальные размеры компонентов и влияние различных возобновляемых источников энергии, интегрированных в схему [11–13].

В данном исследовании предлагается небольшая автономная гибридная система мощностью 5 кВт для электроснабжения потребителей в сельском доме на основе солнечных батарей мощностью 340 Вт и топливных элементов мощностью 6 кВт, система кратковременного хранения, представленная 20 аккумуляторными батареями емкостью 100 Ач. каждая, и долгосрочная система хранения, представленная газом. Водород, произведенный электролизером мощностью 10 кВт, использующим избыточную энергию солнечных батарей.

Целью данной работы является проектирование гибридной энергосистемы с использованием солнечных батарей, аккумуляторов, топливных элементов и электролизеров для снабжения потребителей электроэнергией в течение всего дня и в различных погодных условиях.

#### **Описание гибридной системы (PV/ТЭ/АК) и метода управления**

На рисунке 1 показана схема автономной PV/ТЭ/АК системы, состоящей из солнечных фотоэлектрических элементов, преобразователей постоянного тока, топливных элементов, электролизеров, резервуаров с водородом и нагрузки [14–16]. ТЭ, электролизер и баки с водородом действуют как резервные систе-

мы хранения, тогда как солнечная энергия работает как основной источник. ТЭ служит вторичным (вспомогательным) источником для обеспечения необходимой мощности [17].

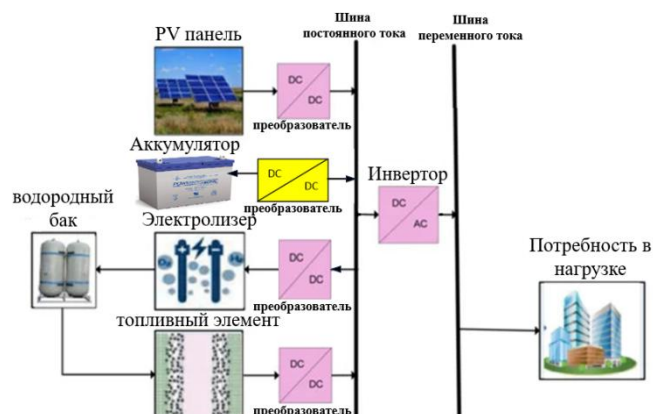


Рис.1. Блок-схема гибридной автономной системы электроснабжения на базе возобновляемой энергии

Система фотоэлектрических панелей и топливный элемент подключаются к шине постоянного тока через повышающий преобразователь постоянного тока. Для подключения аккумулятора используем двунаправленный преобразователь. Понижающий преобразователь используется для подключения электролизера к шине постоянного тока. Эти преобразователи управляют блоками системы и регулируют поток энергии между компонентами системы [18–20]. Источники питания и накопители подключаются к бытовой нагрузке через инвертор. Было проведено имитационное исследование для жилой нагрузки с пиковой мощностью 3 кВт и минимальной нагрузке 1 кВт, как показано на рисунке 2, с учетом изменения температуры, солнечного света и скорости ветра в течение типичного зимнего дня в г. Насирия (Республика Ирак).

Аккумуляторная батарея рассматривалась как резервный источник, участвующий в питании нагрузки, поэтому были проведены расчеты по выбору подходящей группы батарей для системы.

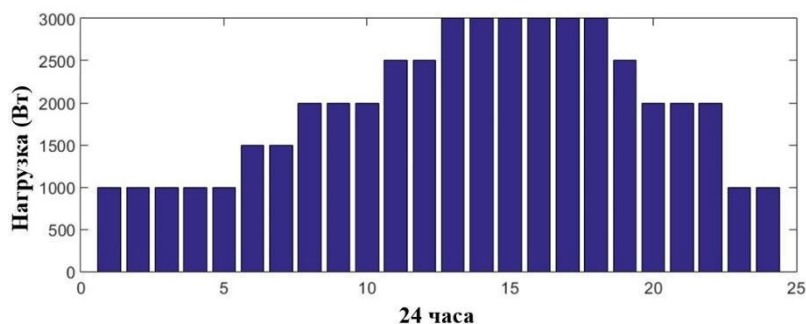


Рис. 2. Изменения мощности нагрузки жилого объекта в течение типичного зимнего дня с учетом температуры, инсоляции и скорости ветра

Чтобы определить размер фотоэлектрической системы, необходимо найти общую мощность. Требуемая мощность для системы равна мощности, необхо-

димой электролизеру, добавленной к мощности, необходимой нагрузке в дневное время, в дополнение к мощности, необходимой зарядному устройству, с учетом количества часов работы [21]. Чтобы получить необходимую мощность фотоэлектрических панелей, учитывались погодные условия, в том числе уровень освещенности и температуры. Для этого использовался код MATLAB для расчета размера компонентов гибридной системы и определения времени работы каждого компонента. На рисунке 3 показаны изменения температуры, инсоляции и скорости ветра в течение типичного зимнего дня.

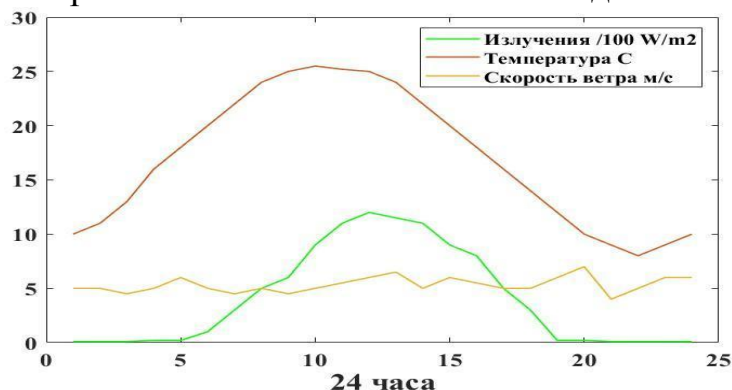


Рис. 3. Изменение температуры, инсоляции и скорости ветра в обычный зимний день

По данным производителя, выработка водорода с помощью электролизера мощностью 10 кВт составляет 2000 л в час. С учетом времени работы в 8 часов общий объем выработанного водорода должен составить 16000 л, но количество выработанного водорода составляет 14500 л, причиной этого является работа не на максимальной мощности из-за изменений в солнечном излучении и меньшей генерацией фотоэлектрическими панелями, как показано на рисунке 4.

Топливный элемент работает с 18:00 до 23:00 (всего 5 часов), как показано на рисунке 5. В течение этого времени ТЭ обеспечивает общую нагрузку жилого дома.

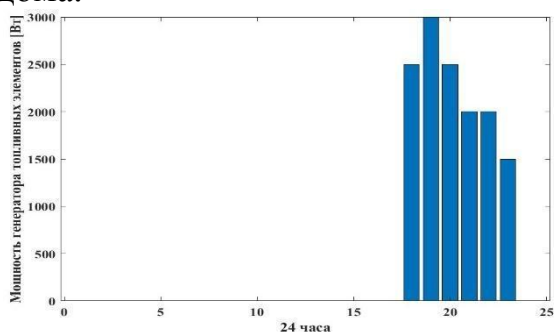


Рис. 4. Нагрузка электролизера в 24 ч.

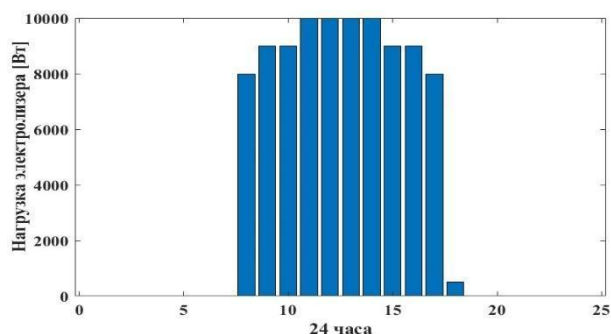


Рис. 5. Выходная мощность генератора топливных элементов часов

Выработанная и потребленная мощность в течение одного дня приведена на рисунке 6. Топливный элемент работает в течение 5 часов, с 18:00 до 23:00 часов. Однако аккумуляторы обеспечивают нагрузку с 24:00 ночи до 8:00 утра

и с 17:00 до 18:00 вечера, как показано на рисунке 11. Когда заряд батареи положительный, это означает, что батарея разряжается. Во время зарядки аккумулятора происходит разряд отрицательного заряда.

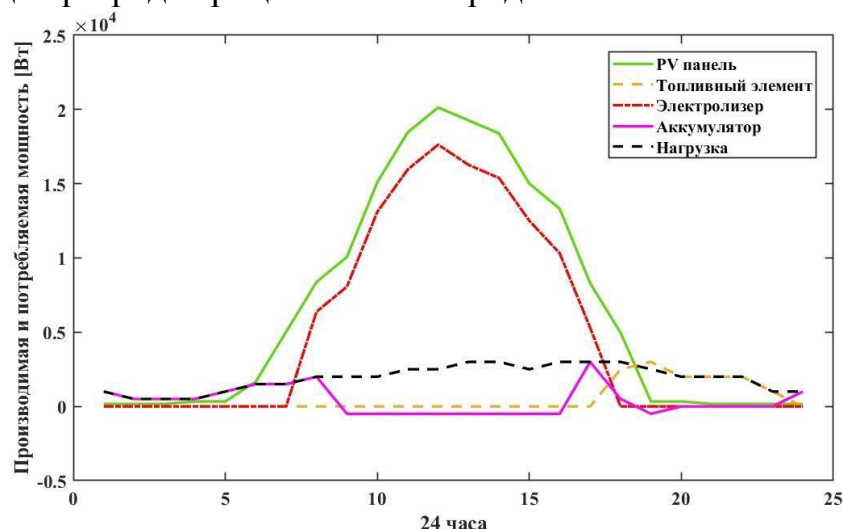


Рис. 6. Выработанная и потребленная электроэнергия в 24 ч.

На рисунке 7 показана модель Simulink автономной системы PV/FC/Battery. Система состоит из фотоэлектрических панелей, топливных элементов (PEM-FC), электролизера, батарей и бытовой нагрузки.

#### PV панель/Топливный элемент и аккумулятор, питающий нагрузку

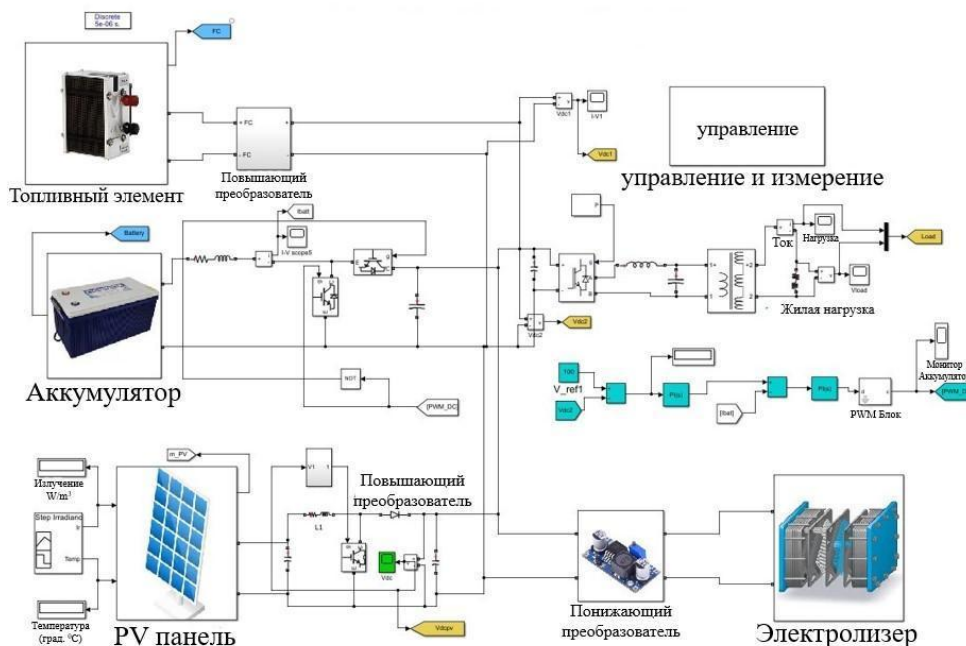


Рис. 7. Модель Simulink автономной системы PV/ТЭ/АК

## Результаты исследования

Ввод солнечного излучения в фотоэлектрическую модель показан на рисунке 8. Значение освещенности начинается от  $600 \text{ Вт/м}^2$  и увеличивается до  $1000 \text{ Вт/м}^2$ .

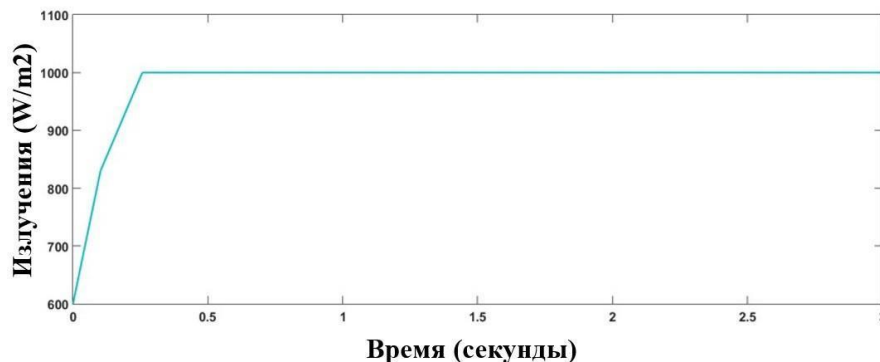


Рис. 8. Вход солнечного излучения в фотоэлектрическую модель

Режимы работы автономной PV/ТЭ/Аккумулятор энергосистемы могут варьироваться в зависимости от конкретной конструкции и конфигурации. Однако, как правило, существует несколько основных режима работы.

**Режим PV.** В этом режиме система работает исключительно за счет солнечной энергии, улавливаемой PV панелями. Фотоэлектрические панели преобразуют солнечный свет в электричество, которое затем используется для непосредственного питания нагрузки, хранения в аккумуляторе или для производства водорода с целью последующего использования. В дневное время, когда доступна солнечная энергия, система работает в фотоэлектрическом режиме.

На рисунке 9 показана мощность, вырабатываемая фотоэлектрическими панелями в случае фотоэлектрического режима. На рисунке 10 показан ток электролизера в случае фотоэлектрического режима, ток имеет синусоидальную форму с пиковым значением, не превышающим  $25 \text{ А}$ .

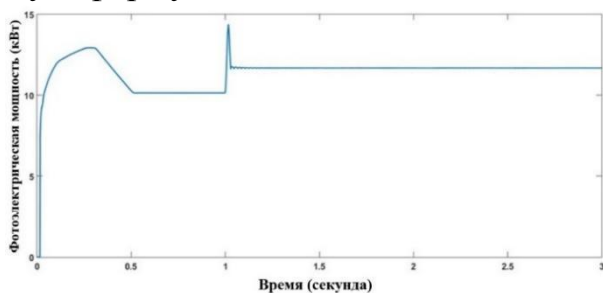


Рис. 9. Солнечная мощность в режиме PV

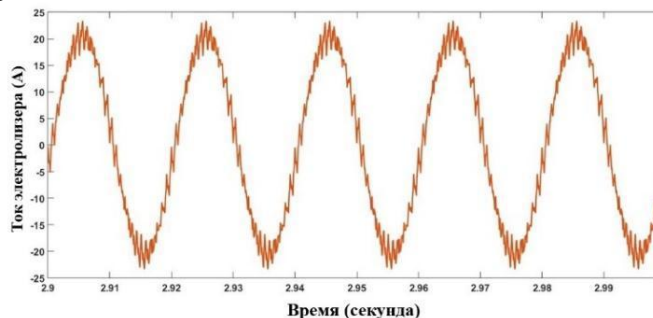


Рис. 10. Ток электролизера в фотоэлектрическом режиме

*Гибридный режим.* В этом режиме фотоэлектрические панели и технологии топливных элементов работают вместе, обеспечивая удовлетворение потребности в нагрузке. Фотоэлектрические панели генерируют электроэнергию из солнечного света, а любая избыточная энергия направляется в аккумулятор для хранения и дальнейшего использования. Однако, если энергии, генерируемой фотоэлектрическими панелями, недостаточно для удовлетворения потребности нагрузки, активируется система топливных элементов. Топливный элемент преобразует водород и кислород в электрическую энергию, обеспечивая дополнительную мощность для удовлетворения потребности нагрузки. Таким образом, гибридный режим обеспечивает надежное и непрерывное электропитание за счет использования PV модулей и резервного источника питания (ТЭ), когда это необходимо. На рисунке 11 показано напряжение топливного элемента, а на рисунке 12 ток ТЭ в гибридном режиме.

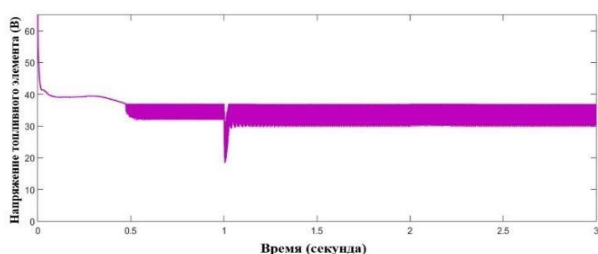


Рис. 11. Напряжение топливного элемента

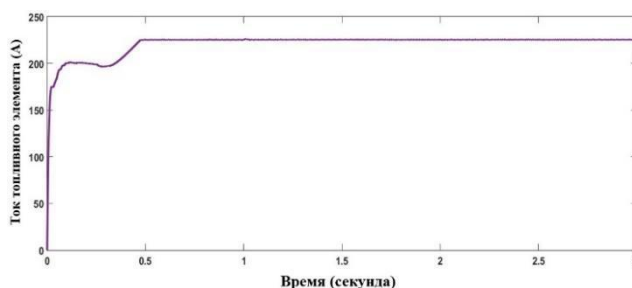


Рис. 12. Ток топливного элемента в гибридном режиме

*Режим топливных элементов.* В этом режиме проводится исследование для моделирования энергетической системы фотоэлектрическая батарея-электролизер-топливный элемент в реальном сценарии. Исследуется предлагаемая стратегия, согласно которой водород является долгосрочным хранилищем энергии для балансировки сезонных колебаний возобновляемой генерации и спроса на нагрузку, а аккумулятор является краткосрочным хранилищем энергии для балансировки ежедневных колебаний возобновляемой генерации и нагрузки. Ночью фотоэлектрические панели не производят электроэнергию. Таким образом, основным источником является ТЭ.

На рисунке 13 показано напряжение ТЭ в случае его работы в монорежиме, а на рисунке 14 показан ток ТЭ при работе в монорежиме. Ток находится на максимальном значении из-за высокой нагрузки на ТЭ.

На рисунке 15 показано напряжение и ток нагрузки в случае работы ТЭ в монорежиме. Существует фазовый сдвиг между напряжением и током из-за реактивной мощности, потребляемой инвертором. Коэффициент мощности в этом случае составляет 0,9.



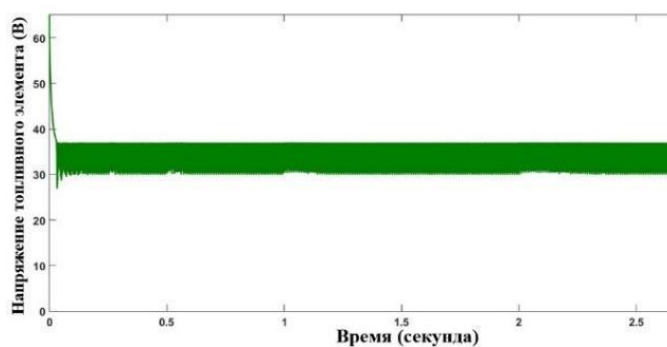


Рис. 13. Напряжение топливного элемента в режиме топливного элемента

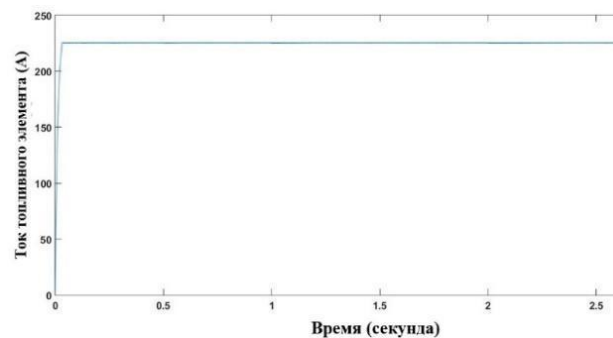


Рис. 14. Ток топливного элемента в режиме топливного элемента

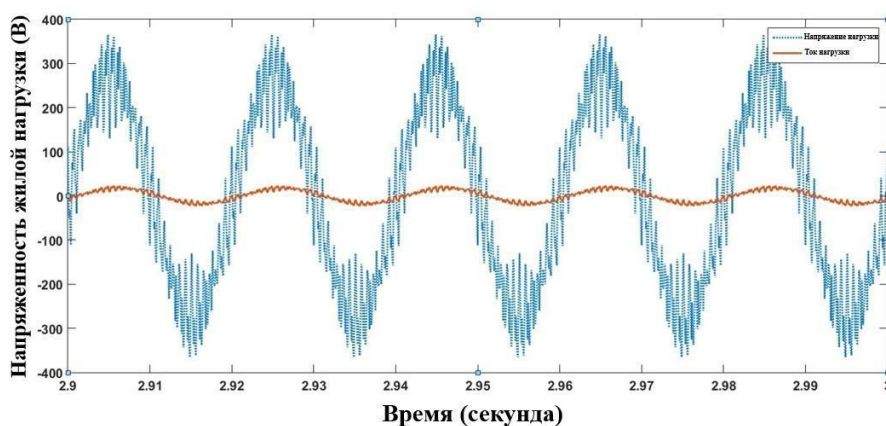


Рис. 15. Напряжение и ток нагрузки при работе топливного элемента в монорежиме

*Режим работы от аккумулятора.* Система переходит в режим работы от аккумулятора, когда солнечной энергии недостаточно или она недоступна. В этом режиме нагрузка питается за счет накопленной энергии в аккумуляторе. Эта настройка гарантирует постоянное электропитание даже при минимальной солнечной инсоляции или ее отсутствии. На рисунке 16 показано напряжение и ток бытовой нагрузки в случае режима работы от аккумулятора.

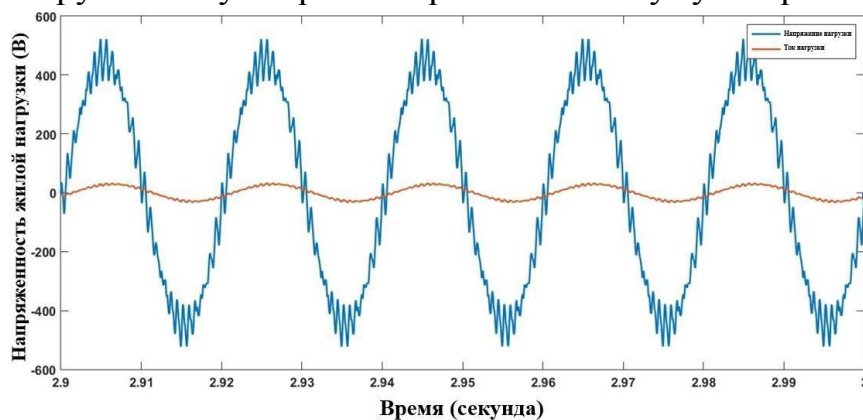


Рис. 16. Напряжение и ток бытовой нагрузки в режиме работы от аккумулятора



## Выводы

Результаты моделирования автономной фотоэлектрической системы (системы на топливных элементах) могут различаться в зависимости от конкретных параметров и допущений, принятых при моделировании.

Моделирование может дать представление о возможностях системы по выработке энергии. Оно может показать количество электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрическими PV панелями и ТЭ с учетом таких факторов, как солнечное излучение, температура и доступность топлива.

Моделирование позволяет рассчитать общую эффективность автономной системы PV/ТЭ элементов. Оно может учитывать потери при преобразовании, передаче и хранении энергии, чтобы получить представление о том, насколько эффективно система использует доступные ресурсы для удовлетворения потребителя. В целом, результаты моделирования автономной системы PV/ТЭ элементов могут помочь в оптимизации конструкции системы, оценке экономической целесообразности и понимании производительности системы в различных сценариях.

## Список литературы

1. Абдали Л. М., Аль-Малики М.Н., Али К.А., Якимович Б.А., Коровкин Н.В., Кувшинов В.В., Соломенникова С.И. Использование гибридных ветро-солнечных систем для энергоснабжения города Аль-Наджаф в Республике Ирак // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2022. – Т. 25, № 3. – С. 82–91.
2. Абдали Л.М., Исса Х.А., Аль-Малики М.Н., Кувшинов В.В., Бекиров Э.А. Исследование режимов работы комбинированных солнечно-ветровых установок для обеспечения уличного освещения // Строительство и техногенная безопасность. – 2022. – № 25(77). – С. 75–85.
3. Issa H.A., Abdali L.M., Velkin V. I. A stand-alone hybrid power system based on pv energy and hydrogen fuel cells with energy storage systems // MM Science Journal. – 2024. – № 12. – P. 8000–8006.
4. Абдали Л.М., Аль-Малики М.Н., Исса Х.А., Якимович Б.А., Кувшинов В.В. Использование метода отслеживания точки максимальной мощности для увеличения эффективности работы фотоэлектрических установок // Интеллектуальные системы в производстве. – 2022. – Т. 20, № 4. – С. 106–116.
5. Abd Ali L. M., Al-Rufae F. M., Kuvshinov V. V. et al. Study of Hybrid Wind–Solar Systems for the Iraq Energy Complex // Appl. Sol. Energy. – 2020. – Vol. 56, № 4. – P. 284–290.
6. Ali L. M., Ali Q. A., Klačková I., Issa H. A., Yakimovich B. A. Kuvshinov V.V. Developing a thermal design for steam power plants by using concen-

- trating solar power technologies for a clean environment // *Acta Montanistica Slovaca*. – 2021. – Vol. 26(4). – P. 773–783.
7. Абдали Л.М., Якимович Б.А., Сяктерева В.В., Кувшинов В.В., Морозова Н.В. Оптимизация системы автоматического управления точкой максимальной мощности для ветро-солнечной генерирующей установки с накопителями энергии // *Труды МАИ*. – 2023. – № 129. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trudymai.ru/published.php?ID=173037> (дата обращения: 12.05.2025).
  8. Al-Maliki M. N., Abdali L. M., Issa H. A. Increasing the Efficiency of the Solar Cell by Using a Heat Exchanger Technique // *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*. – 2023. – Vol. 26, №. 1. – P. 23–27.
  9. Abdali L.M., Al-Maliki M.N., Hejeejo R.H., Issa H.A., Yakimovich B.A., Shcheklein S.E., Velkin V.I., Kuvshinov V.V. Combined energy systems based on renewable energy sources // *MM Science Journal*. – 2023. – Vol. 5(12). – P.7131–7135.
  10. Абдали Л.М., Аль-Малики М.Н., Кувшинов В.В., Кузнецов П.Н., Морозова Н.В. Математическое моделирование с использованием алгоритма контроля точки максимальной мощности для фотоэлектрической системы // *Труды МАИ*. – 2023. – № 130. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trudymai.ru/published.php?ID=174619> (дата обращения: 12.05.2025).
  11. Al-Maliki M.N., Soldan M., Issa H.A., Abdali L.M., Yakimovich B.A., Kobeticova H. The performance and advanced cooling techniques for photovoltaic solar panels // *MM Science Journal*. – 2024. – № 11. – P. 7782–7787.
  12. Abdali L.M., Mohammed H.J., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V., Korovkin N.V., Bordan D.F. Modeling the Operating Modes of a Photovoltaic System // *Vestnik IzhGTU imeni MT Kalashnikova*. – 2021. – 24(3). – P. 78–87.
  13. Abd Ali Laith Mokhammed K. Development of Smart Grid elements for optimizing regional network modes. – 2014.
  14. Абдали Л.М.А., Аль-Малики М.Н.К., Аль Баирмани А.Г. и др. Анализ методов управления производительностью преобразователей постоянного тока солнечных элементов и выбор оптимального метода // *Интеллектуальные системы в производстве*. – 2023. – Т. 21. – № 1. – С. 125–137.
  15. Drwiega A., Qays Adnan Ali, Marek Dudek, Nihad Raouf Maarooof, Layth Mohammed Abdali, Yakimovich B.A. Maximization the latent heat storage unit (LHSU) energy saving using simulated annealing algorithm // *MM Science Journal*. – 2023. – № 6. – P. 6489–6493.
  16. Абдали Л.М., Али К.А., Кувшинов В.В., Бекиров Э.А., Коровкин Н.В. Техника искусственного интеллекта для производства энергии и автоматизация управления гибридной солнечно-ветро-дизельной энергетиче-

- ской системой // Строительство и техногенная безопасность. – 2021. – № 22 (74). – С. 91–100.
17. Abdali L.M., Issa H.A., Ali Q.A., Kuvshinov V.V., Bekirov E.A. Analysis and simulation off-grid pv panels by using matlab/simulink environment // Construction and industrial safety. – 2021. – № 21. – P. 73.
  18. Abdali L.M., Al-Rufae F.M., Yakimovich B.A. Simulation of a model photovoltaic power system to generate electricity. – 2019. – 234–240.
  19. Kuvshinov V.V., Abd Ali L.M., Morozova N.V., Krit B.L., Al-Rufae F.M., Issa H.A. Experimental studies on receiving surfaces of flat solar collectors // Surface engineering and applied electrochemistry. – 2021. – № 57. – P. 715–720.
  20. Исса Х.А., Абдали Л.М., Аль-Малики М.Н., Якимович Б.А., Кувшинов В.В. Разработка гибридной системы для уличного освещения в программе MATLAB // Возобновляемые источники энергии и приоритеты научно-технологического развития энергетики России. – 2022. – Р. 66–77.
  21. Абдали Л.М., Аль-Руфай Ф.М., Исса Х.А., Якимович Б.А. Моделирование и управление системой ветроэнергетики, связанной с сетью с использованием синхронного генератора с постоянными магнитами (СГПМ) // Актуальные проблемы электроэнергетики. – 2021. – Р. 299–308.

*Ли Цзе (Китай), Букал Владислав Романович (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Твердохлебов Сергей Иванович, к.ф.-м.н., доцент*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИЭФИРКЕТОНКЕТОНОВЫХ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ НА ТИ ПОДЛОЖКЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАСПЫЛЕНИЯ**

**Аннотация:** В работе рассматривается новый метод создания покрытий для медицинских изделий. Целью работы являлась разработка биоинертных покрытий, потенциально предотвращающих развитие у пациентов аллергических реакций на титановые сплавы. Представлены результаты исследования микроструктуры поверхности образцов методом сканирующей электронной микроскопии и результаты расчета поверхностной энергии.

**Ключевые слова:** полиэфиркетонкетон, электрораспыление, покрытия, морфология, поверхностная энергия.

## Введение

Полиарилэфиркетоны (ПАЭК) являются перспективными термопластичными полимерами. Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) достаточно хорошо исследован и применяется для 3Д-печати различных изделий, в частности, костных имплантатов, деталей для аэрокосмической техники и других ответственных узлов [1]. Полиэфиркетонкетон (ПЭКК) относится к группе ПАЭК и представляет собой новый высокопрочный полимер. ПЭКК обладает отличными механическими свойствами, химической стойкостью, термостойкостью и износостойкостью [1].

Титановые сплавы являются биоинертными и широко используются для изготовления имплантатов, но у некоторых пациентов возникают аллергические реакции на титановые медицинские изделия, поэтому на них в некоторых случаях необходимо делать защитные покрытия [2]. Следовательно, разработка новых биоинертных полимерных покрытий для титановых имплантатов является актуальной задачей.

Целью данной работы являлось формирование на поверхности Ti образцов ПЭКК покрытий методом электрораспыления.

## Материалы и методы

Для приготовления растворов полимеров использовались ПЭКК (Kepstan<sup>®</sup>, Arkema, Франция) и гексафторизопропанол ((CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHOH, ПиМ-Инвест, Россия). Растворы с содержанием 0,5, 1 и 1,5 вес. % готовились при комнатной температуре. В качестве подложек использовались титановые пластины VT1 размером 1×3 см, которые подвергались пескоструйной обработке на устройстве ТСС РК-100 (ТСС ЮФО, Пятигорск, Россия) зернами карбида кремния со средним размером зерна 370 мкм. Для нанесения покрытий использовалась установка электрораспыления NANON-01A (MECC Co, Япония) при следующих режимах: объем раствора 10 мл, напряжение между коллектором и иглой – 20 кВ, скорость расхода раствора – 5 мл/ч.

Были изготовлены 4 группы экспериментальных образцов, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Экспериментальные образцы

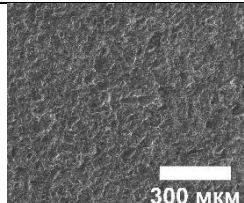
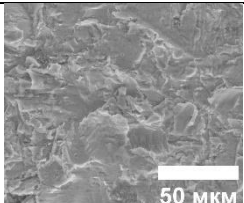
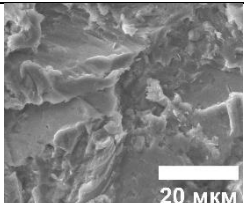
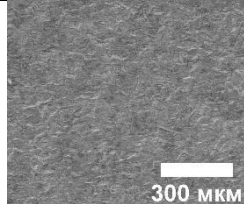
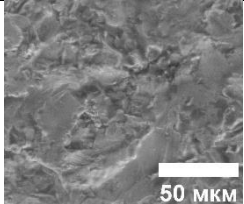
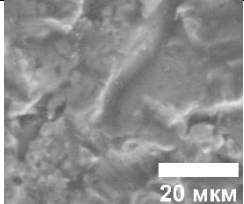
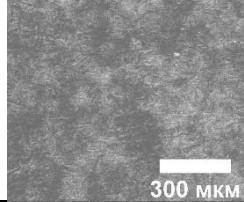
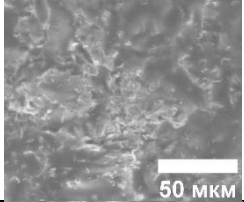
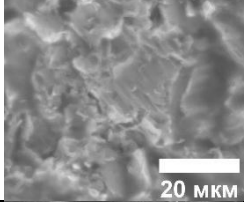
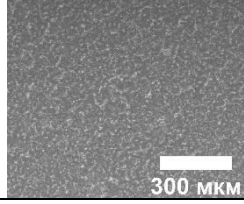
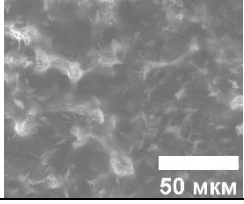
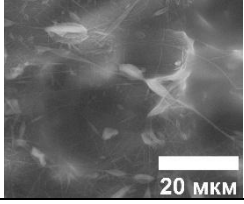
| № группы | 1  | 2             | 3           | 4             |
|----------|----|---------------|-------------|---------------|
| Состав   | Ti | Ti+0,5 % ПЭКК | Ti+1 % ПЭКК | Ti+1,5 % ПЭКК |

## Экспериментальная часть

Микроструктура поверхности образцов была исследована методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на приборе Quanta 200 3D (FEI, США). СЭМ-изображения поверхности образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2

## СЭМ-изображения поверхности покрытия

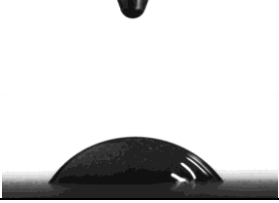
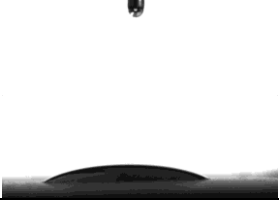
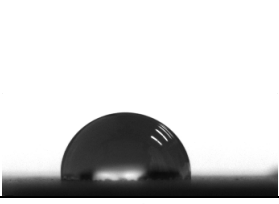
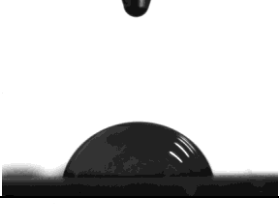
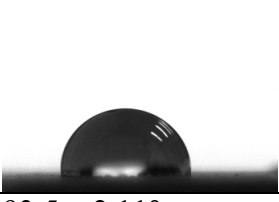
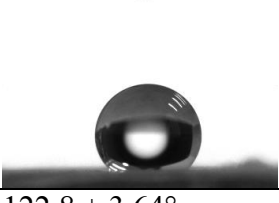
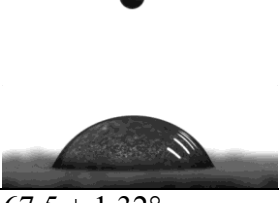
| Группа | Увеличение                                                                          |                                                                                      |                                                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|        | x300                                                                                | x2000                                                                                | x5000                                                                                 |
| 1      |    |    |    |
| 2      |    |    |    |
| 3      |   |   |   |
| 4      |  |  |  |

Образцы всех групп с покрытием повторяют шероховатую морфологию исходной титановой подложки – группы сравнения. Значимым результатом является появление волокон и волокон с бусинками на поверхности покрытия 4 группы (Ti+1,5 % ПЭКК), которые могут существенно изменить свойства поверхности [3].

Исследования поверхностной энергии проводили на приборе для измерения краевого угла смачивания EasyDrop (DSA20E, KRÜSS GmbH, Гамбург, Германия) при комнатной температуре с использованием трех жидкостей: деионизированной воды (Solopharm, Санкт-Петербург, Россия), глицерина ( $C_3H_8O_3$ , 99,3 %, ЭКОС-1, Москва, Россия), диодометана ( $CH_2I_2$ , 99 %, Acros Organics, Геел, Бельгия). Результаты исследований приведены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3

Контактные углы смачивания различными жидкостями

| Группа | Смачивающие жидкости и углы смачивания                                              |                                                                                      |                                                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|        | Деионизированная вода                                                               | Глицерин                                                                             | Дийодометан                                                                           |
| 1      |    |    |    |
|        | $73,2 \pm 2,39^\circ$                                                               | $61,9 \pm 3,82^\circ$                                                                | $32,3 \pm 1,71^\circ$                                                                 |
| 2      |    |    |    |
|        | $90,9 \pm 5,34^\circ$                                                               | $75,4 \pm 0,81^\circ$                                                                | $5,4 \pm 2,35^\circ$                                                                  |
| 3      |   |   |   |
|        | $93,5 \pm 2,11^\circ$                                                               | $69,9 \pm 1,93^\circ$                                                                | $3,2 \pm 1^\circ$                                                                     |
| 4      |  |  |  |
|        | $122,8 \pm 3,64^\circ$                                                              | $67,5 \pm 1,32^\circ$                                                                | $0^\circ$                                                                             |

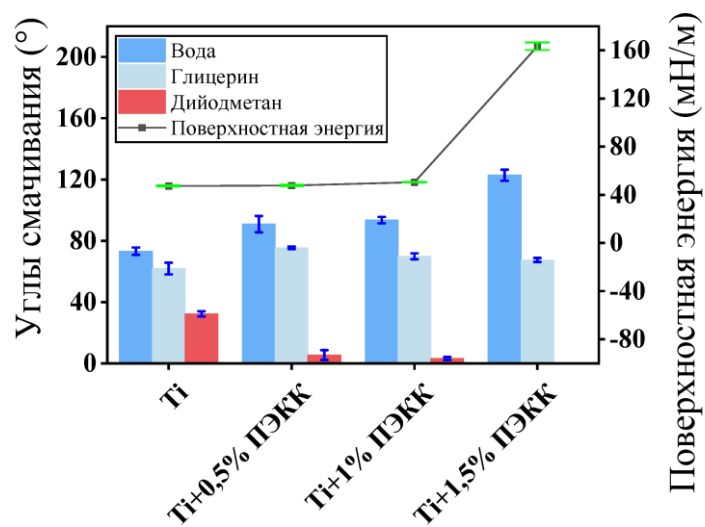


Рис. 1. Поверхностная энергия

Результаты анализа угла смачивания водой показывают, что гидрофильность различных покрытий значительно отличается: контактный угол увеличился на 24,2 %, 27,7 % и 67,8 % для групп 2, 3, 4 соответственно по сравнению с контрольной группой 1 (Ti). Значительное увеличение угла смачивания водой для группы 4 (Ti+1,5 % ПЭКК) приводит к тому, что поверхность образцов становится гидрофобной. Для различных типов имплантатов требуются поверхности с различной гидрофобностью и гидрофильностью, что влияет на адсорбцию и перемещение клеток [4].

Для расчета поверхностной энергии (Рис. 1) использовались результаты измерений контактных углов смачивания глицерином и дийодометаном. Поверхностная энергия группы 4 (Ti+1,5 % ПЭКК) значительно выше, чем у трех других групп. Это обстоятельство может быть объяснено результатами СЭМ-исследований, в соответствии с которыми на изображениях поверхности этой группы присутствуют волокна и волокна с бусинками, изменяющие смачиваемость и поверхностную энергию.

### **Заключение**

1. Метод электрораспыления растворов полиэфиркетонкетона в гексафторизопропанолу при выбранных параметрах позволяет получать различную морфологию покрытий на титановых подложках.
2. Контактный угол смачивания водой по сравнению с контролем (Ti) увеличивается на 24,2 %, 27,7 % и 67,8 % для групп Ti+0,5 % ПЭКК Ti+1 % ПЭКК и Ti+1,5 % ПЭКК соответственно. Поверхностная энергия для этих групп увеличивается на 0,95 %, 6,66 % и 245,39 % соответственно.
3. Наличие волокна и волокна с бусинками в микроструктуре поверхности покрытий группы Ti+1,5 % ПЭКК, вероятно, является причиной значительного увеличения поверхностной энергии.

### **Список литературы**

1. Garcia-Leiner M. et al. Characterization of polyaryletherketone (PAEK) filaments and printed parts produced by extrusion-based additive manufacturing // *Polymer international*. – 2021. – Т. 70. – № 8. – С. 1128–1136.
2. Rossi S. M. P. et al. Ten-year outcomes of a nitrided Ti-6Al-4V titanium alloy fixed-bearing total knee replacement with a highly crosslinked polyethylene-bearing in patients with metal allergy // *The Knee*. – 2020. – Т. 27. – № 5. – С. 1519–1524.
3. Fong H., Chun I., Reneker D. H. Beaded nanofibers formed during electrospinning // *Polymer*. – 1999. – Т. 40. – № 16. – С. 4585–4592.
4. Tang X. et al. Influences of surface treatments with abrasive paper and sand-blasting on surface morphology, hydrophilicity, mineralization and osteoblasts behaviors of n-CS/PK composite // *Scientific reports*. – 2017. – Т. 7. – № 1. – С. 568.

*Ли Цзюмин (Китай)*

*Томский Политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Мамонова Т.Е., канд. техн. наук, доцент*

## **ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ YOLO11**

### **Аннотация**

В данной работе выполнено детектирование транспортных средств на аэрофотоснимках с использованием модели сверточной нейронной сети YOLO11. Экспериментальные исследования проведены с использованием наборов данных CARPK, в котором было реализовано детектирование и подсчет количества автомобильных объектов на изображении. Результаты показывают, что модель YOLO11 обладает способностью точно обнаруживать и определять местоположение автомобильных целей на сложных видах аэрофотосъемки.

**Ключевые слова:** детектирование объектов, сверточная нейронная сеть, YOLO11, CARPK

### **Введение**

В настоящее время детектирование объектов на базе аэрофотоснимков имеет широкие перспективы применения в области контроля и безопасности транспортного потока. Задача детектирования объектов является важной частью применения технических устройств, на базе которых в качестве платформы в сочетании с технологией компьютерного зрения можно быстро воспринимать окружающую обстановку и сократить потребление человеческого ресурса. В связи с ограничением аппаратных ресурсов оборудования подобных технических устройств, для повышения скорости детектирования и обеспечения его точности применяются облегченные методы глубокого обучения, представленные сверточными нейронными сетями (CNN).

Методы детектирования объектов на основе CNN делятся на две группы:

1. Двухэтапные алгоритмы детектирования на основе генерации регионов, представленные R-CNN и Faster-RCNN.
2. Одноэтапные алгоритмы детектирования на основе регрессии, представленные серией YOLO (you only look once) [1].

Одноэтапные методы детектирования имеют более высокую скорость определения объекта и сквозную производительность по сравнению с двухэтапными методами. В связи с этим в настоящее время данные методы используются в качестве основного объекта исследования при детектировании объектов с применением результатов аэрофотосъемки.

Алгоритм серии YOLO с момента своего появления в 2015 году занял важное место в области детектирования объектов в реальном времени благодаря



эффективной скорости и высокой точности. YOLO11 является последней версией серии, которая улучшает способность модели к извлечению признаков и повышает точность детектирования за счет внедрения архитектурных оптимизаций, таких как новые модули C3k2 и C2PSA, сохраняя при этом легкие характеристики и оптимизированную скорость вывода.

Таким образом, в представляемой работе в качестве объекта исследования используются структура модели сверточной нейронной сети YOLO11 и предустановленные значения весовых коэффициентов нейронной сети YOLO11n. Обучение модели выполняется на основе набора данных CARPK для детектирования объектов в сложных сценариях на малых высотах. В качестве инициализирующих параметров используются предварительно обученные весовые коэффициенты модели YOLO11n.

### Описание YOLO11 model

Модель YOLO11 является последней версией семейства YOLO, разработанной командой Ultralytics в США и Испании. Модель YOLO11 отличается от предыдущих версий YOLO, в том числе измененной архитектурой модели, улучшением извлечения признаков и оптимизацией методов обучения. По сравнению с моделью YOLOv8, в YOLO11 модуль CF2 заменен на C3K2, что позволяет использовать различные размеры сверточных ядер и адаптироваться к более сложным задачам и требованиям многомасштабного обнаружения. За модулем SPPF был добавлен модуль C2PSA, целью которого является улучшение извлечения признаков за счет добавления механизма многоголового внимания. Архитектура модели YOLO11 приведена на рисунке 1.

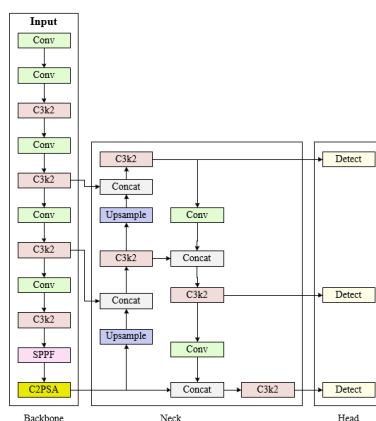


Рис. 1. Архитектура нейронной сети YOLO11

Для обеспечения гибкого применения на аппаратных устройствах в различных сценариях, модель YOLO11 разделена на пять моделей с различными масштабами в соответствии с параметрами ширины и глубины: YOLO11n, YOLO11s, YOLO11m, YOLO11l и YOLO11x. Согласно данным из официальной документации Ultralytics, указанной в [2], соответствующие глубина канала

*Depth*, ширина *Width*, максимальное количество каналов *Max channels*, количество параметров *Parameters*, вычислительная сложность *GFLOPs* и средняя точность *mAP* для этих пяти моделей приведены в таблице 2. Как видно из данных таблицы, с увеличением размера модели растет количество параметров (от 2,6М до 56,9М), увеличивается вычислительная сложность (от 6,5 до 194,9 GFLOPs), а среднее значение средней точности, рассчитанное при различных пороговых значениях IoU, варьирующихся от 0,50 до 0,95 (*mAP@0.5:0.95*) повышается с 39,5 до 54,7 %.

Таблица 1

*Параметры YOLO11 для различных размеров объектов*

| Модель  | Depth | Width | Max channels | Parameters(M) | GFLOPs | mAP@0.5:0.95, % |
|---------|-------|-------|--------------|---------------|--------|-----------------|
| YOLO11n | 0,50  | 0,25  | 1024         | 2,6           | 6,5    | 39,5            |
| YOLO11s | 0,50  | 0,50  | 1024         | 9,4           | 21,5   | 47,0            |
| YOLO11m | 0,50  | 1,00  | 512          | 20,1          | 68,0   | 51,5            |
| YOLO11l | 1,00  | 1,00  | 512          | 25,3          | 86,9   | 53,4            |
| YOLO11x | 1,00  | 1,50  | 512          | 56,9          | 194,9  | 54,7            |

Из-за наличия разноплановых параметров модели, высоких требований к вычислениям и хранению данных, высокой потребности в памяти компьютера и необходимости ускорения с помощью высокопроизводительной видеокарты для использования всех преимуществ моделей с большим количеством параметров, например, YOLO11m, YOLO11l и YOLO11x, их трудно развернуть на устройствах с ограниченной производительностью и вычислительными ресурсами. Исходя из аппаратных ограничений и прикладных требований к платформам, разворачиваемых на технических устройствах, было определено, что модели сверточных нейронных сетей YOLO1n и YOLO11s являются наиболее подходящими для решения задач распознавания объектов. При этом конкретный выбор требует компромисса между точностью (*mAP*) и скоростью (*Parameters* и *GFLOPs*) в зависимости от сложности сценария.

#### **Эксперимент и результат**

Для тестирования работоспособности модели YOLO11n при обнаружении объектов на аэрофотоснимках используется набор данных CARPK (Car Parking Lot Dataset), представленный в источнике [3]. Указанный набор является крупномасштабным набором данных для обнаружения и подсчета автомобилей, он содержит 1 448 изображений и информацию о 89 777 автомобилях в различных сценах для 4 различных парковок. Изображения были получены с высоты 40 м. Для обучения набор данных делится на обучающий, валидационный и тестовый набор по соотношению 7:1:2. Количество изображений, соответствующих каждому набору данных, приведено в таблице 2.

Таблица 2

Расположение набора данных

| набор данных | обучающий | валидационный | тестовый | Итого |
|--------------|-----------|---------------|----------|-------|
| CARPK        | 1031      | 145           | 289      | 1448  |

В таблице 3 показаны ключевые параметры для обучения модели. Для обучения нейронной сети были выбраны следующие параметры: 100 циклов обучения с оптимизатором (*optimizer*) SGD, импульсом (*momentum*) 0,937 и начальной скорости обучения (*lr0*) 0,01. Учитывая, что в процессе обучения используется центральный процессор, для уменьшения объёма занимаемой памяти и времени обучения, размер входных изображений (*imgsz*) установлен на 640×640, а количество изображений в каждой партии (*batchsize*) равно 8.

Таблица 3

Параметры для обучения модели

| Название параметра | epochs | batch | imgsz | optimizer | momen-<br>tum | lr0  |
|--------------------|--------|-------|-------|-----------|---------------|------|
| Значение параметра | 100    | 8     | 640   | SGD       | 0.937         | 0.01 |

Для проверки производительности модели используются такие показатели оценки, как точность (P), отзыв (R), средняя точность AP и среднее значение средней точности (mAP). Формулы приведены таблице 4.

Таблица 4

Формулы для оценки показателей

| Показатель оценивания | Формула                                                                                         | Описание                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Точность(P)           | $P = TP / (TP + FP)$ , где TP - истинно положительный прогноз, FP - ложно положительный прогноз | Точность определяет долю истинно положительных прогнозов среди всех положительных прогнозов, оценивая способность модели избегать ложных срабатываний. Используется для оценки точности предсказаний модели.                               |
| Отзыв(R)              | $R = TP / (TP + FN)$ , где FN – ложно отрицательный прогноз                                     | Отзыв рассчитывает долю истинных положительных результатов среди всех реальных положительных результатов, оценивая способность модели обнаруживать все экземпляры класса. Используется для оценки способности модели находить полную цель. |

|                                         |                                                         |                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Средняя точность(AP)                    | $AP = \int (P(R) dR)$                                   | Средняя точность представляет собой площадь под кривой точность-отзыв и используется для измерения общей эффективности модели при различных пороговых значениях. |
| Среднее значение средней точности (mAP) | $mAP = \sum (AP_i) / N$<br>где N – количество категорий | Среднее значение AP всех категорий. Используется для комплексной оценки эффективности модели в сценах обнаружения объектов с несколькими классами.               |

Таблица 5

*Показатели обучения модели*

| категория | P, %  | R, %  | mAP0.5, % | mAP0.5-0.95, % | Parameters(M) | GFLOPs |
|-----------|-------|-------|-----------|----------------|---------------|--------|
| Car       | 99,10 | 98,50 | 99,40     | 84.00          | 2,58          | 6,30   |

Показатели оценки модели, полученные в конце обучения модели, приведены в таблице 5. Видно, что среднее значение средней точности при пороговых значениях IoU в диапазоне от 0,5 до 0,95 составляет 84 %, а количество параметров только 2,58 миллионов. Это означает, что модель обладает высокой точностью и скоростью обнаружения.

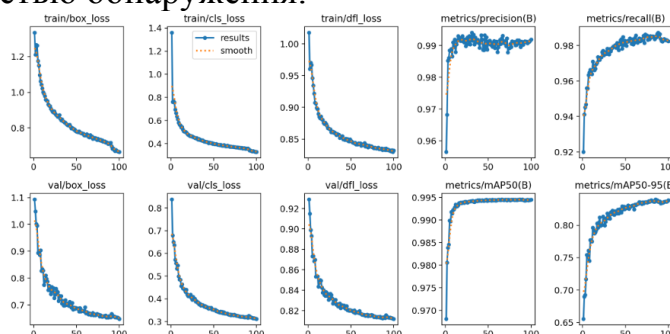


Рис. 2. Показатели оценки модели

На рисунке 2 показаны графики изменений показателей модели YOLO11n во время обучения и валидации. Показатель *train/box\_loss* представляет собой изменение потерь ограничивающий прямоугольник (*bounding box*) в процессе обучения, видно, что потери постепенно уменьшаются с увеличением количества тренировок, что указывает на постоянную оптимизацию модели. Показатель *train/cls\_loss* отражает точность предсказания модели по целевой категории, потери постепенно уменьшаются в процессе обучения, что указывает на улучшение способности модели определять целевую категорию. Показатели *val/cls\_loss* и *val/dfl\_loss* отражают улучшение способности модели распознавать категории и находить местоположение цели на валидационном множестве.

Кривые  $metrics/mAP50(B)$  и  $metrics/mAP50(B)$  показывают, что модель сохраняет лучшую эффективность обнаружения при различных пороговых значениях.

Далее было выполнено тестирование обученной модели на тестовом наборе и подсчет количества автомобилей на каждом изображении, результаты показаны на рисунке 3. Из полученных результатов обнаружения выбираются четыре изображения с различными сценами, как показано на рисунке 4. Видно, что все автомобили на изображении обнаружены правильно.

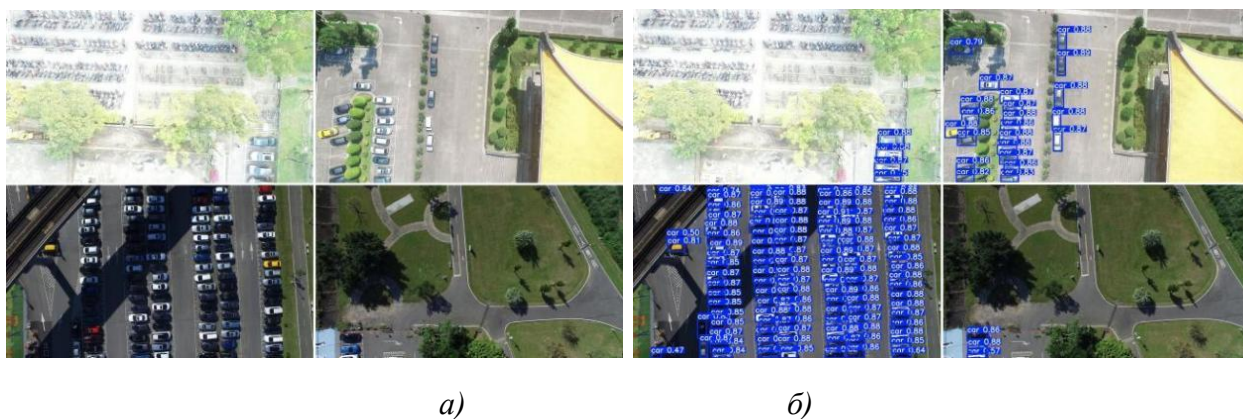
|    | A                      | B             | C                    | D |
|----|------------------------|---------------|----------------------|---|
| 1  | image_name             | vehicle_count | detection_path       |   |
| 2  | 20160331_NTU_00001.jpg | 4             | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 3  | 20160331_NTU_00003.jpg | 4             | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 4  | 20160331_NTU_00004.jpg | 4             | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 5  | 20160331_NTU_00005.jpg | 3             | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 6  | 20160331_NTU_00007.jpg | 3             | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 7  | 20160331_NTU_00026.jpg | 37            | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 8  | 20160331_NTU_00028.jpg | 42            | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 9  | 20160331_NTU_00029.jpg | 42            | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 10 | 20160331_NTU_00030.jpg | 28            | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 11 | 20160331_NTU_00031.jpg | 20            | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 12 | 20160331_NTU_00034.jpg | 12            | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 13 | 20160331_NTU_00045.jpg | 28            | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 14 | 20160331_NTU_00047.jpg | 32            | C:\Users\lijiuming\D |   |
| 15 | 20160331_NTU_00055.jpg | 43            | C:\Users\lijiuming\D |   |

а)

б)

Рис. 3. Результаты тестирования модели YOLO11n:

а) обнаружения на тестовом наборе, б) подсчет автомобилей



а)

б)

Рис. 4. Результаты визуализации: а) исходное изображение б) обнаруженное изображение

## Заключение

В данной работе реализовано обнаружение транспортных средств на аэрофотоснимках, выполненных на расстоянии 40 м., с применением модели сверточной нейронной сети YOLO11n. Результат оценки и визуализации показывают, что модель YOLO11 обладает достаточной производительностью в задаче обнаружения транспортных целей. Полученный результат подтверждает эффективность нейронной сети YOLO11 для быстрого и точного обнаружения и подсчета транспортных средств на сложных аэрофотоснимках, подтверждает осуществимость и преимущества этой технологии в мониторинге транспортно-

го потока в реальном времени, а также обеспечивает сильную техническую поддержку для интеллектуальных систем мониторинга дорожного движения с помощью технических устройств и аппаратных средств, работающих на низких расстояниях от земли.

### Список литературы

1. Redmon J., Divvala S., Girshick R., and Farhadi A., ‘»You only look once: Unified, real-time object detection» in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR), Jun. 2016, pp. 779–788.
2. Ultralytics «Object Detection Models - YOLO11 Documentation». – URL: <https://docs.ultralytics.com/tasks/detect/#models/> (дата обращения: 05.03.2025)
3. Car Parking Lot Dataset (CARPK). – URL: <https://lafi.github.io/LPN/>

*Ли Шухуэй (Китай)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Ремнев Геннадий Ефимович, д.т.н., профессор*

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МИШЕНИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ИМПУЛЬСНЫХ НЕЙТРОННЫХ ПОТОКОВ

**Аннотация:** В статье рассматривается проблема оптимизации конструкции мишени для генерации импульсных нейтронных потоков, используемых в бор-нейтронозахватной терапии. Определены оптимальные толщины литиевой, фторид-литиевой и оксид-литиевой мишеней для импульсных протонных пучков 2,5 МэВ. Сделан вывод о том, что использование импульсных пучков требует учета их энергетического спектра. Полученные результаты важны для повышения эффективности генерации нейтронов в импульсных ускорительных системах для развития бор-нейтронозахватной терапии.

**Ключевые слова:** бор-нейтронозахватная терапия, импульсный пучок, мишень, нейтрон, моделирование

### Введение

Нейтрон-захватная терапия и ее разновидность – бор-нейтронзахватная терапия (БНЗТ) – это технология таргетной лучевой терапии, реализуемая на клеточном уровне. Механизм БНЗТ заключается во введении целевых молекулярных препаратов, несущих стабильный изотоп бор-10 ( $^{10}\text{B}$ ), специфически удерживающийся в опухолевых клетках, и облучении области опухоли потоком эпитепловых нейтронов, вызывающих ядерную реакцию с высвобождением ус-

коренных альфа-частиц для достижения локализованного уничтожения раковых клеток [1].

С быстрым развитием ускорительной технологии БНЗТ постепенно перешла от использования реакторных источников нейтронов к источникам нейтронов на основе ускорителей. БНЗТ установки на основе таких источников являются перспективными благодаря их высокой безопасности, относительно низкой стоимости, легкости широкомасштабного продвижения и пригодности для строительства в больницах в густонаселенных районах. В настоящее время для этих целей рассматривают электростатические ускорители (2–2,8 МэВ), радиочастотные линейные ускорители (2,5–10 МэВ) и циклотроны (до 30 МэВ). Сложность конструкции таких ускорителей и их дороговизна существенно сдерживают широкое распространение нейтрон-захватной терапии в России. В настоящее время данная технология на основе ускорителя ВИТА, разработанного в Институте ядерной физики им. Будкера совместно с ТАС Technologies (США), доступна только в НМИЦ им. Н.Н. Блохина (г. Москва) [2]. Перспективной альтернативой являются импульсные ускорители, которые имеют упрощенную конструкцию генератора импульсов и значительно улучшенные изоляционные характеристики в импульсном режиме, что делает их более компактными и дешевыми.

Ядерные реакции, используемые для генерации нейтронов в БНЗТ, в основном включают реакции  ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$  и  ${}^9\text{Be}(p, n){}^9\text{B}$ . По сравнению с нейтронами, образующимися в ходе реакции  $(d, n)$ , нейтроны, полученные в ходе реакции  $(p, n)$ , имеют меньшую энергию и больше подходят для замедления до эпитепловых энергий, необходимых для лечения глубоко расположенных опухолей. Кроме того, в условиях пучка протонов низкой энергии выход нейтронов с литиевых мишеней значительно выше, чем с бериллиевых мишеней, поэтому литиевые мишени являются более предпочтительными [3].

Мишени для генерации нейтронов обычно состоят из многослойной структуры: подложка представляет собой слой меди с охлаждающими каналами, подслой выполнен из материалов с высоким коэффициентом поглощения водорода, таких как Та/Мо, для предотвращения водородного охрупчивания и блистеринга, тонкий слой лития используется для генерации нейтронов, его поверхность покрыта защитным слоем, таким как  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_3\text{N}$ , Ti и т.д., для предотвращения распыления и испарения лития при нагревании, загрязнения камеры ускорителя и окисления материала мишени во время транспортировки. При использовании импульсных ускорителей, поскольку энергетический спектр ускоряемых ионов в ионном пучке очень широк, ограничения, связанные с влиянием импульсного потока энергии, значительно выше, чем при использовании непрерывного ионного пучка, поэтому к характеристикам мишеней для генерации нейтронов предъявляются более высокие требования.



В данной работе рассматривается использование лития и его соединений ( $\text{LiF}$  и  $\text{Li}_2\text{O}$ ) для получения импульсных мощных нейтронных пучков и оценивается оптимальная толщина таких слоев.

### Основная часть

В работе для моделирования использовали программный комплекс SRIM-2013 [4]. SRIM – это инструмент моделирования, основанный на теории приближения бинарных столкновений. Он позволяет точно рассчитать пробеги ускоренных ионов в различные материалы и величину потерь энергии. Данный программный комплекс широко используется в материаловедении, ядерной физике и других областях. В исследовании в качестве материалов мишеней рассматривались литий ( $\text{Li}$ ), фторид лития ( $\text{LiF}$ ) и оксид лития ( $\text{Li}_2\text{O}$ ).

Известно, что порог реакции  ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$  составляет 1,882 МэВ, что означает, что только когда энергия падающего пучка протонов превышает 1,882 МэВ, могут образовываться нейтроны и осуществляться последующие реакции. Исходя из этого, в работе рассматривались импульсные протонные пучки с величиной ускоряющего напряжения 2 МВ и 2,5 МВ, и анализировались моноэнергетические протонные пучки.

На рисунке 1 показан пробег моноэнергетического протонного пучка, инжектированного в мишень, где длина  $\Delta X_x$  обозначает эффективный пробег моноэнергетического протонного пучка, представляющего собой толщину, при которой энергия падающего протонного пучка замедляется до 1,88 МэВ. Результаты приведены в таблице 1. Из-за эффекта пика Брэгга (рис. 2) подавляющая часть энергии протонов высвобождается в конце диапазона, и избыточное локальное накопление тепла может привести к расплавлению литиевой мишени. При этом, при использовании моноэнергетического пучка, литиевая мишень с толщиной, превышающей эффективный пробег, не производит больше нейтронов. Наоборот, увеличение толщины приводит к уменьшению выхода нейтронов, повышению энергии нейтронов и генерации паразитного  $\gamma$ -излучения. По этим причинам использование тонкой литиевой мишени с эффективной толщиной является ключом к обеспечению выхода нейтронов во избежание вышеуказанных проблем.

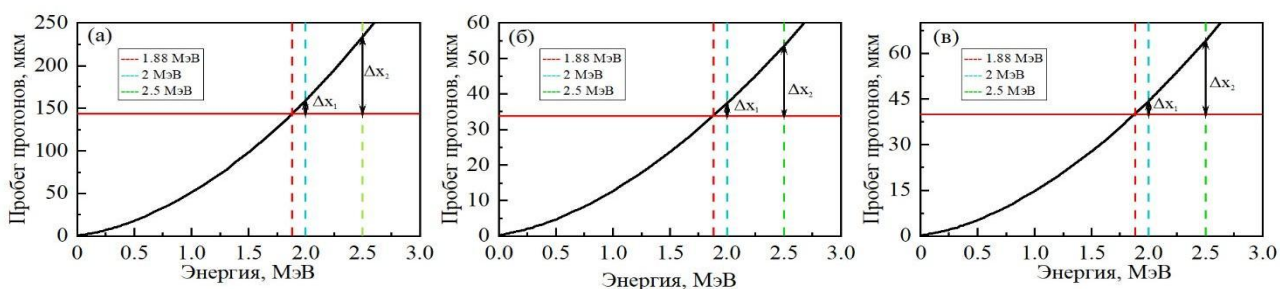


Рис. 1. Пробеги различных моноэнергетических энергий протонов (2, 2,5 МэВ) в мишени:  
(а)  $\text{Li}$ , (б)  $\text{LiF}$ , (в)  $\text{Li}_2\text{O}$



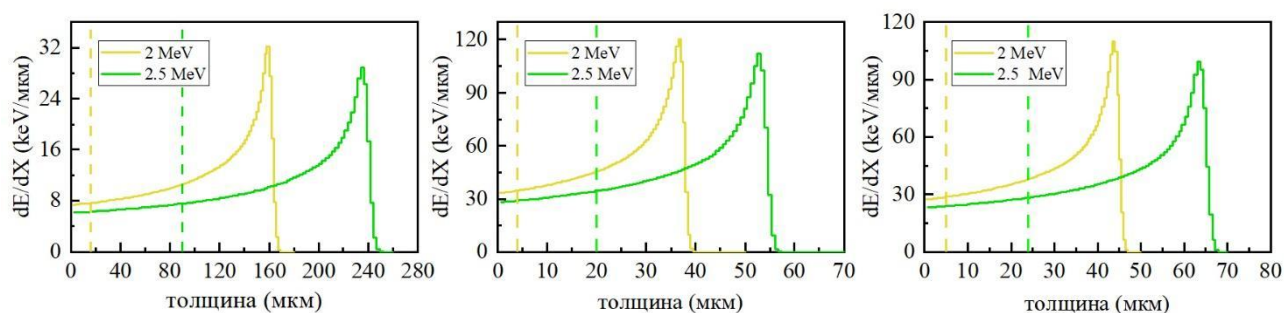


Рис. 2. Функции энерговыведения моноэнергетических пучков протонов и толщины слоев, в которых происходит (p, n) реакция в зависимости от начальной энергии протона:  
(а) Li, (б) LiF, (в) Li<sub>2</sub>O

В работе для расчетов также были выбраны два типичных энергетических спектра импульсных протонных пучков (рис. 3, а), которые содержат низкоэнергетические и высокоэнергетические хвосты, из-за того, что реальные импульсы ускоряющего напряжения характеризуются непрямоугольными передним и задним фронтами. Для более точного анализа энергетический спектр был разбит на конечные элементы по энергиям (рис. 3, б), где N<sub>0</sub> обозначает общее количество протонов в импульсе, а N<sub>i</sub> – количество протонов с определенной энергией. С помощью программы SRIM-2013 рассчитываются потери энергии протонов в мишени (Li, LiF и Li<sub>2</sub>O) для заданного спектра пучка. Рассчитывается максимальное число протонов на см<sup>2</sup> (N<sub>p</sub>) до достижения порогов плавления, исходя из теплоемкости и теплоты фазовых переходов материала. Для каждого энергетического интервала в спектре пучка определяется выход нейтронов на один протон (Y<sub>n</sub>(E)) по литературным данным [3]. Выход нейтронов интегрировался по всему спектру

$$Y_n^{total} = \sum (Y^n(E_i) \cdot N_p(E_i)) \quad Y_n^{total} = \sum (Y^n(E_i) \cdot N_p(E_i))$$

Была определена толщина, при которой  $Y_n^{total}$  максимален, но N<sub>p</sub> не превышает пределов термического разрушения материала мишени. Подробная информация приведена в таблице 1. Для импульсных пучков дополнительно учитывалось влияние низкоэнергетических “хвостов” спектра, снижающих эффективность генерации нейтронов.

Результаты показывают [5], что оптимальная толщина мишени зависит от энергетического спектра пучка и материала. Для импульсного пучка с энергией 2,5 МэВ оптимальная толщина составляет 80–100 мкм для Li, 15–25 мкм для LiF и 20–30 мкм для Li<sub>2</sub>O. При энергии 2 МэВ оптимальные значения ниже. Установлено, что импульсные пучки могут обеспечивать выход нейтронов, сопоставимый с непрерывными пучками, особенно при уменьшении низкоэнергетического “хвоста” спектра.

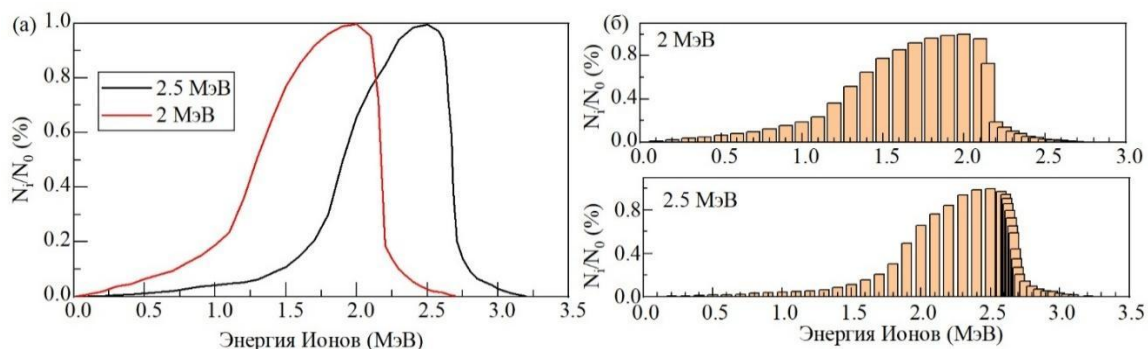


Рис. 3. Типичные энергетические спектры импульсных протонных пучков(а).  
Разделение на конечные элементы спектров импульсной энергии с различными  
доминирующими энергиями (б)

Таблица 1

Расчетные значения общего выхода нейтронов  $Y_n$  для различных протонных пучков  
и мишеней

|                          | Энергия | Общий выход нейтронов<br>$Y_n, \times 10^9$ |      |                   | Толщина мишени, мкм |       |                   |
|--------------------------|---------|---------------------------------------------|------|-------------------|---------------------|-------|-------------------|
|                          |         | Li                                          | LiF  | Li <sub>2</sub> O | Li                  | LiF   | Li <sub>2</sub> O |
| Моноэнергетический пучок | 2 МэВ   | 0,57                                        | 0,59 | 2,04              | 16                  | 4     | 5                 |
|                          | 2,5 МэВ | 1,2                                         | 1,24 | 4,3               | 90                  | 20    | 24                |
| Импульсный пучок         | 2 МэВ   | 0,28                                        | 0,24 | 0,71              | 35-40               | 10-15 | 10-15             |
|                          | 2,5 МэВ | 2,99                                        | 2,32 | 7,15              | 80-100              | 15-25 | 20-30             |

### Заключение

При сравнении импульсных и непрерывных протонных пучков выяснилось, что импульсный пучок с энергией 2,5 МэВ превышает выход нейтронов непрерывного пучка той же энергии за счет значительного вклада высокоэнергетического хвоста, а импульсный пучок с энергией 2,0 МэВ имеет низкий выход из-за высокой доли низкоэнергетических хвостов. Результаты исследования показывают, что толщина мишени должна быть сбалансирована между максимальным выходом нейтронов и термической стабильностью: чистый Li подходит для коротких импульсов высокоэнергетических пучков, для увеличения переходного выхода, в то время как LiF и Li<sub>2</sub>O подходят для долгосрочной стабильной работы из-за их лучшей термической стойкости. Полученные результаты важны для разработки компактных ускорительных источников нейтронов для лечения опухолей.

**Финансирование работы.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00614.

### Список литературы

1. Barth R.F., Coderne J.A., Vicente M.G.H., Blue T.E. Boron neutron capture therapy of cancer: current status and future prospects // Clinical Cancer Research. – 2005. – Vol. 11, №. 11. – P. 3987– 4003.
2. Jin W.H., Seldon C., Butkus M., et al. A review of boron neutron capture therapy: its history and current challenges // International journal of particle therapy. – 2022. – Vol. 9, №. 1. – P. 71–82.
3. Lee C.L., Zhou X.L. Thick target neutron yields for the  ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$  reaction near threshold // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 1999. – Vol. 152, № 1. – P. 1–11.
4. Ziegler J.F. SRIM–The stopping and range of ions in matter (2010) // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2010. – Vol. 268, № 11–12. – P. 1818–1823.
5. Li S.H., Pavlov S., Cherepennikov Y. et al. Estimation of the neutron yield generated by neutron source based on pulsed power proton accelerator in  ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$  reaction // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2025. – Vol. 1075. – P. 170442.

*Линь Ян (Китай), Станько А.Ю. (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Станько Анна Юрьевна, к. т. н., доцент*

### СЕДИМЕНТАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ В СИНТЕТИЧЕСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ

**Аннотация:** Цель работы – оценка влияния состава биологической жидкости на скорость и степень осаждения промышленных наночастиц  $\text{SiO}_2$ . Показано, что наночастицы  $\text{SiO}_2$  с размером 11 нм образуют неустойчивые суспензии в воде, в синтетической легочной жидкости, слюне и неорганическом поте стабильность суспензий увеличивается, и более 80 % частиц остается во взвешенном состоянии. В органическом поте частицы всплывают, и кривая седиментации не описывается кинетическим уравнением первого порядка.

**Ключевые слова:** наночастицы  $\text{SiO}_2$ , суспензия, седиментация, синтетические биологические жидкости, спектрофотометрия.

#### **Введение**

Наночастицы  $\text{SiO}_2$  имеют широкие перспективы применения в биомедицинской сфере, включая доставку лекарств и биосенсорную диагностику [1].

Однако после попадания в биологическую среду поведение наночастиц может значительно изменяться под воздействием их физико-химических характеристик [2], pH [3], содержания солей [4] и органики [5]. Так, было установлено, что белки могут создавать мостовые связи между частицами SiO<sub>2</sub>, изменяя их агрегативное состояние при определенных значениях pH и ионной силе раствора [6].

Несмотря на имеющиеся исследования, отсутствуют работы, в которых исследуются коллоидные свойства наночастиц SiO<sub>2</sub> в средах, моделирующих жидкости в организме. Целью данной работы было оценить влияние состава биологической жидкости на скорость и степень осаждения промышленных наночастиц SiO<sub>2</sub>.

### Экспериментальная часть

В эксперименте использовали наночастицы SiO<sub>2</sub>, приобретенные в ООО «Плазмотерм» (Москва, Россия). Согласно данным производителя, средний размер частиц составил 11 нм, удельная поверхность – 200 м<sup>2</sup>/г.

Были подготовлены растворы, моделирующие легочную жидкость (artificial lung fluid, ALF), пот (органический – organic synthetic sweat SSW2 и неорганический – inorganic synthetic sweat SSW60) и слюну (simulated saliva, SS1), в соответствии с рекомендациями [7] (табл. 1). В обозначении SSW2 и SSW60 указано содержание кальция в миллиэквивалентах. Для приготовления использовали дистиллированную воду (pH=6,5±0,2, дистиллятор АЭ-25 МО (ОАО ТЗМОИ, Россия)). Взвешивание веществ проводили на весах ALC-210.4 (Acculab, Германия, ±0,0001 г). Приготовленные жидкости хранили не более суток.

Таблица 1

*Состав модельных биологических жидкостей*

| Компонент                                                     | Концентрация компонента, г/л |       |       |       |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|
|                                                               | ALF                          | SS1   | SSW60 | SSW2  |
| NaCl                                                          | 3,210                        | 0,600 | 5,490 | 0,500 |
| CaCl <sub>2</sub>                                             | 0,128                        | 0,220 | 3,320 |       |
| Лимонная кислота C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> | 20,800                       | 0,030 |       |       |
| Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                              | 0,071                        | 0,866 |       |       |
| MgCl <sub>2</sub>                                             | 0,050                        |       |       |       |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                               | 0,039                        |       |       |       |
| NaOH                                                          | 6,000                        |       |       |       |
| Глицин C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>          | 0,059                        |       |       |       |
| KCl                                                           |                              | 0,720 |       |       |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                               |                              | 0,680 |       |       |
| KHCO <sub>3</sub>                                             |                              | 1,500 |       |       |
| KSCN                                                          |                              | 0,060 |       |       |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                               |                              |       | 1,360 |       |

|                                                               |     |     |       |       |
|---------------------------------------------------------------|-----|-----|-------|-------|
| MgSO <sub>4</sub>                                             |     |     | 0,240 |       |
| Мочевина CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O                     |     |     |       | 0,100 |
| Молочная кислота C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub> |     |     |       | 0,100 |
| pH                                                            | 4,5 | 6,5 | 4,5   | 5,0   |

Суспензии наночастиц готовили в пластиковых контейнерах объемом 60 мл путем добавления к навескам (100 мг) сухих наночастиц 50 мл биологических жидкостей. Концентрация наночастиц составила 0,1 мг/л. Контейнеры закрывали закручивающимися крышками и помещали в ультразвуковую ванну Oda-LQ40 (Ода-Сервис, Россия, мощность ультразвука 340 Вт) для обеспечения равномерного распределения наночастиц и обрабатывали в течение 30 минут. После обработки суспензию взбалтывали и из верхнего объема отбирали аликвоту 2 мл для исследования седиментации с помощью спектрофотометрии.

Суспензии наночастиц помещались в стеклянные кюветы (диаметр 12 мм) спектрофотометра APEL PD-303 (ApeL, Япония) для измерения коэффициента светопропускания (Т %) при длине волны 430 нм в течение 60 минут. В качестве эталона устанавливали Т<sub>0</sub> = 100 % для воды. Полученное значение Т использовали для расчета коэффициента поглощения А по формуле (1):

$$A = -\log \left( \frac{T}{100} \right). \quad (1)$$

Отношение А/А<sub>0</sub> (где А<sub>0</sub> – это коэффициент поглощения в начальный момент времени) рассматривали как относительную концентрацию частиц в суспензии (С/С<sub>0</sub>) для построения кривых седиментации. Для определения скорости и степени осаждения использовали полуэмпирическую модель первого порядка [8]:

$$\frac{C}{C_0} = \left( 1 - \frac{C_{res}}{C_0} \right) e^{-k_{sed} \cdot t} + \frac{C_{res}}{C_0}, \quad (2)$$

где t – время седиментации, мин;

k<sub>sed</sub> – константа скорости седиментации, мин<sup>-1</sup>;

C<sub>res</sub>/C<sub>0</sub> – удельная концентрация неосевших частиц за бесконечное время.

### Результаты и обсуждение

Анализ седиментационных кривых показал, что наночастицы SiO<sub>2</sub> образуют в приготовленных растворах суспензии, склонные к осаждению, о чем свидетельствует уменьшение удельной концентрации частиц в суспензии за час отстаивания. Например, в воде величина С/С<sub>0</sub> составила 87, 65 и 48 % соответственно через 1, 4 и 10 минут эксперимента (рис. 1). Однако динамика осаждения наночастиц сильно зависит от состава жидкости.

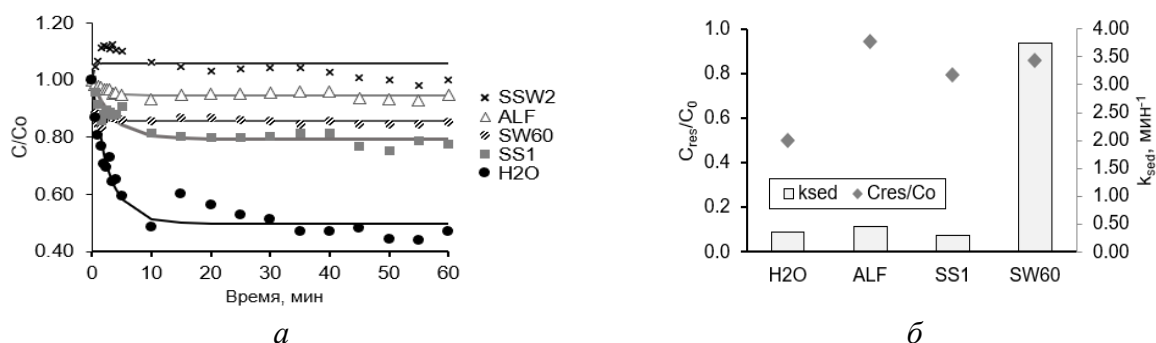


Рис. 1. а) Изменение удельной концентрации ( $C/C_0$ , уд. ед.) наночастиц в синтетических биологических жидкостях; б) влияние состава жидкости на остаточную концентрацию  $C_{res}/C_0$  и константу скорости осаждения ( $k_{sed}$ , мин<sup>-1</sup>) наночастиц:

$H_2O$  – дистиллированная вода, ALF – легочная жидкость, SS1 – синтетическая слюна, SW60 – пот с неорганическим составом, SSW2 – пот с органическим составом.

Точки – экспериментальные значения, линии – рассчитанные значения.

Данные двухкратного эксперимента

Установлено, что уравнения седиментации хорошо описываются кинетическим уравнением первого порядка: коэффициент детерминации  $R^2 > 0,7$  (табл. 2) во всех растворах, кроме SSW2. Видно, что величина  $C/C_0$  на первом этапе (до 7 минут) увеличивается до 1,1–1,2 (рис. 1, а), что может свидетельствовать о всплывании частиц или образовании взвесей.

Таблица 2

Коэффициент детерминации  $R^2$  экспоненциального уравнения

| Коэффициент детерминации $R^2$ |        |        |        |      |
|--------------------------------|--------|--------|--------|------|
| $H_2O$                         | ALF    | SS1    | SSW60  | SSW2 |
| 0,9268                         | 0,7309 | 0,8318 | 0,8833 | —    |

Видно также, что состав жидкости оказывает значительное влияние на параметры осаждения наночастиц: добавление солей в суспензию значительно замедляет осаждение. Например, через 30 минут в суспензии остается в воде 51 % частиц, в то время как в биологических жидкостях от 80 до 96 % (рис. 1, а). При этом в ряду SW60...SS1...ALF стабильность суспензий увеличивается. Так, через 60 минут величина  $C/C_0$  составила 77...85...97 % соответственно.

В синтетических биожидкостях стабильность значительно выше, чем в воде: расчетная концентрация частиц достигает 80–95 % по сравнению с 50 % в воде (рис. 1, б), хотя константа скорости не меняется, за исключением суспензии на основе SW60, где величина  $k_{sed}$  в 7 раз превышает значения для других суспензий (рис. 1, а). Высокие значения  $k_{sed}$  свидетельствуют обычно о высокой скорости осаждения, но также могут говорить о малом размере оставшихся в

суспензии частиц, что подтверждается работами на примере осаждения наночастиц Fe@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> [9] и CuO [10].

### Заключение

Таким образом, наночастицы SiO<sub>2</sub> со средним размером 11 нм образуют неустойчивые суспензии в воде, но в синтетической легочной жидкости, слюне и неорганическом поте образуют устойчивые суспензии, для которых ≥80 % частиц остается во взвешенном состоянии по сравнению с 50 % частиц, которые оседают в воде. В органическом поте частицы всплывают, и кривая седиментации не описывается кинетическим уравнением первого порядка.

### Список литературы

1. Han H., Zhao Q., Han N., Bai L., Li J., Liu J., Che E., Hu L., Zhang Q., Jiang T., Wang S. Mesoporous silica nanoparticles for drug delivery and biomedical applications // *Current Pharmaceutical Design*. – 2014. – Vol. 20 (26). – P. 4143–4158.
2. Zhou Q., Wang Y., Zhang X. Effects of material properties on sedimentation and aggregation of TiO<sub>2</sub> nanoparticles // *Journal of Environmental Sciences*. – 2019. – Vol. 31. – P. 200–210.
3. Коньгин С.Б., Иваняков С.В. Исследование влияния pH на агрегацию наночастиц // *Нанотехнологии в окружающей среде*. – 2009. – № 4. – С. 15–22.
4. Gun'ko V.M., Zarko V.I., Pakhlov E.M. Effects of dissolved metal chlorides on the behavior of silica nanoparticles in aqueous media // *Central European Journal of Chemistry*. – 2014. – Vol.12(4). – P. 480–491.
5. Schneid A.C., Santos D.E., Crespilho F.N. Crespilho F.N. Colloidal stability and re-dispersibility of mesoporous silica nanoparticles in biological media // *Langmuir*. – 2020. – Vol.36(37). – P. 11001–11012.
6. Bharti B., Meissner J., Findenegg G.H. Bridging interactions of proteins with silica nanoparticles: The influence of pH, ionic strength and protein concentration // *Soft Matter*. – 2014. – Vol.10 (48). – P. 718–728.
7. Marques M.R.C., Loebenberg R., Almukainzi M. Simulated biological fluids with possible application in dissolution testing // *Dissolution Technologies*. – 2011. – Vol. 08. – P. 15–22
8. Quik J.T.K., Stuart M.C., Wouterse M., Peijnenburg W., Hendriks A.J., Meent D. Natural colloids are the dominant factor in the sedimentation of nanoparticles // *Environmental Toxicology and Chemistry*. – 2012. – Vol. 31. – P. 1019–1022.
9. Phenrat T., Saleh N., Sirk K., Tilton R.D., Lowry G.V. Aggregation and sedimentation of aqueous nanoscale zerovalent iron dispersions // *Environmental Science and Technology*. – 2007. – Vol. 41(1). – P. 284–290.
10. Qiu Y., Mu Z., Wang N., Wang X., Xu M., Li H. The aggregation and sedimentation of two different sized copper oxide nanoparticles in soil solutions: Dependence on pH and dissolved organic matter // *Science of the Total Environment*. – 2020. – Vol. 731. – P. 139215.

*Маньяма Тумайни Маньяма*

*Томск политехнический университет, Томск*

*Научный руководитель: Тутов Иван Андреевич, старший преподаватель*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЁМКОСТНОГО УРОВНЕМЕРА**

### **Аннотация**

В данной статье рассматривается принцип работы и устройство емкостных уровнемеров. Сначала анализируются предыдущие конструкции, а затем предлагается новая конструкция цилиндрического емкостного уровнемера, который будет работать за счет расчета времени заряда конденсатора с помощью встроенного компаратора микроконтроллера STM32. Прототип будет полезен в будущем для создания емкостных уровнемеров, которые можно использовать в промышленных условиях.

**Ключевые слова:** емкостный уровнемер, компаратор, микроконтроллер.

### **Введение**

В настоящее время в различных отраслях промышленности нашли применение различные способы измерения уровня жидкости в резервуаре. Емкостные уровнемеры обеспечивают абсолютное измерение уровня воды, в отличие от других типов датчиков, они имеют быструю скорость реакции и хорошую линейность. Целью работы является исследованием и разработкой емкостного уровнемера. Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи: обзор конструкций ёмкостных уровнемеров, создание макета установки определения ёмкости зонда по методу измерения времени разряда-заряда. После проведения исследования результаты будут представлены в виде графиков, а в заключении будут подведены основные итоги, показана целесообразность проекта, а также обсуждены перспективы будущих исследований.

### **Обзор емкостных уровнемеров**

В некоторых работах [1] при разработке датчиков глубины использовались параллельные пластинчатые конденсаторы. Такая конструкция интуитивно понятна, но имеет много недостатков, поскольку параллельные пластины не изолированы, поэтому жидкость должна быть абсолютно непроводящей, иначе это негативно повлияет на результаты измерений.



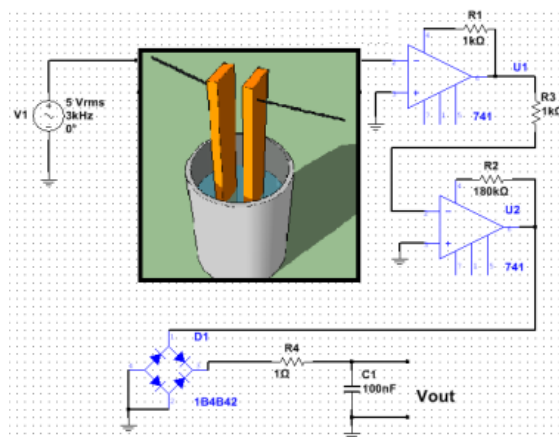


Рис. 1. Схематическое изображение датчика и интеграции устройств

### Принцип работы

Принцип действия емкостного уровнемера основан на зависимости электрической емкости чувствительного элемента от уровня жидкости. Когда цилиндрический конденсатор погружается в воду, его емкость изменяется из-за разницы в диэлектрических свойствах воздуха и воды. С увеличением емкости увеличивается и время ее зарядки, которое определяется постоянной времени. Постоянная времени конденсатора, подключенного последовательно к резистору, также известная как постоянная времени RC, представляет собой произведение сопротивления (R) и емкости (C). Это показатель того, как быстро конденсатор заряжается или разряжается через резистор.

Формула:

$$\tau = R * C$$

где  $\tau$  – постоянная времени в секундах.

R – сопротивление в омах.

C – емкость в фарадах.

### Конструкция предлагаемого емкостного уровнемера

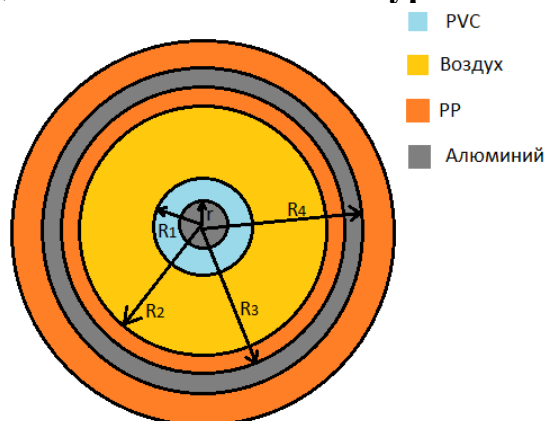


Рис 2. Конструкция предлагаемого емкостного уровнемера

Предлагаемый датчик глубины будет представлять собой цилиндрический конденсатор, изготовленный из полипропиленовой трубы со слоем алюминия в середине стенок трубы, с проводником, имеющим слой поливинилхлорида в качестве изоляции, проходящим через середину трубы.

### Определения ёмкости зонда по методу измерения времени разряда-заряда

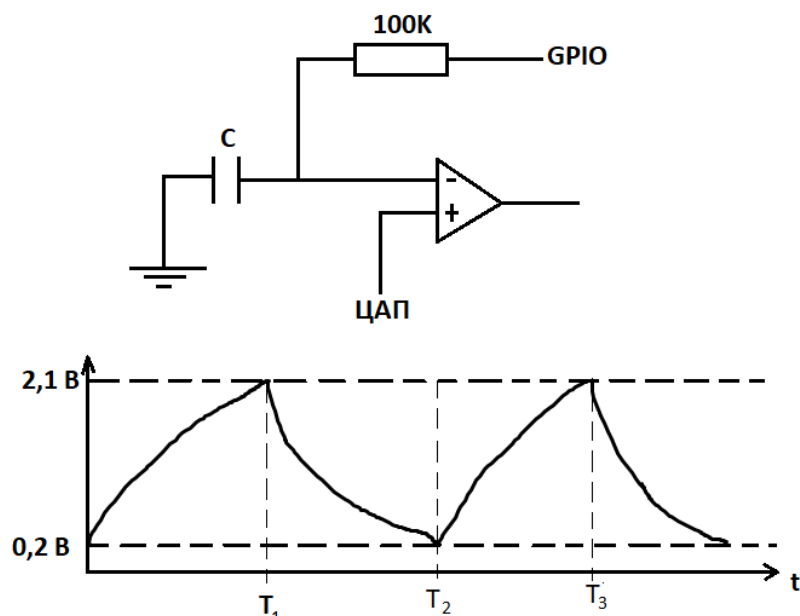


Рис. 3. Схема подключения конденсатора к компаратору и график разряда заряда

Для определения времени заряда конденсатора используется микроконтроллер со встроенным компаратором. Один из выводов: GPIO микроконтроллера будет подключен как выход и будет переключаться в зависимости от выхода компаратора. Не инвертирующий вход компаратора будет внутренне подключен к цифро-аналоговому преобразователю, а инвертирующий вход – к конденсатору, поэтому при переключении GPIO конденсатор будет многократно заряжаться и разряжаться, а время заряда и разряда будет измеряться с помощью встроенных таймеров микроконтроллера и усредняться для получения точного измерения времени.

### Результаты

На графике показано зависимость времени заряда датчика от глубины погружения.

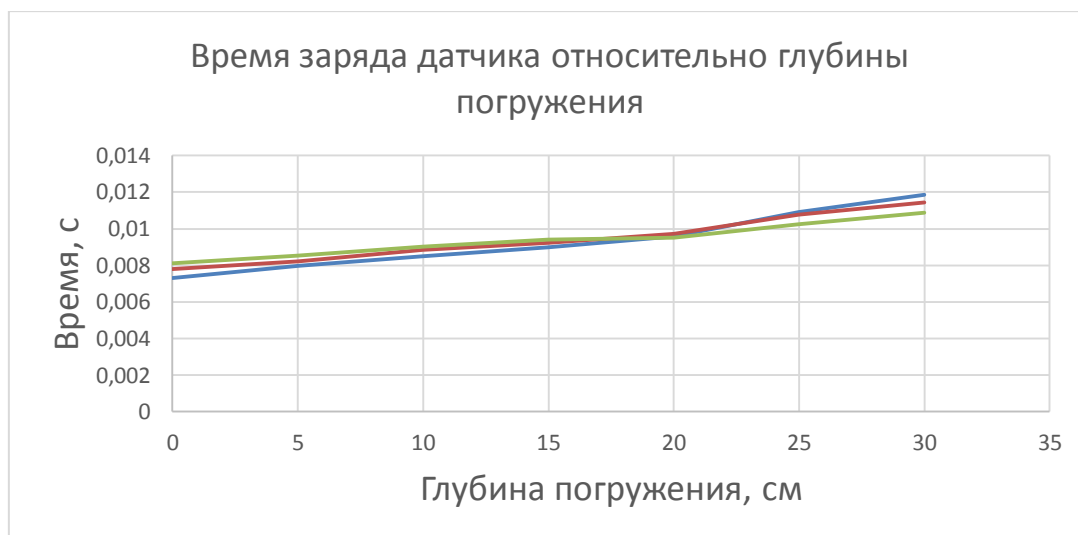


Рис. 4. График время заряда датчика относительно глубины погружения

Из графика видно, что с увеличением глубины воды увеличивается время заряда конденсатора и, следовательно, емкость. Это соответствует ожиданиям и формулам. Кроме того, зависимость линейна, что облегчает расчет коэффициентов для преобразования емкости в глубину.

### Заключение

Проанализированы существующие конструкции ёмкостных уровнемеров, создан макет установки определения ёмкости зонда по методу измерения времени разряда-заряда. В ближайшем будущем запланировано создание макета установки определения ёмкости посредством прямого определения резонанса по АЧХ в LC контуре при росте и уменьшении частоты.

### Список литературы

1. Qurthobi A. et al 2016 J. Phys.: Conf. Ser. 776 012118
2. Магазинникова А.Л. Основы цифровой обработки сигналов / А.Л. Магазинникова. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 132 с. – ISBN 978-5-507-48636-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/359951>
3. STMicroelectronics. STM32F10xxx Reference Manual (RM0090). – [www.st.com](http://www.st.com), 2021.

*Массунда Жуниор Фернандо Эрнесто (Мозамбик)*

*Томский Политехнический Университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Глазырина Татьяна Анатольевна, канд. техн. наук, доцент*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРИК ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ВСТРАИВАНИЙ (ЭМБЕДДИНГОВ) В КОНТЕКСТЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ**

**Аннотация:** В данной работе рассматриваются способы повышения эффективности системы распознавания лиц. Анализируются различные метрики для сравнения эмбеддингов и их интерпретации, чтобы установить критерии выбора подходящей метрики для конкретного приложения или задачи.

**Ключевые слова:** система распознавания лиц, эмбеддинги, метрики сравнения эмбеддингов.

### **Введение**

В настоящее время одним из способов обеспечения безопасного доступа к физическим или виртуальным объектам, средам или помещениям являются биометрические технологии, среди которых особое место занимает распознавание лиц. Распознавание лиц имеет множество применений, особенно из-за уровня безопасности, который оно обеспечивает, однако для достижения высокого уровня аккуратности необходимо уделять внимание каждой составляющей части системы распознавания лиц и сделать оптимальный выбор метода, модели или метрики, которые будут составлять систему. Актуальность работы заключается в исследовании влияния метрик сравнения встраиваний (эмбеддинги) на эффективность системы распознавания, поскольку этап сравнения встраиваний играет важную роль при распознавании лиц, гарантируя его надежность. Метрика напрямую влияет на работоспособность, точность и эффективность системы распознавания лиц, поэтому некорректный выбор метрики сравнения встраиваний может привести к неправильному распознаванию лиц, что негативно влияет на безопасность при выполнении задачах идентификации и верификации.

### **Основная часть**

#### **Система распознавания лиц**

Система распознавания лиц разделена на пять основных этапов: обнаружения лица, предварительной обработки, извлечения черт лица, сравнения встраиваний черт лица и распознавания лица, как представлено на рисунке 1. На этапе обнаружения лиц основной задачей является их детекция на статичных изображениях и видео. Для этого используется метод HOG (Histogram of Oriented Gradients), который анализирует ориентацию и интенсивность градиентов для обнаружения объектов, в данном случае лиц [1]. Далее выполняется предварительная обработка изображений, включая преобразование в оттенки

серого, изменение размера, сглаживание, выравнивание лиц, аугментацию и нормализацию освещения. Предварительная обработка значительно улучшает точность извлечения ориентиров, которое является следующим этапом. Ориентиры (Landmarks) подразумевают точки, описывающие важные черты лица, такие как глаза, нос, рот, брови и контур подбородка [2]. На основе ориентиров составляются встраивания черт лиц для сравнения и измерения сходства лиц.

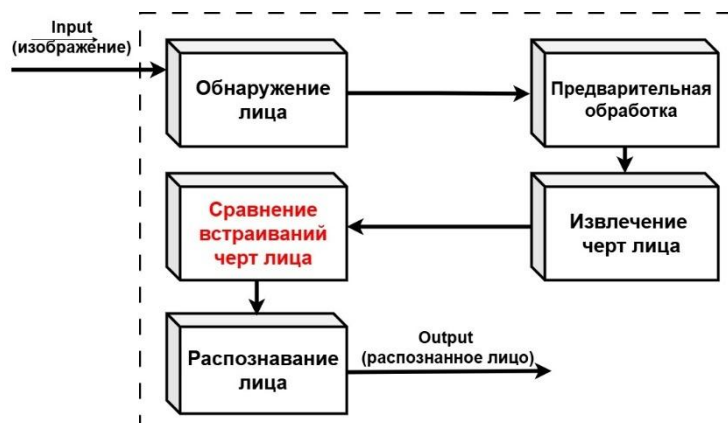


Рис. 1. Система распознавания лиц

В контексте распознавания лиц встраивания черт лица представляют собой эмбединги (от англ. «embeddings»), что подразумевает способ представления данных, в данном случае лица, в виде векторов в многомерном пространстве. То есть эмбединги являются векторами, состоящим из ориентиров, описывающих черты лица.

### Метрики сравнения эмбедингов лиц

В работе рассмотрены четыре метрики, а именно Евклидово расстояние, косинусное расстояние, манхэттенское расстояние и расстояние Чебышева. Оценка эмбедингов евклидовым расстоянием основывается на прямом расстоянии между двумя точками в многомерном пространстве [3, 4]. Чем меньше значение евклидова расстояния, тем больше сходство между лицами. Косинусное расстояние оценивает угол между эмбедингами, представляющими лица, и измеряет схожесть их направлений. Чем меньше угол между векторами эмбедингов, тем лица более схожи. Манхэттенское расстояние измеряет сумму абсолютных разностей между соответствующими координатами векторов [5, 6]. Меньшее значение этого расстояния указывает на большую схожесть. Расстояние Чебышева оценивает максимальное различие между соответствующими координатами векторов [6], и как у других метрик, чем меньше его значение, тем лица обладают более аналогичными чертами.

### Результаты исследования

Задача исследования состоит в сравнении эмбедингов черт текущего лица с эмбедингами лиц в базе данных. Для осуществления данной задачи выбраны четыре лица, два из которых принадлежат близнецам, исходя из того, что зада-

ча идентификации близнецов для человека является сложной. На первом этапе выполнения поставленной задачи осуществляется генерация эмбеддингов для каждого лица, как показано на рисунке 2. После генерации вычисляется расстояние между эмбеддингами текущего лица относительно тех, которые в базе данных, с использованием метрик сравнения. Результаты сравнения представлены в таблицы 1. Так же вычисляется относительная погрешность, по формуле:

$$\Delta = \frac{|X - \bar{X}|}{\bar{X}} \times 100 \%, \quad (1)$$

где  $X$  – истинное значение (минимальное; для косунусного-максимальное),  $\bar{X}$  – эталонное значение (среднее).

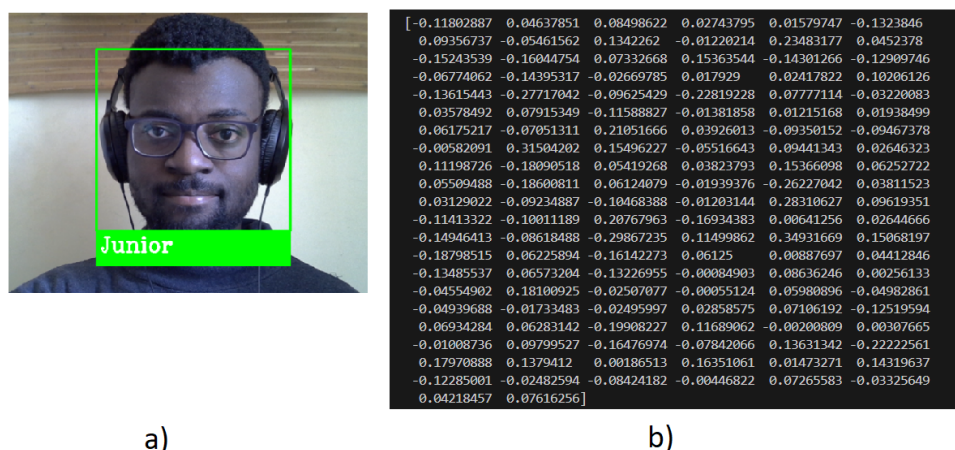


Рис. 2. Процесс генерации эмбеддинга лица: а) детекция и распознавание лица; б) сгенерированный эмбеддинг

## Заключение

На основе полученных результатов, можно сделать вывод, что все проанализированные метрики смогли идентифицировать правильное лицо, то есть, были успешны в задаче расчета сходства. Однако, при выборе какую метрику применять в системе распознавания лиц, выделяем два критерия: относительная погрешность и интерпретируемость. В данном исследовании рассчитана относительная погрешность наиболее вероятного сходства по отношению к среднему значению. Это измерение позволяет оценить, на какой процент наиболее вероятное сходство отличается от среднего, то есть, согласно определенной метрике, на какой процент распознанное лицо отличается от других.

Таблица 1

Сравнение метрик измерения расстояние между эмбеддингами лиц

| Лица для распознавания | Лица в базе данных | Метрики сравнения              |                                         |                                    |                               |
|------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
|                        |                    | Евклидово расстояние ( $d_E$ ) | Косинусное расстояние ( $\cos \theta$ ) | Манхэттенское расстояние ( $d_M$ ) | Расстояние Чебышева ( $d_C$ ) |
| Лицо 1                 | Лицо 1             | 0.411616                       | 0.951361                                | 3.566963                           | 0.106931                      |
|                        | Лицо 2             | 0.891405                       | 0.788841                                | 7.965637                           | 0.219177                      |

|                    |        |           |           |           |           |
|--------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                    | Лицо 3 | 0.923621  | 0.777267  | 8.511838  | 0.208510  |
|                    | Лицо 4 | 0.886718  | 0.797928  | 8.075006  | 0.209587  |
| $\Delta_{min}, \%$ |        | 47,116170 | 14,780944 | 49,259836 | 42,526051 |
|                    |        |           |           |           |           |
| Лицо 2             | Лицо 1 | 0.880246  | 0.799345  | 7.667777  | 0.200509  |
|                    | Лицо 2 | 0.526945  | 0.931707  | 4.923001  | 0.127068  |
|                    | Лицо 3 | 0.701620  | 0.880256  | 6.582241  | 0.170342  |
|                    | Лицо 4 | 0.717339  | 0.876097  | 6.738618  | 0.186114  |
| $\Delta_{min}, \%$ |        | 25,418679 | 6,865362  | 24,003242 | 25,694812 |
|                    |        |           |           |           |           |
| Лицо 3             | Лицо 1 | 0.857218  | 0.802783  | 7.721945  | 0.225599  |
|                    | Лицо 2 | 0.824755  | 0.827766  | 7.304550  | 0.199556  |
|                    | Лицо 3 | 0.380718  | 0.964001  | 3.621181  | 0.081788  |
|                    | Лицо 4 | 0.456766  | 0.948886  | 4.287844  | 0.123931  |
| $\Delta_{min}, \%$ |        | 39,555547 | 8,821042  | 36,845887 | 48,143052 |
|                    |        |           |           |           |           |
| Лицо 4             | Лицо 1 | 0.951598  | 0.768338  | 8.797087  | 0.181023  |
|                    | Лицо 2 | 0.774264  | 0.854144  | 7.341024  | 0.179313  |
|                    | Лицо 3 | 0.400523  | 0.961520  | 3.586590  | 0.084799  |
|                    | Лицо 4 | 0.246341  | 0.985561  | 2.302864  | 0.053893  |
| $\Delta_{min}, \%$ |        | 58,471226 | 10,440521 | 58,182141 | 56,801622 |

Таким образом, если процентное значение определенной метрики по сравнению с другими метриками велико, это означает, что данная метрика лучше идентифицирует лицо и вероятность ошибки или путаницы с другими лицами минимальна. Вторым критерием, который следует учитывать, является интерпретируемость. Согласно этому критерию, евклидово расстояние позволяет осуществлять более тривиальную интерпретацию, в то время как расстояние Чебышева несмотря на то, что предлагает более приемлемые значения относительной погрешности, сложно интерпретируется в многомерном пространстве. Евклидово расстояние лучше удовлетворяет установленным критериям, поэтому его применение в системе распознавания лиц является более целесообразным. Однако необходимо обеспечить, чтобы размерность векторов всегда была одинаковой. Если нет гарантии получения одинаковой размерности векторов эмбедингов, лучше использовать косинусное расстояние, так как оно учитывает угол между векторами.

### Список литературы

1. Machine Learning is Fun! Part 4: Modern Face Recognition with Deep Learning = Машинное обучение – это весело! Часть 4. Современное распознавание лиц с помощью глубокого обучения [Электронный ресурс] //medium.com – URL: <https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is>

- fun-part-4-modern-face-recognition-with-deep-learning-c3cffc121d78 (Дата обращения 07.01.2025 );
2. Face Detection and Landmarks using dlib and OpenCV = Обнаружение лиц и ориентиры с использованием dlib и OpenCV [Электронный ресурс]// medium.com – URL: <https://vigneshs4499.medium.com/face-detection-and-landmarks-using-dlib-and-opencv8c824f50cc78>; (Дата обращения 09.01.2025);
  3. Ahdid R., Taifi K., Said S., Bouzid M. Euclidean & Geodesic Distance between a Facial Feature Points in Two-Dimensional Face Recognition System/ R. Ahdid, K. Taifi, S. Said, M. Bouzid – Текст: электронный// научный электронный журнал: ResearchGate – URL: [https://www.researchgate.net/publication/311924096\\_Euclidean\\_Geodesic\\_Distance\\_between\\_a\\_Facial\\_Feature\\_Points\\_in\\_Two-Dimensional\\_Face\\_Recognition\\_System](https://www.researchgate.net/publication/311924096_Euclidean_Geodesic_Distance_between_a_Facial_Feature_Points_in_Two-Dimensional_Face_Recognition_System) (Дата обращения 22.01.2025);;
  4. Dhavalikar A. S., Kulkarni R. K. Facial Expression Recognition Using Euclidean Distance Method/ A.S. Dhavalikar, R.K Kulkarni R – Текст : электронный//научный электронный журнал: ResearchGate – URL: [https://www.researchgate.net/publication/286353466\\_Facial\\_Expression\\_Recognition\\_Using\\_Euclidean\\_Distance\\_Method](https://www.researchgate.net/publication/286353466_Facial_Expression_Recognition_Using_Euclidean_Distance_Method) (Дата обращения 10.02.2025);;
  5. Manhattan Distance Calculator = Калькулятор расстояний Манхэттен [Электронный ресурс]// omnicalculator.com – URL: <https://www.omnicalculator.com/math/manhattan-distance> (Дата обращения 14.02.2025);
  6. Евклидова, L1 и Чебышёва – 3 основные метрики, которые пригодятся в Data Science [Электронный ресурс]// URL: <https://tproger.ru/translations/3-basic-distances-in-data-science> (Дата обращения 09.02.2025)

*Массунда Жуниор Фернандо Эрнесто (Мозамбик)*

*Томский Политехнический Университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Глазырина Татьяна Анатольевна, канд. техн. наук, доцент*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ**

**Аннотация:** В данной работе представлена разработка системы контроля доступа к помещениям с повышенным уровнем безопасности. Представлена структура разработанной системы и их программные и аппаратные составляющие. Приведены результаты тестирования разработанной системы с целью ана-



лиза ее функционирования и эффективности, а также подготовки к внедрению в реальные приложения.

**Ключевые слова:** система контроля и управления доступом (СКУД), мехатронная система, биометрия, распознавание лиц.

### **Введение**

Доступ к помещениям, будь то жилые, развлекательные или рабочие, представляет собой актуальную проблему, требующую комплексного подхода к обеспечению безопасности. В этой связи для обеспечения контроля доступа и повышения уровня безопасности активно интегрируются различные современные технологии. Одной из таких технологий является биометрия, которая получила широкое распространение благодаря использованию уникальных индивидуальных характеристик людей, таких как поведенческие или физические признаки, в качестве идентификаторов. Вместе с доступом в помещения, важным аспектом является безопасность с точки зрения защиты здоровья, особенно в условиях распространения инфекционных заболеваний, передающихся контактным путем. В связи с этим одними из эффективных решений стали бесконтактные технологии, которые обеспечивают контроль доступа без физического контакта с устройствами, минимизируя риски заражения. Система контроля и управления доступом (СКУД), основанная на распознавании лиц, оптимально решает проблему контроля доступа в помещения и безопасности, связанной с гигиеничностью. В данной работе представлена структура разработанной системы контроля и управления доступом, а также результаты проведенных испытаний, для анализа её работоспособности.

### **Основная часть**

В рамках данной работы разработана система контроля и управления доступом (СКУД) в помещения. Система СКУД представляет собой мехатронную систему, что обусловлено интеграцией электромеханических и программных компонентов [1]. Структура разработанной СКУД представлена на рисунке 1 и включает в себя следующие элементы: идентификатор, датчик, персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ), базу данных, контроллер, блок ручного управления и управляемое преграждающее устройство (УПУ) [2].

Идентификатор в данной системе имеет биометрический тип, представляющий собой лицо посетителя, поскольку принимается технологии распознавания лиц. В качестве датчика используется видеокамера, которая служит устройством для считывания данных с идентификатора. ПЭВМ функционирует как центральное устройство, на котором установлена система мониторинга доступа и база данных, что позволяет оператору в реальном времени наблюдать и контролировать посещаемость помещений.

Контроллер выполняет роль управляющего устройства, получающего команды как от ПЭВМ, так и от блока ручного управления, для выполнения операций по открытию или закрытию УПУ. УПУ представляет собой механиче-

ское или электронное устройство, которое ограничивает доступ в определенное пространство. В рамках работы разработан прототип двери, выполняющей функции запирающего устройства. Разработанная система может работать в двух режимах управления (см. рисунок 1): ручное управление: 1 – 2 (красный путь); и автоматическое управление: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (черный путь).

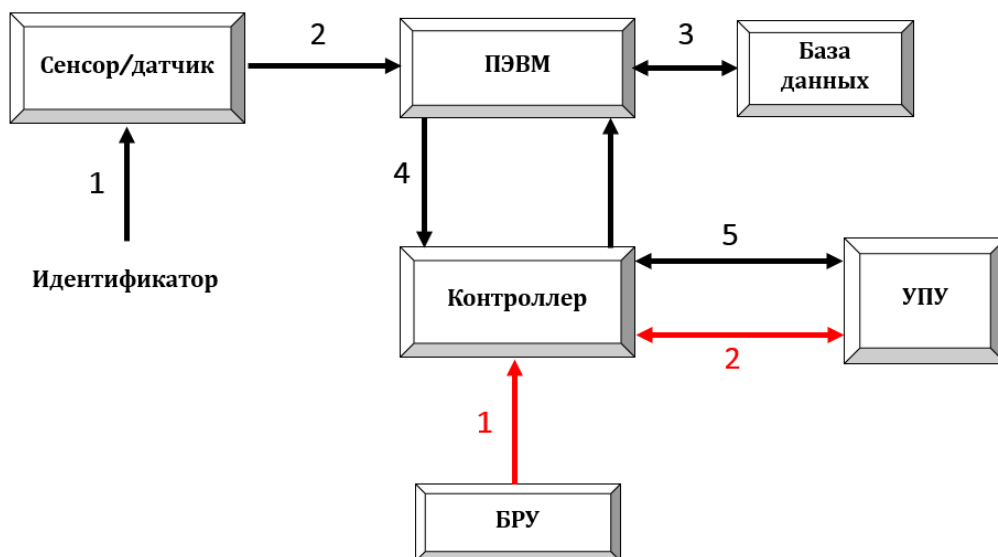


Рис.1. Структура разработанной СКУД

### Разработка программного обеспечения

Разработана программная система для мониторинга посещаемости посетителей, основанная на методах распознавания лиц. Основной функцией данной системы является идентификация и распознавание лиц посетителей, зарегистрированных в базе данных, а также детектирование лиц, не зарегистрированных в системе, что позволяет выявлять посетителей, не обладающих правом доступа к определённым помещениям. В дополнение к функционалу распознавания, программа осуществляет создание ежедневных журналов, содержащих данные о посещаемости, что обеспечивает возможность последующего контроля и проверки информации, а также анализу фактов, связанных с проходом посетителей в охраняемые зоны. На рисунке 2, представлен интерфейс разработанной программы мониторинга посещаемости

### Разработка прототипа УПУ

Одним из основных элементов СКУД является преграждающее устройство, которое играет важную роль в обеспечении безопасности и удобстве доступа к помещениям. Прочность такого устройства напрямую влияет на уровень безопасности, в то время как его функциональные характеристики обеспечивают удобство использования и эффективное управление доступом.

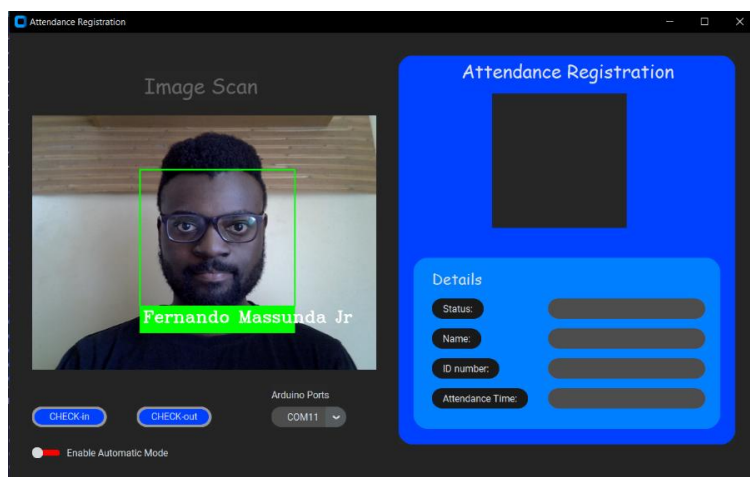


Рис. 2. Интерфейс разработанной программы мониторинга посещаемости

В данной работе представлен прототип двери, разработанный автором и изготовленный с применением аддитивной технологии 3D-печати, как показано на рисунке 3. В качестве привода для создания вращательного движения использован шаговый двигатель, который передает вращение на ременную передачу, преобразующую его в поступательное движение двери, обеспечивая тем самым точность и надежность работы устройства.



Рис. 3. Собранный прототип управляемого преграждающего устройства

### Результаты исследования

Для оценки функционирования разработанной системы СКУД проведены два экспериментальных испытания. Первое испытание заключалось в анализе эффективности системы распознавания лиц при различных условиях освещения, а также в определении зоны (рисунок 4), позволяющей системе более точно идентифицировать посетителей. В таблице 1 приведены экспериментальные допустимые расстояния, при которых система способна распознавать посетителей.

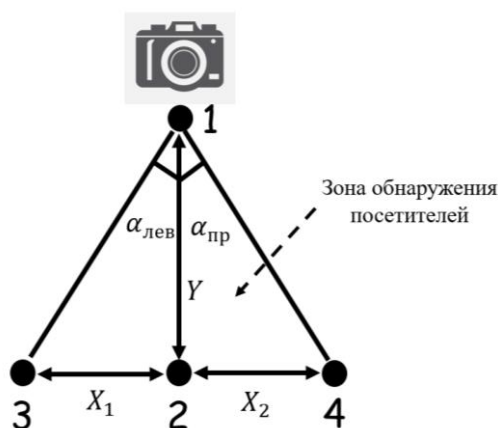


Рис. 4. Схема для анализа допустимых расстояний: точка 1 – положение датчика (видеокамеры); точки 2, 3 и 4 – положения человека/объекта для обнаружения

Второе испытание было направлено на исследование времени реакции каждой подсистемы, входящей в состав СКУД, с целью определения времени, необходимого для предоставления доступа к помещениям, а также выявления тех участков системы, где происходит наибольшее замедление, что позволит провести оптимизацию и улучшение работы системы в будущем.

Таблица 1

Результаты допустимых расстояний обнаружения и распознавания лиц при естественном освещении

| №       | Линейные расстояния, в см |       |       | Угловые расстояния при $Y = 100$ см, в град. |               |
|---------|---------------------------|-------|-------|----------------------------------------------|---------------|
|         | $Y$                       | $X_1$ | $X_2$ | $\alpha_{лев}$                               | $\alpha_{пр}$ |
| 1       | 109                       | 41    | 37    | 22,29                                        | 20,30         |
| 2       | 110                       | 40    | 38    | 21,80                                        | 20,81         |
| 3       | 110                       | 39    | 36    | 21,31                                        | 19,80         |
| 4       | 109                       | 39    | 39    | 21,31                                        | 21,31         |
| 5       | 108                       | 38    | 40    | 20,81                                        | 21,80         |
| Среднее | 109,2                     | 39,4  | 38    | 21,50                                        | 20,80         |



Рис. 5. Графики зависимости расстояния обнаружения лиц от условий освещения

## Заключение

В процессе тестирования функциональности разработанной системы контроля и управления доступом в помещение было установлено, что система демонстрирует более высокую точность распознавания лиц при естественном освещении, как иллюстрируется на рисунке 5. Это явление можно объяснить тем, что боковое освещение способствует более равномерному распределению светового потока по поверхности лица посетителя, что, в свою очередь, улучшает фокусировку и детализацию изображения. В условиях искусственного освещения точность работы алгоритма снижается, что, вероятно, обусловлено влиянием верхнего источника света, создающего тени и ухудшающего восприятие лицевых признаков системой. Кроме того, было установлено, что среднее время обработки запроса на доступ составляет примерно 17 секунд. Этот показатель является приемлемым для индивидуального пропуска посетителей. Однако в условиях повышенной нагрузки, например, при массовом скоплении людей, данный временной интервал может быть неудобным, что приведет к снижению пропускной способности системы и возможным задержкам в процессе входа.

## Список литературы

1. Шоланов К.С. Основы мехатроники и робототехники : учебник для студентов технических специальностей вузов Казахстана. – Алматы : издательство «ЭВЕРО», 2015. – С. 13–23;
2. ГОСТ Р 51241-2008 – «Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний».
3. Андреев В.В., Ульянов А.А. Детали машин и основы конструирования. Курсовое проектирование: учеб. пособие – изд. 5-е. – Н. Новгород : НГТУ им Р.Е. Алексеева, 2019. – 270 с.

*Мачука Мендоса Кристиан Родриго (Эквадор)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Марков Николай Григорьевич, д.т.н., профессор ОИТ, ИШИТР*

## **ОБНАРУЖЕНИЕ ОЧАГОВ СТВОЛОВЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ ПРИ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ**

**Аннотация:** Предложена методика оперативного выявления очагов уссурийского полиграфа в пихтовых лесах на основе анализа изображений лесов высокого разрешения. Методика включает ряд этапов, начиная с мультиклас-

сификации деревьев пихты по степени повреждения на изображениях и выявления возраста деревьев по площади крон на маске сегментации изображений и заканчивая этапом принятия решения о наличии очага уссурийского полиграфа на исследуемом участке пихтового леса.

**Ключевые слова:** лесопатологический мониторинг хвойных лесов, дистанционное зондирование, методика оперативного выявления очагов уссурийского полиграфа, сверточная нейронная сеть, анализ изображений

### **Введение**

Распространение уссурийского полиграфа в пихтовых лесах России сегодня приобрело характер экологической катастрофы. Действительно, по последним данным Рослесхоза, опубликованным в 2023 г., этот опасный стволовой вредитель уже нанес непоправимый ущерб более чем 300 тысячам гектаров ценных лесных массивов пихты [1]. Существующие методы мониторинга хвойных лесов, основанные преимущественно на наземных обследованиях, имеют ряд серьезных ограничений. Прежде всего, они требуют значительных временных и трудовых затрат и позволяют выявлять очаги поражения деревьев только на поздних стадиях, когда значительная часть древостоя уже не подлежит восстановлению [2]. В сложившейся ситуации особую актуальность приобретает разработка и внедрение современных автоматизированных систем раннего обнаружения очагов вредителей, основанных на передовых методах и технологиях дистанционного зондирования Земли. Такие методы и системы позволят не только оперативно выявлять очаги, но и существенно повысят эффективность всего комплекса лесозащитных мероприятий.

Целью данной работы является разработка методики оперативного выявления очагов уссурийского полиграфа в пихтовых лесах на основе анализа изображений высокого разрешения, полученных с помощью фотоаппаратуры, установленной на беспилотном летательном аппарате (БПЛА).

### **Методика обнаружения очагов уссурийского полиграфа**

В основу нашего исследования положен комплексный подход, сочетающий методы дистанционного зондирования лесных массивов и компьютерного зрения для оперативного выявления очагов размножения уссурийского полиграфа в пихтовых лесах. В рамках этого подхода разработана оригинальная методика выявления очагов уссурийского полиграфа. Она включает три ключевых этапа. Этап мультиклассификации пораженных вредителем деревьев пихты на изображениях с БПЛА проводится с помощью разработанной нами ранее модели полносверточной нейронной сети Res-Mo-U-Net [3]. В результате классификации на изображениях высокого разрешения (0,1 м) с БПЛА с помощью этой модели выделяются четыре класса состояния здоровья (степени поражения вредителем) деревьев пихты: «Здоровое», «Отмирающее», «Свежий сухостой» и «Старый сухостой».

На втором этапе сначала происходит вычисление по полученной при классификации маске сегментации площади кроны каждого дерева пихты. Для точного расчета площади кроны при частичном перекрытии крон недостающая часть контура кроны перекрытого дерева пихты достраивается с помощью сплайн-интерполяции. Затем выполняется отнесение каждого дерева в зависимости от площади его кроны к одной из трех возрастных категорий: молодые деревья, средневозрастные и приспевающие/спелые/перестойные деревья. Для учета категории их возраста используются предварительно установленные интервалы площади кроны, с которыми сравнивается площадь кроны каждого дерева.

На третьем этапе методики по результатам выполнения первого и второго этапов принимается решение о наличии очага уссурийского полиграфа на исследуемом участке пихтового леса площадью 1 га. Оно принимается в соответствии с известной методикой обнаружения очагов стволовых вредителей в хвойных лесах [4]. Согласно этой методике, решение о наличии очага вредителей будет положительным, если относительное количество пораженных хвойных деревьев одного возраста на исследуемом участке площадью 1 га (отношение в % числа пораженных деревьев рассматриваемой породы и одного возраста к количеству деревьев этого возраста и рассматриваемой породы) выше пороговых значений отпада деревьев этого возраста в любом из следующих случаев:  $\geq 5$  % для молодых по возрасту деревьев,  $\geq 3$  % для средневозрастных и  $\geq 2$  % для приспевающих/спелых/перестойных деревьев. Отметим, что в случае деревьев пихты пораженными являются как деревья класса «Отмирающее», так и деревья класса «Свежий сухостой». Это означает, что в соответствии с предлагаемой трехэтапной методикой можно проводить анализ и принимать решение о наличии очага как в случае пораженных деревьев класса «Отмирающее», так и в случае пораженных деревьев класса «Свежий сухостой». То есть можно использовать результаты любого из двух вариантов вычислений.

Рассмотрим разработанный алгоритм, реализующий эту методику.

### **Начало**

#### ***Шаг 1. Выбор участка леса для исследования и ввод данных***

- Выбирается участок пихтового леса площадью 1 га (10 000 м<sup>2</sup>) на изображении, вводятся его координаты.
- Загружаются результаты мультиклассификации пораженных деревьев пихты для изображения, полученные с помощью нейросетевой модели (маска сегментации, класс каждого дерева, общее количество деревьев пихты M).
- Вводится значение N – процент естественного отпада деревьев для данной местности.

#### ***Шаг 2. Определение возрастных категорий деревьев***

Задаются интервалы (границы) площади крон (в пикселях):

- $S_0$  – минимальная площадь кроны для молодых деревьев (1-я категория),
- $S_1$  – максимальная площадь кроны для молодых деревьев,
- $S_2$  – максимальная площадь кроны для средневозрастных деревьев (2-я категория). Если площадь кроны  $> S_2$ , дерево относится к 3-й категории (приспевающие, спелые, перестойные).

### **Шаг 3. Классификация деревьев по возрасту**

Для каждого  $i$ -го дерева ( $i = 1, 2, \dots, M$ ):

1. Вычисляется площадь кроны  $S_i$  (с учетом сплайн-интерполяции, если часть кроны перекрыта кроной другого дерева).
2. Дерево распределяется в одну из категорий:
  - 1-я категория (молодые):  $S_0 \leq S_i \leq S_1$ ,
  - 2-я категория (средневозрастные):  $S_1 < S_i \leq S_2$ ,
  - 3-я категория (приспевающие/спелые/перестойные):  $S_i > S_2$ .
3. Формируются списки деревьев каждой категории, подсчитывается их количество ( $L_1, L_2, L_3$ ).

### **Шаг 4. Анализ состояния деревьев и выявление очага вредителя**

Для каждой возрастной категории ( $j = 1, 2, 3$ ):

4. Подсчитывается количество деревьев:
  - $K_{j2}$  – деревья класса «Отмирающее» (2-й класс здоровья),
  - $K_{j3}$  – деревья класса «Свежий сухостой» (3-й класс здоровья).
5. Проверяются критерии по порогу отпада и принимается решение:

*Для молодых деревьев пихты (1-я категория):*

- Если  $[(K_{j2} / L_j) \times 100 - N] \geq 5 \%$  → вывод: «Очаг вредителей молодых деревьев пихты (1-й вариант расчетов)».
- Если  $[(K_{j3} / L_j) \times 100 - N] \geq 5 \%$  → вывод: «Очаг вредителей молодых деревьев (2-й вариант расчетов)».

*Для средневозрастных деревьев пихты (2-я категория):*

- Если  $[(K_{j2} / L_j) \times 100 - N] \geq 3 \%$  → вывод: «Очаг вредителей средневозрастных деревьев пихты (1-й вариант)».
- Если  $[(K_{j3} / L_j) \times 100 - N] \geq 3 \%$  → вывод: «Очаг вредителей средневозрастных деревьев (2-й вариант)».

*Для приспевающих, спелых и перестойных деревьев пихты (3-я категория):*

- Если  $[(K_{j2} / L_j) \times 100 - N] \geq 2 \%$  → вывод: «Очаг вредителей приспевающих, спелых и перестойных деревьев (1-й вариант)».
- Если  $[(K_{j3} / L_j) \times 100 - N] \geq 2 \%$  → вывод: «Очаг вредителей приспевающих, спелых и перестойных деревьев (2-й вариант)».

**Конец**



На выходе алгоритма появляются сообщения - выводы о наличии или отсутствии очага вредителей на исследуемом участке для каждой возрастной категории деревьев. Для повышения достоверности результатов в алгоритме используются два варианта оценки – по классам деревьев «Отмирающее» и «Свежий сухостой».

### Результаты и их обсуждение

Предложенная модель нейронной сети Res-Mo-U-Net и разработанный алгоритм принятия решения о наличии очага программно-реализованы на языке Python 3 с использованием фреймворка PyTorch.

Для апробации предложенной методики обнаружения очага уссурийского полиграфа был выбран опытный участок пихтового леса площадью 1 га, на котором находятся деревья пихты, пораженные этим стволовым вредителем. Для этого участка имеется RGB-изображение высокого разрешения (рис. 1, а), полученное с использованием БПЛА и приведенное в [3]. В результате мультиклассификации этого изображения с помощью модели Res-Mo-U-Net получена маска сегментации (рис. 1, б).

Из 209 обнаруженных и классифицированных по степени поражения деревьев пихты на опытном участке анализировалось 207, поскольку два дерева не относятся к основному пологу. Затем был проведен анализ маски сегментации изображения участка и рассчитана площадь кроны каждого дерева пихты. Для Томской области ранее выявлены следующие интервалы площади крон: молодые деревья [56,1310] пикселей, средневозрастные [1311,3914] пикселей и приспевающие/спелые/перестойные более 3914 пикселей.

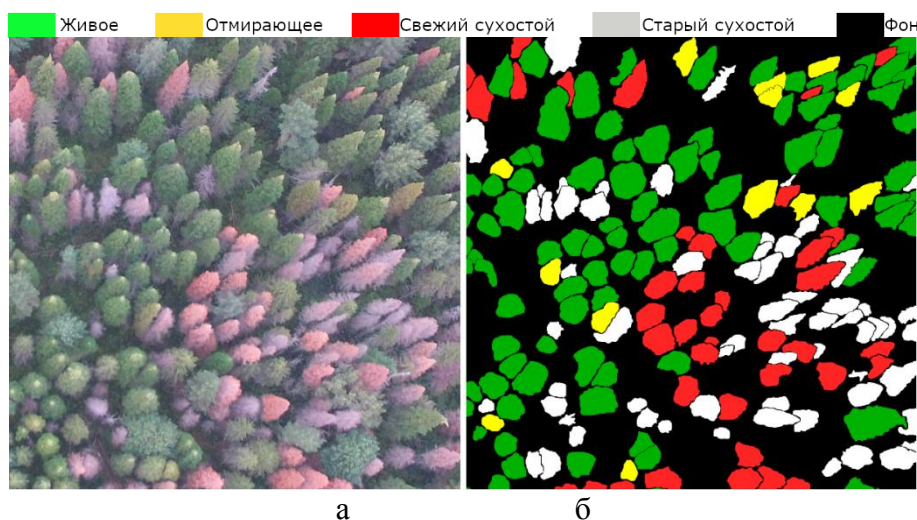


Рис. 1. Результаты мультиклассификации изображения опытного участка, полученные с помощью модели Res-Mo-U-Net; а - исходное изображение опытного участка; б – полученная с помощью модели Res-Mo-U-Net маска сегментации изображения

При этом для этого региона естественный отпад  $N = 1\%$ . Это позволило отнести каждое дерево к той или иной категории по возрасту. Сделаны расчеты по отпаду деревьев каждой категории возраста и применены соответствующие

решающие правила. При этом получено превышение естественного отпада ( $N = 1 \%$ ) по всем трем возрастным категориям и в случае каждого варианта расчетов. Так, из табл. 1 следует, что при учете деревьев только класса «Отмирающее» (первый вариант расчета) фактический отпад составил 8,8 % (молодые деревья, при пороге 5 %), 4,9 % (средневозрастные деревья, порог 3 %) и 2,3 % (приспевающие, спелые и перестойные деревья, порог 2 %). Каждый из этих результатов подтвердил наличие очага. Из табл. 1 следует, что результаты вычислений по второму варианту, то есть в случае деревьев класса «Свежий сухостой», для всех категорий деревьев по возрасту только усиливают выводы о наличии очага.

Таблица 1

*Результаты выявления очага уссурийского полиграфа на опытном участке*

| Категория деревьев пихты по возрасту | Количество деревьев пихты по классам состояния здоровья |            |                 |                 | Всего деревьев по категориям | $\frac{Kj_2}{Lj} * 100 - N, (\%)$ | $\frac{Kj_3}{Lj} * 100 - N, (\%)$ |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                      | Живое                                                   | Отмирающее | Свежий сухостой | Старый сухостой |                              |                                   |                                   |
| Первая                               | 18                                                      | 4          | 11              | 8               | 41                           | 8.8                               | 25.8                              |
| Вторая                               | 60                                                      | 8          | 23              | 45              | 136                          | 4.9                               | 15.9                              |
| Третья                               | 14                                                      | 1          | 5               | 10              | 30                           | 2.3                               | 15.7                              |
| Всего                                | 92                                                      | 13         | 39              | 63              |                              |                                   |                                   |

### Заключение

Разработана и апробирована на опытном участке пихтового леса оригинальная методика оперативного выявления очагов размножения уссурийского полиграфа в пихтовых лесах. Она включает три ключевых этапа: проведение мультиклассификации пораженных вредителем деревьев пихты на изображениях с БПЛА с помощью модели глубокого обучения, вычисление по полученной при классификации маске сегментации площади крон деревьев для отнесения их к определенной категории по возрасту и принятие решения о наличии очага поражения уссурийским полиграфом.

Нетрудно видеть, что данная методика может применяться при проведении лесопатологического мониторинга с целью оперативного выявления очагов других стволовых вредителей иных пород хвойных деревьев.

### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды 2023» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecostr.ru/novosti/gosdoklad-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhayushhej-sredy-2023/> (дата обращения 28.03.2025).
2. Технология мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.imces.ru/media/uploads/tmplziups.pdf> (дата обращения 28.03.2025).
3. Марков Н.Г., Мачука К.Р. Модели и методы глубокого обучения для решения задач дистанционного мониторинга лесных ресурсов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 6. – С. 55–74. DOI: 10.18799/24131830/2024/6/4600
4. Маслов А.Д. Методические рекомендации по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей и санитарного состояния лесов. Пушкино: ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства. – 2006. – 68 с.

*Нгуен Хоанг Тиен (Вьетнам)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Филипас Александр Александрович канд. техн. наук, доцент*

### **АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ KUKA YOUNOT С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПОДХОДОМ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ КИНЕМАТИКИ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

**Аннотация:** Содержание работы посвящено разработке алгоритма решения обратной кинематики мобильного манипулятора KUKA youBot, учитывающего физические ограничения шарнира и исключающего проблему избыточности для задачи управления с 6 параметрами степеней свободы. Предложенный алгоритм обеспечивает новый подход, основанный на геометрических методах, для решения проблемы избыточности без использования дополнительных параметров.

**Ключевые слова:** обратная кинематика, управление, манипулятор, KUKA youBot, геометрический подход

#### **Введение**

Мобильные манипуляторы всегда привлекают повышенное внимание благодаря своей гибкости и возможности применения в различных задачах, вклю-

чая промышленность, образование, исследования и повседневную жизнь. KUKA youBot является ярким представителем таких платформ [1, 2].

Для управления манипулятором задача обратной кинематики является критически важной [3]. Однако, чтобы обеспечить мобильность, эти платформы не оснащаются мощными процессорами, так как это снижает их энергоэффективность. Поэтому использование вычислений на основе матричных методов для решения задачи обратной кинематики, аналогично стационарным системам, является нецелесообразным.

В настоящее время широко применяется аналитический метод, поскольку он позволяет получать результаты быстро и с высокой точностью. Однако мобильные платформы, такие как KUKA youBot, предоставляют 8 степеней свободы [4] (3 степени свободы от базы и 5 степеней свободы от манипулятора), что избыточно для задач, описываемых целевыми параметрами 6 степеней свободы. В работе [5] был предложен метод, включающий три дополнительных параметра для устранения этой избыточности. Однако использование дополнительных трех регулируемых параметров не является оптимальным для автономных задач.

Цель данной работы – разработка простого вычислительного алгоритма, основанного на геометрическом подходе, для решения задачи обратной кинематики манипулятора KUKA youBot с учетом устранения избыточности и физических ограничений суставов.

**Входные данные задачи:**

Начальное положение и ориентация базы:  $X_B, Y_B, \Theta$ ;

Начальное положение суставов  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5$ ;

Целевая конфигурация (6-DOF):  $X_{цель}, Y_{цель}, Z_{цель}, \alpha, \beta, \gamma$ ;

где  $\alpha$  – угол вращения рабочего органа (end-effector) вокруг оси, направленной к цели,  $\beta$  – угол наклона рабочего органа в вертикальной плоскости, проходящей через цель;  $\gamma$  угол наклона рабочего органа в горизонтальной плоскости.

Параметры платформы:

– длина суставного сегмента:  $l_1, l_2, l_3, l_4$

– пределы суставов:  $q_1^{\min}, q_1^{\max}, q_2^{\min}, q_2^{\max}, q_3^{\min}, q_3^{\max}, q_4^{\min}, q_4^{\max}, q_5^{\min}, q_5^{\max}$ .

**Этапы решения:**

1. Проверка входных данных: если  $Z_{цель} > l_2 + l_3 + l_4$ , то решение не существует

2. Определить угол поворота первого сустава  $q_1$ :

$$q_1 = \gamma - \Theta$$

Если  $q_1 > q_1^{\max}$  то  $q_1 = q_1^{\max}$ , а если  $q_1 < q_1^{\min}$  то  $q_1 = q_1^{\min}$ .

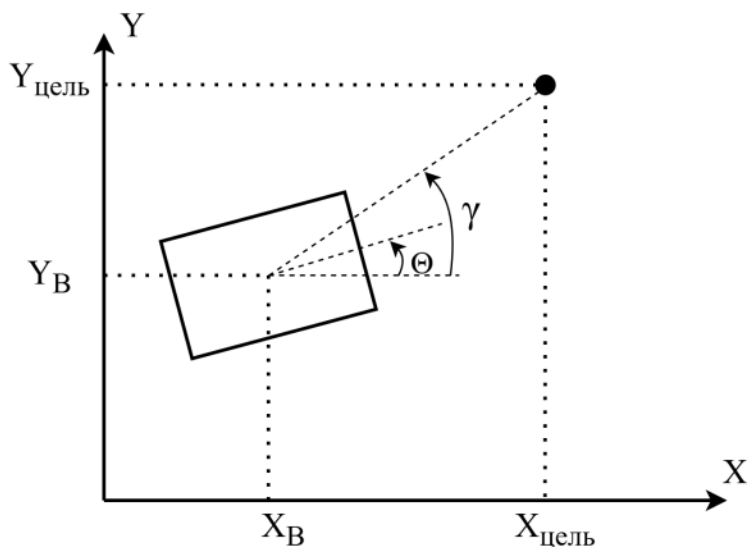


Рис. 1. Положения базы и цели на плоскости XY (глобальной)

3. Визуализировать проблему определения углов поворота 2, 3 и 4-го суставов  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$ :

Вычисление углов  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  можно упростить, рассматривая проекцию в двумерной плоскости xz, которая вращается вместе с углом  $q_1$  и всегда содержит суставы 2, 3 и 4. Для удобства расчет считается, что начало координат x начинается с соединения 4.

Желаемое положение сустава 4 определяется исходя из целевой конфигурации:

$$x_4 = 0$$

$$z_4 = Z_{цель} - l_4 \times \sin(\beta) - h_{base} - d_1$$

Если  $z_4 > l_2 + l_3$  то решение не существует.

Положение корня манипулятора проецируется на эту плоскость и имеет координату  $(x_{root}; 0)$ .

Из желаемого положения сустава 4 возможные положения сустава 3 образуют дугу радиусом  $l_3$  с центром в суставе 4. Аналогично, возможные положения сустава 3 относительно базы образуют дугу радиусом  $l_2$  с центром в суставе 2.

Таким образом, определение положения сустава 3, удовлетворяющего условиям  $q_2$  и  $q_4$  сводится к поиску пересечения двух окружностей. Центр второй окружности может смещаться вдоль оси x (соответствует перемещению базы).

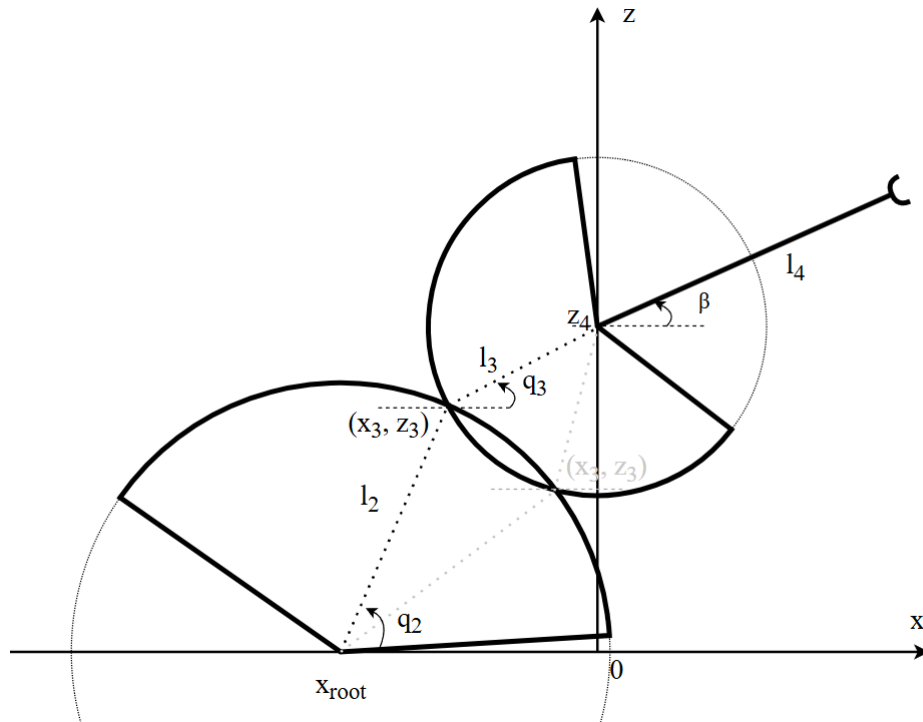


Рис. 2. Пример пересечения двух окружностей с центром в суставе 2 и 4 в плоскости  $xz$

#### 4. Определить углы поворота 2, 3 и 4-го суставов $q_2$ , $q_3$ , $q_4$ :

Чтобы появилось пересечение двух окружностей, координата  $z$  сустава 3 должна удовлетворять следующим условиям:

$$z_3 \in [z_3^{q_2_{\min}}; z_3^{q_2_{\max}}] \cap [z_3^{q_4_{\min}}; z_3^{q_4_{\max}}]$$

где  $[z_3^{q_2_{\min}}; z_3^{q_2_{\max}}]$  - совокупность значений  $z_3$ , рассчитанный по положению сустава 2;  $[z_3^{q_4_{\min}}; z_3^{q_4_{\max}}]$  - совокупность значений  $z_3$ , рассчитанный по положению сустава 4. Если пересечение двух совокупностей пусто, решения нет.

Для значений границы  $z_3$  определяют соответствующие значения координаты  $x_3$ .

Если не существует пересечение двух окружностей, базе манипулятора необходимо перемещаться на соответствующее расстояние так, чтобы граничные точки интервала  $z_3$  совпадали по  $x_3$ .

Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет найдена точка пересечения, удовлетворяющая условию  $q_3$ , или пока не останется пар точек пересечения.

Если пересечение определено  $(x_3; z_3)$ :

$$q_2 = \arccos(x_3 \div l_2)$$

$$q_4 = \beta - \arctan((z_4 - z_3) \div (x_4 - x_3))$$

$$q_3 = \arctan((z_4 - z_3) \div (x_4 - x_3)) - q_2$$

При наличии двух точек пересечения, удовлетворяющие условию  $q_3$ , выбирается местоположение ближе к начальному значению углов соединения.

5. Определить угол поворота 5-го сустава  $q_5$ :

Согласно конфигурации KUKA youBot, при входных условиях угол  $q_5$  влияет только на угол  $\alpha$ , а угол  $\alpha$  регулируется только с помощью  $q_5$ . Имеем:

$$q_5 = \alpha$$

Если  $q_5 > q_5^{\max}$  то  $q_5 = q_5^{\max}$ , а если  $q_5 < q_5^{\min}$  то  $q_5 = q_5^{\min}$ .

6. Новые координаты базы

$$\Theta = \gamma - q_1$$

$$X_B = X_{\text{цел}} - (l_4 \times \cos(\beta) - x_{\text{root}}) \times \cos(\gamma)$$

$$Y_B = Y_{\text{цел}} - (l_4 \times \cos(\beta) - x_{\text{root}}) \times \sin(\gamma)$$

### Результат тестирования

Тестирование алгоритма была проведено с помощью пакета Simscape в MATLAB Simulink. Упрощенная модель KUKA youBot была создана для запуска алгоритма.

Входные данные состоят из ряда значений целевого положения и ориентации конечного эффектора, которые вводятся последовательно в течение определенного периода времени.

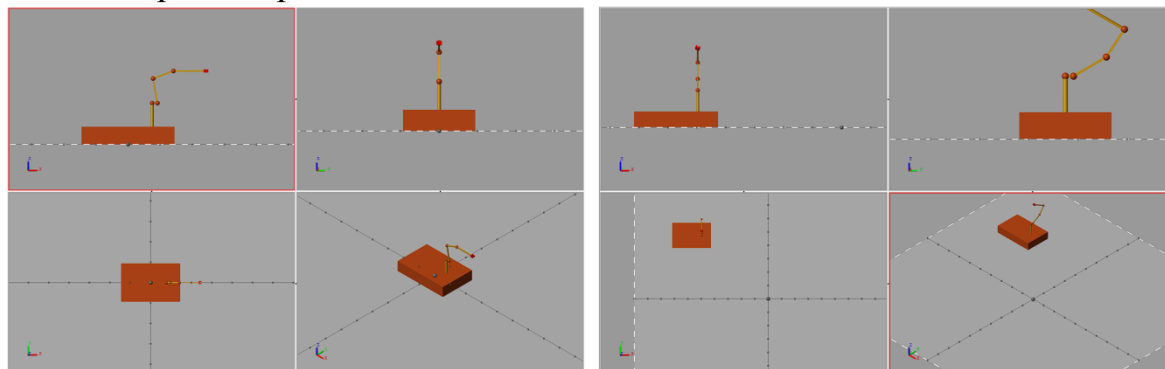


Рис. 3. Результатные позы манипулятора для целей  $\{0, 5; 0; 0, 2; 0^\circ; 0^\circ; 0^\circ\}$  и  $\{-1; 1; 0, 3; 180^\circ; 150^\circ; 90^\circ\}$

### Заключение

На основе геометрического подхода разработан алгоритм решения обратной кинематики манипулятора KUKA youBot. Предложенный алгоритм решает проблему избыточности, когда у робота больше степеней свободы, чем у задачи управления, без использования дополнительных параметров. Результаты тестирования соответствуют изначально поставленным целям.

### Список литературы

1. Bischoff R., Prassler E., Huggenberger U. KUKA youBot – A Mobile Manipulator for Research and Education // Proc. of the IEEE International Conference on Robotic and Automation. – 2011.
2. Adamov B. I, Saipulaev G. R. Research on the Dynamics of an Omnidirectional Platform Taking into Account Real Design of Mecanum Wheels (as Exemplified by KUKA youBot) // Russian Journal of Nonlinear Dynamics. – 2020. – Vol. 16. – N. 2. – P. 291–307. – DOI: /10.20537/nd200205
3. Kalasariya M., Patel V., Thakkar A. Comparative Study of Iterative Inverse Kinematics Methods for Serial Manipulator // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2018. – Vol 7. – P. 1-5.
4. Di Napoli G., Filippeschi A., Tanzini M., Avizzano C.A. A novel control strategy for youBot arm // ECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – 2016. – P. 482-487.
5. Sharma S., Kraetzchmar G. K., Scheurer C., Bischoff R. Unified Closed Form Inverse Kinematics for the KUKA youBot// ROBOTIK 2012; 7th German Conference on Robotics. – 2012. – P. 1-6.

*Пань Мэнхуа (Китай), Чжан Цинжун (Китай), Ли Хаонань (Китай)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Клименов Василий Александрович, д. т. н, профессор*

### **КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СПЛАВА Cu-13Al-3Fe С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ В РАСТВОРЕ 3,5 % NaCl**

**Аннотация:** В данной работе рассмотрена коррозионная стойкость сплава Cu-13Al-3Fe с градиентной структурой в растворе 3,5 % NaCl. Описан метод потери веса и метод потенциодинамической поляризационной кривой для проверки коррозионной стойкости сплавов. Результаты, полученные двумя методами, были согласованы. Сделан вывод о том, что коррозионная стойкость сплава, полученного методом электронно-лучевой плавки, обусловлена пассивирующей пленкой, образующейся на его поверхности.

**Ключевые слова:** коррозионная стойкость, 3,5 % NaCl, сплав Cu-13Al-3Fe, градиентная структура.

#### **Введение**

Сплавы на основе Cu-Al привлекают большое внимание исследователей, так как отличаются хорошей электропроводностью, теплопроводностью и коррозионной стойкостью. В частности, сплавы Cu-13Al-3Fe продемонстрировали



большой потенциал применения в аэрокосмической, судостроительной и других областях благодаря своему уникальному фазовому составу и превосходным механическим свойствам [1]. Однако традиционные процессы литья могут привести к сегрегации компонентов сплава и укрупнению зерен, тем самым усугубить локальную коррозию. Электронно-лучевая плавка (ЭЛП) – это технология обработки высокоэнергетическим лучом, которая позволяет добиться быстрого плавления и гомогенизации микроструктуры, а также, как ожидается, повысить коррозионную стойкость сплавов [2].

Проблема коррозионной стойкости сплава в хлоридсодержащих средах является одной из ключевых. 3,5 % раствор NaCl часто используется в качестве среды для моделирования содержащих хлор агрессивных сред, таких как океан. В настоящее время исследования коррозионного поведения сплава Cu-13Al-3Fe в среде хлорида натрия, все еще недостаточны. В данной работе анализируется коррозионная стойкость сплава Cu-13Al-3Fe с помощью электрохимических испытаний.

### **Основная часть**

Ранее нами было изучено печное сплавление компонентов смеси в виде лигатуры [3], в данной работе рассматривались порошковые материалы. В качестве сырья использовались металлические порошки Cu, Al и Fe чистотой 99,9 %. В процессе электронно-лучевой плавки смешанный порошок Cu-13Al-3Fe (по масс. %) загружается в тигель и расплавляется в вакууме на электронно-лучевой установке (ООО «НПК ТЭТА» 6E250) с током луча 88 мА. После охлаждения снова засыпаются металлические порошки для следующего нагрева и плавления. Этот процесс повторяется несколько раз, и получается слиток сплава с градиентной структурой.

Перед экспериментом рабочая поверхность коррозионного образца была отполирована до 1200# металлографической наждачной бумагой, а после высыхания были измерены его площадь и масса. В коррозионном эксперименте использовался метод статического погружения. Коррозионной средой служил раствор 3,5 % NaCl, приготовленный с использованием дистиллированной воды в качестве растворителя. Температура эксперимента составляла 20 °C, а продолжительность эксперимента – 56 дней. Образцы взвешивались каждые 7 дней, а экспериментальные данные представляли собой среднее значение результатов трех образцов. Поляризационные кривые сплава в 3,5 % NaCl (масс. %) снимали с помощью электрохимической рабочей станции (потенциостат/гальваностат CS310, CorrTest Instruments, Chinese). Вспомогательным электродом служил платиновый электродный диск, электродом сравнения – насыщенный хлорид серебра, сканирующий потенциал составлял -0,3 – 0,3 В, скорость сканирования – 10 мВ/с.

На рисунке 1 представлена потенциодинамическая поляризационная кривая сплава Cu-13Al-3Fe в растворе 3,5 % NaCl. Из рисунка 1 видно, что общие

формы поляризационных кривых верхней и нижней частей сплава не сильно отличаются, но обе имеют явные зоны пассивации, что свидетельствует о возможности образования на поверхности сплава пассивирующей пленки, препятствующей дальнейшему развитию коррозии.

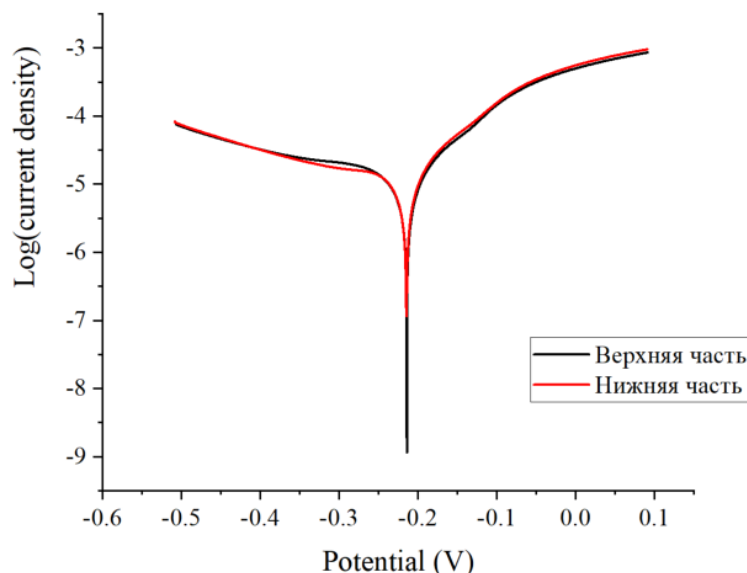


Рис. 1. Потенциодинамические поляризационные кривые верхней и нижней частей сплава Cu-13Al-3Fe в растворе 3,5 % NaCl

Потенциал самокоррозии  $E_0$  и плотность тока коррозии  $i_0$  сплава в агрессивной среде можно получить из поляризационной кривой, скорость коррозии сплава можно рассчитать по формуле 1, результаты приведены в таблице 1.

$$\mu \left( \frac{\text{mm}}{\text{a}} \right) = \frac{I_{\text{corr}} \times E_q \times 10 \times 365 \times 24 \times 3600}{\rho \times F}, \quad (1)$$

где

- $\mu$  – скорость коррозии, mm/a;
- $I_{\text{corr}}$  – коррозионный ток, A/cm<sup>2</sup>;
- $E_q$  – химический эквивалент, g/mol;
- $\rho$  – плотность образца, g/cm<sup>3</sup>;
- $F$  – постоянная Фарадея, C/mol.

Таблица 1

*Подгоночные параметры верхней и нижней частей сплава Cu-13Al-3Fe  
в растворе 3,5 % NaCl*

| Подгоночные<br>параметры<br>Части<br>сплава | Потенциал<br>анодной<br>реакции $\text{ba}$ ,<br>mV | Потенциал<br>катодной<br>реакции $\text{bc}$ ,<br>mV | Плотность<br>тока кор-<br>розии $i_0$ ,<br>A/cm <sup>2</sup> | Потенциал<br>коррозии<br>$E_0$ , mV | Скорость<br>коррозии<br>$\mu_{\text{corr}}$ ,<br>mm/a |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Верхняя часть                               | 506,5                                               | 7018,9                                               | 0,00008                                                      | -215,69                             | 0,89915                                               |
| Нижняя часть                                | 309,1                                               | 10989,4                                              | 0,00003                                                      | -214,50                             | 0,36463                                               |

В таблице 1 показано, что потенциалы самокоррозии различных частей очень близки и выше, чем у традиционных литых сплавов алюминиевой бронзы [4], потенциал коррозии отражает трудность или легкость возникновения коррозии, это указывает на то, что время, когда каждая часть сплава Cu-13Al-3Fe начинает корродировать, близко. Чем больше плотность тока коррозии, тем выше скорость коррозии, которая отражает общую активность электрохимической реакции. Скорость коррозии верхней части сплава (0,8992 мм/год) значительно больше, чем нижней части (0,3646 мм/год).

На рисунке 2 показана скорость потери веса различных частей сплава Cu-13Al-3Fe в растворе 3,5 % NaCl при 20 °C, которая представляет собой величину потери из-за коррозии за тот же период времени. Из рисунка 2 видно, что скорость коррозии верхней части сплава значительно выше, чем нижней, что согласуется с результатами потенциодинамической поляризационной кривой.

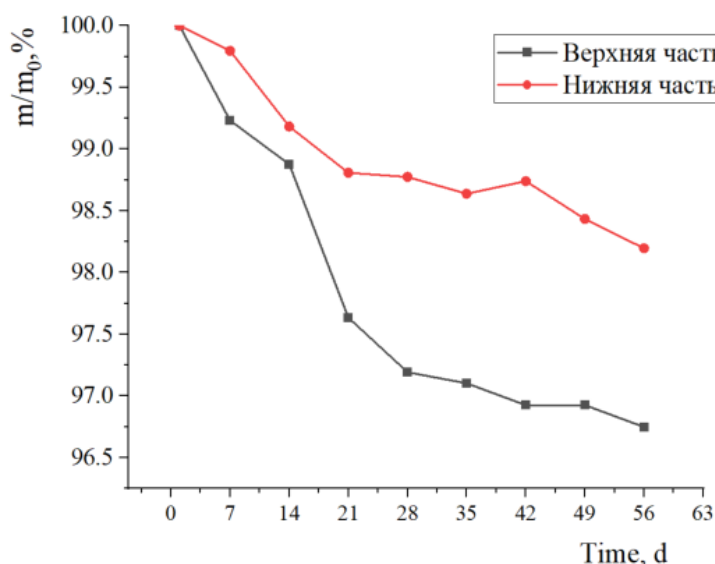


*Рис. 2. Кривая потери веса верхней и нижней частей сплава Cu-13Al-3Fe  
в растворе 3,5 % NaCl при 20 °C*

### **Заключение**

Сплав Cu-13Al-3Fe, полученный методом электронно-лучевой плавки, обладает определенной коррозионной стойкостью в 3,5 % растворе NaCl, причем его коррозионная стойкость в основном обусловлена пассивирующей пленкой, образующейся на его поверхности. Однако на поверхности сплава все еще сохраняется определенная степень коррозии, и будущие исследования могут помочь дополнительно оптимизировать состав сплава и процесс его приготовления для повышения его коррозионной стойкости в хлорсодержащих средах.

### **Список литературы**

1. Yu H., Dong S., Huang G. Corrosion behavior of Al-Bronze in 3,5 % NaCl solution / // Journal of Chinese Society for Corrosion and protection. – 2003. – Vol. 23. – P. 345–349.
2. Bai Y., Gai X., Li S., et al Improved corrosion behaviour of electron beam melted Ti-6Al-4V alloy in phosphate buffered saline // Corrosion Science. – 2017. – № 123. – P. 289–296.
3. Пань М., Клопотов А.А., Утьев О.М., Моторин М.П. и др. Изготовление сплавов с памятью формы Cu-Al-Fe методом традиционного сплавления и литья и методом электронно-лучевой плавки // Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии: тезисы докладов Международной конференции. – Томск, 2024. – С. 512–514.
4. Yan G., Dai A., Niu W., Chen H., Zhu K. Corrosion resistance of novel high Al-bronze alloy Cu-12Al-X in NaCl solution // Special Casting & Nonferrous Alloys. – 2014. – Vol. 34. – P. 416–419.

*Сунь Чан (Китай), Брылев О.А. (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Филипас А. А., ИШИТР, кандидат технических наук, доцент*

### **НАВИГАЦИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ**

#### **Аннотация**

В данном исследовании для решения проблемы проскальзывания колесных мобильных роботов в сложной наземной среде предлагается метод обнаружения и компенсации проскальзывания в реальном времени на основе мониторинга тока двигателя. Посредством создания линейной модели коэффициента тока-

проскальзывания в сочетании с трехэтапной экспериментальной проверкой (сбор данных, моделирование параметров и алгоритм компенсации) выявлен закон влияния различных материалов пола (пластик/ковролин/столешница) на характеристики проскальзывания. Экспериментальные результаты показывают, что разработанный алгоритм компенсации с подачей момента вперед позволяет значительно уменьшить смещение траектории.

**Ключевые слова:** мобильный робот; обнаружение проскальзывания; обнаружение трения; мониторинг тока; определение траектории.

### **Введение**

Мобильные роботы подвержены явлению проскальзывания колес на сложных грунтах (лед, песок, неровное дорожное покрытие), что приводит к смещению траектории и ошибкам позиционирования. Традиционным навигационным системам сложно эффективно реагировать на динамические изменения коэффициента трения, поэтому необходимо разработать методы обнаружения проскальзывания в реальном времени.

### **Основные методы**

#### **1. Модель обнаружения проскальзывания**

Установить линейную зависимость между током и коэффициентом проскальзывания:  $S = k \cdot I + b$

- Определение состояния проскальзывания по изменению тока двигателя (резкое увеличение тока отражает изменение нагрузки).
- Измерение теоретической скорости с помощью энкодера и получение фактического перемещения с помощью системы технического зрения.

#### **2. Стадия эксперимента**

- Сбор данных: запись данных тока, гироскопа и акселерометра на трех поверхностях: пластик/коврик/столешница.
- Моделирование параметров: построение характеристических кривых «коэффициент проскальзывания – ток» для различных поверхностей.

### **Исследование проскальзывания в мобильных роботах**

Исследователи разработали метод классификации типов поверхности для планетоходов, основанный на анализе вибраций, возникающих при взаимодействии колес с грунтом. В работе «Vibration-Based Terrain Classification for Planetary Exploration Rovers» описан подход, при котором вибрации, регистрируемые акселерометром на корпусе робота во время движения, используются для распознавания типов поверхности, таких как песок, гравий или глина. В статье подробно описаны методы оценки и компенсации проскальзывания колес транспортных средств на планетах: на рисунке 1 показана классификация методов оценки проскальзывания, разработанная группой робототехников. Их классификация определялась путем вычисления скорости робота или считывания показаний датчиков: [1]

## Исследование проскальзывания и компенсации в мобильных роботах.

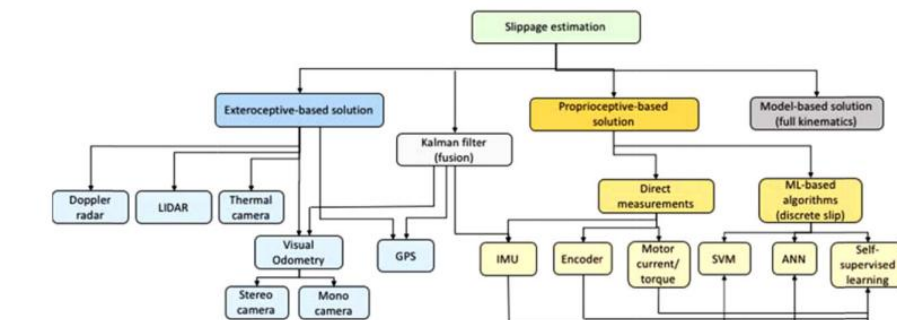


FIGURE 3 Most common slippage estimation approaches in the context of planetary exploration rovers

Рис. 1. Метод оценки проскальзывания

Как показано на рисунке 1, в широком смысле методы оценки проскальзывания можно разделить на две категории. С одной стороны, решения на основе проприоцептивных датчиков оценивают скольжение только тогда, когда робот действительно пересекает конкретную местность, и такой подход может быть связан с высоким риском захвата транспортного средства. Тем не менее, это наиболее точные методы оценки проскальзывания. С другой стороны, решения на основе экстероцептивных датчиков могут предсказать проскальзывание на местности до определенного расстояния перед роботом. Однако, поскольку многие из этих методов используют камеры, их оценки основаны только на верхней поверхности рельефа (текстуре). [2]

### Эксперимент и результат

Длина и ширина стола составляют 2,2 м\*2,2 м соответственно, что является достаточным пространством для обеспечения движения мобильного робота.

Платформа с регулируемым коэффициентом трения была установлена с различными материалами покрытия (пластик, ковер) для имитации различных условий грунта.

А сверху была установлена камера, которая считывала фактическую скорость движения робота и его фактические координаты на столе для последующего расчета полученных параметров.

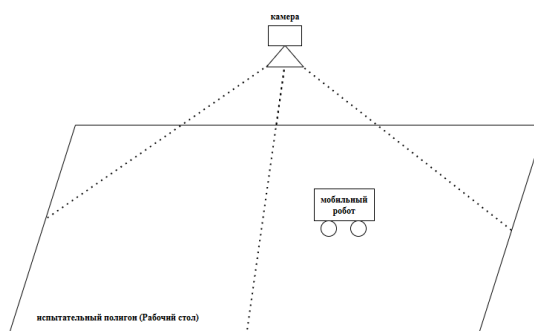


Рис. 2. Экспериментальная установка сцены

Для проведения эксперимента траектория движения мобильного робота задаётся в виде замкнутого контура квадратной формы с длиной стороны 50 см. Фактические значения скорости и положения робота определяются с использованием видеосъёмки и последующей обработки данных с камеры. Одновременно с этим, в процессе выполнения управляющего кода вычисляются теоретические значения скорости и координат. На основе сравнения фактических и теоретических параметров производится расчёт коэффициентов проскальзывания, которые далее используются для анализа характеристик движения мобильного робота по различным типам поверхности.

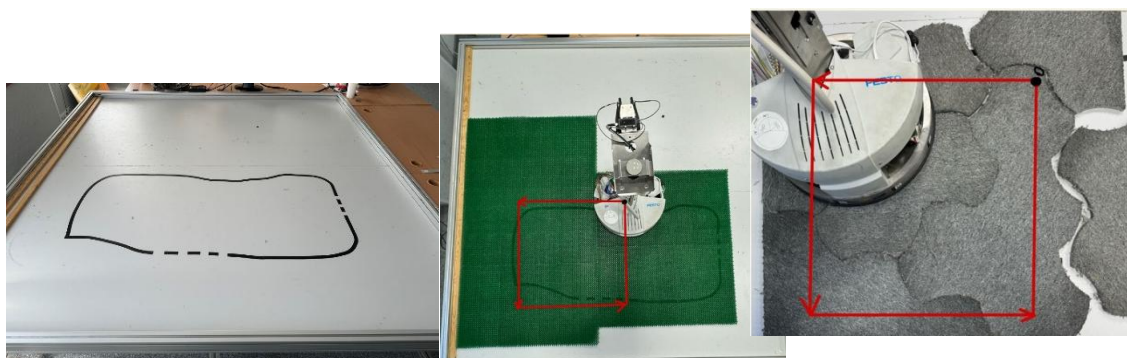


Рис. 3. Движение робота по поверхностям с различным трением

Разработка программы для сбора данных с мобильного робота Robotino

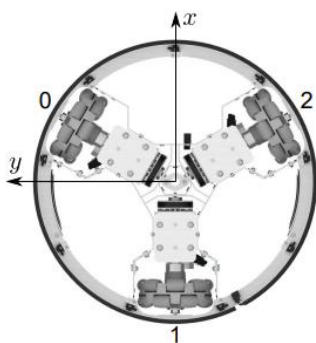


Рис. 4. Система координат робота Robotino V4

Основной задачей данного исследования является обнаружение явления проскальзывания (проскальзывания колес) мобильного робота, препятствующего его движению по заданному маршруту.

Обнаружение проскальзывания мобильных роботов. Это обнаружение достигается путем считывания данных с датчика тока. Отношение эффективной угловой скорости от колеса ( $\omega_{eff}$ ) к угловой скорости колеса, полученной от энкодера ( $\omega_{act}$ ), задается как коэффициент проскальзывания

Установите коэффициент проскальзывания ( $S$ ):

$$S = 1 - \frac{\omega_{eff}}{\omega_{act}}$$

$$\begin{pmatrix} \omega_{eff1} \\ \omega_{eff2} \\ \omega_{eff3} \end{pmatrix} = \frac{60 * K_{red}}{2\pi * R} = \begin{pmatrix} -\sin(\frac{\pi}{3}) & \cos(\frac{\pi}{3}) & L \\ -\sin(\pi) & \cos(\pi) & L \\ -\sin(\frac{5\pi}{3}) & \cos(\frac{5\pi}{3}) & L \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \frac{\Delta X}{\Delta t} \\ \frac{\Delta Y}{\Delta t} \\ \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \end{pmatrix}$$

где L – расстояние между центром робота и колесом (125 мм); R – половина колеса (40 мм); k – передаточное число (16) [2].

Получение на выходе функции обратной кинематики значения задаются целевыми для каждого из колес функциями `motor.setSpeedSetPoint`.

Далее действительные значения скоростей вращения колес робота, считанные энкодерами подаются на вход функции прямой кинематики `forward_kinematics`. Матрица прямой кинематики была получена в численном виде как обратная матрица обратной кинематики, и выглядит следующим образом:

$$K^{-1} = \begin{pmatrix} -0.577 & 0 & 0.577 \\ 0.333 & -0.667 & 0.333 \\ 2.667 & 2.667 & 2.667 \end{pmatrix}$$

Наконец, рассчитанные таким образом скорости центра робота интегрировались для получения текущих координат.

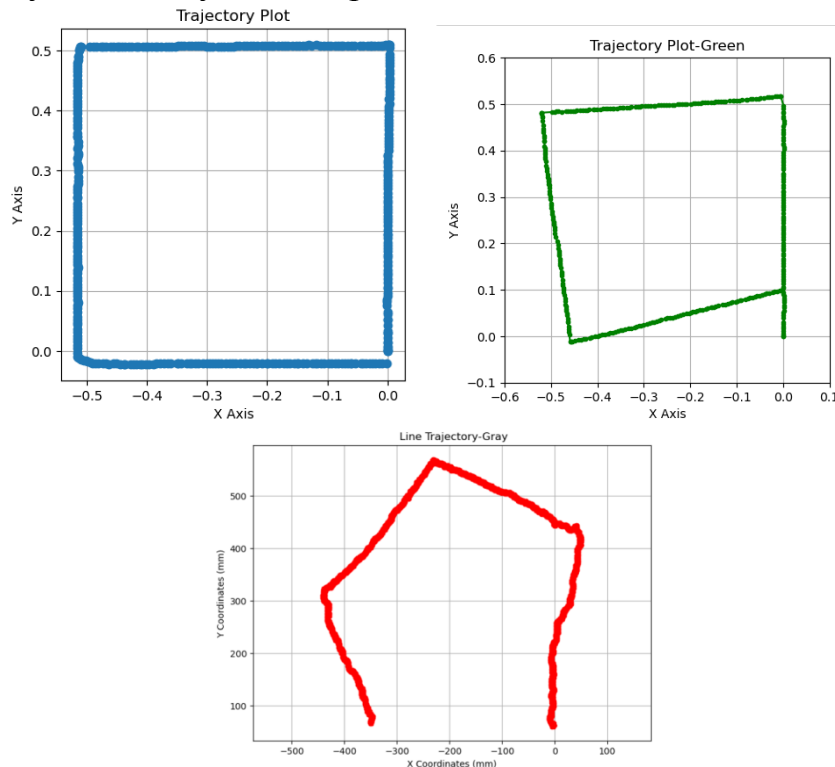


Рис. 5. Фактическая траектория движения робота



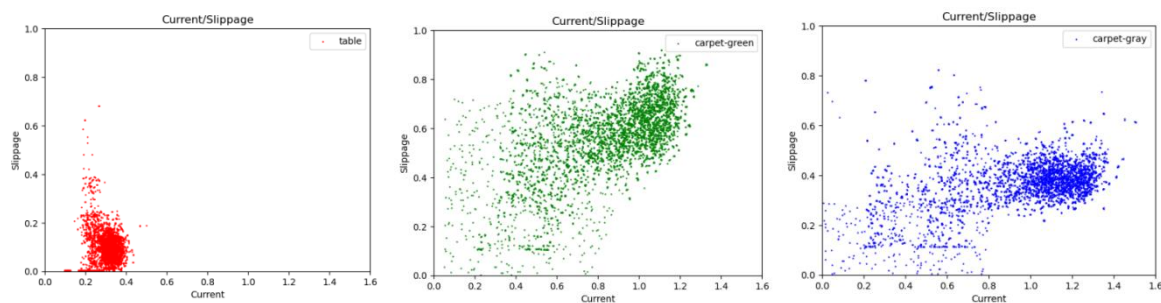


Рис. 6. Коэффициент проскальзывания в зависимости от тока

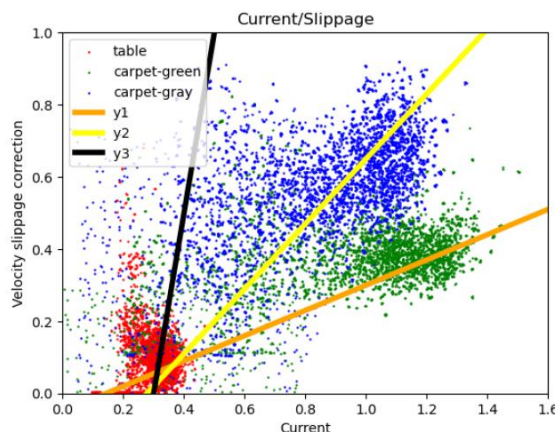


Рис. 7. Линейная зависимость между коэффициентом проскальзывания и током

Линейная зависимость между силой тока и коэффициентом проскальзывания робота была определена с помощью метода дихотомии, а масштабные коэффициенты  $k_1, k_2, k_3$ , для коррекции проскальзывания были получены путем суммирования трех кинематических диаграмм мобильного робота на различных поверхностях:

$$\begin{cases} S_1 = k_1 * I + b_1 \\ S_2 = k_2 * I + b_2 \\ S_3 = k_3 * I + b_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_1 = 0.34 \\ k_2 = 0.91 \\ k_3 = 5.67 \end{cases}$$

Масштабный коэффициент коррекции проскальзывания  $k$  может помочь системе более точно оценить фактическое перемещение или скорость, тем самым уменьшая ошибки расчета положения или скорости из-за проскальзывания. Регулируя масштабный коэффициент для коррекции проскальзывания, мы также можем более эффективно контролировать стабильность и отзывчивость устройства на поверхностях с низким коэффициентом трения.

Кривая на рисунке 7 может быть аппроксимирована линейным уравнением без потери точности. Эта аппроксимация упрощает методы оценки параметров в реальном времени, представленные в следующем разделе. Пересечение линии  $y_1, y_2, y_3$  с осью  $I$  имеет большое физическое значение: оно представляет собой начало проскальзывания колеса.

Мы обозначим ток двигателя, связанный с этой точкой  $I_{slip}$ , а наклон линейной аппроксимации назовем масштабным коэффициентом для коррекции проскальзывания,  $\xi$ . Полное уравнение, определяющее условия проскальзывания для робота, теперь можно записать следующим образом:

$$S_c = \begin{cases} \xi * (1 - I_{slip}), & I > I_{slip} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где  $\xi$  – масштабный коэффициент для поправки на проскальзывание, а  $I_{slip}$  – начало проскальзывания колеса.[3]

Преимущество упрощенной модели в том, что она полностью определяется двумя константами, а также в том, что ее легко реализовать в программном обеспечении и она не требует больших вычислительных затрат. Эта модель закладывает основу для дальнейшей интеграции физических моделей и методов на основе данных в будущем с целью создания нового поколения систем компенсации роботов, которые будут одновременно надежными, адаптивными и безопасными.

### **Заключение**

В данной работе успешно установлена количественная зависимость между коэффициентом проскальзывания и током двигателя. Благодаря точным экспериментальным измерениям исследование показало, что изменение тока двигателя тесно связано со степенью проскальзывания колес робота. Отслеживая значения тока в реальном времени, можно точно предсказать коэффициент проскальзывания, то есть фактическое трение и состояние проскальзывания колес при контакте с землей. Этот вывод особенно важен для улучшения адаптации роботов на различных поверхностях, особенно когда грунтовые условия сложны или нестабильны, например, скользкие, рыхлые или неровные поверхности. Взаимосвязь между током и коэффициентом проскальзывания позволяет системе управления корректировать стратегию движения робота на основе показаний тока, чтобы максимизировать тягу и устойчивость и избежать отклонения траектории из-за проскальзывания.

### **Список литературы**

1. Christopher A. Vibration-based terrain classification for planetary exploration rovers / A. Christopher, C. Brooks, K. Iagnemma // IEEE Transactions on Robotics. – 2005. – Vol. 21, № 6. – P. 1185-1191.
2. Gonzalez R. Slippage estimation and compensation for planetary exploration rovers. State of the art and future challenges / R. Gonzalez, K. Iagnemma. – DOI 10.1002/rob.21761 // Journal of Field Robotics. – 2018. – Vol. 35. – № 4. – P. 564-577.

3. Система обнаружения и компенсации скольжения для мобильного робота в гетерогенной среде / Беляев А.С., Брылев О.А., Иванов Е.А. // IFAC Papers Online 54-13. – 2021. – № 339-344.
4. Lunar Roving Vehicle: Wikipedia. – URL: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lunar\\_Roving\\_Vehicle&oldid=1156844486#cite\\_note-1](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lunar_Roving_Vehicle&oldid=1156844486#cite_note-1).

*Сяо Цяньцян (Китай)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Курганов Василий Васильевич, к.т.н., доцент*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СИМОЮ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕПЛОВОГО ОБЪЕКТА**

### **Аннотация:**

В работе проведено сравнение методов идентификации теплового объекта: метода Симою и графического метода касательной. Исследование выполнено на базе эмулятора печи ЭП10 компании Овен. Результаты показали, что графический метод менее трудоемок и обеспечивает сопоставимую точность. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации лабораторных работ и промышленных приложений.

**Ключевые слова:** метод Симою, метод касательных, идентификация, тепловой объект, передаточная функция.

### **Введение**

Современные промышленные процессы требуют точного управления, что невозможно без корректной идентификации объектов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью выбора оптимального метода идентификации для объектов с запаздыванием, таких как тепловые системы. Цель работы — сравнить точность и трудоемкость метода Симою и графического метода касательной при идентификации теплового объекта. В работе решены следующие задачи:

1. Теоретический анализ методов идентификации.
2. Экспериментальное сравнение методов на модельном и реальном объектах.
3. Разработка рекомендаций по применению методов.

## Основная часть

### 1. Объект исследования:

Эмулятор печи ЭП10 (компания Овен) с передаточной функцией:

$$W_0(S) = \frac{k}{T_s + 1} e^{-\tau S} \quad (1)$$

где

$k$  – коэффициент усиления,

$T$  – постоянная времени апериодического звена;

$\tau$  – время запаздывания.

### 2. 1 Идентификация модельного объекта методом касательной

Идентификация времени запаздывания  $\tau$  не представляет особых проблем, поэтому примем  $\tau=0$ . Постоянную времени апериодического звена  $T=10$ . На рисунке 1 представлена переходная характеристика такого звена. На этом же рисунке представлен способ определения постоянной времени объекта с помощью касательной к кривой переходного процесса из точки с координатами (0; 0). Результат построения даёт  $T=10$ .

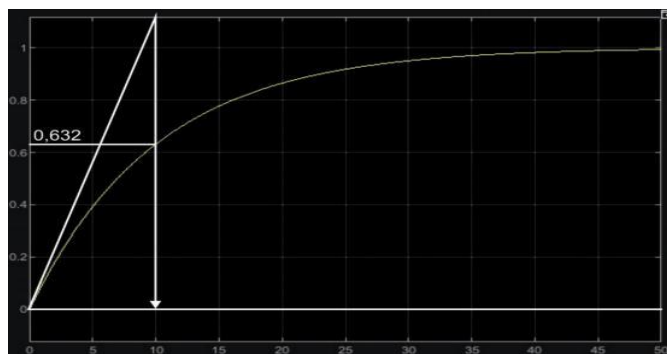


Рис. 1. Определение  $T$  объекта методом касательной

### 2.2 Идентификация модельного объекта методом Симою

На рисунке 2 представлена графическая интерпретация метода площадей Симою для определения постоянной времени апериодического звена первого порядка.

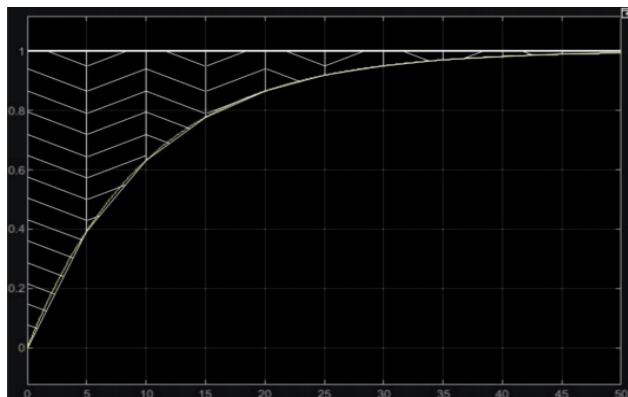


Рис. 2. Определение  $T$  объекта методом Симою

Для вычисления постоянной времени апериодического звена методом Симю заполним таблицу 1.

Таблица 1

*Метод площадей Симю*

| i  | $t_i$ | $y_i$ | $z_i = 1 - \frac{y_i}{y_\infty}$ |
|----|-------|-------|----------------------------------|
| 0  | 0     | 0     | 1                                |
| 1  | 5     | 0,391 | 0,609                            |
| 2  | 10    | 0,631 | 0,369                            |
| 3  | 15    | 0,779 | 0,221                            |
| 4  | 20    | 0,865 | 0,135                            |
| 5  | 25    | 0,920 | 0,080                            |
| 6  | 30    | 0,949 | 0,051                            |
| 7  | 35    | 0,971 | 0,029                            |
| 8  | 40    | 0,978 | 0,022                            |
| 9  | 45    | 0,991 | 0,009                            |
| 10 | 50    | 0,994 | 0,006                            |

По (1) определим  $S_1$  численно равную  $T$ .  $T=10,15$ .

### 2.3 Идентификация модельного объекта графический метод

$$W(p) = \frac{1}{10p + 1} \quad (2)$$

Необходимо определить параметры  $T$  и  $k$ .

Рассмотрим несколько методов их определения.

При заданный начальных условиях найдем аналитическое решение, где будут  $T$  и  $k$ , и получим параметры аналитического выражения решения, для начальных условий  $y=0$  при  $t=0$  и  $x=a$  при  $t>0$ , в общем виде выражение выглядеть будет таким образом:

$$y(t) = k \cdot a \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (3)$$

При  $t \rightarrow \infty$ ,  $y(t) = k \cdot a$ , то есть через ординату асимптоты (ордината асимптоты  $b = k \cdot a$ ) можно определить  $k$ . Коэффициент  $k$  представляет собой соотношение между установившейся величиной выходного сигнала системы и амплитуды входного сигнала:

$$y(t) = b \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}) = b \cdot (1 - e^{-1}) = b \cdot (1 - 0.37) = 0.63 \cdot b$$

$y(t) = 0.63$

Отсюда можно утверждать, что постоянная времени  $T$  системы первого порядка равна отрезку времени, за которое переходная функция достигает 63 % своей установившейся величины. Отметив на графике 63 % установившейся

величины переходного процесса, определяем абсциссу этой точки (параметр T);

$$(1 - e^{-\frac{t}{T}}) = 0.63$$

Когда  $y=0.63$ ,  $t=10$ ,  $T=10.06$

Сравните графические метод и метод Симою

$$\eta_1 = (S - 10) \div 10 \times 100 \% = 1.06 \%$$

$$\eta_2 = (10.06 - 10) \div 10 = 0.6 \%$$

$$\eta_1 = 1.06 \% > \eta_2 = 0.6 \%$$

## 2.4 Метода Симою для идентификация теплового объекта

Реальная переходная характеристика объекта.

Найди постоянную времени и время запаздывания

$$W_o(s) = \frac{k}{Ts + 1} e^{-\tau s},$$

Начальное значение температуры 25,4 град

Конечное 171,4 град

$$k_u = \frac{171,4 - 25,4}{220} = 0,663$$

Коэффициент усиления

### 2.4.1 Идентификация модельного объекта методом касательной

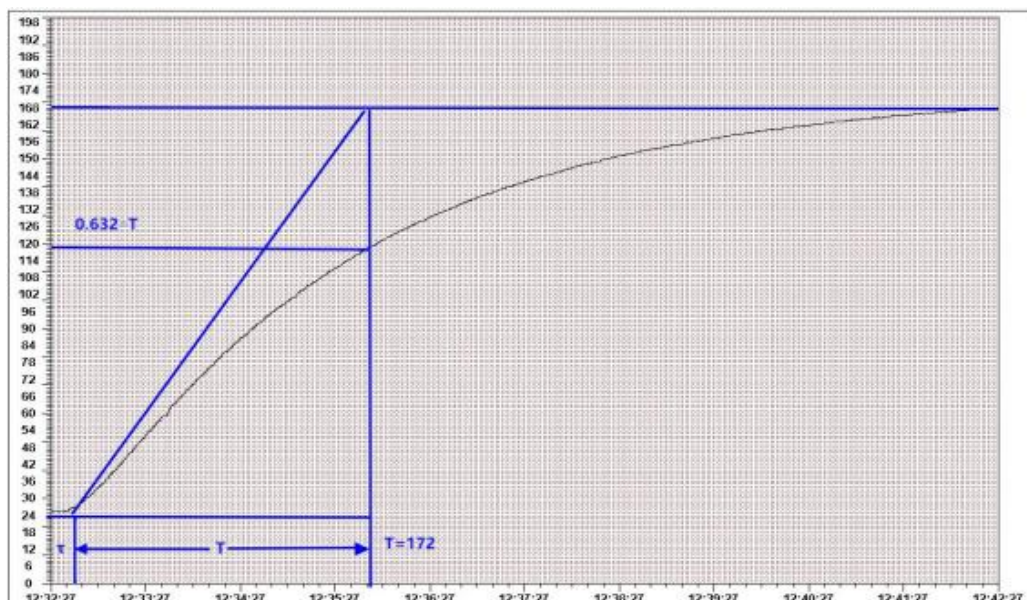


Рис. 3. Определение  $T$  и  $\tau$  объекта методом касательной

На рисунке 3 показан переходный процесс этого канала первого порядка. На рисунке показан метод определения постоянной времени объекта по касательной



тельной к кривой перехода, начиная с точки с координатами (0, 25.4). Результат построения дает  $T = 172$ ,  $\tau = 20$ .

#### 2.4.2 Идентификация объектов тепловой объектной модели методом Симою

Представь переходную характеристику нормированной, то есть изменяющейся от 0 до 1, и решай поставленную задачу [1].

Нормализация MinMax (линейная нормализация):  $X' = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ . где  $X'$  — нормализованное значение,  $X$  — исходное значение,  $X_{\min}$  — минимальное значение,  $X_{\max}$  — максимальное значение. Этот метод преобразует данные в диапазон [0, 1].

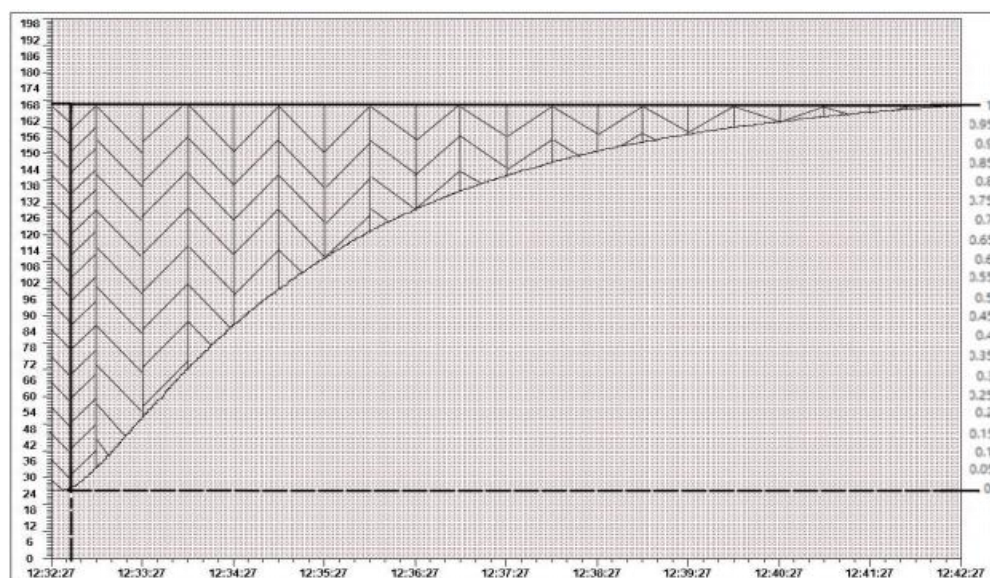


Рис. 4. Определение  $T$  объекта методом Симою

Для вычисления постоянной времени апериодического звена методом Симою заполним таблицу 2.

Таблица 2

Метод площадей Симою

| i | $t_i$ | $y_i$ | $z_i = 1 - \frac{y_i}{y_\infty}$ | $\tau_i = \frac{t_i}{F_i}$ | S      |
|---|-------|-------|----------------------------------|----------------------------|--------|
| 0 | 0     | 0     | 1                                | 20                         |        |
| 1 | 30    | 0.057 | 0.943                            |                            | 29.487 |
| 2 | 60    | 0.183 | 0.817                            |                            | 26.4   |
| 3 | 90    | 0.317 | 0.683                            |                            | 22.5   |
| 4 | 120   | 0.423 | 0.577                            |                            | 18.9   |
| 5 | 150   | 0.524 | 0.476                            |                            | 15.795 |
| 6 | 180   | 0.593 | 0.407                            |                            | 13.245 |
| 7 | 210   | 0.661 | 0.339                            |                            | 11.19  |

|    |     |       |       |  |       |
|----|-----|-------|-------|--|-------|
| 8  | 240 | 0.740 | 0.260 |  | 8.985 |
| 9  | 270 | 0.773 | 0.227 |  | 7.305 |
| 10 | 300 | 0.817 | 0.183 |  | 6.15  |
| 11 | 330 | 0.846 | 0.154 |  | 5.005 |
| 12 | 360 | 0.872 | 0.128 |  | 4.23  |
| 13 | 390 | 0.890 | 0.110 |  | 3.57  |
| 14 | 420 | 0.911 | 0.089 |  | 2.985 |
| 15 | 450 | 0.921 | 0.079 |  | 2.52  |
| 16 | 480 | 0.937 | 0.063 |  | 2.13  |
| 17 | 510 | 0.951 | 0.049 |  | 1.68  |
| 18 | 540 | 0.976 | 0.024 |  | 1.095 |
| 19 | 570 | 0.998 | 0.002 |  | 0.39  |
| 20 | 600 | 1     | 0     |  | 0.03  |

По (1) определим  $S_1$  численно равную  $T$ .

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_{20} = 183.59$$

$$T = S = 183.59 \approx 184$$

$$K = \frac{171.4 - 25.4}{220} = 0.663$$

$$W_0(s) = \frac{0.663}{184s + 1} e^{-20s}$$

### Заключение

В завершение своей бакалаврской работы я хотел бы подвести итоги проделанной работы. Математическое моделирование процесса для поиска оптимального управления реальным объектом через определенные промежутки времени, цель данной работы - сравнить различные методы идентификации, метод Симою, метод касательных и графический метод, чтобы определить лучший. Дальнейшая работа включает в себя выбор подходящего реального объекта, получение математической модели работы объекта и анализ математической модели различными методами.

Данная работа предназначена для учебного процесса, и в результате сравнения мы выяснили, что метод Симою более сложный и трудоемкий, а метод касательных более простой и результаты более точные, поэтому он будет использоваться для выполнения лабораторных работ при работе в профессиональной лаборатории.

### Список литературы

1. Ивашкин Е.А. Моделирование системы управления котельной установкой: бакалаврская работа. — Москва: Московский энергетический институт, 2021.



*Тань Хуа (Китай), Станько А.Ю. (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Станько Анна Юрьевна, к. т. н., доцент*

## **ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА НА КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ПШЕНИЦЫ**

**Аннотация:** Цель работы – определение влияния концентрации промышленных наночастиц ZnO на корнеобразование пшеницы. Показано, что добавление наночастиц ZnO со средним размером 40 нм в среду прорастания семян пшеницы приводит к изменению биометрических параметров проростков. Установлено, что при концентрации наночастиц 10 мг/л корнеобразование пшеницы стимулируется: длина 3-суточного проростка увеличивается на 20 %, но при концентрации 10 000 мг/л длина корня уменьшается на 20 % по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** наночастицы ZnO, семена пшеницы, развитие корней, концентрация.

### **Введение**

Благодаря малому размеру и повышенной реакционной способности наночастиц можно решить самые разные задачи сельского хозяйства, медицины и биотехнологий. Например, наночастицы ZnO могут повысить урожайность тысячелистника и защитить от червей [1], повысить активность клеток горчицы и улучшить их антиоксидантную способность [2], способствовать росту растений [3]. С другой стороны, есть данные о токсичности наночастиц ZnO по отношению к рачкам [4], водорослям [5] и рыбкам [6]. Разнообразие используемых методик, условий и самих наночастиц, использованных для исследований, не позволяет сделать комплексный анализ и прогнозировать влияние концентрации наночастиц на растительные объекты.

Целью работы являлось определение влияния концентрации промышленных наночастиц ZnO на корнеобразование пшеницы.

### **Экспериментальная часть**

В эксперименте использовались частицы ZnO со средним размером 40 нм производства NanoAmor (США). Была приготовлена суспензия с концентрацией наночастиц ZnO 10 000 мг/л (весы ALC-110d4, Acculab, США, точность  $\pm 0,0001$  г) в пластиковом стаканчике емкостью 60 мл на дистиллированной воде. Закрытые емкости помещали в ультразвуковую ванну ODA-LQ40 (ОДА Сервис, Россия, 1 л, мощность 120 Вт) на 15 минут для обработки. Далее методом последовательного разбавления готовили суспензии с концентрацией 1000, 100, 10 и 1 мг/л.

Затем 20 семян пшеницы сорта «Тризо» (ИП Орищенко, Томский район, Россия, урожай 2020 г.) равномерно распределяли на фильтровальной бумаге,

выложенной на дно стеклянной чашки Петри (рис. 1). На семена аккуратно выливали 7 мл свежеприготовленной суспензии наночастиц или контроля (дистиллированная вода). Закрытые чашки, завернутые в полиэтиленовые пакеты, выдерживали 72 часа при  $25 \pm 0,5$  °C. Через три дня доставали проросшие и непроросшие семена и помещали их на черный фон для морфометрии корней (рис. 2), проводимой путем обработки изображений с помощью программы ImageJ: измеряли длину корней проросших семян и рассчитывали среднюю длину ( $L$ , см). Всхожесть определяли как отношение числа проросших семян к числу засеянных ( $G$ , %).



*Рис. 1. Замоченные семена в чашках Петри*



*Рис. 2. Проросшие семена, выложенные для морфометрии через 3 дня*

Пророщенные семена помещали на верхнее перфорированное дно пластикового стакана с двойным дном, в который залили 150 мл дистиллированной воды. Стаканы закрыли крышками и поставили на подоконник для естественного освещения (рис. 3). Позже крышку заменили длинным стаканом без крышки, чтобы побеги свободно росли вверх. Через 2 дня проростки поместили на черный фон для измерения длины корней и побегов (рис. 4), на основе которого рассчитывали корневой индекс ( $RI$ , уд. ед) как отношение средней длины корней к средней длине побегов.



*Рис. 3. Выращивание проростков в гидропонных стаканах*



*Рис. 4. Корни и побеги, выложенные для морфометрии через 7 дней*

## Результаты

Проведенные эксперименты позволили установить некоторые закономерности. Показано, что добавление в среду на стадии замачивания семян наночастиц ZnO в концентрации 1 мг/л не оказывает влияния на длину корня проростка, но при увеличении концентрации до 10 мг/л корнеобразование несколько стимулируется: величина L увеличивается на 19 % (рис. 5). Дальнейшее увеличение концентрации приводит опять к уменьшению длины корня. А при концентрации 10 000 мг/л длина корня была меньше контроля на 24 %. В целом, при увеличении концентрации частиц от 10 до 10 000 мг/л длина корня уменьшилась на 28 % (рис. 5).

В отношении показателя всхожести нужно отметить, что при концентрации частиц 10 мг/л величина G была 65 % по сравнению с 70 % в контроле. При концентрации 100 мг/л всхожесть увеличилась до 90 %, а при увеличении концентрации опять уменьшилась (рис. 5).

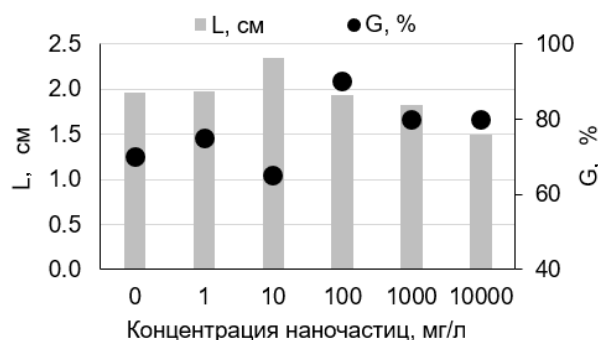


Рис. 5. Влияние концентрации наночастиц ZnO на среднюю длину (L, см) и всхожесть (G, %) 3-суточных проростков. Однократный эксперимент

Индекс корней показывает реакцию растения на дополнительные вещества в окружающей среде: чем выше индекс корней, тем больше корней образуется по отношению к массе почвы. Эксперимент показал, что семена пшеницы, обработанные 10 и 100 мг/л, лучше развивались в направлении доминирования корней (рис. 6).

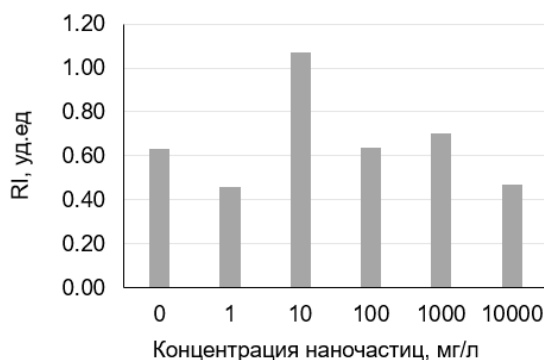


Рис. 6. Влияние концентрации наночастиц ZnO на корневой индекс (RI, уд. ед.) 7-суточных проростков. Однократный эксперимент

### Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что добавление наночастиц ZnO со средним размером 40 нм в среду прорастания семян пшеницы приводит к изменению биометрических параметров проростков. Установлено, что при концентрации наночастиц 10 мг/л корнеобразование пшеницы стимулируется: длина 3-суточного проростка увеличивается на 20 %, но при концентрации 10 000 мг/л длина корня уменьшается на 20 % по сравнению с контролем.

### Список литературы

1. Jindal A., Bhat A.H., Raja V., Ahmad S.S., Hussain M.A., Ataya F.S., Fouad D. Eco-friendly synthesis of zinc oxide nanoparticles from *Achillea millefolium*: Multifunctional applications in plant growth and nematode control // *Physiological and Molecular Plant Pathology*. – 2025. – Vol.136. – P. 102590.
2. Singh T., Saffeullah P., Umar S. Foliar application of zinc oxide (ZnO) nanoparticles ameliorates growth, yield traits, osmolytes, cell viability, and antioxidant system of *Brassica juncea* (L.) Czern. grown in lead (Pb) stress // *Chemosphere*. – 2025. – Vol. 370. – P. 143950.
3. Hanif S., Javed R., Cheema M., Kiani M. Z., Farooq S., Zia M., Harnessing the potential of zinc oxide nanoparticles and their derivatives as nanofertilizers: Trends and perspectives // *Plant Nano Biology*. – Vol. 10. – P.2773–1111
4. Hernández-Pedraza M., Alvarado-Flores J., Silva-Briano M., Adabache-Ortiz A., Rico-Martínez R. Toxicity and bioaccumulation of nanoparticles of zinc oxide (ZnO) and titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) in *Chydorus sphaericus* and *Cypridopsis cf. vidua* (Crustacea) // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2025. – Vol. 115. – P. 1382–6689.
5. Ganie Z.A., Guchhait S., Talib M., Choudhary A., Darbha G.K., Investigating the sorption of zinc-oxide nanoparticles on Tire-wear particles and their toxic effects on *Chlorella vulgaris*: Insights from toxicological models and physiological analysis // *Journal of Hazardous Materials*. – 2025. – Vol. 483. – P. 136648.
6. Aliko V., Vasjari L., Istifli E.S., Gjonaj G., Impellitteri F., Faggio C., Benedetti E., Zugaro S., Iannetta A., Perugini M. Molecular docking analysis and in vivo assessment of zinc oxide nanoparticle toxicity in zebrafish larvae // *Aquatic Toxicology*. – 2024. – Vol. 276. – P. 445.

*Текере Ричард (Ботсвана)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Спицын Владимир Григорьевич, доктор технических наук  
профессор (ОИТ, ИШИТР)*

## **НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ МРТ-СНИМКОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЗГА**

**Аннотация.** В данном исследовании представлен подход на основе глубинного обучения для диагностики заболеваний головного мозга с использованием МРТ. Применяется архитектура TransUNet, интегрирующая сверточные нейронные сети (CNN), Vision Transformers и объяснимый искусственный интеллект (XAI). Предлагаемая система повышает точность сегментации и интерпретируемость, сокращая разрыв между исследованиями в области ИИ и их клиническим применением.

**Ключевые слова:** сегментация опухолей мозга, анализ МРТ, Vision Transformers, объяснимый ИИ.

### **Введение**

Актуальность исследования обусловлена необходимостью точной диагностики заболеваний головного мозга с помощью МРТ. Современные нейросетевые методы, включая сверточные нейронные сети (CNN) и Vision Transformers (ViT), значительно повысили качество сегментации и анализа изображений. Архитектура TransUNet [1], объединяющая CNN и ViT, продемонстрировала высокую эффективность в задачах сегментации опухолей. Однако «черный ящик» глубинного обучения остается серьезным препятствием для внедрения в клиническую практику. Для решения этой проблемы были разработаны методы объяснимого ИИ (XAI), такие как Grad-CAM и SHAP, которые повышают прозрачность решений нейронных сетей [2].

В данном исследовании используется BraTS 2021 Task 1, эталонный набор данных для сегментации опухолей мозга, с целью оценки предложенной методологии. Система развернута в виде веб-приложения, позволяет радиологам загружать МРТ-сканы, автоматически сегментировать изображения, визуализировать объяснимость и экспортировать результаты. Цель исследования – создать клинически полезное веб-приложение, сочетающее высокую точность с интерпретируемостью, сокращая разрыв между исследованиями ИИ и медицинской практикой.

### **Обзор литературы и существующих решений**

Развитие анализа медицинских изображений на основе МРТ связано с активным применением различных архитектур нейронных сетей. Классические 2D-CNN показали высокую эффективность в извлечении локальных признаков, однако ограничены в учёте объемной информации [3]. Модели 3D-CNN решают

эту проблему, но требуют значительных вычислительных ресурсов [6]. Для анализа временной динамики применяются гибридные модели CNN-RNN, эффективные при исследовании прогрессирующих заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера [5].

Появление Vision Transformers (ViT) стало важным этапом в медицинской визуализации благодаря способности ViT улавливать глобальные зависимости и обрабатывать изображения как последовательность патчей [4]. Современные гибридные архитектуры, такие как TransUNet, объединяют CNN и ViT, что позволяет достигать высокой точности в задачах сегментации опухолей головного мозга, в том числе на эталонных наборах данных, таких как BraTS.

Проблема интерпретируемости решений остаётся критичной для внедрения ИИ в клинику. Для её решения применяются методы объяснимого ИИ – Grad-CAM и SHAP, позволяющие визуализировать вклад признаков в результат. Эти подходы создают основу для разработки точных и надёжных диагностических систем с высоким уровнем доверия со стороны специалистов.

### Предлагаемая методология

Предлагаемая методология для сегментации опухолей мозга на основе TransUNet представлена на (Рис. 1). Она включает несколько этапов: предварительную обработку, извлечение признаков, сегментацию и объяснимость.

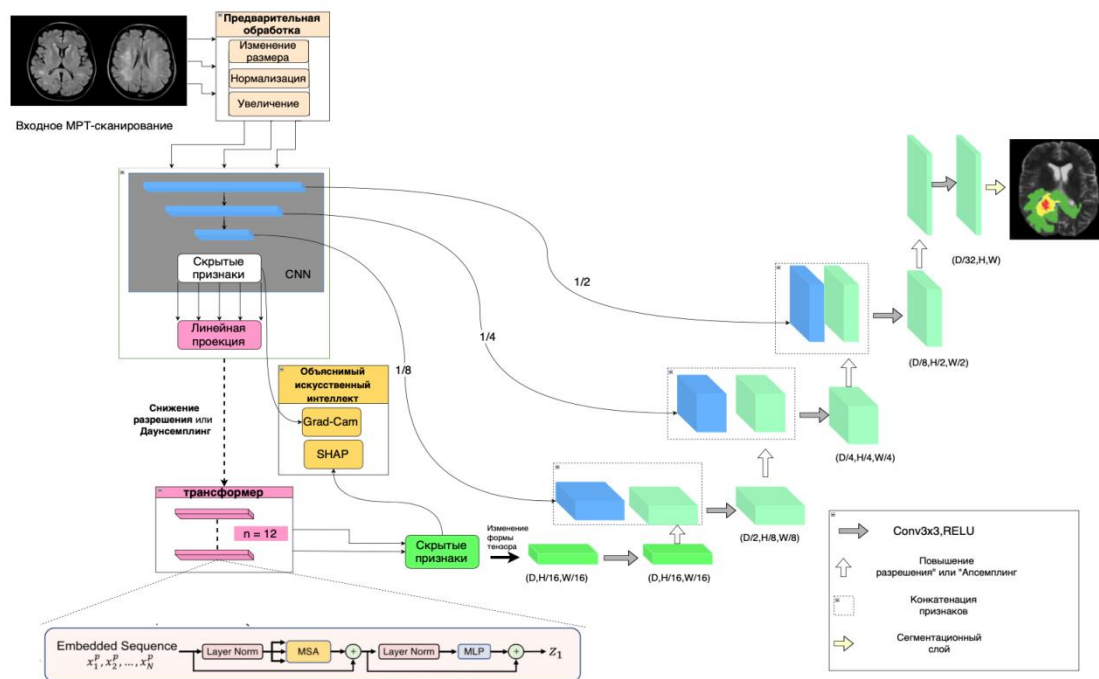


Рис. 1. Схематическое представление архитектуры Transnet для сегментации опухолей головного мозга на основе данных МРТ

## Предварительная обработка

Входные МРТ-сканы проходят несколько этапов предварительной обработки:

1. Изменение размера – приведение всех изображений к фиксированному разрешению для соответствия требованиям модели.
2. Нормализация – масштабирование значений интенсивности пикселей в единообразный диапазон для улучшения работы модели.
3. Аугментация – применение преобразований, таких как поворот и изменение контраста, для повышения обобщающей способности модели.

## Извлечение признаков (CNN-энкодер & Transformer-энкодер)

1. Процесс извлечения признаков начинается с CNN-энкодера, который выявляет локальные пространственные особенности. Преобразование на каждом слое определяется уравнением:

$$F_{l+1} = f(W_l \star F_l + b_l), \quad (1)$$

где  $F_l$  – входная карта признаков,  $W_l$  и  $b_l$  – обучаемые веса и смещения,  $f$  – функция активации, а  $\star$  представляет собой операцию свертки, которая перемещает фильтр по входному изображению для извлечения пространственных шаблонов.

2. Трансформер-энкодер захватывает глобальные зависимости в изображении, обрабатывая признаки в виде вложенных последовательностей. Он вычисляет многоголовое само внимание (MSA) между фрагментами изображения:

$$MSA(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V, \quad (2)$$

где  $Q, K, V$  – матрицы запроса, ключа и значения, а  $d_k$  – размерность ключевых векторов. Этот механизм позволяет модели фокусироваться на важных областях изображения, назначая более высокие веса внимания.

После применения многоголового самовнимания (MSA) согласно уравнению (2) трансформер-энкодер обрабатывает признаки с помощью многослойного персептрона (MLP), который состоит из двух полносвязных слоев с нелинейной функцией активации:

$$MLP(X) = \sigma(W_2(\text{ReLU}(W_1X + b_1)) + b_2) \quad (3)$$

где  $X$  – входное представление признаков,  $W_1, W_2$  – весовые матрицы,  $b_1, b_2$  – смещения, а  $\sigma$  – функция активации, такая как Softmax или ReLU. Каждый слой трансформера обновляет входные признаки в следующей последовательности:

$$z'_1 = MSA(LN(z_{1-1})) + z_{1-1}, \quad (4)$$

$$z_1 = MLP(LN(z'_1)) + z'_1, \quad (5)$$

где  $LN(\cdot)$  представляет нормализацию слоя (Layer Normalization),  $MSA(\cdot)$  применяет самовнимание по патчам изображения, а  $MLP(\cdot)$  – это двухслойная полносвязная сеть, которая улучшает представления признаков. MSA-блок обучается выявлять контекстные взаимосвязи между различными регионами изобра-

жения, тогда как MLP-блок улучшает представления перед их передачей в следующий слой трансформера.

3. Объединение признаков (Feature Concatenation): извлеченные признаки CNN и Transformer объединяются перед передачей в декодер.

#### **Сегментация (CNN-декодер и сегментационный слой)**

1. CNN-декодер: реконструирует сегментационную маску путем постепенного увеличения разрешения признаков.
2. Сегментационный слой: заключительный слой использует  $1 \times 1$  свертку для генерации пиксель-классификационной карты.

#### **Модуль объяснимости (Grad-CAM & SHAP)**

1. Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping): применяется к последнему слою CNN-энкодера для генерации тепловых карт, показывающих важные области сегментации. Grad-CAM генерирует тепловые карты, выделяя ключевые области изображения. Карта активации вычисляется следующим образом:

$$L_{Grad-CAM}^c = ReLU(\sum_k \alpha_k^c A^k), \quad (6)$$

где  $\alpha_k^c$  – весовые коэффициенты значимости:

$$\alpha_k^c = \frac{1}{Z} \sum_i \sum_j \frac{\partial y_c}{\partial A_{ij}^k}, \quad (7)$$

где  $A^k$  представляет карты признаков, а  $\frac{\partial y_c}{\partial A_{ij}^k}$  обозначает градиент оценки класса относительно активаций признаков

2. Применяется к выходу трансформер-энкодера, выявляя, какие фрагменты изображения внесли наибольший вклад в решение о сегментации. Для интерпретации вклада трансформера в процесс сегментации используется SHAP (Shapley Additive Explanations), который позволяет количественно оценить важность признаков. Значение Шепли для каждого признака рассчитывается по формуле:

$$\phi_i = \sum_{S \subseteq F/\{i\}} \frac{|S|!(|F|-|S|-1)!}{|F|!} [f(S \cup \{i\}) - f(S)], \quad (8)$$

где  $\phi_i$  представляет вклад признака  $i$  в предсказание, а  $f(S)$  – выход модели для данного подмножества признаков  $S$ . SHAP помогает определить наиболее значимые области изображения для сегментации.



## Веб-ориентированный интерактивный инструмент

Django-ориентированное веб-приложение будет разработано для обеспечения

- 1) интерфейса загрузки МРТ – пользователи могут загружать сканы в формате DICOM/NIfTI.
- 2) автоматического анализа – загруженные изображения обрабатываются глубинной моделью.
- 3) модуля объяснимости – интерпретация результатов с помощью методов XAI.
- 4) визуализации для пользователя – наложение маркеров заболеваний и тепловых карт на МРТ.
- 5) функции экспорта – сохранение результатов в форматах PNG/PDF для дальнейшего анализа

## Результаты

В рамках проекта была разработана и частично реализована веб-платформа под названием NeuroScore, предназначенная для сегментации опухолей головного мозга на основе МРТ-снимков. В системе используется модель глубокого обучения TransUNet в сочетании с инструментами объяснимого ИИ, такими как Grad-CAM и SHAP. Платформа разработана с использованием веб-фреймворка Django и предлагает интуитивно понятный и интерактивный интерфейс для врачей-радиологов. Ниже представлена главная страница приложения NeuroScore (рис. 2).

Модель находится в стадии разработки и нацелена на достижение коэффициента Dice (DSC)  $> 0,85$ . Для оценки качества сегментации используется открытый набор данных BraTS 2021 Task 1. Grad-CAM позволяет отображать ключевые зоны активации модели, а SHAP – количественно оценивать вклад отдельных признаков в итоговое решение. Применение этих подходов обеспечивает не только высокую точность, но и интерпретируемость модели, что упрощает её внедрение в клиническую практику.

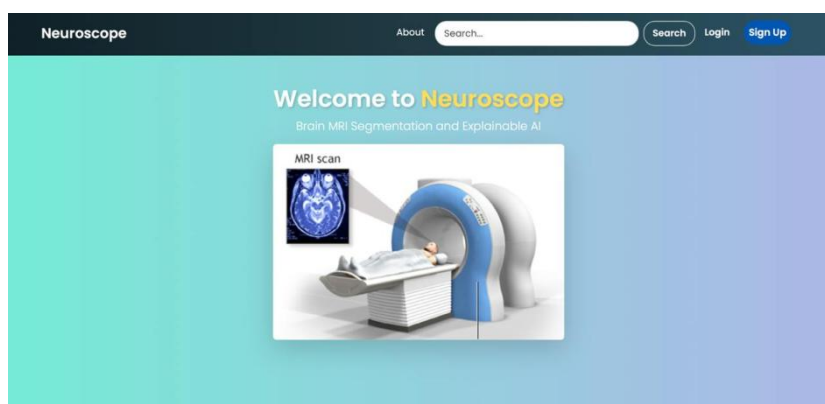


Рис. 2. Главная страница приложения NeuroScore

### **Заключение**

В данном исследовании предлагается система анализа МРТ на основе глубинного обучения, интегрирующая CNN, трансформеры и объяснимый ИИ для диагностики заболеваний головного мозга. Система предназначена для повышения точности и эффективности диагностики, обеспечивая интерпретируемость результатов благодаря использованию SHAP и Grad-CAM.

Кроме того, разработано веб-ориентированное интерактивное приложение, позволяющее радиологам автоматизировать процесс сегментации, анализировать объяснительные визуализации и экспортировать результаты для дальнейшей оценки. Планируется расширение набора данных, включающее более широкий спектр заболеваний головного мозга, что улучшит генерализацию модели.

### **Список литературы**

1. Chen J., Lu Y., Yu Q., Luo X., Adeli E., Wang Y., Chang E.I.C., Xu Y. TransUNet: Transformers Make Strong Encoders for Medical Image Segmentation. In: Medical Image Analysis. – 2021.
2. Selvaraju R. R., Cogswell M., Das A., Vedantam R., Parikh D., Batra D. Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks. In: IEEE International Conference on Computer Vision. – 2017.
3. Bakas S., Reyes M., Jakab A., Bauer S., Rempfler M., Crimi A., Shinohara R. T., Berger C., Ha S. M., Rozycki M., Kirschke J. Identifying the Best Machine Learning Algorithms for Brain Tumor Segmentation, Progression Assessment, and Overall Survival Prediction in the BRATS Challenge. In: IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2018.
4. Dosovitskiy A., Beyer L., Kolesnikov A., Weissenborn D., Zhai X., Unterthiner T., Dehghani M., Minderer M., Heigold G., Gelly S., Uszkoreit J., Houlsby N. An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale. In: arXiv preprint arXiv:2010.11929. – 2020.
5. Rafii M.S., Walsh S.J., Little B.C., Fogel A.L., Thompson P.M., Schwartz J.B. Artificial intelligence in brain MRI analysis of Alzheimer's disease over the past 12 years: A systematic review. Ageing Research Reviews. – 2022. DOI: 10.1016/j.arr.2022.101614.
6. Moradi E., Pepe A., Gaser C., Huttunen H., Tohka J. A parameter-efficient deep learning approach to predict conversion from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease. NeuroImage. – 2019. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2019.01.03

*Тянь Чэньтаоцзюнь (Китай), Станько А.Ю. (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Станько Анна Юрьевна, к. т. н., доцент*

## **ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ НА КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ПШЕНИЦЫ**

**Аннотация:** В работе оценивалось влияние концентрации наночастиц Cu на корнеобразование пшеницы на ранней стадии развития растения. Показано, что добавление наночастиц Cu в среду для замачивания семян пшеницы может как стимулировать, так и подавлять корнеобразование: при добавлении наночастиц Cu с концентрацией 0,1 мг/л в среду для замачивания семян пшеницы длина 2-суточных корней не меняется, но всхожесть и корневой индекс проростков увеличиваются соответственно на 45 % и 63 % по сравнению с контролем. При концентрациях наночастиц >100 мг/л корнеобразование подавляется: длина корней, всхожесть и корневой индекс уменьшаются.

**Ключевые слова:** наночастицы меди, корнеобразование, пшеница, всхожесть, корневой индекс.

### **Введение**

Специфические свойства металлов в ультрадисперсном состоянии открывают широкие возможности для создания биологически активных препаратов для нужд сельского и лесного хозяйства и биотехнологий [1]. Например, было продемонстрировано положительное влияние наночастиц на рост перцев [2], гидрофитов [3] и бактерий [4]. Однако имеются данные, указывающие на негативное действие наночастиц на растения [5, 6]. Разнообразие производимых наночастиц, противоречивые результаты их исследований не позволяют прогнозировать влияние наночастиц на рост растений.

Целью данного исследования было оценить влияние концентрации наночастиц Cu на корнеобразование пшеницы на ранней стадии развития растения.

### **Экспериментальная часть**

Объектом исследования являлись наночастицы Cu, полученные с помощью электрического взрыва медной проволоки (производитель – ООО «Передовые порошковые технологии», г. Томск, Россия, <http://www.nanosized-powders.com/>). Согласно данным производителя, для частиц характерна поверхность 6,0 м<sup>2</sup>/г.

Для приготовления суспензий 0,01 г наночастиц взвешивали в пластиковых стаканах объемом 60 мл на аналитических электронных весах ALC-110d4 (ACCULAB, Россия, точность ±0,0001 г). Далее в стакан мерным цилиндром добавляли 50 мл дистиллированной воды (рН = 6,8 ± 0,2, дистиллятор АЭ-25 МО, ОАО ТЗМОИ, Тюмень, Россия). После этого все стаканы закрывали крышками и помещали в ультразвуковую ванну ODA-LQ40 (ОДА СЕРВИС,

Россия, 4 л, мощность 120 Вт) и обрабатывали ультразвуком в течение 5 мин. Получилась суспензия с концентрацией 1000 мг/л. Далее суспензии готовили с помощью последовательного разбавления. Приготовленную суспензию встряхивали вручную и отбирали из середины объема дозатором 5 мл, которые смешивали с 45 мл дистиллированной воды. Потом все стаканы закрывали крышками и помещали в ультразвуковую ванну для обработки в течение 5 мин. Полученную суспензию опять разбавляли в 10 раз. Таким образом были приготовлены суспензии с концентраций наночастиц 0,01, 0,1, 1, 10, 100 и 1000 мг/л.

Для замачивания семян использовали стеклянные чашки Петри (диаметр 9 см), на дно которых выкладывали диск с фильтровальной бумагой, на которую равномерно распределяли 20 семян пшеницы сорта «Дарья» (урожай 2020 г., ИП Онищенко, Томский район, Томская область). На семена аккуратно выливали 7 мл свежеприготовленной суспензии (рис. 1, а). Контролем являлась дистиллированная вода. Далее закрытые и завернутые в полиэтиленовый пакет чашки помещали в термостат и выдерживали при  $25 \pm 0,2$  °C в течение 48 ч.



а



б



в

Рис. 1. Замачивание и проращивание семян: семена пшеницы, замоченные в чашках Петри (а) и выложенные через 48 часов для морфометрии (б); культивация побегов в гидропонных стаканах (в)

Через 48 часов аккуратно извлекали семена и выкладывали их стерильным пинцетом на черный фон для морфометрии корней (рис. 1, б). С помощью программы ImageJ измеряли длину корней проросших семян и рассчитывали суммарную длину (L, см). Всхожесть определяли как отношение числа проросших семян к числу засеянных (G, %).

Проросшие семена выкладывали на дно верхнего стакана пластикового гидропонного сосуда оригинальной конструкции (рис. 1, в). Нижнюю часть сосуда (ниже верхнего дна) заполняли 400 мл дистиллированной воды, плотно закрывали крышками и оставляли на окне в естественном световом режиме. Через 3 дня крышки меняли на бездонные стаканы, чтобы побеги опирались на стенки. Через 7 дней извлекали проростки, измеряли суммарную длину стеблей

и корней, из которых рассчитывали корневой индекс (RI, уд. ед), как отношение суммарной длины корней к суммарной длине побегов.

### Результаты и обсуждение

Полученные данные показали, что концентрация наночастиц Си оказывает существенное влияние на корнеобразование пшеницы. Видно, что при замачивании семян в среде с добавлением наночастиц Си в концентрациях 0,1–10 мг/л длина корней не изменяется по сравнению с контролем, хотя параметр всхожести несколько увеличивается. Например, при концентрации наночастиц 0,1 мг/л величина G составила 72,5 % по сравнению с 50 % в контроле (рис. 2, а). Далее при увеличении концентрации наночастиц до 100–1000 мг/л величина L уменьшилась на 21 % по сравнению с 10 мг/л.

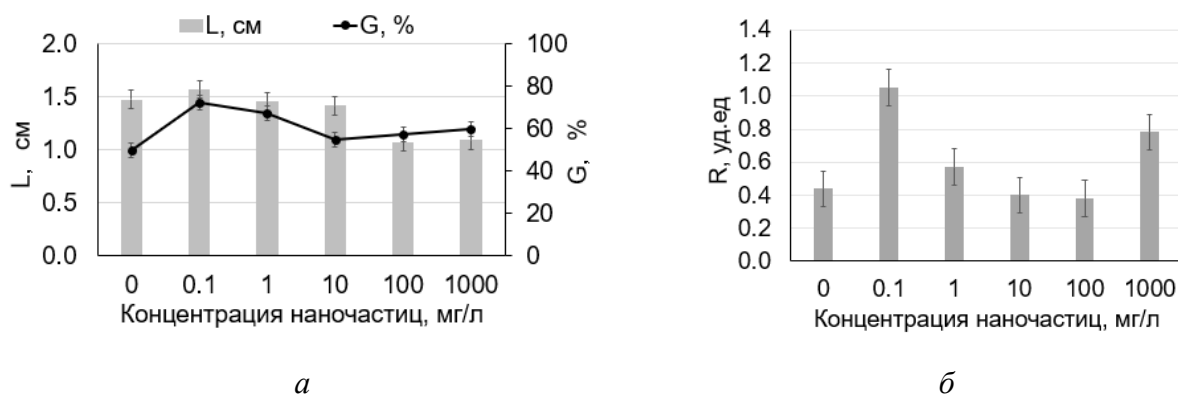


Рис. 2. Влияние наночастиц Си на суммарную длину 2-суточного корня  $L$ , см и показатель всхожести  $G$ , % (а) и корневой индекс 9-суточных проростков ( $R$ , уд. ед.) (б)

Корневой индекс показывает реакцию растения на добавки окружающей среды: чем выше индекс, тем больше корней образуется по сравнению с наземной массой. Видно, что для наночастиц Си при концентрациях 0,1–1 мг/л масса корневой системы значительно превышает массу побега (рис. 3). Например, при концентрации 0,1 мг/л величина RI для 9-суточных проростков увеличилась на 63 % по сравнению с контролем (рис. 2, б), но с увеличением концентрации RI опять снижается до контроля.

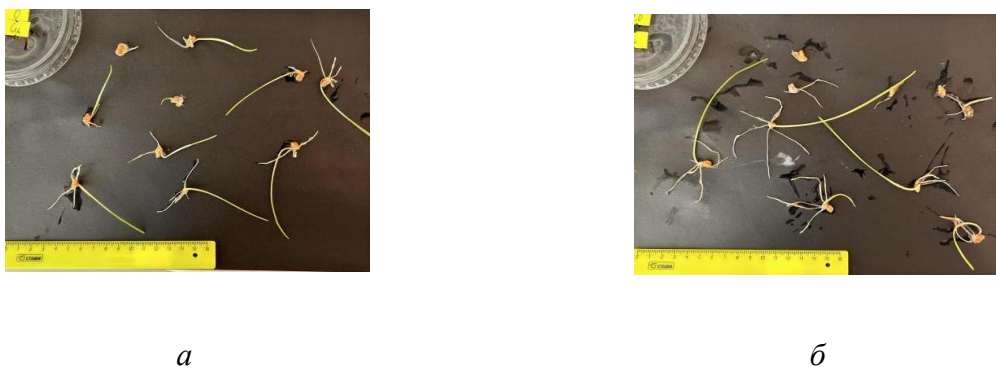


Рис. 3. 9-суточные побеги пшеницы, выращенные после замачивания в контроле (а) и при разных концентрациях наночастиц меди (б)

### **Заключение**

Таким образом, в работе показано, что добавление наночастиц Cu в среду для замачивания семян пшеницы может как стимулировать, так и подавлять корнеобразование. Так, при концентрации наночастиц 0,1 мг/л длина 2-суточных корней не меняется, а всхожесть и корневой индекс проростков увеличиваются соответственно на 45 % и 63 % по сравнению с контролем. При концентрациях наночастиц >100 мг/л корнеобразование подавляется: длина корней, всхожесть и корневой индекс уменьшаются.

### **Список литературы**

1. Siddiqui M.H., Al-Whaibi M.H., Firoz M., Al-Khaishany M.Y. Role of nanoparticles in plants. In book: Nanotechnology and Plant Sciences-Switzerland. – Springer. – 2015. – P. 19–35.
2. Нечитайло Г.С., Богословская О.А., Ольховская И.П. Влияние наночастиц железа, цинка, меди на некоторые показатели роста растений перца // Российские нанотехнологии. – 2018. – Т.13 (3–4). – С. 57–63.
3. Sarker I., Moore L.R., Tetu S.G. Investigating zinc toxicity responses in marine *Prochlorococcus* and *Synechococcus* // Microbiology Society Microbiology Society. – 2021. – Vol. 167. – P. 1–11.
4. Santhi R., Shanthi C., Sathya M., Pushpanathan K. Optical properties and antibacterial activity of CdO:Zn nanoparticles // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. – 2016. – Vol. 605. – P. 249–258.
5. Rastogi A., Zivcak M., Sytar O. Kalaji H.M., He X., Mbarki S., Brestic M. Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: a critical review // Frontiers in Chemistry. – 2017. – Vol. 5. – P. 78.
6. Cox A., Venkatachalam P., Sahi S. Nanotechnology and Plant Sciences // Plant Physiology Biochemistry. – 2016. – Vol. 107. – P. 147.

*Чжан Чуян, Ли Хаонань (Китай)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна, к.х.н. доцент*

### **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПОНЕНТОВ ХИТОЗАНОВОГО ГЕЛЯ НА ВЯЗКОСТЬ И ГИДРОФИЛИЛЬНОСТЬ**

**Аннотация:** Исследовано влияние состава растворителей (вода, NaCl, раствор Рингера) и концентрации хитозана на вязкость и угол смачивания гелей. Максимальные значения вязкости достигаются в уксусной кислоте, минималь-

ные – в растворах солей. Составы с водой обеспечивают быстрое впитывание, растворы солей – стабильную гидрофильность.

**Ключевые слова:** хитозановые гели, вязкость, угол смачивания, растворители, биоматериалы.

### **Введение**

Хитозан широко используется в биомедицине, фармацевтике, пищевой промышленности, сельском хозяйстве, охране окружающей среды и многих других областях благодаря своей биомеханической, биоразлагаемой, высокой биологической активности и физико-химическим свойствам против бактерий, а также грибов [1].

Важными свойствами матриц на основе природных полимеров является вязкость и гидрофильность, так как они определяют механические и химические свойства гелей. Влияние различных растворителей на их ключевые характеристики, такие как вязкость и гидрофильно-гидрофобный баланс, изучено недостаточно. Это ограничивает оптимизацию существующих технологий и создание материалов с заданными свойствами. Актуальность работы обусловлена необходимостью системного анализа связи между природой растворителя, реологическими и поверхностными свойствами гелей для расширения их функциональных возможностей.

Цель данной работы – оценить изменение вязкости и краевого угла смачивания гелей на основе хитозана и различных растворителей: воды, растворов Рингера и хлорида натрия.

### **Основная часть**

*Приготовление гелей.* Хитозан растворяли в 2 % уксусной кислоте с последующим добавлением дисперсионных сред (вода, NaCl, раствор Рингера). Концентрации хитозана варьировали от 0.5 до 2 %.

*Динамическая вязкость*, обычно обозначаемая символом  $\eta$  – это параметр, измеряющий внутреннее трение жидкости [2]. В работе использовали капиллярный вискозиметр типа Освальда-Пинкевича (рис. 1).

Вязкость рассчитывали по формуле:

$$\eta = K \cdot t, \quad (1)$$

где  $K$  – константа прибора,  $t$  – время истечения жидкости.

Гидрофильность хитозановых гелей имеет решающее значение для их исследования и применения. Возникая благодаря водородной связи его амино- и гидроксильных групп с водой, она обеспечивает растворимость, структурную стабильность и функцию медленного высвобождения лекарств в кислой среде.



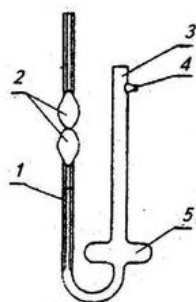


Рис. 1. Вискозиметр Освальда–Пинкевича:  
1 – капиллярная трубка; 2 – калиброванные расширения; 3 – широкая трубка;  
4 – отводной отросток; 5 – емкость для нагревания.

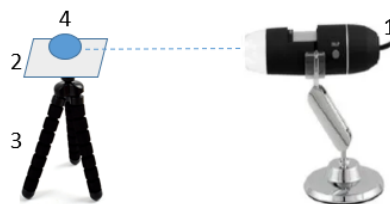


Рис. 2. Схемы устройств для измерения угла смачивания:  
1 – камера, 2 – подложка, 3 – тренога для фиксации подложки, 4 – капля жидкости

Гидрофильная поверхность способствует адгезии клеток и антимикробной активности, что делает их пригодными для перевязок и тканевой инженерии. Гидрофильность может быть оптимизирована с помощью химических модификаций, таких как основания Шиффа, что позволяет использовать ее в биосенсинге и специализированных медицинских материалах в качестве основного параметра функционального дизайна. В исследовании использовался гониометр для измерения угла смачивания (рис. 2).

Определение угла смачивания проводили методом сидячей капли с помощью цифрового микроскопа. Анализировали угол сразу после нанесения капли ( $\Theta_1$ ) и через 5 минут ( $\Theta_2$ ).

Влияние природы растворителя и концентрации хитозана на вязкость раствора представлена на рис.3: Наибольшая вязкость 84.98 мм<sup>2</sup>/с наблюдается при содержании хитозана 2 масс. % благодаря усилению межмолекулярных взаимодействий для всех составов.

Замена раствора уксусной кислоты на растворители с нейтральным значением pH приводит к снижению вязкости. Это связано со снижением степени диссоциации функциональных групп хитозана.

Для воды максимальная вязкость составила 37.12 мм<sup>2</sup>/с, а для растворов Рингера и NaCl 29.94 и 33.33 мм<sup>2</sup>/с, соответственно. Видно, что замена воды на растворы солей незначительно сказывается на значениях вязкости.

В таблице 1 представлены значения краевых углов смачивания сразу при помещении капли на поверхность ( $\Theta_1$ ) и через 5 минут ( $\Theta_2$ ).

В воде начальный угол  $\Theta_1$  составляет 101.8°, через 5 минут  $\Theta_2=41.6^\circ$ . Гидрофобная изначально поверхность быстро гидрофилизуется при впитывании воды. Для хлорида натрия наблюдается противоположный эффект, впитывания не происходит, очевидно из-за межмолекулярных взаимодействий внутри геля и экранирования функциональных групп хитозана. В растворе Рингера наблюдается промежуточный результат.



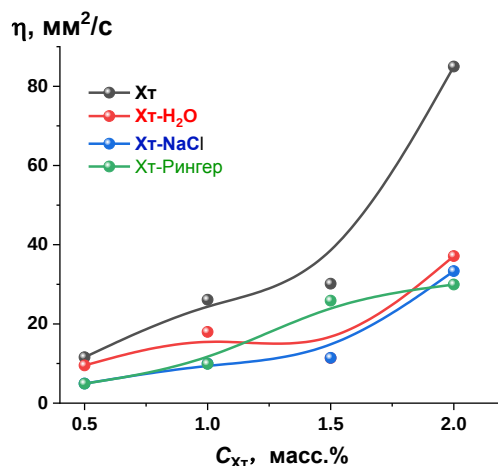


Рис. 3. Изменение вязкости хитозановых гелей при использовании различных дисперсных систем

Таблица 1

Краевой угол смачивания гелей Хт-растворитель

| № | растворитель     | $C_{жид}$ , % | $\Theta_1$ , град. | $\Theta_2$ , град. |
|---|------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| 1 | H <sub>2</sub> O | 6.4           | 101.8              | 41.6               |
| 2 | 0.9 %NaCl        | 12.6          | 78.9               | 64.5               |
| 3 | Рингер           | 7.7           | 96.7               | 62.0               |

## Заключение

Вязкость хитозановых гелей зависит от природы растворителя и концентрации полимера. Максимальные значения достигаются в уксусной кислоте, минимальные – в растворах солей. Составы с водой обеспечивают быстрое впитывание, растворы солей – стабильную гидрофильность. Результаты позволяют оптимизировать свойства гелей для биомедицинских применений.

## Список литературы

1. Хабибуллаева Н.Ф., Сидикова Н.А., Хаитбаев А.Х. Получение хитозана и его производных на основе *Apis mellifera* // Universum: химия и биология. – 2021. – № 9. – С. 30–35.
2. Ф.А. Алиев, Т.А. Холмуродов, С.А. Ситнов и др. Определение вязкости неньютоновских нефтей ротационным вискозиметром: Учебно-методическое пособие. – Казань, 2022. – 27 с.

*Чжао Чжэнчуань (Китай), Тарбоков Владислав Александрович (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Ремнев Геннадий Ефимович, д.т.н., профессор*

## **ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ**

**Аннотация:** В работе представлены результаты модификации сплавов MC221, обработанных комбинацией облучения мощным ионным пучком с последующим нанесением защитного покрытия с помощью вакуумно-дугового метода. Установлено, что этот способ позволяет значительно повысить стойкость такого покрытия к механическому воздействию.

**Ключевые слова:** твердые сплавы, мощный ионный пучок, покрытие, износостойкость.

### **Введение**

Твердые сплавы (ТС) широко применяют в металлообработке благодаря своей высокой твердости и износостойкости [1]. Однако в условиях высокоскоростного резания труднообрабатываемых металлов традиционные твердосплавные инструменты часто имеют недостаточно высокую износостойкость [2], поэтому актуальной задачей является поиск методов повышения эксплуатационных качеств твердосплавных инструментов. Существует множество методов повышения износостойкости таких инструментов, например, термообработка [3], ионная имплантация [4], модификация поверхности мощным ионным пучком (МИП) [5] и осаждение покрытия на поверхность [6]. Эти методы имеют ограниченный эффект для повышения износостойкости твердосплавных инструментов, поэтому в данной работе для улучшения износостойкости твердосплавных инструментов использовался комбинированный метод, включающий облучение МИП и нанесение покрытия TiN методом вакуумно-дугового осаждения.

### **Основная часть**

В качестве образцов использовались твердосплавные резцы из сплава MC221. Облучение МИП проводилось в камере ускорителя ТЕМП-4М [7]. Параметры ионного пучка, используемого для облучения твердого сплава: состав пучка – 85 % C<sup>+</sup> и 15 % H<sup>+</sup>; энергия ионов – 200 кэВ, длительность импульса ионного тока – 100 нс, плотность энергии, выделяемой пучком на мишени, составляла 1 и 2 Дж/см<sup>2</sup> в зависимости от дистанции установки мишени. Облучение проводилось в вакуумной камере при давлении не более 10<sup>-5</sup> мм рт. ст. После облучения МИП проводилось осаждение покрытий TiN на модифицированной установке для плазменного осаждения покрытий ННВ-6.6-И1. Время осаждения пленки толщиной более 5 мкм составляло 75 минут при ускоряющем на-

пряжении 400 В. Ток дуги – 150 А, частота – 35 кГц, коэффициент заполнения – 65 %. Рабочее давление в камере в 0,1 Па поддерживалось за счет регулировки подачи азота.

На рисунке 1 показаны зависимости коэффициента трения от времени скольжения корундового шарика по поверхности образца при испытании на износ в условиях сухого трения. Результаты показывают большой разброс коэффициента трения по поверхности исходных образцов без покрытия в начале испытания и через 300 секунд с амплитудой 0,4–0,55 и 0,45–0,75 соответственно. Все образцы с покрытием TiN в процессе испытания показали разброс коэффициента трения менее 0,15 за исключением самого начала фазы приработки. Образец с покрытием, осажденным после обработки поверхности ТС с плотностью энергии 1 Дж/см<sup>2</sup>, имел более высокий коэффициент трения, чем образцы с покрытием, осажденным на поверхность, обработанную МИП с плотностью энергии 2 Дж/см<sup>2</sup>, и без обработки МИП. Кроме того, образец, перед осаждением покрытия обработанный МИП с плотностью энергии 2 Дж/см<sup>2</sup>, после 300 секунд испытаний показал увеличение коэффициента трения по сравнению со всеми другими образцами, при этом значительной разницы между величиной износа для всех образцов с покрытиями не зафиксировано. Эти факты требуют дальнейшего изучения, в частности, дополнительных измерений шероховатости и микротвердости поверхности покрытий.

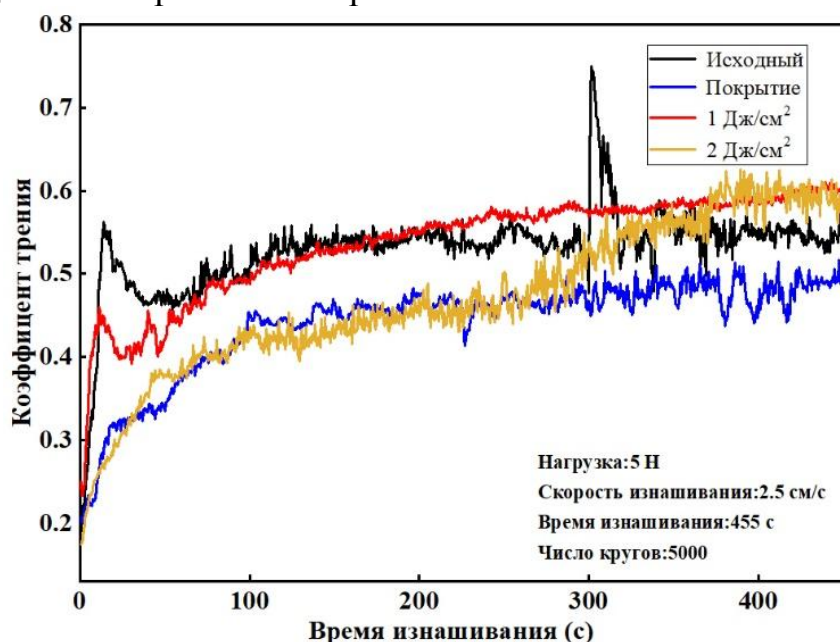


Рис. 1. Коэффициент трения образцов

Результаты измерения скорости изнашивания для различных образцов приведены на рисунке 3. Скорость изнашивания рассчитывалась по объему профиля канавки износа с помощью формулы 1. Как видно из результатов, скорость изнашивания образцов после облучения МИП с последующим осаждением

ем TiN покрытия на 25 % ниже, чем у образцов с покрытием, нанесенным без обработки МИП.

$$K = \frac{V}{F} * L, \quad (1)$$

где  $K$  – скорость изнашивания ( $10^{-6} \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ ),  $V$  – объем износа ( $\text{мм}^3$ ),  $L$  – расстояние изнашивания (м).

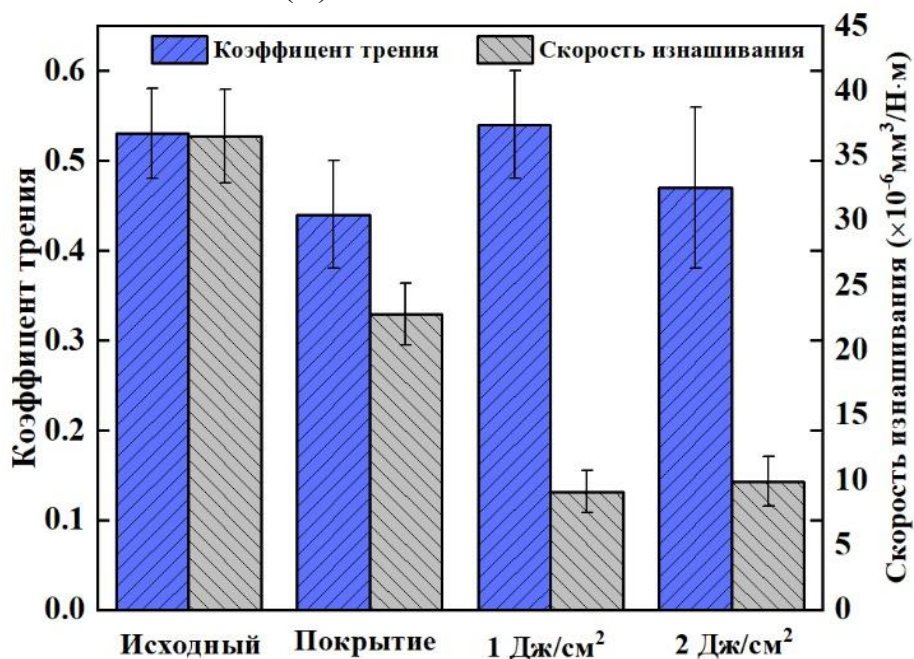


Рис. 2. Коэффициент трения и скорость изнашивания образцов

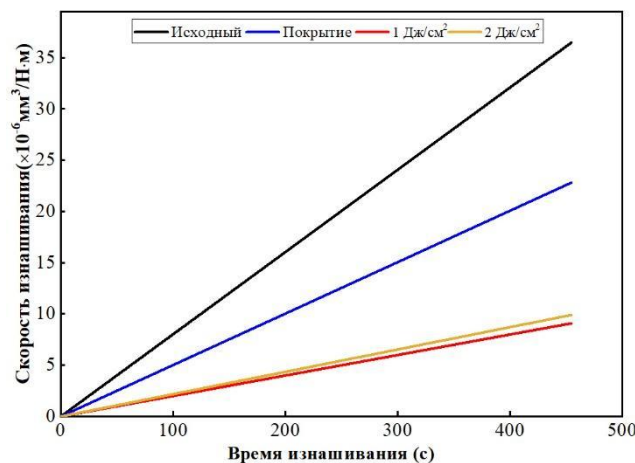


Рис. 3. Зависимость скорости изнашивания образцов от времени изнашивания

На рисунке 4 показан вид канавки износа образцов, из которых хорошо виден профиль износа исходного образца без покрытия, при этом видимый износ на образцах с покрытием отсутствует.

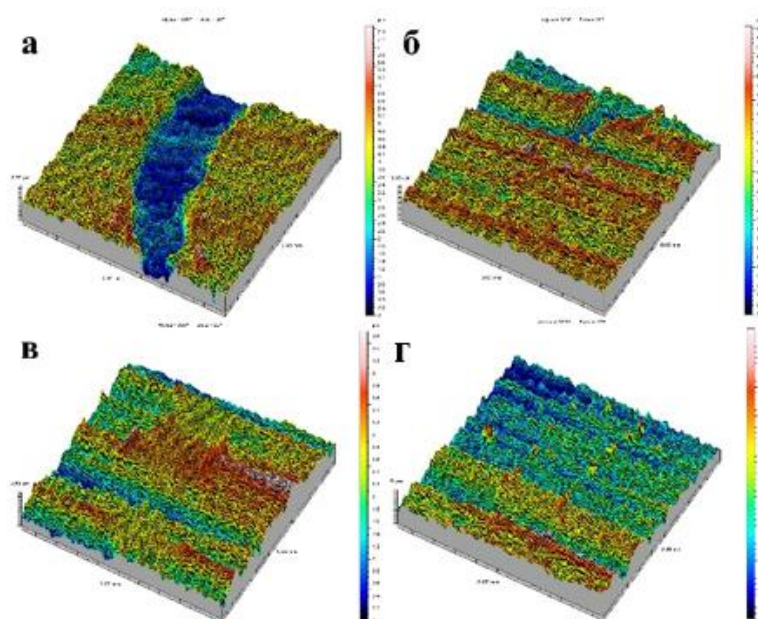


Рис. 4. Вид канавки износа: а – образец без покрытия, б – с покрытием TiN без обработки МИП, в – после обработки МИП 1 Дж/см<sup>2</sup>, г – после обработки МИП 2 Дж/см<sup>2</sup>

### Заключение

Исследовано повышение износостойкости твердосплавных инструментов с помощью комбинированного метода. Можно сделать вывод, что комбинированный метод может в значительной степени повысить износостойкость твердосплавных инструментов.

### Список литературы

1. Lamelas V., Bonvalet Rolland M., Walbrühl M., Borgenstam A., Microstructural stability of cemented carbides at high temperatures: Modeling the effect on the hot hardness // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2024. – Vol. – 124. – P. 106805.
2. Xian Wu, Liang Li, Ning He, et al. Study on the tool wear and its effect of PCD tool in micro milling of tungsten carbide // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2018. – Vol. – 77. – P. 61–67.
3. Fries S., Vogelpoth A., Kaletsch A., Broeckmann C. Influence of post heat treatment on microstructure and fracture strength of cemented carbides manufactured using laser-based additive manufacturing // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2023. – Vol. – 111. – P. 106085.
4. Fu R.K.Y., Kwok S.C.H., Chen P., Yang P. Surface modification of cemented carbide using plasma nitriding and metal ion implantation // Surface and Coatings Technology. – 2005. – Vol. – 196. – P. 150–154.

5. Zhang F., Zhu X., Lei M. Tribological behavior of WC–Ni cemented carbide irradiated by high-intensity pulsed ion beam // Surface and Coatings Technology. – 2014. – Vol. – 258. – P. 78–85.
6. Yang X., Tao W., Bo Ch., Yongbing T. Interface design to tune stress distribution for high performance diamond/silicon carbide coated cemented carbide tools // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Vol. – 397. – P. 125975.
7. Remnev G.E., Shulov V.A. Application of high-power ion beams for technology // Laser and Particle Beams. – 1993. – Vol. – 11. – P. 707–731.

*Чжоу Сяньбинь (Китай)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Тюрин Юрий Иванович, д. ф.-м. н., профессор*

## **ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВЫХОД ВОДОРОДА ИЗ МЕТАЛЛОВ Pd, Ni, Ti, Zr, Pt**

**Аннотация:** Исследовано влияние особенностей нагрева и материала вакуумной ячейки на эмиссию водорода из металлов Pd, Ni, Ti, Zr, Pt. Показано, что Джоулев нагрев электрическим током снижает температуру выхода H, D на 100–350°C. Установлено, что кварцевая ячейка обеспечивает снижение температуры выхода водорода по сравнению с нагревом в металлических ячейках. Сделан вывод о потенциале управления выходом водорода через электромагнитные поля.

**Ключевые слова:** водород, электромагнитные поля, диффузия в металлах, термодесорбция.

### **Введение**

В последние годы исследуются методы ускорения миграции водорода в металлах (Pd, Ni, Ti, Zr, Pt) с помощью ускоренных электронов, инфракрасного и ультрафиолетового излучения, электромагнитных полей и рентгеновских лучей [1–4]. Эти исследования показали, что при внешнем воздействии системы “водород–конденсированное вещество” переходят в неравновесное состояние, сопровождающееся увеличением подвижности поглощенного водорода [5–10], ускорением выхода атомарного водорода из объема на поверхность [7], ростом скоростей рекомбинации атомов водорода на поверхности и десорбции молекул H<sub>2</sub>, D<sub>2</sub> [8], выходом водорода из металлов в атомной и ионной формах под действием ионизирующего излучения [9], а также значительным повышением подвижности водорода в рутиле под влиянием ИК-излучения [10].



Цель данной работы – исследовать роль электрон-фононного взаимодействия и электромагнитных полей в десорбции водорода из металлов с помощью термодесорбционной спектроскопии и моделей динамики процессов в неравновесных системах [5–15]. Результаты работы помогут в разработке материалов с контролируемой кинетикой десорбции водорода [12].

### Основная часть

Исследование проводилось в высоковакуумной установке, обеспечивающей сверхвысокий вакуум ( $P < 10^{-6}$  Торр). Газовыделение из металлов (Pd, Ni, Pt, Ti, Zr) регистрировалось масс-спектрометрически. Образцы нагревались в вакуумируемых металлических или кварцевых ячейках внешней кварцевой коаксиальной печью (разогрев переменным током) с контролируемой температурой от 20 до 1000 °C и скоростью нагрева от 0,1 до 5 °C/с. Насыщение проводилось электролизом в 0,5 М  $H_2SO_4$  или  $D_2SO_4$  методом Сиверта при 600 °C и 2 атм, а также плазмой ВЧ разряда.

Анализ воздействия переменного тока на выделение  $H_2$  и  $D_2$  из металлов (Pd, Ni, Pt, Ti, Zr) выявил значительные различия, обусловленные фундаментальными электронными, динамическими, структурными свойствами материалов и способами нагрева.

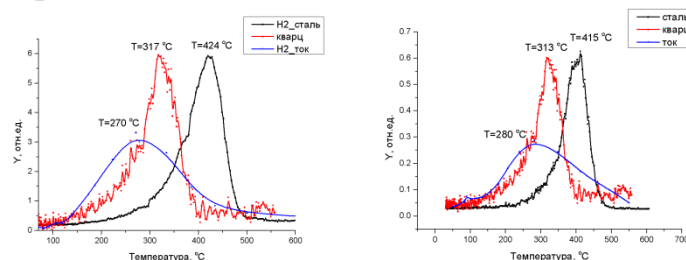


Рис. 1. Выход изотопов водорода (а- $H_2$ , б- $D_2$ ) из Ni в режиме линейного нагрева  
1 – Нагрев кварцевой коаксиальной печью вакуумной ячейке из нержавеющей стали:

$$T_{\max}(H_2)=424^{\circ}C, T_{\max}(D_2)=415^{\circ}C$$

2 – Нагрев кварцевой коаксиальной печью в кварцевой вакуумной ячейке:

$$T_{\max}(H_2)=317^{\circ}C, T_{\max}(D_2)=313^{\circ}C$$

3 – Нагрев электрическим током – джоулево тепло:  $T_{\max}(H_2)=270^{\circ}C, T_{\max}(D_2)=280^{\circ}C$

Для никеля температура положения максимума термостимулированного газовыделения (ТСГВ) водорода зависит от материала вакуумной ячейки и методов нагрева. В стальной ячейке при линейном нагреве температуры положения максимума составляют 424 °C ( $H_2$ ) и 415 °C ( $D_2$ ) (рис. 1–1). В кварцевой ячейке пиковые температуры снижаются до 317 °C ( $H_2$ ) и 313 °C ( $D_2$ ) (рис. 1–2) – кварц оказывается прозрачным для электромагнитных полей. При джоулевом нагреве переменным током положение максимума выделения водорода смещается до 270 °C ( $H_2$ ) и 280 °C ( $D_2$ ) (рис. 1–3), что на ~150 °C и ~135 °C ниже по сравнению с термическим нагревом (рис. 1–1) [3]. Такое сме-

щение обусловлено воздействием электрического тока на электронную и фононную подсистемы металла и нарушением равновесного состояния в фононной подсистеме металла [11], усилением электрон-фононного взаимодействия и снижением энергетического барьера для диффузии водорода [13, 14].

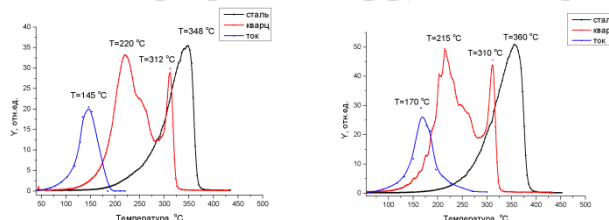


Рис. 2. Выход изотопов водорода (a-H<sub>2</sub>, b-D<sub>2</sub>) из Pd в режиме линейного нагрева

1 – Нагрев кварцевой коаксиальной пещью в вакуумной ячейке из нержавеющей стали:

$$T_{\max}(\text{H}_2)=350\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{\max}(\text{D}_2)=360\text{ }^{\circ}\text{C}$$

2 – Нагрев кварцевой коаксиальной пещью в кварцевой вакуумной ячейке:

$$T_{\max 1}(\text{H}_2)=220\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{\max 2}(\text{H}_2)=312\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{\max 1}(\text{D}_2)=215\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{\max 2}(\text{D}_2)=310\text{ }^{\circ}\text{C}$$

3 – Нагрев электрическим током – джоулево тепло:  $T_{\max}(\text{H}_2)=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\max}(\text{D}_2)=165\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для палладия в стальной вакуумной ячейке максимум выделения H<sub>2</sub> и D<sub>2</sub> приходится на 350 °C и 360 °C (рис. 2–1) с одиночным пиком. В кварцевой вакуумной ячейке регистрируются два максимума (H<sub>2</sub>: 220 °C и 312 °C; D<sub>2</sub>: 215 °C и 310 °C) (рис. 2–2). При джоулевом нагреве пики смещаются к более низким температурам: 150 °C (H<sub>2</sub>) и 165 °C (D<sub>2</sub>) (рис. 2–3) – активация растворенного в Pd водорода под действием переменного электрического поля. Близость положения низкотемпературных максимумов в кварцевой ячейке и при джоулевом нагреве указывает на общий механизм активации дефектных состояний, обеспечивающий низкотемпературную десорбцию [16]. Высокотемпературный пик (312 °C для H<sub>2</sub> и 310 °C для D<sub>2</sub>) в кварцевой ячейке совпадает с максимумом, наблюдаемым в стальной ячейке (рис. 2–1).

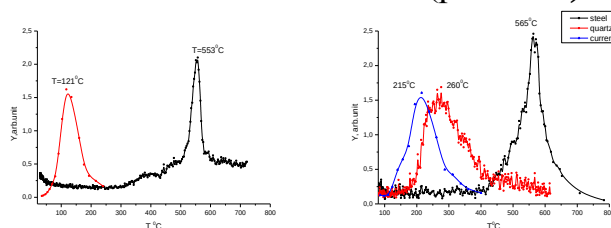


Рис. 3. Выход изотопов водорода (a-H<sub>2</sub>, b-D<sub>2</sub>) из Pt в режиме линейного нагрева

1 – Нагрев кварцевой коаксиальной пещью в вакуумной ячейке из нержавеющей стали:

$$T_{\max}(\text{H}_2)=555\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{\max}(\text{D}_2)=565\text{ }^{\circ}\text{C}$$

2 – Нагрев кварцевой коаксиальной пещью в кварцевой вакуумной ячейке:

$$T_{\max}(\text{H}_2)=250\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{\max}(\text{D}_2)=260\text{ }^{\circ}\text{C}$$

3 – Нагрев электрическим током – джоулево тепло:  $T_{\max}(\text{H}_2)=^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\max}(\text{D}_2)=215\text{ }^{\circ}\text{C}$



Выделение водорода из платины также зависит от метода нагрева. В стальной вакуумной ячейке пики  $H_2/D_2$  составляют 555 °C и 565 °C (рис. 3–1). В кварцевой ячейке температуры положения максимумов снижаются до 250 °C ( $H_2$ ) и 260 °C ( $D_2$ ) (рис. 3–2).

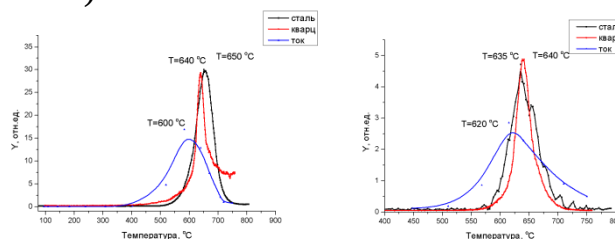


Рис. 4. Выход изотопов водорода (a- $H_2$ , b- $D_2$ ) из Ti в режиме линейного нагрева  
1 – Нагрев кварцевой коаксиальной пещью вакуумной ячейке из нержавеющей стали:

$$T_{max}(H_2)=650\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{max}(D_2)=640\text{ }^{\circ}\text{C}$$

2 – Нагрев кварцевой коаксиальной пещью в кварцевой вакуумной ячейке:

$$T_{max}(H_2)=640\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{max}(D_2)=635\text{ }^{\circ}\text{C}$$

3 – Нагрев электрическим током – джоулево тепло:  $T_{max}(H_2)=600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{max}(D_2)=620\text{ }^{\circ}\text{C}$

Выделение водорода из титана происходит при значительно более высоких температурах по сравнению с металлами, обладающими высокой водородной подвижностью, такими как никель и палладий, что обусловлено высокой энергией связи Ti–H и низкой подвижностью водорода в объеме металла. В стальной вакуумной ячейке максимумы ТСГВ  $H_2/D_2$  фиксируются на уровнях 650 °C и 640 °C (рис. 4–1). В кварцевой ячейке температуры снижаются незначительно: до 640 °C ( $H_2$ ) и 635 °C ( $D_2$ ) (рис. 4–2). При джоулевом нагреве наблюдается нетипичное поведение: температура выделения  $D_2$  оказывается выше, чем  $H_2$  (620 °C и 600 °C) (рис. 4–3).

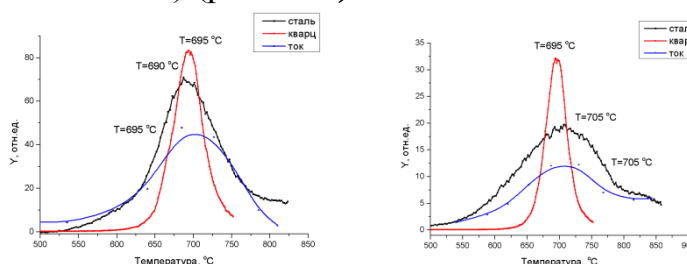


Рис. 5. Выход изотопов водорода (a- $H_2$ , b- $D_2$ ) из Zr (Э110) в режиме линейного нагрева  
1 – Нагрев кварцевой коаксиальной пещью вакуумной ячейки из нержавеющей стали:

$$T_{max}(H_2)=690\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{max}(D_2)=705\text{ }^{\circ}\text{C}$$

2 – Нагрев кварцевой коаксиальной пещью в кварцевой вакуумной ячейке:

$$T_{max}(H_2)=695\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{max}(D_2)=695\text{ }^{\circ}\text{C}$$

3 – Нагрев электрическим током – джоулево тепло:  $T_{max}(H_2)=695\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{max}(D_2)=705\text{ }^{\circ}\text{C}$

Цирконий имеет наименьшую чувствительность к переменному току среди исследованных металлов. В стальной вакуумной ячейке пики  $H_2/D_2$  составляют 690 °C и 705 °C (рис. 5–1) из-за высокой стабильности гидридов Zr. В кварцевой ячейке температуры выравниваются до 695 °C ( $H_2/D_2$ ) (рис. 5–2), а при джоулевым нагреве остаются неизменными (695 °C/705 °C) (рис. 5–3). Нечувствительность циркония к переменному току объясняется высокой энергией разложения гидридов  $\approx 2,07$  эВ. Температуры максимумов ТСГВ водорода при нагреве в кварцевой ячейке ниже, чем в стальной у Pt ( $\Delta T = 305$  °C), Pd (107 °C), Ni (102 °C) – материалы, где водород присутствует в виде твердого раствора. Эта разница меньше 5 у гидридообразующих металлов: Ti и Zr (по 10 °C).

Материал ячейки и внешние воздействия создают и активируют новые и термически неравновесные механизмы десорбции изотопов водорода, особенно в конденсированных средах с высокой подвижностью водорода.

### **Заключение**

Исследовано влияние электромагнитных полей и методов нагрева на десорбцию водорода из металлов. Джоулев нагрев снижает температуру выделения  $H_2/D_2$  на 100–350 °C для Pd и Ni. Кварцевые ячейки оптимизируют десорбцию для Pd, Ni, Pt. Аномалия Ti:  $T_{\max}(D_2) > T_{\max}(H_2)$  связана с приповерхностным накоплением изотопов водорода. Устойчивость Zr и Ti к полям обусловлена высокой энергией связи гидридов: для Zr – 2,18–2,28 эВ, для Ti – 2,23 эВ; энергия активации диффузии для H в Ti – 0,10–0,20 эВ, для D – 0,14–0,24 эВ; для H в Zr – 0,50–0,55 эВ, для D – 0,55–0,60 эВ.

Полученные результаты позволяют целенаправленно регулировать водородное поведение в металлогидридных накопителях водорода, в элементах металлоконструкций ядерных и термоядерных реакторов, в топливных элементах, изделиях современной микроэлектроники. Инертность гидридов Zr и Ti к воздействию электромагнитных полей актуальна для радиационно-стойких материалов.

Перспектива данного исследования связана с рассмотрением гибридных методов управления диффузией изотопов водорода в конденсированных средах.

### **Список литературы**

1. Tyurin Yu.I., Larionov V.V. Study of hydrogen migration in titanium using a vortex electromagnetic field and accelerated electrons in subthreshold values // Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2024. – Т. 18, № 3. – С. 542.
2. Tyurin Y.I., Sypchenko V.S., Chernov I.P. Data on hydrogen isotopes yield from Pd under thermal, electric current, radiation and UV stimulations // Data in Brief. – 2020. – Т. 28.

3. Tyurin Y.I., Sypchenko V.S., Nikitenkov N.N., Zhang H., Chernov I.P. Comparative study of the hydrogen isotopes yield from Ti, Zr, Ni, Pd, Pt during thermal, electric current and radiation heating // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2019. – T. 44, № 36. – С. 20223–20238.
4. Tyurin Y.I., Larionov V.V. Hydrogen removal from welded joints by electron irradiation // *Metal Science and Heat Treatment*. – 2018. – T. 60, № 5–6. – С. 403–406.
5. Sykes E.C.H., Fernandez-Torres L.C., Nanayakkara S.U. et al. Surface chemistry and dynamics at the atomic scale // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2005. – T. 102. – С. 17907.
6. Blanco-Rey M., Alducin M., Juaristi J.I. et al. Surface diffusion mechanisms of hydrogen atoms // *Physical Review Letters*. – 2012. – T. 108. – С. 115902.
7. Chernov I.P., Rusetsky A.S., Krasnov D.N. et al. Hydrogen interaction with metal surfaces under various conditions // *Journal of Engineering Thermophysics*. – 2011. – T. 20. – С. 360–367.
8. Silkin V.M., Chernov I.P., Koroteev Y.M. et al. Electronic structure and hydrogen adsorption on metal surfaces // *Physical Review B*. – 2009. – T. 80. – С. 245114.
9. Tyurin Y.I., Nikitenkov N.N., Sigfusson I.T. et al. Investigation of hydrogen behavior in vacuum environments // *Vacuum*. – 2016. – T. 131. – С. 73–80.
10. Spahr E.J., Wen L., Stavola M. et al. Hydrogen interactions in semiconductor materials // *Physical Review Letters*. – 2010. – T. 104. – С. 205901.
11. Karas' V.I., Sokolenko V.I. Hydrogen diffusion in condensed matter // *Physics-Uspekhi*. – 2018. – T. 61, № 12. – С. 1155–1177.
12. Yamazaki J., Kobayashi C., Nishi K. et al. Hydrogen absorption and desorption kinetics in metal hydrides // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2024. – T. 49. – С. 1483–1493.
13. Sun Z., Guo B., Xu B. Magnetic processing of metals: Fundamentals and applications // *Solid State Materials Science*. – 2012. – T. 16, № 5. – С. 254–264.
14. Fang W., Richardson J.O., Chen J. et al. Simultaneous deep tunneling and classical hopping for hydrogen diffusion on metals // *Physical Review Letters*. – 2017. – T. 119, № 12. – С. 126001.
15. Rokhmanenkov A., Yanilkin A. Simulation of hydrogen thermal desorption and stability titanium hydrides TiH<sub>x</sub> // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2019. – T. 44, № 55. – С. 29132–29139.

Чэнь Сяпин (Китай)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Илела Алфа Эдисон, к.т.н, доцент

## СИНТЕЗ И АНАЛИЗ НАНОПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМОМАГНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ

**Аннотация:** Работа посвящена исследованию нанопорошков на основе алюмомагниево-шпинели ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ), полученных методами распылительной сушки, фильтрации и микроволнового синтеза. Результаты показали, что удельная поверхность порошка, полученного методом распылительной сушки, самая высокая ( $121,92 \pm 0,44 \text{ м}^2/\text{г}$ ). Представлены результаты рентгенофазового анализа, согласно которым все порошки характеризуются только фазой алюмомагниево-шпинели после отжига при температуре  $900^\circ\text{C}$ .

**Ключевые слова:** нанопорошок, алюмомагниево-шпинель, распылительная сушка, фильтрация, микроволновый синтез.

### Введение

Керамические материалы на основе алюмомагниево-шпинели обладают выдающимися физико-механическими свойствами: превосходная термическая стабильность, химическая инертность и высокая твердость. Данные особенности открывают широкие перспективы применения материалов на основе алюмомагниево-шпинели в области огнеупорных изделий (высокотемпературных конструкционных материалов), катализа, электронных устройств, в оптическом приборостроении и использования их в качестве функциональной керамики. Применение нанопорошков для производства наноструктурированной керамики имеет огромный потенциал в таких передовых областях, как новые системы хранения энергии, интеллектуальное зондирование, аэрокосмическая промышленность и экологичное производство [1–3].

Способ получения порошка алюмомагниево-шпинели серьезно влияет на его эксплуатационные характеристики. Распылительная сушка, фильтрация и микроволновая сушка являются распространенными методами получения нанопорошков, каждый из которых оказывает значительное влияние на свойства нанопорошков алюмомагниево-шпинели. Например, методом распылительной сушки (НРС) обычно получают порошки с высокой удельной поверхностью и малым размером частиц [4, 5].

Цель данного исследования – изучение характеристик алюмомагниево-шпинели, полученной различными методами.

### Экспериментальная часть

Образцы получали из 10 мл раствора  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  с 40 мл раствора  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , а затем медленно добавляли 50 мл раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  к смешан-

ному раствору до образования осадка, таким образом формирование суспензии было завершено. Осадок в полученной суспензии непрерывно промывали дистиллированной водой до установления нейтральной среды ( $\text{pH} = 7$ ).

По методу фильтрации полученный осадок высушивали в сушильном шкафу при  $70^\circ\text{C}$  в течение 2 часов в воздушной атмосфере для удаления влаги. Твердую фазу из суспензии выделяли методами НРС, сверхвысокочастотной (СВЧ) сушкой и фильтрацией (Ф). Все полученные порошки отжигали 1 час при  $900^\circ\text{C}$  (высокотемпературная атмосферная печь LAC VP20/17) весь процесс отжига длился не более 4 часов. Отжиг проводили для удаления побочных продуктов и кристаллизации порошков.

Распылительную сушку производили с помощью Nano Spray Dryer B-90 (Buchi). СВЧ-синтез проводили с помощью бытовой микроволновой печи. БЭТ анализ порошков проводили с помощью компактного автоматизированного прибора для измерения удельной поверхности по многоточечному методу БЭТ (META Sorbi-M). Рентгенофазовый анализ проводили с помощью рентгенофазового дифрактометра Shimadzu XRD-7000.

### Результаты и обсуждение

По результатам БЭТ анализа после отжига синтезированный методом НРС порошок алюмомагнетитовой шпинели имеет наибольшую удельную поверхность в сравнении с порошками, полученными методами СВЧ и Ф (табл. 1). Высокие значения удельной поверхности порошков могут свидетельствовать о меньшем размере частиц. Так как порошки, синтезированные методом НРС, демонстрируют наибольшее значение удельной поверхности, то размер частиц порошка, полученного данным методом, является минимальным в ряду НРС < СВЧ < Ф.

Таблица 1

Результаты БЭТ анализ  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$

| Метод      | Суд, $\text{м}^2/\text{г}$ |
|------------|----------------------------|
| НРС        | $120,92 \pm 0,44$          |
| Фильтрация | $101,05 \pm 5,51$          |
| СВЧ        | $115,61 \pm 0,79$          |

На рисунке 1 представлены дифрактограммы порошков после отжига. Видно, что фазовый состав представлен только фазой алюмомагнетитовой шпинели. Дифрактограммы порошков, полученных разными методами, практически совпадают. Но дифрактограмма порошка, полученного методом НРС, имеет несколько большую интенсивность.

В таблице 2 приведены результаты РФА порошков, полученных разными методами. Из таблицы видно, что использование трех разных методов показало различия в размере ОКР порошков.

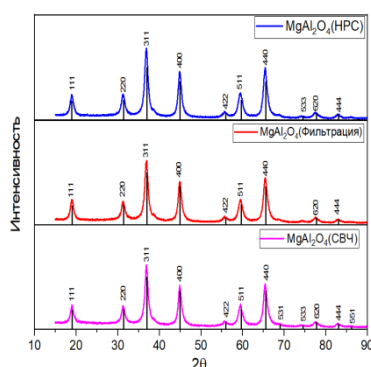


Рис. 1. Дифрактограммы порошков  $MgAl_2O_4$  после отжига при 900 °С

Результаты, полученные методом РФА, коррелируют с результатами, полученными методом БЭТ: порошок, синтезированный НРС, продемонстрировал наименьший размер кристаллов (ОКР).

Таблица 2

Результаты РФА анализа  $MgAl_2O_4$

| Методы     | T, °C | Фазовый состав, % | ОКР, нм |
|------------|-------|-------------------|---------|
| Фильтрация | 900   | $MgAl_2O_4$ – 100 | 14,42   |
| НРС        | 900   | $MgAl_2O_4$ – 100 | 11,81   |
| СВЧ        | 900   | $MgAl_2O_4$ – 100 | 11,82   |

## Выводы

1. Удельная поверхность частиц порошков, полученных методами НРС, Ф и СВЧ, составляет 121, 101 и 116 м<sup>2</sup>/г соответственно.
2. Размер ОКР порошков, полученных методами Ф, НРС и СВЧ, составляет 14,4, 11,81 и 11,83 нм соответственно.

Результаты получены с применением оборудования ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ.

## Список литературы

1. Buchilin, N.V., Nikitina, V.Y., Lugovoi, A.A. et al. Preparation of Alumina-Magnesia Spinel Based High-Porosity Ceramic Materials // Glass Ceramic. – 2021. – Vol. 77. – P. 372–378.
2. Salema A., Motevalian The Low Temperature Synthesis of Nanocrystalline  $MgAl_2O_4$  Spinel by Modified Sol-gel // Nanomaterials. – 2014. – C.22–24.
3. Li H., Wei H.Y., Cui Y., Sang R.L. Bu J.L., Wei Y.N. Synthesis and characterization of  $MgAl_2O_4$  spinel nanopowders via nonhydrolytic sol-gel-route // Journal of the Ceramic Society of Japan. – 2017. – Vol. 125(3). – C. 100–104.

4. Dash S., Rakesh K.S., Das A., Shubhra B. Synthesis of  $MgAl_2O_4$  spinel by thermal plasma and its synergetic structural study // Journal of Alloys and Compounds. – 2017. – Vol. 726. – С.108–113.
5. Лямина Г.В., Илела А.Э., Качаев А.А., Амантай Д., Колосов П.В., Чепрасова М.Ю. Получение нанопорошков оксида алюминия и циркония из растворов их солей методом распылительной сушки // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т. 33, № 2. – С. 119–124.

*Шэн Юйсы (Китай)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научные руководители: Филипас Александр Александрович, к.т.н., доцент,  
Кучман Алена Владимировна, ст. преподаватель*

## **ОБНАРУЖЕНИЕ И АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ КАПЕЛЬ НА МИКРОФОТОГРАФИЯХ ЭМУЛЬСИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ, ОСНОВАННОЙ НА НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ, И КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА**

**Аннотация:** Целью данной работы является сравнение эффективности классических и нейросетевых методов обнаружения и анализа капель на микрофотографиях эмульсий для последующего применения в автоматизированных системах оценки устойчивости эмульсий в нефтехимии и пищевой промышленности. Рассматриваются метод распознавания объектов на основе морфологии и модель обнаружения объектов YOLO. Делается вывод о возможности использования моделей нейронных сетей для автоматического анализа микрофотографий эмульсий.

**Ключевые слова:** микрофотографии промышленной эмульсии, классические методы, методы обнаружения изображений, ультразвуковая деэмульсация.

### **Введение**

Синтез и разрушение эмульсий – это важнейшая проблема в ряде отраслей промышленности, включая пищевую, сельскохозяйственную, нефтеперерабатывающую и фармацевтическую. Стабильность эмульсии представляет собой способность эмульсии сохранять свои свойства с течением времени, тогда как нестабильность эмульсии указывает на физические или химические изменения свойств эмульсии [1]. Достижение длительной стабильности эмульсии или быстрого ее разделения является сложной задачей и зависит от различных факторов, особенно от размера, формы и пространственного распределения капель. В нашем исследовании рассматривается воздействие акустических колебаний на дисперсный состав, при этом генерируется большое количество микрофотогра-

фий с изображением капель эмульсии, из которых необходимо получить статистические данные для проведения количественного анализа результатов воздействия ультразвука в широком диапазоне частот. Для решения проблемы обработки полученных данных была поставлена задача использования методов обнаружения изображений для автоматизации подсчета количества и размеров. В данной работе рассматриваются два метода, используемые для обнаружения объектов на изображениях, – распознавание объектов на основе морфологии и модель обнаружения объектов YOLO.

### Получение экспериментальных данных

Микрофотографии были сделаны в результате эксперимента по анализу воздействия акустических колебаний ультразвуковой частоты на водомасляную эмульсию. Эмульсия помещалась в тонкую трубку диаметром 1 мм, трубка располагалась на предметном столике микроскопа. На трубку была направлена ультразвуковая ячейка, соединенная с генератором сигналов (рис. 1). В результате проведения экспериментов было получено большое количество образцов микрофотографий для анализа.

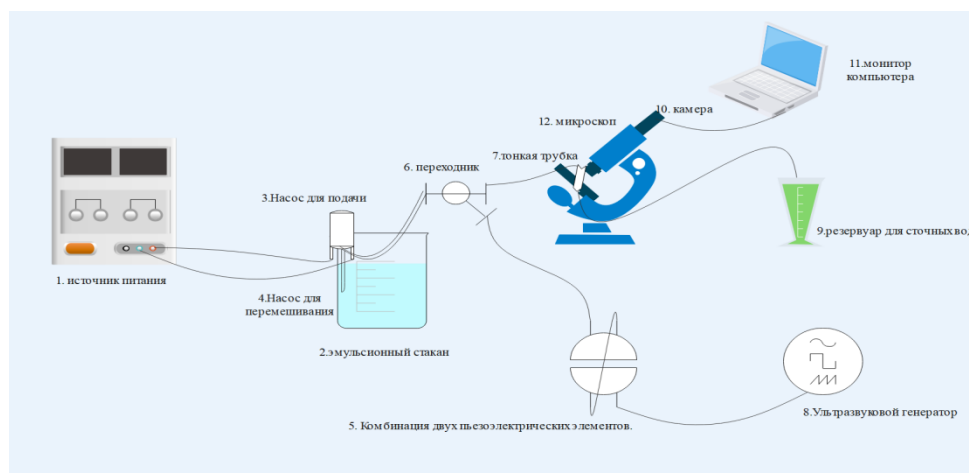


Рис. 1. Схема эксперимента по ультразвуковой деэмульсации

Для сравнения методов обнаружения капель было выбрано две микрофотографии: с водомасляной эмульсией до воздействия ультразвука и после десятиминутного воздействия с частотой 1 МГц. Эталонные данные о размерах капель были получены с помощью ручной разметки (рис. 2).



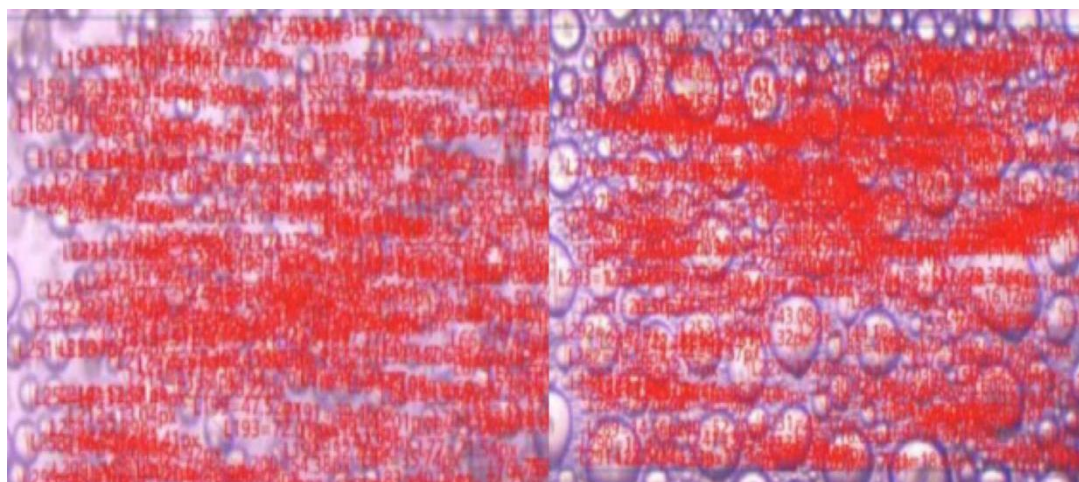


*Рис. 2. Разметка капель в ручном режиме*

Процесс ручной обработки данных требует больших временных затрат, поэтому были внедрены методы обнаружения, которые можно разделить на две категории: классические методы и методы, основанные на использовании нейронных сетей.

#### **Распознавание объектов на основе морфологии**

Работа алгоритма заключается в использовании традиционных методов обработки изображений для обнаружения круглых объектов в изображении. Сначала изображение преобразуется в grayscale и применяется гауссово размытие для уменьшения шума и сглаживания изображения [2]. Затем используется адаптивная пороговая обработка и фиксированное пороговое разделение для усиления информации о границах, что делает объекты более отчетливыми. Далее с помощью морфологических операций, таких как дилатация и эрозия, усиливаются контуры объектов и удаляются мелкие шумовые области. Затем с помощью функции `cv2.findContours()` обнаруживаются контуры изображения и по круглоте контуров отбираются потенциальные круглые объекты. Чтобы избежать повторного обнаружения, используется пороговое значение расстояния между центрами кругов для удаления перекрывающихся кругов. В завершение для каждого обнаруженного круга с помощью функции `cv2.minEnclosingCircle()` вычисляются его центр и радиус и на изображении рисуется круг, обозначающий найденный объект. Весь процесс включает в себя серию операций обработки изображений, сочетающий морфологический и контурный анализ, что позволяет точно обнаруживать и помечать круглые структуры на изображении [3]. Результаты обработки представлены на рисунке 3.

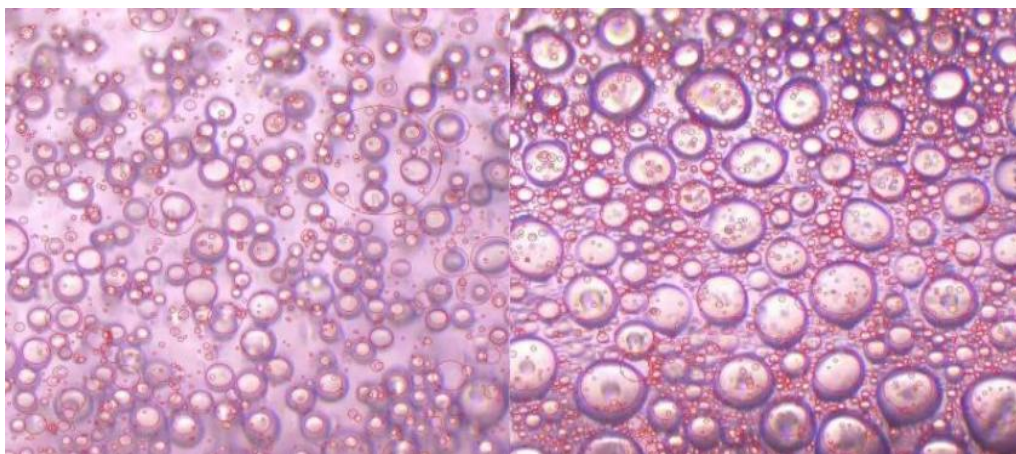


Рис. 3. Автоматический подсчет размеров капель с помощью классических методов

### **Модель обнаружения объектов YOLO**

Концепция разработки основана на использовании модели обнаружения объектов, обученной на собственных весах, для автоматического распознавания и разметки целей на изображениях. Сначала программа просматривает все изображения в указанной папке и загружает их для последующей обработки. Модель выполняет вывод на основе предварительно обученных весов, распознает объекты и возвращает координаты их граничных рамок. Затем код преобразует обнаруженные граничные рамки в круговые объекты, вычисляя центр и приблизительный радиус каждого объекта, а также выполняет преобразование в заданную единицу измерения [4]. После этого все полученные результаты сохраняются в файл Excel, а аннотированные изображения сохраняются на диск. Весь процесс использует возможности глубокого обучения для автоматического обнаружения и сохранения данных об объектах на изображении, что особенно полезно для пакетной обработки изображений, содержащих круглые или приближенно круглые объекты, таких как анализ клеток и частиц [5]. Результаты обработки представлены на рисунке 4.

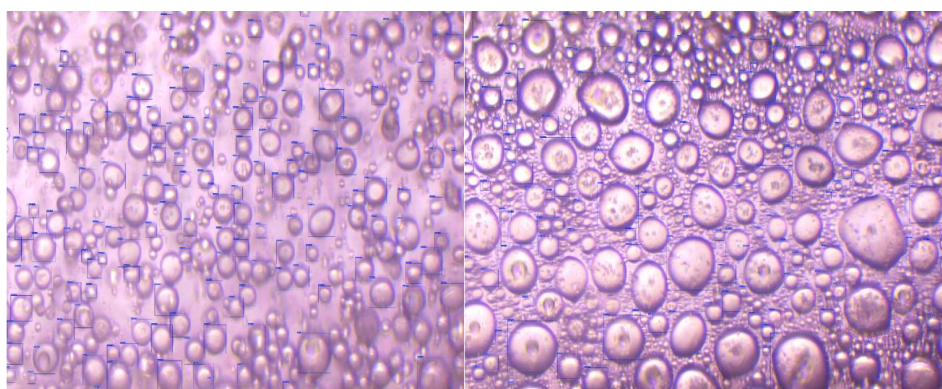


Рис. 4. Автоматический подсчет размера капель с помощью модели YOLO

## Результаты

В данной статье представлено исследование по обнаружению и извлечению сферических капель на эмульсионных микрофотографиях, особенно в случаях перекрытия частиц. Для характеристики сферических капель и понимания их влияния на свойства эмульсии требуются передовые методы анализа изображений, которые позволяют учитывать изменения формы и точно количественно определять морфологические особенности.

Статистические результаты трех методов измерения размера частиц эмульсии приведены на рисунках 5, 6 и 7.

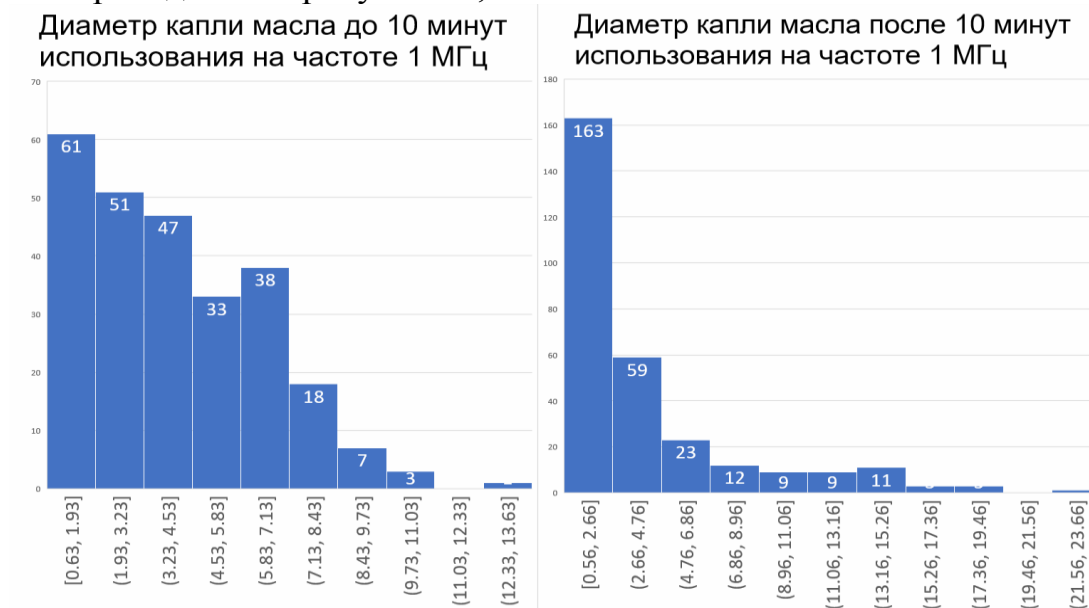


Рис. 5. Распределение капель масла в эмульсии в начале и конце при 1 МГц (Ручная маркировка)



Рис. 6. Распределение капель масла в эмульсии в начале и конце при 1 МГц (Классические методы)

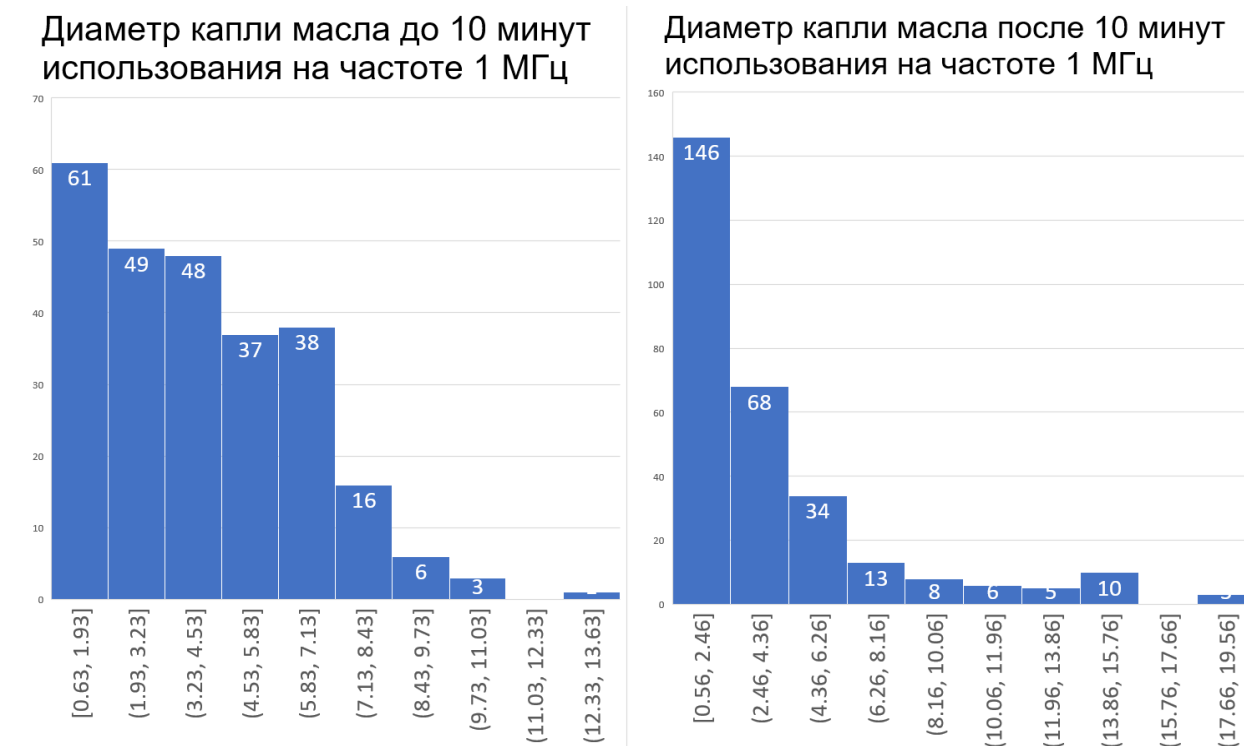


Рис. 7. Распределение капель масла в эмульсии в начале и конце при 1 МГц  
(Модель обучения YOLO)

В результате проведенного исследования было выявлено, что ультразвуковое воздействие оказывает значительное влияние на процесс разрушения водомасляных эмульсий. Эксперименты показали, что оптимальной частотой для разрушения эмульсий является диапазон около 1 МГц, где достигается наибольшая эффективность за счет кавитационных эффектов и сдвиговых напряжений. При этой частоте наблюдалось максимальное увеличение числа крупных капель и эффективное разделение фаз.

Образцы микрофотографий, полученные описанным выше методом, представляют собой достаточно сложное для обработки изображение, поскольку при использовании тонкой трубки для организации проточной системы имеется достаточно узкая полоса обзора микроскопа, находящаяся на фокусном расстоянии от объектива. Помимо этого, при размещении эмульсии в трубке нижние слои капель зашумляют изображение. Если разместить эмульсию между двумя стеклами, можно получить более удачное для обработки изображение (рис. 8).



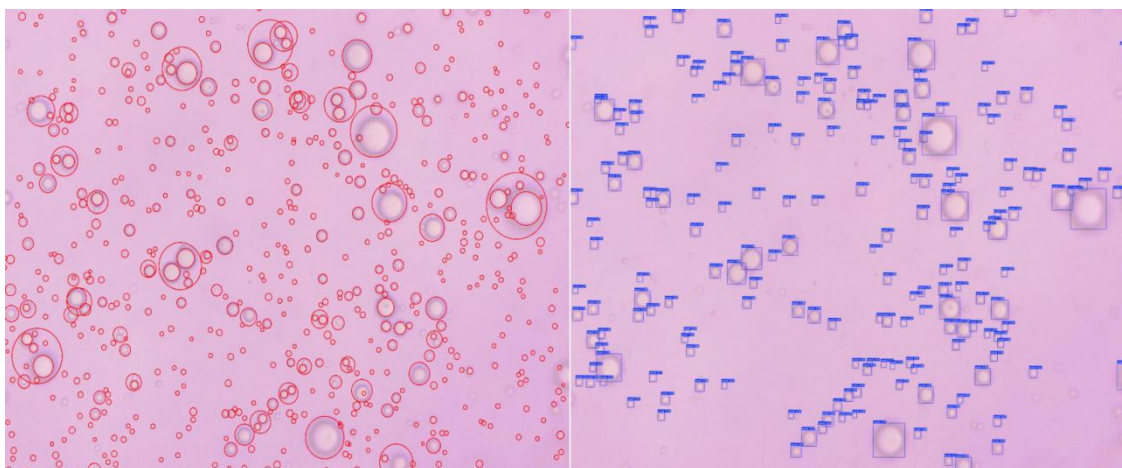


*Рис. 8. Классический метод и метод обнаружения модели YOLO*

В данном случае преимущество использования модели YOLO над распознаванием объектов на основе морфологии становится еще более очевидным.

### **Заключение**

Сравнивая три метода, можно сделать следующий вывод: хотя ручная обработка данных дает хорошие результаты, она отнимает много времени и сил. Классический метод не дал хороших результатов, поскольку различная обработка изображений требует корректировки значений параметров и не может хорошо обрабатывать случайные изображения. Результаты используемой модели YOLO практически согласуются с результатами ручной обработки, что экономит время и усилия, а также позволяет хорошо обрабатывать другие сферические изображения, близкие к микронному уровню.

Результаты подтверждают возможность использования моделей нейронных сетей, таких как YOLO, для автоматического анализа микрофотографий эмульсий. Данная модель может использоваться в системе онлайн-мониторинга процесса деэмульсации в нефтехимической, пищевой и фармацевтической промышленности.

### **Список литературы**

1. Abed S.M., Abdurahman N.H., Yunus R.M., Abdulbari H.A., Akbari S. Oil emulsions and the different recent demulsification techniques in the petroleum industry – a review // IOP Conf. Series: Material Science and Engineering. – 2019. – Vol. 702 [012060]. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/702/1/012060> (дата обращения: 12.05.25).
2. Abdulredha M.M., Siti Aslina H., Luqman C.A. Overview of petroleum emulsions, formation, influence and demulsification treatment techniques // Arabian Journal of Chemistry. – 2020. – Vol. 89. – P. 3403–3428.

3. Akbari N., Biria D. Investigation of the activity of *Acinetobacter calcoaceticus* biodemulsifier to break stable water in oil emulsions // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2018. – Vol. 6. – P. 4144–4150.
4. Zolfaghari R., Fakhru'l-Razi A., Abdullah L.C., Elnashaie S.S.E.H., Pendashteh A. Demulsification techniques of water-in-oil and oil-in-water emulsions in petroleum industry // *Separation and Purification Technology*. – 2016. – Vol. 170. – P. 377–408.
5. Alammam A., Park, S.H., Williams C.J., Derby, B., Szekely G. Oil-in-water separation with graphene-based nanocomposite membranes for produced water treatment // *Journal of Membrane Science*. – 2020. – Vol. 603 [118007]. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/339792180\\_Oil-in-wwater\\_separation\\_with\\_graphenebased\\_nanocomposite\\_membranes\\_for\\_produced\\_water\\_treatment](https://www.researchgate.net/publication/339792180_Oil-in-wwater_separation_with_graphenebased_nanocomposite_membranes_for_produced_water_treatment) (дата обращения: 12.05.25).

*Шэнь Юань<sup>1</sup> (Китай), Буслович Д.Г.<sup>2</sup> (Россия)*

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

<sup>2</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск*

*Научный руководитель: Панин Сергей Викторович<sup>1,2</sup>, д.т.н., профессор*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПФА-КОМПОЗИТОВ ПРИ ЛИНЕЙНОМ ТРИБОКОНТАКТЕ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ТРЕНИЯ И СМАЗКИ**

**Аннотация:** Исследован синергетический эффект углеродных волокон и твердосмазочных наполнителей в условиях линейного трибоконтакта ПФА-компози́тов при сухом трении и масляной смазке. Показано, что в условиях масляной смазки наилучшими трибологическими свойствами обладает композит ПФА/30УВ/5ПТФЭ.

**Ключевые слова:** полифталамид, углеродное волокно, политетрафторэтилен, трибологические свойства, масляная смазка.

### **Введение**

ПФА – это новый тип термостойкого полиамида (ПА), который относится к классу ароматических ПА, получаемых из терефталевой или изофталевой кислоты [1]. По сравнению с ПА, ПФА обладает лучшей термостойкостью с температурой плавления 280 °С благодаря добавлению ароматических колец в молекулярную цепь ПФА. В то же время ПФА сохраняет высокий показатель текучести расплава и хорошую технологичность расплава нейлоновых материа-

лов, что дает возможность комбинировать ПФА с высоким содержанием наполнителя для получения композитов.

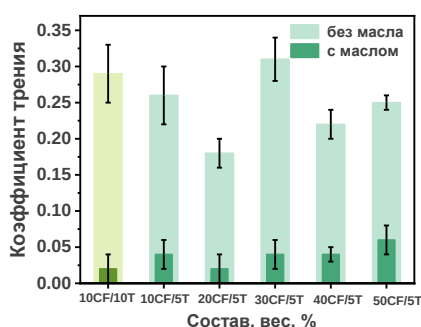
Известно, что для улучшения трибологических свойств композитов в полимеры вводятся комбинации волокон и твердосмазочных материалов [2]. В этом случае волокна улучшают механические свойства композитов, а твердые смазочные материалы (например, политетрафторэтилен (ПТФЭ)) могут улучшать трибологические свойства композитов за счет образования пленки переноса на контртеле. Синергетический эффект наполнителей (углеродное волокно и ПТФЭ) в улучшении трибологических свойств в условиях сухого трения был продемонстрирован во многих типах полимерных матричных композитов, включая ПА [3]. Однако их повышенный эффект в композитах на основе ПФА, особенно в условиях масляной смазки, не был исследован.

Целью данной работы является сравнение трибологических характеристик композитов ПФА с различным содержанием ПТФЭ и УВ при линейном трибоконтакте в условиях сухого трения и масляной смазки.

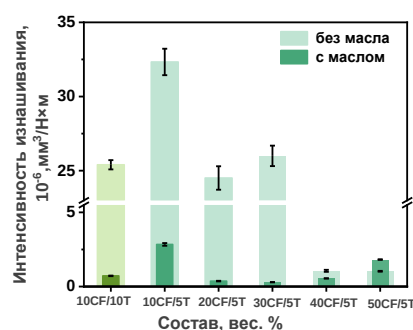
### Основная часть

На рисунке 1 показаны трибологические свойства композитов ПФА с различным содержанием УВ и ПТФЭ при линейном трибоконтакте в условиях сухого трения и масляной смазки. Видно, что в условиях сухого трения при увеличении содержания УВ до 40 вес. %, интенсивность изнашивания композитов значительно снижается до  $1,06 \cdot 10^{-6}$  мм<sup>3</sup>/Н\*м, но при этом коэффициент трения возрастает и составляет 0,22. Значительное снижение интенсивности износа может быть связано с эффектом дисперсного упрочнения, образованного разрушенными волокнами на поверхности дорожки трения (рис. 2а).

При увеличении содержания ПТФЭ в композите ПФА/10УВ до 10 вес. % коэффициент трения композита увеличился с 0,26 до 0,29, но интенсивность износа снизилась с  $32,33 \cdot 10^{-6}$  до  $25,4 \cdot 10^{-6}$  мм<sup>3</sup>/Н\*м. Это не согласуется с данными по ПТФЭ, приводящими к снижению коэффициента трения в других исследованиях [3].



(а)



(б)

Рис. 1. Коэффициент трения (а) и интенсивность изнашивания (б) композитов с различным содержанием УВ и ПТФЭ при нагрузке 60Н и скорости скольжения 0,3 м/с

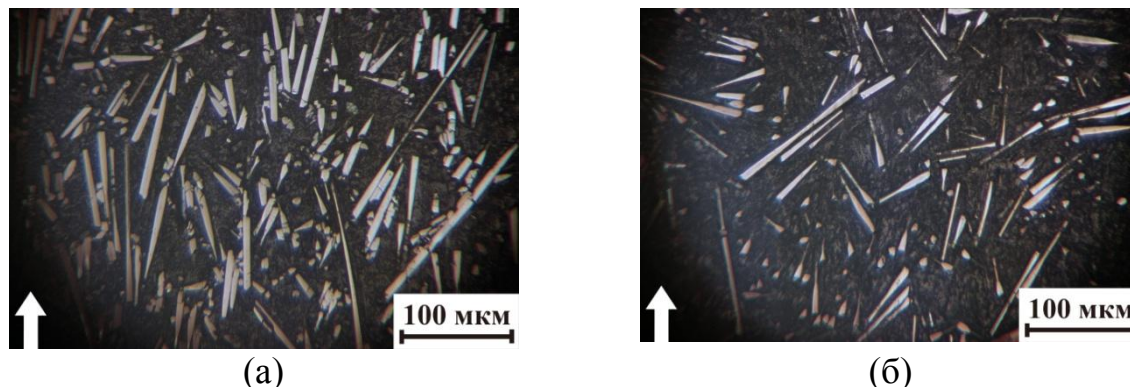


Рис. 2. Оптические фотографии дорожки трения композитов ПФА/40УВ/5ПТФЭ в условиях (а) сухого трения и (б) масляной смазки

Видно, что в условиях масляной смазки трибологические свойства композитов значительно улучшаются по сравнению с условиями сухого трения. При этом все коэффициенты трения композитов оказались на уровне 0,05. Стоит отметить, что при увеличении содержания УВ в композитах от 10 до 30 вес. % интенсивность изнашивания композитов снизилась с  $2,84 \cdot 10^{-6}$  до  $0,29 \cdot 10^{-6}$  мм<sup>3</sup>/Н\*м; а при дальнейшем увеличении содержания УВ до 50 вес. % увеличилась до  $1,82 \cdot 10^{-6}$  мм<sup>3</sup>/Н\*м. Это может быть связано с тем, что в условиях масляной смазки разрушенные волокна на поверхности композитов с более высоким содержанием углеродных волокон не могут прилипать к поверхности дорожки трения, как при сухом трении. Это препятствует образованию фрикционного слоя с эффектом дисперсного упрочнения.

### Заключение

В данной работе проведено сравнение трибологических свойств композитов на основе ПФА с различным содержанием УВ и ПТФЭ при линейном трибоконтакте в условиях сухого трения и масляной смазки. Показано, что в условиях сухого трения, когда содержание волокон достигает 40 %, на поверхности композита образуется слой дисперсно упрочненный. В отличие от этого, в условиях масляной смазки такой слой не образуется. Композит ПФА/30УВ/5ПТФЭ обладает наилучшими трибологическими свойствами в условиях масляной смазки.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема FWRW-2022-0002.



### Список литературы

1. Gonzalez de Gortari, M., et al. Polyphthalamide polymers: A review on synthesis, properties, and advance manufacturing and emerging applications // Journal of Applied Polymer Science. – 2022. – № 139(40). – P. 52965.
2. Wang, Qiufeng, et al. Combined effect of fibers and PTFE nanoparticles on improving the fretting wear resistance of UHMWPE-matrix composites // Polymers for Advanced Technologies. – 2016. – № 27(5). – P. 642–650.
3. Li, Du-Xin, et al. Tribological properties of solid lubricants filled glass fiber reinforced polyamide 6 composites // Materials & Design (1980–2015). – 2013. – № 46. – P. 809–815.

*Ян И (Китай), Станько А.Ю. (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Станько Анна Юрьевна, к. т. н., доцент*

### ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ В РАСТВОРАХ КРАСИТЕЛЕЙ

**Аннотация:** Исследование посвящено изучению адсорбционных свойств наночастиц  $\text{SiO}_2$  в растворах различных красителей. Установлено, что наночастицы  $\text{SiO}_2$  наиболее эффективно адсорбируют катионные красители, такие как метиленовый голубой и бриллиантовый зеленый, достигая через 60 минут 33 % и 21 % адсорбции соответственно. Результаты подчеркивают влияние типа красителя на адсорбционную способность наночастиц.

**Ключевые слова:** наночастицы  $\text{SiO}_2$ , красители, адсорбция, центрифугирование, спектрофотометрия.

#### **Введение**

Ежегодно в мире производится более 700 000 тонн красителей для разных отраслей промышленности [1], которые со сточными водами попадают в гидросферу. Красители снижают качество воды, препятствуют проникновению света, обладают высокой токсичностью, что представляет угрозу для здоровья человека и экосистемы в целом [2], поэтому удаление красителей из сточных вод является важной междисциплинарной задачей.

Среди разных методов (химическое окисление, коагуляция, фотокаталитическое разложение и мембранные технологии) адсорбция выделяется как один из наиболее перспективных подходов [3]. Наночастицы рассматриваются как эффективные сорбенты для удаления красителей, как показано на примере наночастиц  $\text{ZnO}$  [1],  $\text{CuO}$  [4],  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  [5] и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [6].

Наночастицы  $\text{SiO}_2$  обладают рядом преимуществ, включая высокую удельную поверхность, хорошую механическую прочность и химическую инертность [7]. Наноматериалы на основе оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) являются одним из наиболее изученных и широко используемых материалов в области нанотехнологий [8]. Однако эффективность адсорбции наночастиц  $\text{SiO}_2$  может варьироваться в зависимости от их размера, а также от условий среды, таких как pH и состав красителя. Понимание влияния этих факторов на адсорбционные свойства наночастиц  $\text{SiO}_2$  является ключевым для разработки эффективных адсорбентов для удаления красителей из сточных вод.

Целью работы является изучение влияния типа красителя на степень адсорбции с помощью наночастиц  $\text{SiO}_2$ .

### Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись наночастицы  $\text{SiO}_2$  (ООО «Плазмотерм» (<https://plasmotherm.ru/>, г.Москва, Россия, удельная поверхность  $400 \text{ м}^2/\text{г}$ ). Морфологию наночастиц определяли с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) JEM-1400 (Jeol, Япония, ускоряющее напряжение 120 кВ, вакуум  $\sim 10^{-6}$  Па, источник электронов  $\text{LaB}_6$ ). Анализ изображений размеров частиц проводился в ImageJ путем измерения диаметра окружности, в которую вписывается частица. Полученные данные использовали для построения интервального распределения частиц по размерам.

Для изучения сорбции были приготовлены растворы красителей (табл. 1).

Таблица 1

Состав и свойства красителей

| Название красителя      | Обозначение в работе | Формула                                                    | Тип                  | Молярная масса, г/моль | Длина волны, нм |
|-------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------|
| Эозин Н                 | Эозин Н              | $\text{C}_{20}\text{H}_6\text{Br}_4\text{Na}_2\text{O}_5$  | Кислотный            | 691,86                 | 520             |
| Метилловый оранжевый    | Мет-ор               | $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$ | Кислотно-основный    | 327,34                 | 530             |
| Бриллиантовый и зеленый | Бр-зел               | $\text{C}_{27}\text{H}_{34}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$   | Основной (катионный) | 482,64                 | 675             |
| Малахитовый зеленый     | Мал-зел              | $\text{C}_{23}\text{H}_{25}\text{ClN}_2$                   | Кислотно-основный    | 364,92                 | 680             |
| Метиленовый голубой     | Мет-гол              | $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$           | Основной (катионный) | 319,86                 | 630             |

Далее к 0,05 г наночастиц (аналитические весы ALC-110d4, Acculab, США,  $\pm 0,0001$  г) в пластиковой емкости добавляли 50 мл раствора красителя с концентрацией 0,5 мг/л, приготовленного на дистиллированной воде ( $\text{pH} = 6,5 \pm 0,2$ , дистиллятор АЭ-25 МО, ОАО «ТЗМОИ», Россия). Полученная суспензия перемешивалась с помощью ультразвуковой обработки в ультразвуковой ванне

ODA-LQ40 (ОДАСЕРВИС, Россия, объем жидкости 4 л, мощность УЗ 120 кВт) в течение 120 минут. Через временные интервалы (5, 15, 30, 60, 90 и 120 минут) ванну выключали и отбирали аликвоту (14 мл) суспензии. Далее ванна опять включалась для обработки. Отобранную аликвоту суспензии центрифугировали в течение 15 минут при 4400 об/мин с использованием центрифуги Eppendorf-7000 для отделения наночастиц от раствора.

Для определения концентрации красителя измеряли коэффициент светопропускания ( $T$ , %) в растворе до и после сорбции при длине волны, соответствующей максимуму поглощения каждого красителя (табл. 1) на спектрофотометре Arel 303 (Япония). В качестве эталона использовали дистиллированную воду с  $T = 100$  %. Из полученных значений коэффициентов светопропускания ( $T$ ) рассчитывали оптическую плотность ( $A$ ) по формуле:

$$A = -\lg \frac{T}{100}, \quad (1)$$

Из полученных значений оптической плотности методом сравнения рассчитывали концентрацию красителя, оставшегося в растворе после проведения сорбции по формуле:

$$C_K = \frac{A_K \cdot C_0}{A_0}, \quad (2)$$

где  $C_0$  и  $C_K$  – концентрации красителя в растворе до и после сорбции, мг/л;  $A_0$  и  $A_K$  – оптическая плотность в растворе до и после сорбции.

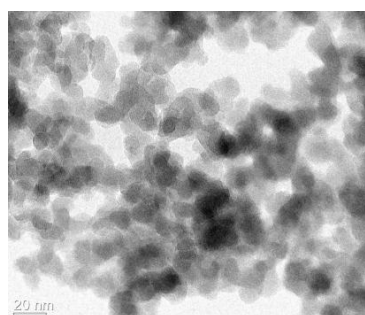
Полученные данные использовались для расчета количества адсорбированного красителя на наночастицах. Степень адсорбции ( $Ads$ , %) рассчитывали по формуле:

$$Ads = \frac{C_0 - C_K}{C_0} \cdot 100, \quad \%, \quad (3)$$

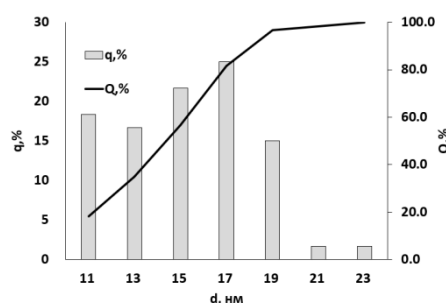
где  $C_0$  и  $C_K$  – концентрации красителя в растворе до и после сорбции, мг/л.

### Результаты и обсуждение

Согласно проведенному дисперсионному анализу, наночастицы имеют форму, близкую к сферической, и составляют агрегаты с размерами от 25 до 70 нм (рис. 1, а). Анализ изображений показал, что средний размер частиц составил  $14,9 \pm 3,2$  нм, а само распределение 9,6...23,9 нм (рис. 1, б).



а



б

Рис. 1. ПЭМ-изображения наночастиц  $\text{SiO}_2$

Согласно полученным данным, максимальная адсорбция зафиксирована в растворах с основными катионными красителями (Мет-гол, Бр-зел, рис. 2).

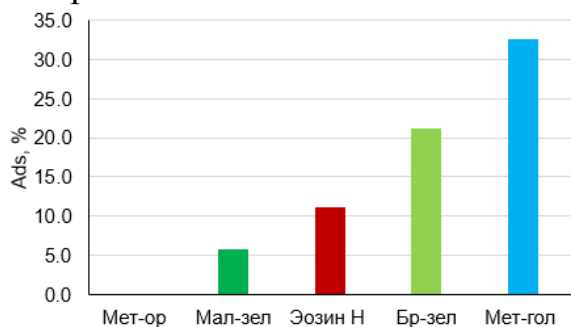


Рис. 2. Степень адсорбции красителей на наночастицах  $\text{SiO}_2$  через 60 мин. Однократный эксперимент

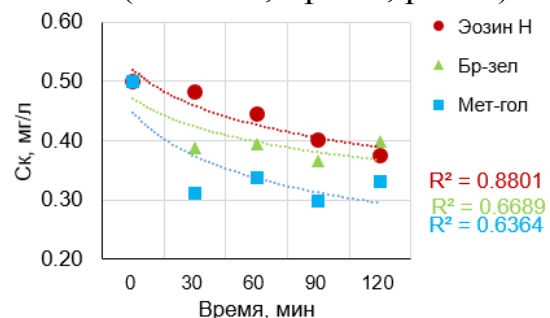


Рис. 3. Изотермы сорбции красителей:  $R^2$  для линии тренда, степенная функция. Однократный эксперимент

Такие красители взаимодействуют за счет солеобразования между основными группами красителя и анионными группами материала. Согласно данным, заряд наночастиц  $\text{SiO}_2$  в широком интервале pH имеет отрицательные значения [9], что, наиболее вероятно, притягивает молекулы красителей. Видно, что молекулы кислого красителя метилового оранжевого не участвовали в сорбции (рис. 1а).

Далее получили изотермы сорбции для красителей, имеющих максимальную адсорбцию, и провели аппроксимацию в Excel по степенной функции. Видно, что эксперимент требует повторения для определения механизма адсорбции, особенно в случаях, где  $R^2 < 0,9$ . В растворе эозина Н концентрация красителя в течение 120 минут уменьшается стабильно: концентрация после сорбции составила 0,48, 0,44 и 0,37 мг/л через 30, 60 и 120 мин соответственно (рис. 3).

### Заключение

В работе показано, что наночастицы  $\text{SiO}_2$  с размером 11,3 нм обладают различной адсорбционной способностью по отношению к разным красителям. Через 60 минут степень адсорбции составила 0, 6, 11, 21 и 33 % для метилового оранжевого, малахитового зеленого, эозина Н, бриллиантового зеленого и метиленового голубого соответственно. Видно, что тип красителя очень важен. Чтобы объяснить, с чем связано такое поведение частиц и установить механизм сорбции, необходимо провести дополнительные исследования.

Результаты получены с применением оборудования ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ.

### Список литературы

1. Khan K.A., Shah A., Nisar J. Electrochemical detection and removal of brilliant blue dye via photocatalytic degradation and adsorption using phyto-synthesized nanoparticles // RSC Advances. – 2024. – Vol. 14. – P. 2504–2517.
2. Zhu Y., Ma L., Wang L., Li X., Yang Z., Yuan M., Li W., Ma X., Gao Y., Xiong H., Chen M., Wang Y., Xiao Y. Adsorption of cationic dyes in wastewater with magnetic K-carrageenan nanoparticles // Process Safety and Environmental Protection. – 2024. – Vol. 189. – P. 177–187.
3. Shi Y., Chang Q., Zhang T., Song G., Sun Y., Ding G. A review on selective dye adsorption by different mechanisms // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2023. – Vol. 10(6). – P. 108639.
4. Kamalian M., Shahnavaz B., Karrabi M. Biogenic synthesis of copper oxide nanoparticles using a cold tolerant bacterium for RB5/DR23 Azo dye adsorption // Biomass Conversion and Biorefinery. – 2024. – Vol. 3. – P. 53.
5. Noreen S., Mustafa G., Ibrahim S.M., Naz S., Iqbal M., Yaseen M., Javed T., Nisar J. Iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) prepared via green route and adsorption efficiency evaluation for an anionic dye: kinetics, isotherms and thermodynamics studies // Research and Technology. – 2020. – Vol. 9. – P. 4206–4217.
6. Banerjee S., Dubey S., Gautam R.K., Chattopadhyaya M.C., Sharma Y.C. Adsorption characteristics of alumina nanoparticles for the removal of hazardous dye, Orange G from aqueous solutions // Arabian Journal of Chemistry. – 2019. – Vol.12. – P. 5339–5354.
7. Rahimzadeh C.Y., Barzinjy A.A., Mohammed A.S., Hamad S.M. Green synthesis of  $\text{SiO}_2$  nanoparticles from *Rhus coriaria* L. extract: Comparison with chemically synthesized  $\text{SiO}_2$  nanoparticles. // Coordination Chemistry Reviews. – 2022. – P. 1–15.
8. Jeelani P. Gh., Mulay P., Venkat R., Ramalingam C. Multifaceted application of silica nanoparticles. A review // Silicon. – 2020. – Vol.12. – P.1337–1354.
9. Alves J. J.A., Baldo J.B. The behavior of zeta potential of silica suspensions // New Journal of Glass and Ceramics. – 2014. – Vol. 4. – P.29–37.

Ян Сун (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Илела Алфа Эдисон, к.т.н., доцент

## СИНТЕЗ И АНАЛИЗ НАНОКОМПОЗИТОВ MgO-ZnO, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

**Аннотация:** Целью работы является сравнение характеристик нанокomпозитов MgO-ZnO, полученных методами распылительной сушки, фильтрации, микроволнового и гидротермальной синтеза. Была проведена систематическая характеристика их фазового состава. Результаты показали, что порошки, полученные разными методами, имеют размер областей когерентного рассеяния от 8 до 24 нм. Представлены результаты рентгенофазового анализа, доказывающие, что использование разных методов синтеза приводит к формированию разных отношений компонентов и степени кристаллизации порошков.

**Ключевые слова:** нанокomпозит, MgO-ZnO, распылительная сушка, фильтрация, микроволновый синтез, гидротермальный синтез.

### Введение

Неорганические оксиды металлов, такие как оксид магния (MgO) и оксид цинка (ZnO), используются в качестве антимикробных средств благодаря уникальному сочетанию антибактериальных свойств и низкой токсичности [1].

ZnO обладает превосходными поверхностными и элементарными свойствами и является многофункциональным биосовместимым материалом. Было показано, что ZnO является лучшим антимикробным агентом и широко используется в производстве ранозаживляющих, противовоспалительных и противозудных препаратов [2]. Наночастицы MgO также обладают рядом важных свойств, сходных с свойствами ZnO: химической и термической стабильностью с высокой антимикробной активностью [3]. Наночастицы MgO также нетоксичны, что отличает их от других наночастиц оксидов металлов, используемых в биомедицинских целях. Предполагается, что сочетание этих двух материалов будет иметь преимущества при использовании в качестве антибактериального материала.

В данном исследовании рассматривался процесс синтеза этих двух материалов (ZnO-MgO) с использованием следующих методов: фильтрации (Ф), микроволновой сушки (СВЧ), гидротермального синтеза (Гт) и нанораспылительной сушки (НРС).

Целью работы является сравнение характеристик нанокomпозитов MgO-ZnO, полученных различными способами.

### Экспериментальная часть

Для приготовления прекурсора готовили 0,5 М раствор  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , смешивали их в нужной пропорции  $\text{MgO}:\text{ZnO} = 80:20$  мл, а затем медленно добавляли 100 мл раствора  $\text{NaOH}$  к смешанному раствору до образования осадка, после чего формирование суспензии было завершено. Осадок в полученной суспензии непрерывно промывали дистиллированной водой до установления нейтральной среды ( $\text{pH} = 7$ ).

По методу фильтрации полученный осадок высушивали в сушильном шкафу при  $80^\circ\text{C}$  в течение 2 часов в воздушной атмосфере для удаления влаги. Твердую фазу из суспензии выделяли методами нанораспылительной сушки, сверхвысокочастотной сушки, фильтрации и гидротермального синтеза. Все полученные порошки отжигали 5 минут при  $350^\circ\text{C}$  (высокотемпературная атмосферная печь LAC VP20/17), весь процесс отжига длился не более 2 часов. Отжиг проводили для удаления побочных продуктов и кристаллизации порошков.

Распылительную сушку производили с помощью Nano Spray Dryer B-90 (Buchi). СВЧ-синтез проводили с помощью бытовой микроволновой печи. Гидротермальный синтез проводили с помощью стального автоклава с тетрафторэтиленовым реактором объемом 45 мл в сушильном шкафу при  $80^\circ\text{C}$  в течение 2 часов. Рентгенофазовый анализ проводили с помощью рентгенофазового дифрактометра Shimadzu XRD – 7000.

### Результаты и обсуждение

На рисунке 1 показаны дифрактограммы порошков после отжига  $350^\circ\text{C}$ .

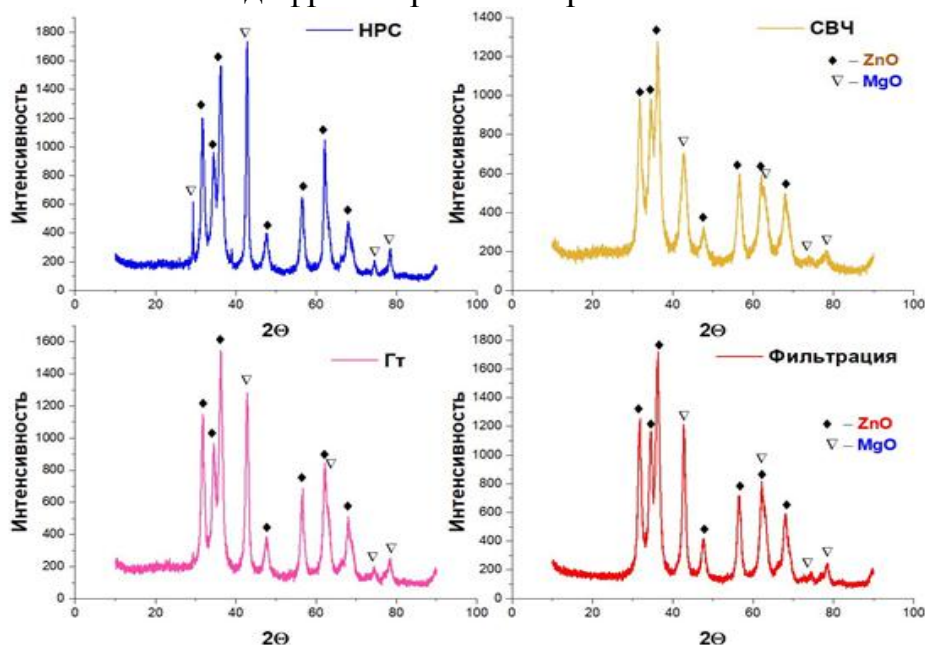


Рис. 1. Дифрактограммы порошков  $\text{MgO-ZnO}$  после отжига при  $350^\circ\text{C}$

Результаты РФА продемонстрировали, что порошки, полученные методом НРС, имеют наибольший уровень интенсивности фазы MgO. По результатам РФА порошков, полученных методом фильтрации, был зарегистрирован наибольший уровень интенсивности фазы ZnO. В таблице 1 представлены результаты расчетов фазовых составов и ОКР.

Примечательно, что большинство полученных порошков имеют средний фазовый состав порядка 60 % для оксида магния и 30 % для оксида цинка, тогда как соотношение компонентов в исходном растворе составляло 8 к 2 соответственно. По данным литературы, изменение фазового состава при использовании метода фильтрации с высоким содержанием оксида цинка обусловлено морфологией порошка (высокая скорость агломерации), а также стабильностью фазы ZnO при температуре 350 °C [4].

Таблица 1

*Результаты РФА анализа ZnO*

| Метод | T, °C | Фазовый состав, %        | ОКР, нм        |
|-------|-------|--------------------------|----------------|
| Ф     | 350   | MgO – 47,7<br>ZnO – 52,3 | 24,02<br>9,94  |
| НРС   |       | MgO – 68,1<br>ZnO – 31,9 | 8,65<br>8,93   |
| СВЧ   |       | MgO – 66,8<br>ZnO – 33,2 | 19,08<br>11,04 |
| ГТ    |       | MgO – 62,5<br>ZnO – 37,5 | 13,58<br>10,92 |

### Заключение

Рассчитанные размеры ОКР, порошки MgO-ZnO<sub>Ф</sub>, MgO-ZnO<sub>НРС</sub>, MgO-ZnO<sub>СВЧ</sub>, MgO-ZnO<sub>ГТ</sub> составляют: 27,01 и 9,94 нм, 8,65 и 8,93 нм, 19,08 и 11,04 нм, 13,58 и 10,92 нм соответственно.

Наноккомпозит MgO/ZnO, полученный методом нанораспылительной сушки, имеет самые мелкие размеры кристаллитов. Самые крупные размеры ОКР наблюдаются у порошков, выделенных фильтрацией.

Результаты получены с применением оборудования ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ.

### Список литературы

1. Ali F., Sajjad B. Comparison studies of adsorption properties of MgO nanoparticles and ZnO–MgO nanocomposites for linezolid antibiotic removal from aqueous solution using response surface methodology // Process Safety and Environmental Protection. – 2015. – Vol. 94. – P. 37–43.



2. Tamizh S.K., Alamelu Mangai, M.P., Suresh S. Investigation of the dielectric and impedance properties of ZnO/MgO nanocomposite // *Physica B: Condensed Matter*. – 2020. – Vol. 594. – P. 34–36.
3. Vidic J., Stankic S., Haque F. et al. Selective antibacterial effects of mixed ZnMgO nanoparticles // *J Nanopart Res.* – 2013. – Vol. 64. – P. 12–15.
4. Ли С., Илела А.Э., Шевченко И.Н. Морфология порошков оксида цинка, выделенного из суспензий различными способами // *Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения: сборник научных трудов Международной научно-технической молодежной конференции, Томск, 11–15 декабря 2023 г.* – Томск, 2023. – С. 189–192.

## «SCIENCE AS A VOCATION AND CAREER»

*Ali AlWakkaf (Syria)*

*Higher Institute for Applied Sciences and Technology, Aleppo*

*Scientific Supervisor: Dr. Maamo M.S*

### LOW FREQUENCY QUASI-ZERO STIFFNESS VIBRATION ISOLATOR FOR AIRCRAFT ONBOARD BLOCKS

**Abstract:** In this work, analytical and numerical studies are conducted to show the effectiveness of using Quasi-Zero Stiffness to handle low frequency vibration isolation requirements for aircraft electronic and measurement blocks. Results show that using this technique, an isolator could be designed to have low cut-off frequency of 0.2349 Hz.

**Keywords:** QZS, Low frequency isolators, Vibrations, Onboard Blocks

#### **Introduction**

The vibrations experienced by structural frameworks and suspended masses in aircraft systems are issues that require in-depth study to mitigate their negative effects. Therefore, it is essential to work on eliminating or at least reducing these vibrations to an acceptable level. Usually, rubber dampers or linear vibration isolators are used to achieve this goal. Although rubber dampers are generally efficient in reducing vibrations, their behavior can be affected by various environmental factors, especially temperature. On the other hand, linear vibration isolators are effective to certain frequencies and are not adequate for low frequency isolation requirements, such as the case of IMU and other onboard electronic and measurement blocks. To handle the requirements of low frequency vibration isolators, it is necessary to use nonlinear isolators that incorporate elements of negative stiffness, such as Quasi-Zero Stiffness (QZS) technique [1–4].

QZS mechanisms are generally achieved by combining a negative stiffness element with a positive stiffness element. The simplest QZS mechanisms is shown in Fig. 1. Schematic representation of quasi-zero stiffness isolator, which consists of a vertical spring and to two oblique springs [5].

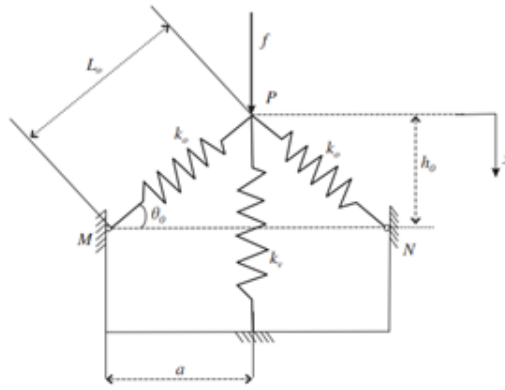


Fig. 1. Schematic representation of quasi-zero stiffness isolator

As shown in Fig. 1, the two linear springs each of stiffness  $k_0$  hinged at points M and N, respectively, have initial length  $L_0$ . A force  $f$  is applied at point P which is at horizontal distance ( $a$ ) from points M and N, and initially at height  $h_0$  above these points. The springs are initially inclined at angle  $\theta_0$ . The vertical component of the applied force can be written in non-dimensional form as [5]:

$$\frac{f}{k_0 L_0} = \hat{x} + 2\alpha \left( \sqrt{1 - \gamma^2} - \hat{x} \right) \left[ \left( \hat{x}^2 - 2\sqrt{1 - \gamma^2} \hat{x} + 1 \right)^{-\frac{1}{2}} - 1 \right] \quad (1)$$

where  $\hat{x} = x/L_0$  and  $\gamma = a/L_0 = \cos(\theta_0)$  is geometrical parameter and  $\alpha = k_0/k_v$  is the ratio of spring stiffnesses. The non-dimensional stiffness can be calculated by differentiating the force with respect to the displacement to give:

$$\frac{K}{k_0} = 1 + 2\alpha \left[ 1 - \frac{\gamma^2}{\left( \hat{x}^2 - 2\sqrt{1 - \gamma^2} \hat{x} + 1 \right)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (2)$$

This relationship was modeled in MATLAB. Fig. 2. Non-dimensional stiffness of a QZS mechanism when  $\alpha=6$  shows the stiffness-displacement characteristic of this QZS system at different geometric coefficient  $\gamma$  values when  $\alpha=6$

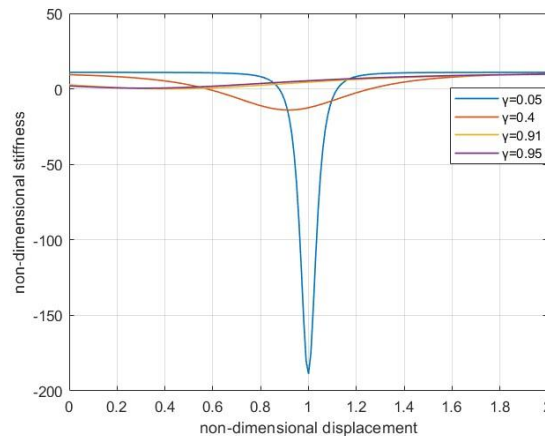


Fig. 2. Non-dimensional stiffness of a QZS mechanism when  $\alpha=6$

### Numerical Simulation of QZS isolator

As shown in Fig. 3. QZS isolator model in ADAMS, the QZS vibration isolator was built in ADAMS using the parameters listed in table 1:

Table 1

*The parameters of the QZS vibration isolator*

| $m(\text{kg})$ | $K_v (\text{N/mm})$ | $\alpha$ | $K_0 (\text{N/mm})$ | $L_0(\text{mm})$ |
|----------------|---------------------|----------|---------------------|------------------|
| 60             | 12.85               | 6        | 77.1                | 120              |

The  $\gamma_{QZS}$  value that gives quasi-zero-stiffness is given by [5]:

$$\gamma_{QZS} = \frac{2\alpha}{2\alpha+1} = 0.9231 \quad (3)$$

Hence, the initial angle  $\theta_0 = \cos^{-1}(\gamma_{QZS}) = 22.616 \text{ deg}$

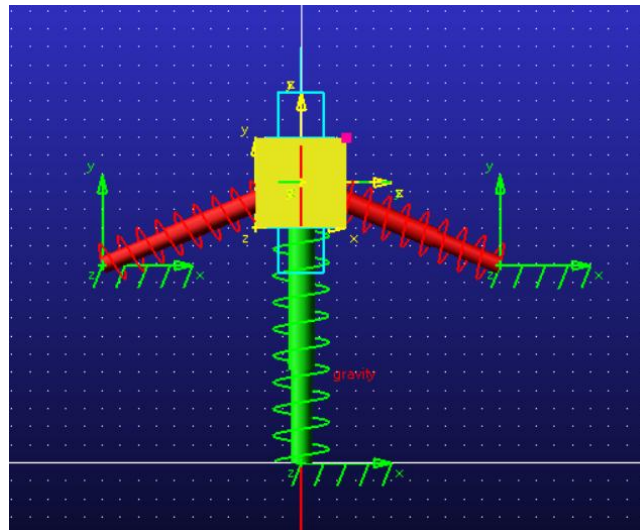


Fig. 3. QZS isolator model in ADAMS

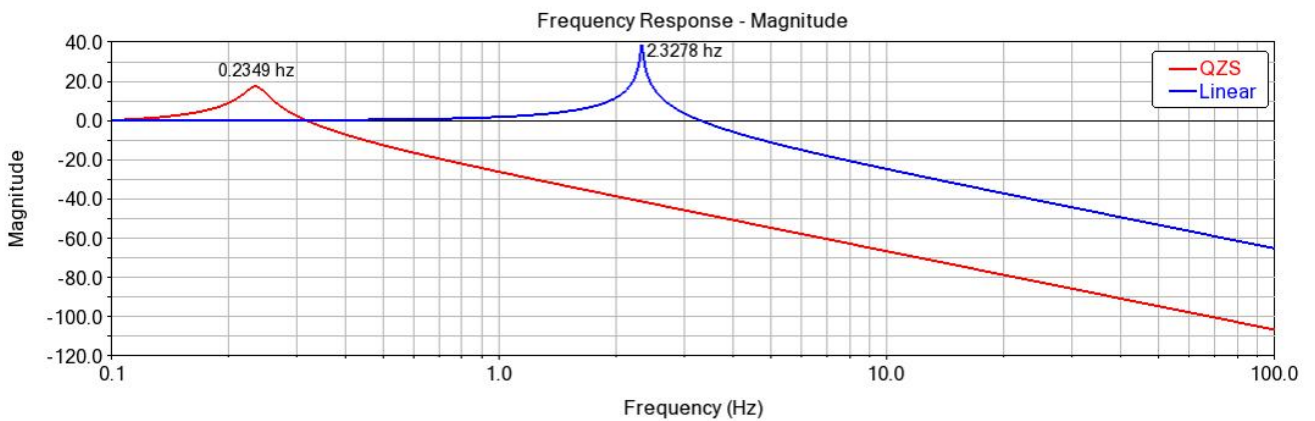


Fig. 4. The comparison between the linear isolator and the QZS isolator

Fig. 4. The comparison between the linear isolator and the QZS isolators shows a comparison between the frequency response of a linear isolator (without inclined springs) and QZS isolator. As could be seen, there is a significant improvement in the isolation frequency for QZS isolator, as the isolator cutoff frequency is 0.2349 Hz.

#### The effect of the damped mass on QZS performance

In general, the QZS isolator is designed for a specific mass. Previously, a mass of  $m = 60$  kg was adopted, but this mass may change slightly due to manufacturing tolerances or modifications, and so on. Naturally, a change in the actual mass will affect the performance of QZS vibration isolator. The effect of varying the mass has been studied to determine the range within which the QZS isolator maintains acceptable performance, as illustrated in Fig. 5. The effect of mass change on the performance of the QZS isolator. The optimal performance of the isolator corresponds to a mass of  $m = 60$  kg as the parameters of the isolator were selected based on this value. A change in mass results in a decline in the isolator performance, as the isolation cut-off frequencies shift towards higher values. However, the QZS isolator consistently outperforms the linear isolator.

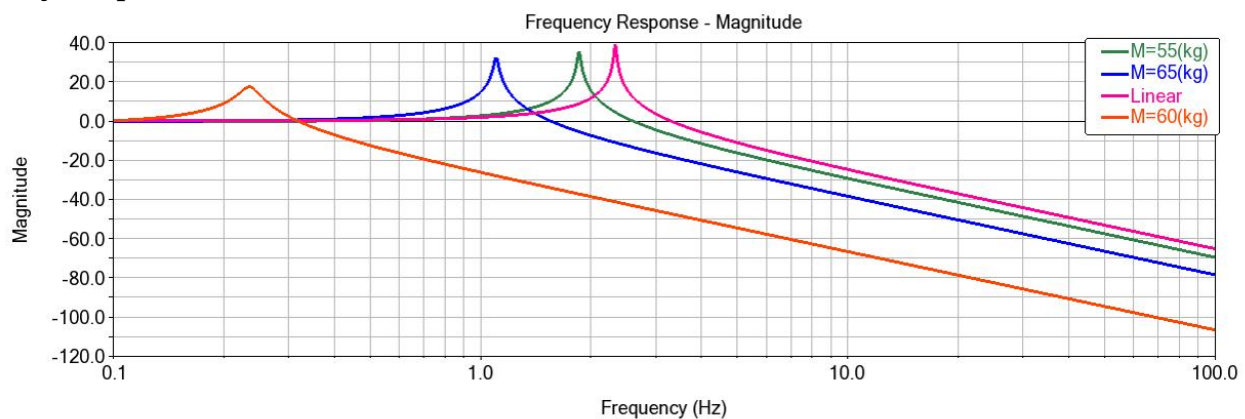


Fig. 5. The effect of mass change on the performance of the QZS isolator

Table 2

Frequency values due to mass change

| the isolator | $m(kg)$ | Frequency (Hz) |
|--------------|---------|----------------|
| linear       | 60      | 2.3278         |
| QZS          | 60      | 0.2349         |
|              | 65      | 1.1015         |
|              | 55      | 1.8532         |

#### Conclusions and future works

To handle low frequency vibration isolation for aircraft onboard blocks, it is advisable to consider using QZS nonlinear vibration isolators, as shown in this work.

In the future, it will be a good step ahead to consider another QZS techniques, such as Euler beam.

## References

1. Sui G., Zhang X., Hou S., Shan X., Hou W., Li J. Quasi-zero stiffness isolator suitable for low-frequency vibration. // *Machines*. – 2023. – Vol. 11(5). – P. 512.
2. Meng Q., Yang X., Li W., Lu E., Sheng L. Research and Analysis of Quasi-Zero-Stiffness Isolator with Geometric Nonlinear Damping // *Shock and Vibration*. – 2017. Vol (1). – P. 6719054.
3. Chen Z., Chen Z., & Wei Y. Quasi-zero stiffness-based synchronous vibration isolation and energy harvesting: a comprehensive review // *Energies*. – 2022. – Vol. 15(19). – P. 7066.
4. Yan B., Yu N., & Wu C. A state-of-the-art review on low-frequency nonlinear vibration isolation with electromagnetic mechanisms // *Applied Mathematics and Mechanics*. – 2022. – Vol. 43(7). – P. 1045-1062.
5. Carrella A., Brennan M. J., & Waters T. P. Static analysis of a passive vibration isolator with quasi-zero-stiffness characteristic // *Journal of sound and vibration*. – 2007. – Vol. 301(3-5). P. 678–689.

*Carlos Sebastian Mamani Cuenca (Bolivia)*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: Stepanov Boris Pavlovich, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences*

## ANALYSIS OF DESIGN FEATURES OF PROMISING SMALL POWER REACTORS

**Abstract:** In Bolivia, nearly 70 % of electricity generation is based on fossil fuels, and the main source is gas, the production of which is decreasing considerably in the country. The need to diversify Bolivia's energy sources is stressed to secure a stable supply and lower carbon emissions. With significant advancements in nuclear technology, facilitated mainly by Rosatom Corporation over the past nine years, this country has established a foundation for nuclear energy development by installing three critical nuclear components: a multipurpose irradiation plant, a research reactor, and a cyclotron. As these facilities near completion, it should now transition to the next phase: integrating nuclear power into its energy portfolio, considering that the implementation of nuclear power is long term and requires the prior development of its infrastructure. Under these conditions, this research work evaluates various sources of energy based on traditional feasibility metrics, addressing key concerns such as safety and public acceptance, energy demand, infrastructure, economic viability, environmental impact, most of them oriented by the International Atomic Energy

Agency (IAEA) in order to generate parameters for analyzing and then identifying a proper source that aligns with Bolivia's energy needs and development objectives. Finally, this study aims to provide recommendations for selecting a suitable nuclear power reactor that would be used by other developing countries as a starting point when evaluating the incorporation of nuclear power.

**Keywords:** facility, energy source, power reactor, carbon emissions, development.

### Introduction

First, according to the latest data published by the International Energy Agency (IEA) [1], in Bolivia, the main source of electricity generation in 2022 was natural gas with more than 60 %, followed by hydroelectric with 25 %. Likewise, these data indicate that there was an increase in electricity generation with natural gas sources from 2,278 GWh in 2004 to 7,005 GWh in 2022; while the hydroelectric evolution went from 2,149 GWh to 2,851 GWh in the same period. A significant increase in electricity generation was unleashed. However, according to 2025 data from the International Monetary Fund (IMF) [2], since 2014, revenues from natural gas exports have decreased by 70 %, and one of the main reasons is the decrease in domestic production due to insufficient investments; what is more, fuel imports increased from 4 % to 9 % of GDP. Consequently, Bolivia needs to incorporate new sources into its energy matrix or increase the ones it already has.

Second, according to Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) [3], in 2023 global Green House Emissions (GHE) reached 53.0 Gt CO<sub>2eq</sub>, the majority of GHG consisted of fossil CO<sub>2</sub> accounting for 73.7 % of total emissions, while CH<sub>4</sub> contributed for 18.9 % to the total, N<sub>2</sub>O for 4.7 % and F-gases for 2.7 %. Global fossil CO<sub>2</sub> emissions increased by 72.1 % since 1990. In the case of Bolivia, it has increased since 1990 by 86 %; from 29,621 to 55,186 Mt CO<sub>2eq</sub> in the same period. An important fact is that if we focus on the GHE per capita, the increase is low, from 4,320 t CO<sub>2eq</sub> to 4,585. Therefore, the increase is essentially due to the increase in population, which almost doubles the figure. However, Bolivia's governmental strategic documents [4] show a policy of transition to renewable energies. This is the other argument for Bolivia to consider changing the energy matrix to other renewable and clean sources.

Third, over the last nine years, Bolivia has implemented a new Nuclear Program [5] with the support of the IAEA and has chosen Rosatom Corporation as its main partner. As a result, there is an important progress of a Nuclear Research Center that houses three main components, among them a nuclear research reactor that could start operating in 2025 and that will have the main function of training and education due to its characteristics.

In this context, the South American country meets the appropriate conditions to enter an energy transition that can be used to accelerate the technology transfer

through a nuclear power reactor considering the typology according to the needs and current scientific-technological advances, which can not only be used for nuclear development but also to revolutionize science, technology and local industry, as it is suggested by IAEA [6].

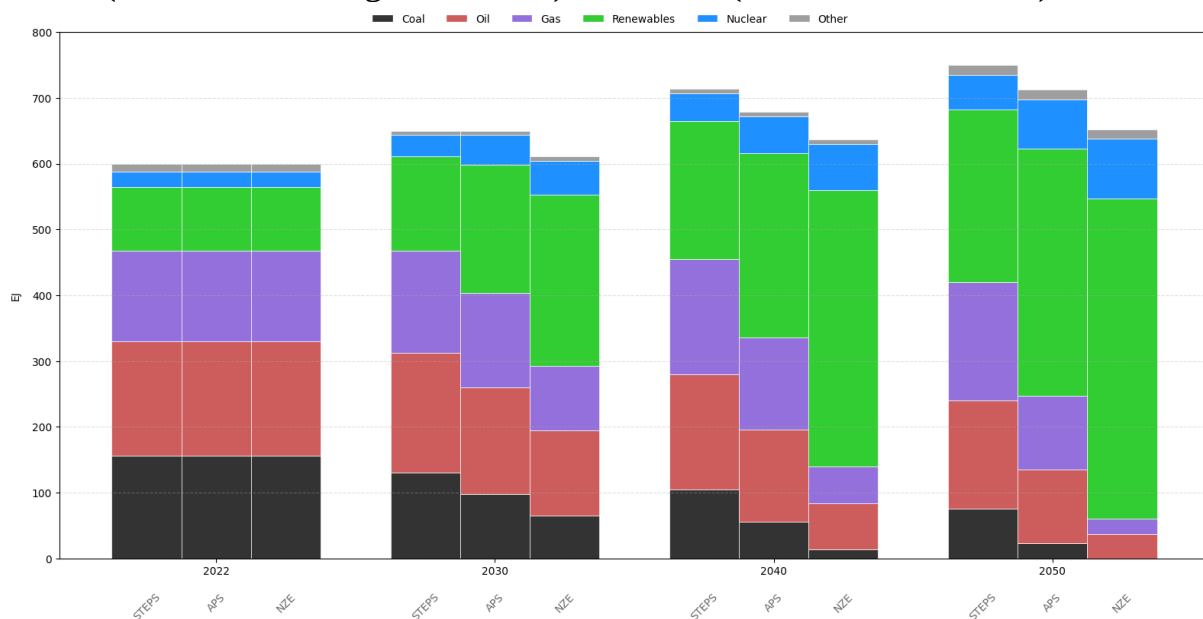
## Background and Perspectives

### World's energy

According to IEA [7], currently, energy demand is constantly increasing at an average of 1.4 % per year, unlike electricity demand, which is growing at an accelerated rate of 2.7 %. While the energy transition towards zero emissions depends on the assumed policies.

Energy demand in the period from 2013 to 2023 has increased by 15 %, and of this percentage, 40 % corresponds to clean energy, which includes renewables in power and end-use sectors, nuclear, low-emissions fuels, and so forth. With this rapid development of clean energy, there are favorable prospects for renewables, nuclear, and low-emission fuels, including carbon capture, utilization and storage.

In all the scenarios proposed by the IEA to 2050, according to Fig. 1, clean energies show accelerated growth. These scenarios are STEPS (Stated Policies Scenario), APS (Announced Pledges Scenario), and NZE (Net Zero Emissions).



Source: compiled by the author

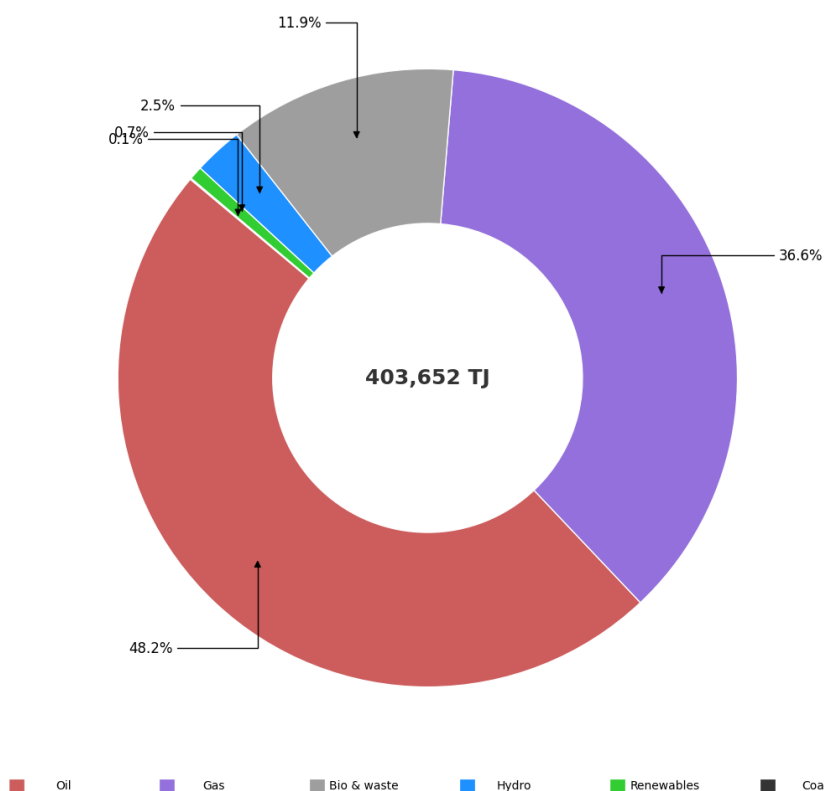
Fig. 1. Global energy mix by scenario to 2050

It is important to highlight that for the scenario close to 2030, clean energies could have a share of up to 50 % of all energy consumed. This is favorable for the nuclear industry and the energy development plans of each country.



### Bolivia's energy development

In the last ten years, Bolivia has increased energy consumption from 312,768 TJ in 2003 to 403,652 TJ in 2022. Of the total energy consumption, more than 82 % corresponds to gas and oil derivatives.

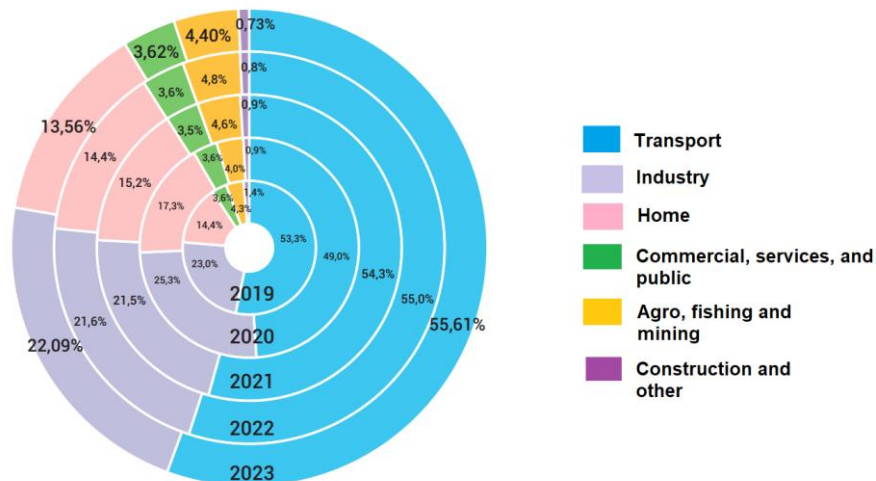


Source: compiled by the author

Fig. 2. Total Energy Supply 2022

An issue that makes it difficult to continue with the same energy matrix is the uncertainty of gas sources, which in recent years have experienced a deterioration in production and exports; likewise, both gasoline and diesel, which are subsidized by the State, have suffered a shortage in the face of growing demand, taking into account that Bolivia does not have a significant production that can meet domestic demand, so it has to import it. Likewise, more than 50 % of the total energy demand is consumed by the transportation sector, followed by the industrial and residential sectors [8].

In this context, Bolivia is under pressure to change its energy matrix and avoid a crisis that could affect all sectors, taking into account that the current matrix is mainly based on fossil fuels.



Source: extracted from reference [8]

Fig. 3. Energy Consumption by Sector

### Bolivia's nuclear development

Starting in 2015, Bolivia renewed a peaceful nuclear program through the creation of the Bolivian Nuclear Program (PNB) and later in 2016 the Bolivian Nuclear Energy Agency (ABEN). Organizationally, the PNB represents the Government, the ABEN the Nuclear Energy Programme Implementing Organization, an electricity and nuclear technology authority the Regulatory Body, and again the ABEN the Owner Operator; all these organizations within the organizational chart of the Ministry of Hydrocarbons and Energies, i.e. belonging to the State.

Based on the IAEA Milestone Approach for research reactors [9], Bolivia would have complied with the three phases according to the milestones for the nuclear facilities it incorporates, highlighting a research reactor; however, it would require the development of a special nuclear infrastructure for a nuclear power plant, since it still does not have a national position on the nuclear option as a source of electricity.

The nuclear facilities are:

- Three nuclear medicine and radiotherapy centers.
- Preclinical radiopharmacy cyclotron complex.
- Multipurpose irradiation center.
- Research reactor.
- Radiobiology and radioecology laboratory.

Nuclear facilities correspond mainly to Rosatom Corporation's integrated approach called Rosatom Center for Nuclear Science and Technology [10]. The Russian corporation has supported the construction of more than 120 research reactors; 20 projects based on this proposal have been implemented outside Russia, making up approximately 20 % of existing research reactors worldwide.

For analytical purposes, we will take as a reference the nuclear research reactor called BRR-1, which is likely to start operation in 2025.

Table 1

*Some technical characteristics of the BRR-1*

| Feature                         | Description        |
|---------------------------------|--------------------|
| Name:                           | BRR-1              |
| Maximum design heat capacity    | 200kW              |
| Cooland                         | H2O                |
| Temperaure                      | 35 – 44 °C         |
| Reflector                       | Berilium           |
| Assemblies in the re-actor core | 72, VVR-M2         |
| Reactor life time               | >50 years          |
| Fuel enrichment U-235           | 19.7 %             |
| Type                            | Pool Water         |
| Status                          | Under construction |

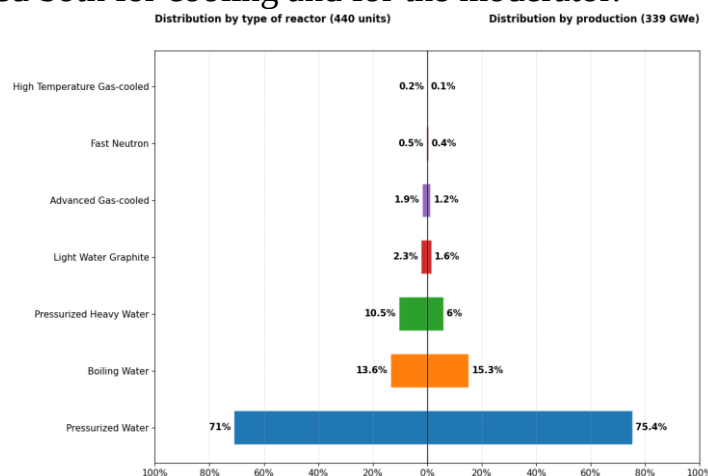
*Compiled by the author*

This data will be useful for the relationship with Small Modular Reactor (SMR) technologies and designs to consider them with greater technological compatibility, but it will also allow us to take into account the development of the nuclear infrastructure achieved thanks to the incorporation of nuclear facilities in progress.

## NUCLEAR POWER REACTORS

### Nuclear Power Reactors

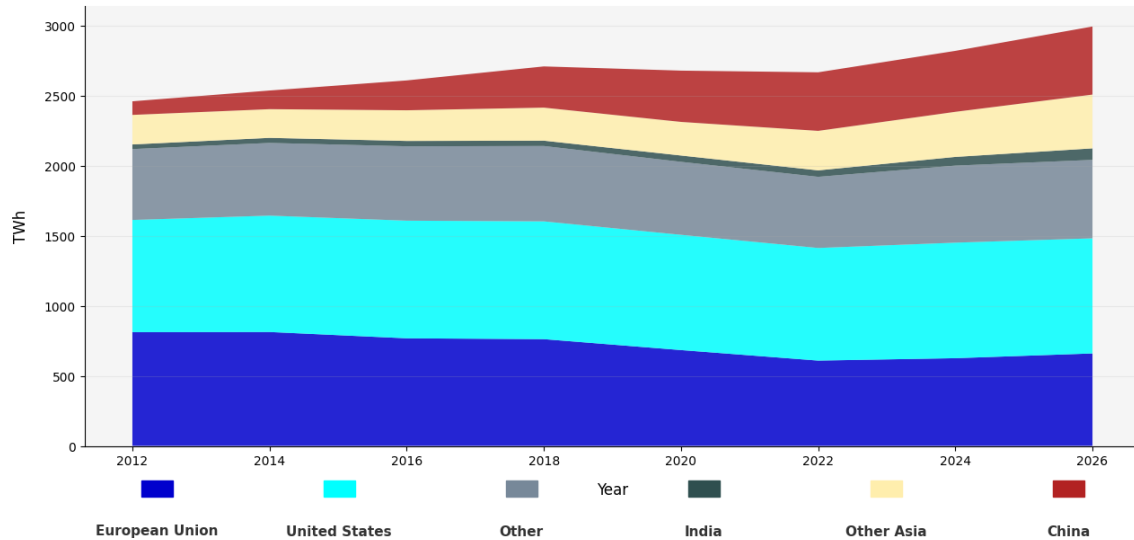
In 2022, nuclear reactors have generated approximately 2,667 TWh worldwide, where the main production regions are Europe and North America; however, there has been a sustained growth in Asia in the last ten years [11]. As for the types of reactors that are most widely used, pressurized water reactors should be highlighted. Likewise, water is used both for cooling and for the moderator.



*Compiled by the author*

*Fig. 4. Types of nuclear power reactors in the world and their capacity in percentage*

An important data to be collected is the evolution of nuclear power generation in recent years and the immediate prospects that allow us to know a significant increase. In the last fifty years the increase in the use of nuclear energy, despite a reduction between 2010 and 2012 due to the Fukushima Daiichi accident in Japan, has increased from 111 TWh in 1971 to 2,667 TWh in 2022; moreover, the outlook for increase by 2026 is 2,958 TWh. These data confirm that nuclear power will continue with the growth pattern according to Fig.1.



Compiled by the author

Fig. 5. Evolution of nuclear power generation by region, 2012–2026

Another important fact concerning nuclear reactors that are planned for energy supply in the face of demand is generation. That is, the increase in the use of nuclear energy is accompanied by scientific and technological advances in the nuclear industry that allow especially two things: the multi-objective optimization of problems for the reduction of both cost and pollution.

According to the literature consulted on some scenarios proposed according to reactor generation [12], it is established that costs can be reduced by 3 % with the use of Generation III+; and with Generation IV by 11 %; likewise, the use of Generation IV with the generation of a new combined cycle by 28 %.

Finally, a relevant aspect of nuclear reactors is the power related to the energy demand that also allows the country receiving this technology to adapt and develop its scientific capabilities with advantages proportional to the development achieved; these are the SMRs.

### Small Modular Reactors

In 2023, at the United Nations Climate Change Conference, nuclear technology was included to be implemented to achieve zero carbon emissions. SMRs have many advantages not only because of their adaptability in less well-developed contexts but also because of their low carbon emissions. Because they are modular, they can be

implemented in remote areas where energy demand is not very high, as transmission costs through electrical grids are usually very high.

Currently, according to IAEA data from the Advanced Reactor Information System Database (ARIS) [13], there are about seventy SMRs designs worldwide, with a capacity of about 300 MW(e) per unit with a design of advanced safety features, which also incorporates the best available technology from other conventional and experimental reactors, including the main ones shown in Fig. 4; thus, this type of reactor enjoys global interest, promoted by powers such as Russia and China.

A fundamental aspect to refer to the different SMRs is their capacity to be introduced in embarking countries that are in the initial stage of their scientific and technological nuclear development, as is the case of Bolivia.

In this sense, it is essential to characterize the different SMRs, based on data collected selectively and systematically by the IAEA [14, 15], a document that recognizes the potential of these reactors as a viable solution for energy security for developed or developing countries. Likewise, this organization provides technical support to interested countries to develop their nuclear infrastructure, a topic that will be addressed in the following section.

For illustrative and practical purposes, following the IAEA categorization of SMRs, only those designs with demonstrated sustained development will be taken into account, taking into account that there are more than one hundred designs worldwide; however, for analytical purposes, we will take into account those that reached the following statuses: detailed design, operational, under construction, and in operation.

Table 2

*Design and main features of SMRs around the world*

| Design/Type reactors | Name      | Output MW (e) | Service life (years)(years) | Refueling (months) | Fuel enrichment % | Safety System             | Gen. | Country/Company                                    | Status             |
|----------------------|-----------|---------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|------|----------------------------------------------------|--------------------|
| Water Cooled         | ACP100    | 125           | 60                          | 24                 | <4.95             | Passive                   | III  | China / CNNC                                       | Under construction |
|                      | BWR X-300 | 300           | 60                          | 12-24              | <4.95             | Defense-in-depth, passive | III+ | USA and Japan / Westinghouse Electric Company, LLC | Detailed design    |
|                      | CAREM     | 30            | 40                          | 14                 | 3.1               | Passive                   | III  | Argentina / CNEA                                   | Under construction |

|                             |                        |      |    |           |       |                                         |      |                                              |                  |
|-----------------------------|------------------------|------|----|-----------|-------|-----------------------------------------|------|----------------------------------------------|------------------|
|                             | Hap-py200              | 200  | 60 | 18        | <4.45 | Active / passive                        | III+ | China / SPIC                                 | Detailed de-sign |
|                             | NuSc ale Power Mod-ule | 77   | 60 | 18        | <4.95 | Passive                                 | III+ | USA / NuScale Power Inc.                     | Detailed de-sign |
|                             | PWR-20                 | 20   | 42 | 72        | <4.95 | De-fense-in-depth, passive, redun-dancy | III+ | USA / Last Energy                            | Detailed de-sign |
|                             | RITM -200N             | 55   | 60 | 60-72     | <20   | Active, passive                         | III+ | Russia / JSC Afrikanov OKBM                  | Detailed de-sign |
|                             | SMA RT                 | 107  | 60 | 30        | <5    | Passive                                 | III+ | Korea and Saudi Arabia / KAERI and K.A. CARE | Detailed de-sign |
|                             | Rolls-Royce SMR        | 470  | 60 | 18        | <4.95 | Active, passive                         | III+ | UK / Rolls-Royce                             | Detailed de-sign |
| Water Cooled (Marine based) | ABV-6E                 | 9    | 40 | 120-144   | <20   | Passive                                 | III  | Russia / JSC Afrikantov OKBM                 | Detailed de-sign |
|                             | KLT-40S                | 2x35 | 40 | 30-36     | 18.6  | Active (partial-ly pas-sive)            | II+  | Russia / JSC Afrikantov OKBM                 | In operation     |
|                             | RITM - 200M            | 50   | 60 | 120       | <20   | Active, passive                         | III+ | Russia / JSC Afrikantov OKBM                 | Detailed de-sign |
|                             | VBE R-300              | 325  | 60 | 72        | 4.95  | Hybrid (pas-sive and ac-tive)           | III+ | Russia / JSC Afrikantov OKBM                 | Detailed de-sign |
| High Tem-perature Gas       | HTR-10                 | 2.5  | 20 | On - line | 17    | Active, passive                         | IV   | China / INET, Tsing-hua Universi-ty          | Operational      |

|                       |                 |     |       |           |        |                             |    |                                       |                    |
|-----------------------|-----------------|-----|-------|-----------|--------|-----------------------------|----|---------------------------------------|--------------------|
| Cooled                | HTR-PM          | 210 | 40    | On - line | 8.5    | Active, passive             | IV | China / INET, Tsinghua University     | In operation       |
|                       | HTTR            | 30  | ~20   | ~20       | 6      | Active                      | IV | Japan / JAEA                          | In operation       |
| Fast Neutron Spectrum | 4S              | 10  | 60    | N/A       | <20    | Hybrid (passive and active) | IV | Japan / Toshiba Corporation           | Detailed design    |
|                       | BREST-OD-300    | 300 | 30    | 36-78     | <14.5  | Passive                     | IV | Russia / NIKIET                       | Under construction |
|                       | SVBR-100        | 100 | 50    | 72-84     | <19.5  | Passive, integral layout    | IV | Russia / JSC AKME Engineering         | Detailed design    |
| Molten Salt           | CA Waste Burner | N/A | 5-50  | N/A       | N/A    | Passive                     | IV | Denmark / Copenhagen Atomics          | Detailed design    |
|                       | IMSR 400        | 195 | 56    | 84        | <5     | Passive                     | IV | USA, Canada / Terrestrial Energy Inc. | Detailed design    |
|                       | KP-FHR          | 140 | 20    | On - line | 19.75  | Passive                     | IV | USA / KAIROS Power, LLC.              | Under construction |
| Microreactors         | HOL OS-QUAD     | 10  | 40-60 | 96        | 19.95  | Passive                     | IV | USA / HolosGen                        | Detailed design    |
|                       | HOL OS-MONO     | 10  | 40-60 | 96        | 19.95  | Passive                     | IV | USA / HolosGen                        | Detailed design    |
|                       | Jimmy           | 10  | 10-20 | No        | <19.75 | Passive                     | IV | France / Jimmy Energy SAS             | Detailed design    |

*Compiled by the author*

### Assessment

In order to evaluate the different types, designs and technologies of SMRs, this research work takes as a methodological reference four analytical elements that will

lead to a model of a nuclear power reactor that could be incorporated in Bolivia with the purpose of taking advantage of the ongoing nuclear involvement and the need to diversify the local energy matrix; critical conditions that may allow this country to develop in the nuclear industry.

### **Multi-criteria analysis to select an energy source**

Decision making represents challenges that require a comprehensive and constantly improving approach to decision making. Multi-criteria decision analysis (MCDA) is a model that combines quantitative and qualitative elements with objective multiples and criteria that has grown out of research related to the development of computational and mathematical tools to support subjective evaluations and criteria development [16].

According to this model applied to energy, it takes into account economic, environmental, social and other aspects. One of the difficulties in applying this method is the selection of appropriate criteria. The other difficulty is to use the qualitative criteria to convert them into numerical data that can be measured against each other, taking into account that a full comparison is difficult.

According to a study applied to renewable energies, including nuclear energy [17], using three stages for its analytical development, on the one hand; the establishment of comparative criteria and the designation of values to these criteria, where experts related to the area were involved for their establishment. On the other hand, the normalization of indicators by means of the following equations:

For discounted profit, power generation, efficiency, etc.:

$$k_i = \frac{C \cdot x_i}{1 + C \cdot x_i} \quad (1)$$

with

$k_i$  = a normalized criterion,

$C$  = a normalized factor,

$x_i$  = an initial absolute value of the criterion.

When  $x_i$  is in the range  $0 < x_i < \infty$ , the value of the normalized criterion changes from 0 to 1.

For a criterion that decreases with increasing value, the inverse equation is used:

$$k_i = \frac{1}{1 + C \cdot x_i} \quad (2)$$

The value of the normalized criterion changes from 1 to 0. This formula can be used for discounted costs, the cost of energy production, material resource consumption, period, etc. If the values are negative, the formulae for increasing or decreasing criteria will take the following form:

$$k_i = \frac{a^{x_i}}{a^{x_i} + 1} \quad (3)$$



$$k_i = \frac{1}{a^{x_i} + 1} \quad (4)$$

where  $a$  is base of degree greater than one.

For qualitative criteria, the research suggests: «very bad» – 0.1, «bad» – 0.3, «satisfactory» – 0.5, «good» – 0.7, and «very good» – 0.9. While 0 and 1 are considered exceptional cases.

Table 3

*Criteria and values*

| Criteria groups                | Values | Final result                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Economical                     | 31.0 % | Closed nuclear fuel cycle can compete with renewable sources such as wind and solar power plants. However, due to constant and unpredictable development the ratio criteria may also change over time |
| Technical specifications       | 10.0 % |                                                                                                                                                                                                       |
| Sustainable energy development | 8.2 %  |                                                                                                                                                                                                       |
| Promising energy development   | 10.6 % |                                                                                                                                                                                                       |
| Safety and reliability         | 21.6 % |                                                                                                                                                                                                       |
| Technology maturity            | 7.4 %  |                                                                                                                                                                                                       |
| Environmental                  | 7.0 %  |                                                                                                                                                                                                       |

*Compiled by the author according to the reference [17]*

### Special considerations

In addition, there are particular factors that merit attention, according to the previous information reviewed related to Bolivia's development, which can be summarized as follows:

Table 4

*Special considerations for Bolivia*

|            | Continuous development                             | Technology Transfer                                                                                                       | Partner Country                                                                               |
|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reasoning: | Opportunity to take advantage of power technology. | Opportunity to involve local industry and universities to develop not only nuclear technology but other industrial areas. | Russia has supported technically nuclear development in Bolivia with its integrated proposal. |

*Compiled by the author*

### Multi-criteria decision model to select a nuclear power reactor

A holistic approach is taken that involves three categories: economic, operational, and risk concerns [18]. Under this approach, decision making is a complex process involving a significant number of stakeholders and decision criteria. According to this model, SMR and Molten Salt Reactor designs are described as being on par with Pressurized Water Reactors, the latter being preferred for decades, as demonstrated in

Fig.4. It is important to point out that the results of the selection of nuclear-electric reactors correspond to the United States, a country with more than one hundred nuclear reactors, a contrast that will be important when taking into account that developing countries do not have such experience or scientific-technological progress.

Table 5

*MCDA applied to nuclear power reactors*

| Model Applied              | Comparison                                         | Results                             | Directions                                                                         |
|----------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Analytic Hierarchy Process | Experts provided priorities and criteria selection | Preferred reactors: Traditional SMR | Encouragement to expand decision-making studies to reach a more holistic approach. |

*Compiled by the author***Nuclear Infrastructure (NI)**

The NI for both research reactors and power reactors are similar and can be developed simultaneously, taking advantage of the benefits of incorporating nuclear facilities. The IAEA has generated a NI model based on three milestones with three phases that are interdependent, starting with the incorporation of the nuclear option in the national energy strategy and ending with commissioning and decommissioning. In order to achieve the milestones, 19 issues must be considered [19], and 20 issues according to Rosatom plan [20].

The following Table 6, will provide preliminary information on the development of milestones according to the available sources consulted, taking into account that Bolivia started the first activities related to the incorporation of nuclear facilities through its nuclear program as of 2015, assuming that the phases to develop a NI take between 10 and 15 years. This preliminary assessment will serve to consider the type of nuclear power technology to be incorporated, as a second stage of nuclear development in Bolivia.

Table 6

*NI issues development in Bolivia*

| Undeveloped                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | In process                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Developed                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• National position</li> <li>• Funding and financing</li> <li>• Management</li> <li>• Electrical grid</li> <li>• Site and supporting facilities</li> <li>• Nuclear fuel cycle</li> <li>• Radioactive waste management</li> <li>• Industrial involvement</li> <li>• Procurement</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuclear safety</li> <li>• Safeguards</li> <li>• Regulatory framework</li> <li>• Legal framework</li> <li>• Radiation protection</li> <li>• Human resources</li> <li>• Stakeholder involvement</li> <li>• Environmental protection</li> <li>• Emergency planning</li> <li>• Nuclear security</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Some of the issues presented were almost developed focused on non-energy applications such as:</li> <li>• National position</li> <li>• Site and supporting facilities</li> <li>• Human resources</li> </ul> |

*Compiled by the author*

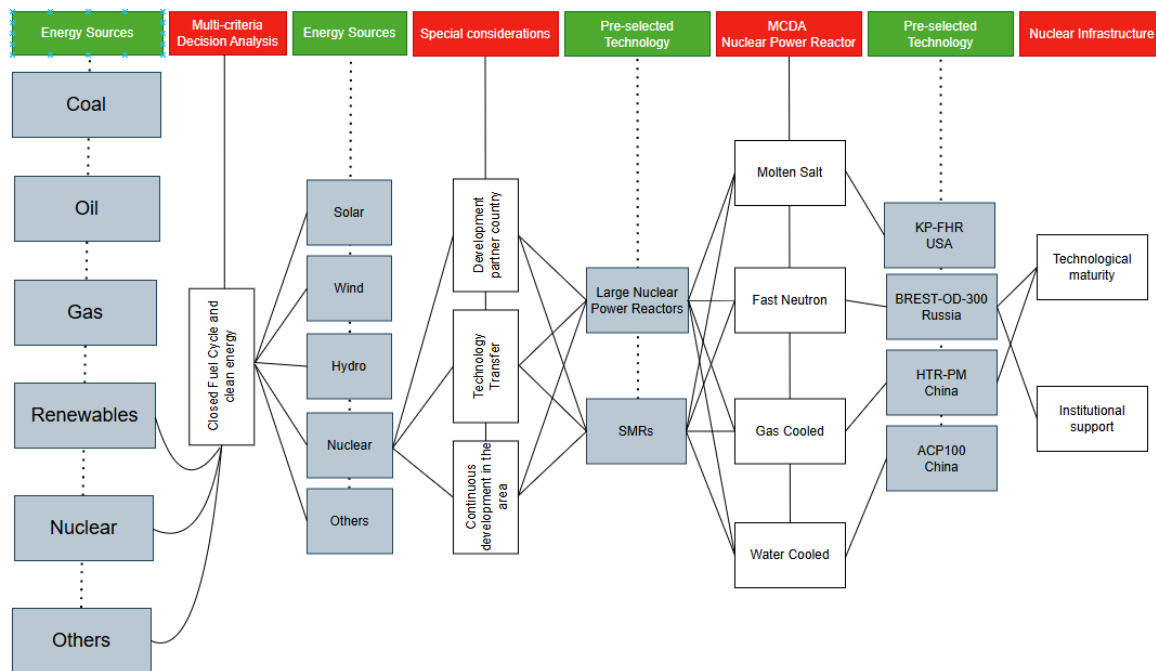
The criticality of the Nuclear Research Center could correspond to its financing once it starts operating. Another critical element is its administration, since nuclear institutions have not been institutionalized and do not incorporate the university or industry in their development and operation.

On the other hand, it should be noted that the procedures and requirements for the development of the NI for a power reactor are much stricter, so a special NI will be required. With these data, it can be considered that the incorporation of an experimental reactor or one under development could not be an option, but one that has a mature technology and design, in addition to previous institutional support.

### Results and Discussion

Based on the analysis of energy sources and their relationship with the demand that suggests a change in Bolivia's energy matrix, it is appropriate to develop a preliminary modeling of the appropriate energy source to meet the growing energy demand.

In this context, with the systematized information and results obtained in the previous sections, the most appropriate sources and technologies for the case of Bolivia will be modeled.



*Compiled by the author*

Fig. 6. Energy source and reactor design analysis for Bolivia

There are different methods to evaluate SMRs technologies, however, the parameters used according to multi-criteria may be the most appropriate, taking into account that it takes more than a decade to develop the nuclear infrastructure.

By means of the tools used and information processed by previous studies, qualitatively, the relationship between energy sources without greenhouse effect emissions and general aspects as described were taken into account in the first instance. Secondly, particular aspects in the Bolivian context were taken into account. In third instance, the multi-criteria decision model applied to nuclear energy is taken into account and finally the development of the nuclear infrastructure in Bolivia that suggests incorporating mature technologies and the experience of institutional support. It should be clarified that the four SMRs options mentioned are pre-selected.

### **Conclusion**

It is concluded that applying the tools considered in this research work, nuclear energy has relevance among the other sources due to its contribution to the environment, a closed fuel cycle, opportunities for scientific, technological and industrial development, adaptability in contexts not very well developed in the case of SMRs, competitiveness with other renewable energy sources such as solar and hydro; with the advantage that nuclear energy is a technology in full development that has already reached levels that have allowed advanced countries to build Gen III, III+ and IV reactors. Of which, due to the development of the Bolivian Nuclear Infrastructure, the suggestion according to the type of reactor (PWR) would be a reactor similar to the Chinese ACP100; however, due to the maturity of the implemented technology, both the Russian BREST-OD-300 reactor and the Chinese HTR-PM are the favorites, although Russia has the great advantage due to its institutional support. In summary, fast neutron reactors are the best option according to this report, although it is evident to deepen and incorporate new parameters to obtain a more justified modeling.

### **References**

1. International Energy Agency: Electricity Generation 2022, countries, Bolivia, Energy Mix, 2025. – URL: <https://www.iea.org/countries/bolivia/energy-mix> (date accessed: 02.08.2024).
2. International Monetary Fund: Bolivia 2024 Article IV Consultation // Press Release: Staff Report: and Statement by the Executive Director of Bolivia, 2025. – URL: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/CR/2025/English/1bolea2025001-print-pdf.ashx> (date accessed: 02.02.2025).
3. European Commission: GHG Emissions of all World Countries // JRC Science for Policy Report 2024. – URL: [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2024](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024) (date accessed: 31.12.2024).
4. Ministry of Hydrocarbons and Energy, Matriz Energética // La Revista de la Transición Energética. – URL: <https://www.mhe.gob.bo/2024/08/09/revista-matriz-energetica-2-2024/> (date accessed: 10.11.2024).

5. Bolivian Nuclear Agency, Plan Estratégico Institucional 2021–2025. – URL: [https://aben.gob.bo/uploads/gestion\\_institucional/2023/PEI\\_2021.pdf](https://aben.gob.bo/uploads/gestion_institucional/2023/PEI_2021.pdf) (date accessed 15.11.2024).
6. Fisher D., History of the International Atomic Energy Agency // The First Forty Years, A fortieth anniversary publication (1997); ISBN: 92-0-102397-9. – URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1032\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1032_web.pdf) (date accessed: 18.12.2024).
7. International Energy Agency: World Energy Outlook 2024. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/140a0470-5b90-4922-a0e9-838b3ac6918c/WorldEnergyOutlook2024.pdf> (date accessed: 11.01.2025).
8. Ministerio de Hidrocarburos y Energías, Balance Energético Nacional 2019-2023 // Resumen Energético. – URL: <https://www.mhe.gob.bo/wp-content/uploads/2024/07/Revista-Resumen-Ejecutivo-9-web.pdf> (date accessed: 10.02.2025).
9. IAEA, Specific Considerations in the Assessment of the Status of the National Nuclear Infrastructure for a New Research Reactor Programme // Nuclear Energy Series No. NR-T-5.9, 2021. ISBN: 978-92-0-112620-7. – URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1907\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1907_web.pdf) (date accessed: 11.02.2025).
10. Rosatom, Center for Nuclear Science and Technology // Brochure. – URL: <https://www.rusatom-overseas.com/ru/> (date accessed: 01.01.2025).
11. World Nuclear Association, World Nuclear Performance Report 2023. Report No. 2023/001. URL: <https://world-nuclear.org/images/articles/performance-report-2023-final.pdf> (date accessed: 10.06.2024).
12. Bamshad A., Safarzadeh O., Effects of the move towards Gen IV reactors in capacity expansion planning by total generation cost and environmental impact optimization // Nuclear Engineering and Technology 2021. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.net.2020.09.005> (date accessed: 20.01.2025).
13. IAEA, Small Modular Reactors, Advances in SMR Developments // International Conference on Small Modular Reactors and Their Applications 21-25 October 2024. URL: <https://doi.org/10.61092/iaea.3o4h-svum> (date accessed: 1.11.2024).
14. IAEA, Small Modular Reactors, Catalogue 2024 // A supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System. – URL: [https://aris.iaea.org/Publications/SMR\\_catalogue\\_2024.pdf](https://aris.iaea.org/Publications/SMR_catalogue_2024.pdf) (date accessed: 19.01.2025).
15. Nuclear Energy Agency, The NEA Small Modular Reactor // Dashboard: Second Edition, Nuclear Technology Development and Economics 2024. URL: <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2024->

- 02/7671\_the\_nea\_smr\_dashboard\_-\_second\_edition.pdf (date accessed: 20.01.2025).
16. Kisen L., Otero L., Multi-criteria decision model for selection of nuclear power plant type // *Progress in Nuclear Energy*, Vol. 159, 2023. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2023.104647> (date accessed: 12.11.2024).
  17. Udaykumar S., Archana U., Saurabh N., A Review of Mathematical Multi-criteria Decision Model with a Case Study // *International Conference on Efficacy of Software Tolls for mathematical Modeling*, 2021. ISSN 2348 –1269. – URL: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3751947](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3751947) (date accessed: 10.01.2025).
  18. Koltun O., Malykha G., Pavlov A., Using Multi-criteria Analysis to Select an Energy Source // *E3S Web Conferences* 164, 13001, 2020. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016413001> (date accessed: 6.01.2025).
  19. IAEA, Evaluation of the Status of National Nuclear Infrastructure Development // *Nuclear Energy Series No. NG-T-3.2 (Rev. 2)*, 2022. ISBN: 978-92-0-121422-5. – URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2001\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2001_web.pdf) (date accessed: 1.02.2025).
  20. Rosatom Service, Nuclear Infrastructure and Sustainable Development // Rosatom – 2019. – URL: [https://www.rosatom.ru/upload/iblock/Nuclear %20Infrastructure %20and %20SDG\\_Rus.pdf](https://www.rosatom.ru/upload/iblock/Nuclear%20Infrastructure%20and%20SDG_Rus.pdf) (date accessed: 15.07.2023).

*Fahmy Abdalla (Egypt)*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: Inga V. Slesarenko, PhD in Pedagogy*

## **EXAM ANXIETY ACROSS ASSESSMENT FORMATS: A GAUSSIAN ANALYSIS**

### **Introduction**

Anxiety is a multifaceted emotional response that encompasses feelings of apprehension, worry, and tension usually triggered by either anticipated or ongoing stressors. This normal human experience can escalate into disorders when it interferes significantly with daily functioning and quality of life. Among various forms of anxiety, examination anxiety, specifically, has emerged as a significant concern in educational settings, affecting university students across different academic levels. This specialized form of anxiety, characterized by intense nervousness before, during, and after exam periods, can adversely impact students' performance and overall mental

health. Understanding the nature of anxiety, particularly in relation to university exams, is crucial for developing effective coping strategies to mitigate its effects [1].

Exam anxiety is particularly prevalent during the approach of exam dates, often intensifying as the actual test time approaches. A student's awareness of an upcoming exam can initiate a cascade of anxious thoughts and physical responses, impacting their ability to study effectively or perform during the actual exam. The relationship between time and anxiety can be significant; as the exam draws nearer, stress levels often spike [2].

Exam-related anxiety (ERA) refers to the experience of excessive worry, fear, or physiological discomfort before, during, or after an exam [3]. Research shows that ERA is common, with approximately 20 %- 30 % of students experiencing performance-impairing high levels of anxiety [4]. These intense emotions can undermine students' test results, lead to avoidance behavior, and negatively affect long-term learning outcomes [5].

Different types of assessments which are split into two main groups written tests, and oral presentations. Such as report writing, multiple-choice formats, and mixed-format exams demand distinct approaches, creating varied stress trigger. For example, spoken exams often evoke high anxiety due to public-speaking fears and real-time evaluation, while multiple-choice exams are typically associated with lower anxiety as they are more objective and structured [6].

The goal of this study is to investigate how university exam anxiety is perceived by university international and home students and what recommendations can be given to overcome this factor.

For this goal the survey has been designed by the author of this study. The survey was offered to TPU bachelor degree students majoring in Condensed Matter Physics, specialization 03.03.02 Physics; master degree students majoring in Condensed Matter Physics, specialization 03.04.02 Physics; TPU first year bachelor degree students specializing in 54.03.01 Design; 13.03.02 Electric power engineering; and five-year specialist training 14.05.02 Atomic stations: design, service and engineering.

### **Methodology**

The research encompassed the following research methods: literature review; survey of university students. Gaussian analysis, commonly referred to as the normal distribution for analyzing patterns in exam-related anxiety (further in the text, ERA) across different assessment formats. Anxiety levels, when measured across a large sample, often follow a natural clustering pattern around a central value, with most students experiencing moderate anxiety and fewer experiencing either extremely low or high anxiety. Gaussian analysis enables us to calculate the mean (average anxiety level) and standard deviation (spread of anxiety levels) for each type of exam, offering insights into how students' anxiety is distributed. By plotting the anxiety scores

for each format on a Gaussian curve, we can visually and statistically compare how different exams influence students' stress levels.

### **Factors Influencing ERA Levels**

ERA was analyzed in relation to three key variables:

Length of study experience at university: Early-stage students (1st – 2nd year) may exhibit higher anxiety due to unfamiliarity with academic expectations.

Degree of exam format novelty: Anxiety levels were hypothesized to correlate with students' exposure to unfamiliar assessment types (e.g., spoken exams vs. traditional written exams).

Personal predispositions: General anxiety levels and individual responses to stress (e.g., time pressure, public speaking) were accounted for, as these traits skew the distribution's mean and standard deviation.

The 5-point Likert scale assessed anxiety across five exam types: written, spoken, report-writing, multiple-choice, and mixed-format exams [11].

The study focused on the 1st and 2nd year university students, home country question was implemented to identify students with prior academic experience in non-Russian academic systems, which may influence degree of familiarity with diverse exam formats. All participants of the survey had prior experience of studying in Russian university academic settings, ensuring a controlled cultural context for exam format familiarity.

The Gaussian framework was critical for interpreting how the above variables influenced anxiety distributions. For instance, students with limited exposure to spoken exams (a novel format in Russian settings) exhibited higher standard deviations, reflecting wider variability in anxiety scores. Conversely, mixed-format exams, being more familiar, clustered closer to the mean, aligning with the expected bell-curve symmetry.

### **Results**

The study evaluated university students' anxiety levels associated with different exam formats, including spoken exams, as seen in fig. 1. Written exams, making reports as part of exams, mixed format exams, and multiple-choice questions (MCQs).

The data reveal that spoken exams elicited the highest anxiety levels, with a mean score of 3.43 (SD = 1.15), suggesting that the direct interpersonal and performance aspects of oral examinations are particularly stressful [7]. Written exams, with a mean of 2.88 (SD = 0.99), and making reports as part of exams, at a mean of 3.41 (SD = 1.175), demonstrated moderately high anxiety levels, reflecting concerns over the structured, evaluative nature of these assessments [8]. The mixed format exams, which combined elements of both written and oral evaluation, showed a slightly lower mean anxiety level of 3.35 (SD = 0.996), perhaps indicating that the variation in exam style might distribute the anxiety load among different skills [9]. MCQs recorded the lowest anxiety levels, with a mean score of 2.588 (SD = 1.175), likely due to



the objective nature of this assessment format that minimizes the subjective pressure inherent in other exam types [10].

Table 1

*Gaussian distribution parameters*

| Type of Assessment               | Mean  | Standard deviation |
|----------------------------------|-------|--------------------|
| Spoken exams                     | 3.43  | 1.15               |
| Written exams                    | 2.88  | 0.992              |
| Making report as a part of exams | 3.41  | 1.175              |
| Mixed format                     | 3.35  | 0.996              |
| MCQ                              | 2.588 | 1.175              |

### Conclusions

This study underscores the significant impact of university exam formats on students' anxiety levels, revealing that spoken exams and report-based assessments generate the highest stress, while multiple-choice questions (MCQs) are associated with the lowest anxiety. The Gaussian analysis highlights variability in anxiety distribution, influenced by factors such as exam novelty, academic experience, and individual predispositions. To address these findings, future research should prioritize expanding the demographic scope of anxiety studies to include diverse cultural and institutional contexts, ensuring results are generalizable beyond Russian universities. Longitudinal studies tracking anxiety trajectories over academic years could further clarify how familiarity with exam formats mitigates stress, while investigations into targeted interventions such as mindfulness training or peer mentoring could validate their efficacy in reducing exam-related anxiety.

### Recommendations

For students, adopting proactive coping strategies is critical. Structured study plans and mock exams can alleviate uncertainty, particularly for high-anxiety formats like oral exams. Mindfulness practices, including exercises and time management techniques are essential for managing physiological and emotional stress. Peer support networks should be encouraged to normalize anxiety and foster collaborative learning environments. Universities, in turn, must diversify assessment methods by integrating mixed-format exams, which balance objective and subjective evaluation and reduce anxiety clustering. Preparatory workshops for novel formats, such as spoken exams, can ease student adaptation, while mental health resources such as counseling services and anxiety management modules should be embedded into curricula to ensure accessibility.

## References

1. Chakraborty A. Exploring the root causes of examination anxiety: effective solutions and recommendations // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2023. – Vol. 12, no. 2. – P. 1096–1102.
2. Kaushal V., Tewari S. A study on anxiety among school students during exams // International Journal of Indian Psychology. – 2021. – Vol. 9, no. 1.
3. Howard E.L. (red.) A review of the literature concerning anxiety for educational assessments. – 2020.
4. Shimave S., Cerkez Y., Baysen E. An Empirical Study on the Relationship between Causes of Teacher Examination Anxiety and Dimensions of Coping with Pre-Exam Anxiety: A Structural Equation Modelling Approach // Psychologica Belgica. – 2020. – Vol. 60, no. 1. – P. 255–269.
5. Lee R., Thompson S. Exam Anxiety: A Review Including Assessment Alternatives to Summative Exams // Teaching So. – 2024. – Vol. 18, no. 1. – P. 21–28.
6. Chakraborty A. Exploring the root causes of examination anxiety: effective solutions and recommendations // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2023. – Vol. 12, no. 2. – P. 1096–1102.
7. Buchwald P., Schwarzer C. The exam-specific Strategic Approach to Coping Scale and interpersonal resources // Anxiety, Stress & Coping. – 2003. – Vol. 16, no. 3. – P. 281–291.
8. Videnovic M. Oral vs. written exams: What are we assessing in Mathematics? // 1<sup>ST</sup> international Conference on Higher Education Advances (HEAD'15). – Valencia : Editorial Universitat Politècnica de València, 2017. – P. 10–17.
9. Garg N., Lee E. Mixed-format exams in higher education: Assessment of internal consistency reliability // 1<sup>ST</sup> international Conference on Higher Education Advances (HEAD'15). – Valencia : Editorial Universitat Politècnica de València, 2015. – P. 10–17.
10. Wang W., Drasgow F., Liu L. Classification accuracy of mixed format tests: A bi-factor item response theory approach // Frontiers in Psychology. – 2016. – Vol. 7. – P. 270.
11. Sullivan G.M., Artino A.R. Analyzing and interpreting data from Likert-type scales // Journal of Graduate Medical Education. – 2013. – Vol. 5, no. 4. – P. 541–542. – DOI: 10.4300/JGME-5-4-18.

*Faustina Ntim Opoku<sup>1</sup> (Ghana), A.A. Bulavskaya<sup>1</sup> (Russia),  
I.A. Miloichikova<sup>1,2</sup> (Russia), D.A. Polomoshnova<sup>1</sup> (Russia), S.G. Stuchebrov<sup>1</sup> (Russia)*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk<sup>1</sup>*

*Cancer Research Institute,*

*Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk<sup>2</sup>*

*Scientific advisor: Stuchebrov S.G., Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical  
Sciences*

## **IONIZATION CHAMBERS MODELING FOR DOSIMETRY PHANTOMS DEVELOPMENT**

### **Abstract**

Radiation treatment is an important modality in treating diseases especially cancer. Although it is important in medicine, improper use can lead to unnecessary dose exposure, cancer or in extreme cases, death. Therefore, treatment plans are tested and verified with phantoms and detectors before they are administered to patients. Ionization chambers are detectors used to measure the quantity of ionization radiation that is deposited in the patient. Three dimensional (3D) printing on the other hand is a manufacturing technique that has revolutionized medical physics through the production of patient specific phantoms with accuracy compared to other methods. This method is cheap, fast, allows the production of complex geometries with precision and the use of different printing materials, and less time consuming. Incorporating cavities for detectors in 3D printed phantoms allows precise positioning of detectors for accurate dose measurements and verification. The study aimed at investigating the feasibility of using 3D printing to replicate the structure of original ionization chambers. Models of three different ionization chambers were designed with computer aided design (CAD) software, and printed. The printed prototypes were then examined using computed tomography scanner to access their accuracy. The result confirms that 3D printing can produce ionization chamber prototypes. When developing 3D printed phantoms with cavities for the insertion of original ionization chambers, these printed prototypes can provide accurate reference dimensions for the cavities.

**Key words:** Dosimetry phantoms, fused filament fabrication, ionization chamber, 3D printed prototype

### **Introduction**

Radiotherapy is a crucial treatment modality in cancer treatment, using ionizing radiation to kill or reduce tumor size. The aim of radiotherapy is to deliver maximum dose to the target without damaging surrounding tissues. A crucial aspect of this modality is dosimetry, which ensures that the proposed dose is accurately delivered to the patient with minimal or no complications. As a results, dosimetry experiments are conducted verify treatment plans before they are administered to patients. Over the

centuries, traditional phantoms such as water phantom and detectors have been used for these experiments. However, these phantoms are expensive and lack patient anatomy specificity. This sometimes compromise dose measurements results as they are unable to represent the unique anatomy of a patient [2].

3D printing, a manufacturing method which prints objects layer-by-layer using digital models, offers a solution to this problem. This technique allows the production of highly detailed and customized phantoms that suits a patient or a group of patients with accuracy [3], thereby improving personalized radiotherapy. 3D printed phantoms are cost effective and requires less time to manufacture compared to conventional manufacturing methods [4]. Since the production time is less and cheap, it is quick to modify and adjust parameters based on imaging and testing feedback. In 3D printing, different materials can be used to match the radiological properties of human tissues and also the printing parameters such as infill density and pattern can be adjusted to produce heterogeneous phantoms and desired radiologic characteristics [5], which better represent the human body than traditional phantoms. 3d printed phantoms are more durable than traditional and hence fit for routine quality assurance procedures.

An integral part of phantom creation is the construction of cavity for the placement of detectors for dose measurement. These detectors are placed inside the phantoms; hence the creation of cavities in the phantoms with precise dimensions for the positioning of the detectors in the region of interest is very important. Precise cavity dimension ensures accurate dose measurement, reduce errors due to misalignment or movement, ensures repeatability of the exact positions in experiments. One of the most commonly used detectors is ionization chamber. Ionization chambers are gas filled detector that measure the ionization produced by radiation, and they come in different shapes and sizes depending on the type of measurement it is made for [6]. 3D printing can be used to produce phantoms with cavities for the insertion of ionization chambers. However, one challenge faced is the shrinkage of the internal size of the cavities during cooling, thus preventing real ionization chambers from fitting properly. To overcome this challenge, it was proposed to 3D print ionization chamber prototype that can serve accurate reference for the designing of phantoms with cavities. These prototypes can provide accurate reference dimensions for the cavities.

This work focuses on 3D printing prototypes of cylindrical ionization chambers with different active area volumes for the design of 3D printed phantom inserts.

### **Materials and Methods**

Three different cylindrical ionization chambers with different sensitive volumes of  $0.01 \text{ cm}^3$  (Razor, IBA),  $0.13 \text{ cm}^3$  (CC13, IBA),  $0.65 \text{ cm}^3$  (FC65-P, IBA) were chosen for the prototype creation. The 3D models of the chambers were made using computer-aided design (CAD) software (fusion 360) and saved as stereolithography (STL) files. The prototypes were created using Original Prusa XL printer. The 3D designs of the ionization chambers are shown in Fig. 1.

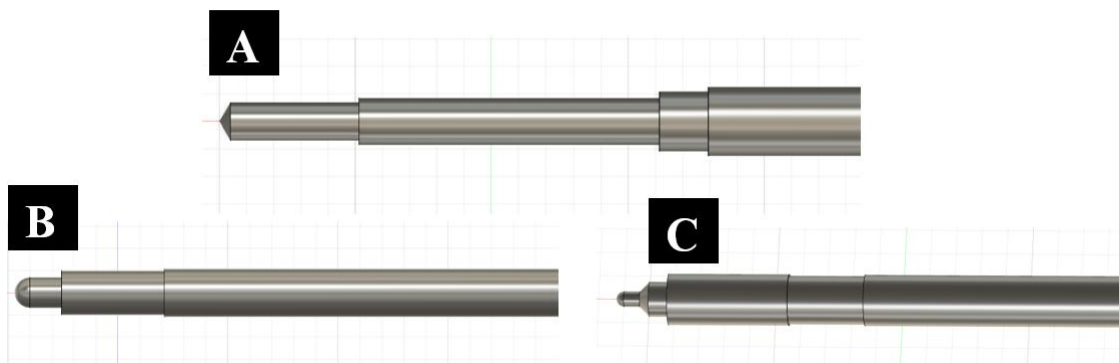


Fig. 1. Images of digital models of ionization chamber designed in Fusion 360 software:  
(A) FC65-P ionization chamber (sensitive volume –  $0.65 \text{ cm}^3$ );  
(B) CC13 ionization chamber (sensitive volume –  $0.13 \text{ cm}^3$ );  
(C) Razor ionization chamber (sensitive volume –  $0.01 \text{ cm}^3$ )

The STL files were then imported into a slicer software (PrusaSlicer -2.8.1) where the material for the extruder with 0.4 mm nozzle and printing settings were set. Support was added to keep it stable during printing. The printing settings included a temperature range of 210–215 C, a first layer speed of 25 mm/s, and a first layer height of 0.2 mm. Infill of 90 percent was used, and the top and bottom fill pattern was configured to use monotonic lines. The models with their settings were converted to G-code file and printed using fused filament fabrication (FFF) technique. Polylactic Acid (PLA) filaments with a diameter of 1.75 mm and density of  $1.24 \text{ g/cm}^3$  was used to print them. PLA filament was used because it is biodegradable, easy to print, has good tensile strength and rigidity, relatively cheap, and widely available.

The 3D printed prototypes of three ionization chambers are shown in Fig. 2.

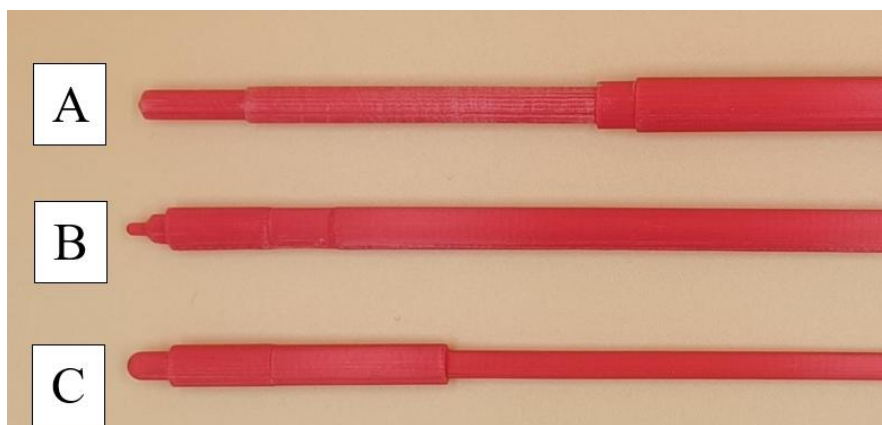


Fig. 2. 3D printed prototypes of ionization chambers: (A) FC65-P ionization chamber;  
(B) Razor ionization chamber; (C) CC13 ionization chamber

## Results and Discussion

The created prototypes were then placed into a 3D printed phantom insert for real ionization chambers and investigate with Siemens Somatom Confidence computed tomography (CT) scanner at the X-ray tube voltage of 120 kV to access the precision of the 3D printed prototypes.

An example of the CT scan image of the prototype of FC65-P ionization chamber in 3D printed insert for customized dosimetry phantom is shown in Fig. 3.



*Fig. 3. CT scan data of 3D printed prototype of the FC65-P ionization chamber in 3D printed phantom insert*

From the CT scan data (Fig. 3), the ionization chamber prototype is clearly distinguishable from the phantom material. The cylindrical shape is maintained and it is geometrically similar to the original FC65-P ionization chamber. In addition, no air gap was seen. Based on these observations, it can be concluded that the prototype successfully mimicked the shape and structure of the original chamber, thereby validating the proposed idea that 3D printing can be used to create prototypes of ionization chambers.

## Conclusion

This study has proved the ability to 3D print ionization chamber prototypes for the development of 3D printed dosimetry phantoms. The CT scan result of the prototype of FC65-P ionization chamber in 3D printed insert further confirmed that, the printed prototype and the original ionization chamber are structurally similar. These prototypes can serve as accurate references for designing the cavities in 3D printed phantoms, ensuring precise detector placement for dosimetric measurements. As a result, measurement errors can be reduced while enhancing accuracy and efficiency of dosimetry measurements. The printed prototypes are intended for use in the designing of accurate cavities in 3D printed phantoms.

This work was supported by the Russian Science Foundation, project no. 24-29-00642.

## References

1. Yadav N., Singh M., Mishra S.P. Tissue-equivalent materials used to develop phantoms in radiation dosimetry: A review // *Materials Today: Proceedings*. – 2021. – Vol. 47. – P. 7170–7173.

2. Filippou V., Tsoumpas C. Recent advances on the development of phantoms using 3D printing for imaging with CT, MRI, PET, SPECT, and ultrasound // Medical Physics. – 2018. – Vol. 45, № 9.
3. Rooney M.K. Three-dimensional printing in radiation oncology: A systematic review of the literature // Journal of Applied Clinical Medical Physics. – 2020. – Vol. 21, № 8. – P. 15–26.
4. Dodziuk H. Applications of 3D printing in healthcare // Kardiochir Torakochirurgia Pol. – 2016. – Vol. 13, № 3. – P. 283–293.
5. Kozee M. Methodology for computed tomography characterization of commercially available 3D printing materials for use in radiology/radiation oncology // Journal of Applied Clinical Medical Physics. – 2023. – Vol. 24, № 6. – P. e13999.
6. Boström C., Messler O. Design and Evaluation of a 3D Printed Ionization Chamber, 2019.

*Odii Christopher Joseph (Nigeria)*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: Korotkikh Alexander G., Sci.Dr, Professor*

## **THERMAL ANALYSES OF UNIFORMLY HEATED FUEL PIN CELL, INVERTED CELL, AND DUAL SURFACE COOLED CELL GEOMETRIES USING COMSOL MULTI-PHYSICS**

**Abstract.** This study examines the thermal performance of pin cells, inverted cells, and dual surface-cooled cells under high heat conditions. We analysed key thermal properties, including linear heat generation rate and heat flux, by applying a uniform volumetric heat generation rate (VHGR) of  $4 \cdot 10^7$  W/m<sup>3</sup> to a pin of length 0.1 m. The results revealed a radial temperature drop of 65 °C for the inverted fuel pin, 26 °C for the normal pin, and 11°C and 13°C for the inner and outer surfaces of the dual surface-cooled pin, respectively. Thus, the dual surface-cooled pin had the lowest thermal loss, while the inverted pin had the highest thermal loss, despite achieving a higher surface temperature than the maximum of the dual surface-cooled pin.

### **Introduction**

The thermal behavior of fuel materials is critical for nuclear reactor core design due to the thermal stress experienced during operation. In land-based light water reactors, fuel is clad within a rod, shielded by zirconium layers and a gas gap. In maritime nuclear reactors, cladding wear may occur from fretting between the spacer grid

and cladding due to ship vibrations [1]. To enhance the mechanical integrity of fuel rods, the concept of inverted core fuel was considered, which involves multiple coolant lines in the fuel block. This study employs the equivalent annulus approximation to accurately represent temperature fields within the fuel pin, applicable for a pitch-to-diameter ratio of around 1.4 [2]. Furthermore, dual surface cooled fuel pins present unique thermal hydraulic properties that require analysis to manage coolant flow effectively [3]. This work compares the thermal behavior of solid, internally cooled (inverted), and dual surface cooled fuel pins to evaluate their feasibility for reactor fueling while addressing limitations. Based on extensive  $\text{UO}_2$  fuel experience, S. Kazimi et al. proposed an annular fuel concept with an additional cooling channel compared to traditional PWR fuel [4]. Annular fuel pellets with a core cavity have been used in several Russian VVER reactors to reduce temperature drops across the fuel.

### Modeling Method

This calculation was done with COMSOL multiphysics as a validation of similar work with different modeling parameters done in 2017 [5]. The modeling tool used in COMSOL was the Conjugate heat transfer which include heat transfer in solid and fluid with a k-epsilon turbulent model attached. A time dependent solver was used to ascertain the time at which each of the simulating fuel models achieved maximum temperature. For this model, two (2) materials were created, namely the cladding and fuel materials, while water was selected from the in-built materials. An inflow, out-flow and heat source were added to the heat transfer in solid and fluid, while an inlet and outlet options were added to the k-epsilon turbulent model. A 2D axisymmetric option was selected for the modeling geometry, and a 2D rectangle was created for the three (3) models. COMSOL automatically solves the 2D rectangular geometry into a 3D cylindrical figure with 2D and 3D options for temperature, pressure and velocity distributions.

Once the physics option was completed, the models were meshed using the normal meshing option with physics controlled mesh. Thereafter a time dependent solver was initiated.

Table 1

*Modeling parameters of fuel rod and coolant*

| Parameter                 | Value                         | Parameter                   | Value                        |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| VHGR                      | $4 \cdot 10^7 \text{ W/m}^3$  | Coolant pressure outlet     | $1.62 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ |
| heat transfer coefficient | $58000 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Clad density                | $6550 \text{ kg/m}^3$        |
| Fuel pellet domain radius | 0.0038 m                      | Clad specific heat, cp      | $285.8 \text{ J/kgK}$        |
| Clad thickness            | 0.00075 m                     | Clad thermal conductivity   | $21.5 \text{ W/mK}$          |
| Coolant thickness         | 0.001875 m                    | Fuel density                | $10950 \text{ kg/m}^3$       |
| Rod length                | 0.1 m                         | Fuel specific heat capacity | $236 \text{ J/kgK}$          |
| Coolant inlet temperature | 571 K                         | Fuel thermal conductivity   | $6 \text{ W/mK}$             |
| Coolant inlet velocity    | 5 m/s                         |                             |                              |



## Result and Discussion

The temperature distribution for the dual surface-cooled fuel peaked within 5 seconds of computation (Fig. 1).

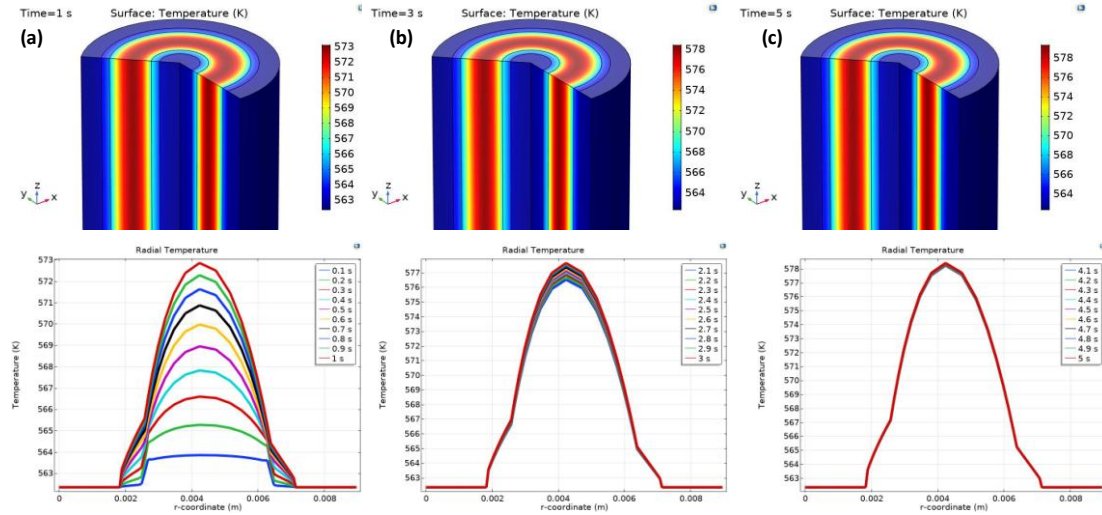


Fig. 1. Radial temperature distribution of dual surface cooled fuel at 1 sec, 3 secs and 5 secs

During the first second (Fig. 1(a)), the temperature changed rapidly, reflecting intense heat transfer. Between 2.1 and 3 secs (Fig. 1(b)), the temperature changes stabilized, indicating a gradual adjustment. By 4.1 to 5 seconds (Fig. 1(c)), temperatures converged at their maximum, confirming the iteration process's convergence. The solver took about 2 hours to complete the model, reaching a maximum temperature of 578.5 K, with inner and outer surface temperatures of 567.5 K and 565.5 K, respectively. Radial temperature drops within the fuel were 11 °C for the inner surface and 13 °C for the outer surface.

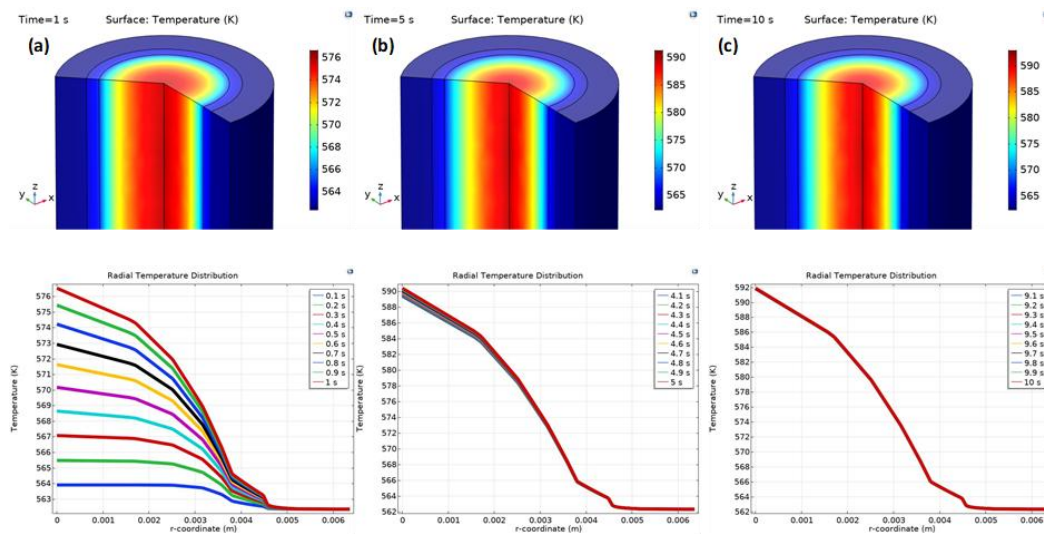


Fig. 2. Radial temperature distribution of outer cooled fuel at 1 sec, 5 secs and 10 secs

The temperature distribution of the outer cooled fuel reached a maximum within 10 secs, as illustrated in Fig. 2. Between 0.1 to 1 secs (Fig. 2 (a)), the heat transfer experienced rapid changes, showing noticeable temperature differences. From 4.1 to 5 secs (Fig. 2 (b)), the temperature changes became minimal, indicating a gradual approach to maximum temperature. By 9.1 to 10 secs (Fig. 2 (c)), temperatures consistently converged at the maximum of 592 K, with the outer surface at 566 K. The radial temperature drop within the fuel was 26 °C, significantly higher than that of the dual surface cooled fuel pin. This model took about 10 seconds to converge, twice as long as the dual surface cooled design, suggesting that larger cooled surface areas facilitate quicker heat transfer equilibrium.

For the temperature distribution of the inverted pin model (inner cooled fuel), it attained a maximum within 20secs of time dependent solving as seen in Fig. 3. From 0.1 sec to 1sec of iteration in Fig. 3 (a), the heat transfer within the fuel was rapidly changing with time, accounting for observable temperature difference between time-steps. From 4.1 secs to 5 secs in Fig. 3 (b), the temperature changes from one time-step to another was beginning to narrow, showing a gradual temperature difference between time-steps, it took a much longer time from 19.1 secs to 20 secs in Fig. 3 (c), for the temperatures of the entire time-steps to converge at the maximum. This behavior is due to the fact that the cooling area is much smaller when compared to the other two models, and hence, it took longer time for the heat transfer to attain equilibrium.

The maximum attainable temperature for this model was 655 K, while the inner surface temperature reached 590 K. There was a radial temperature drop of 65 °C within the fuel meat, which is significantly higher than that observed in the outer cooled and dual-surface cooled fuel pins. It took approximately 20 secs for the entire time step to converge at the maximum temperature, a duration that is also much longer than that for the outer cooled and dual-surface cooled configurations.

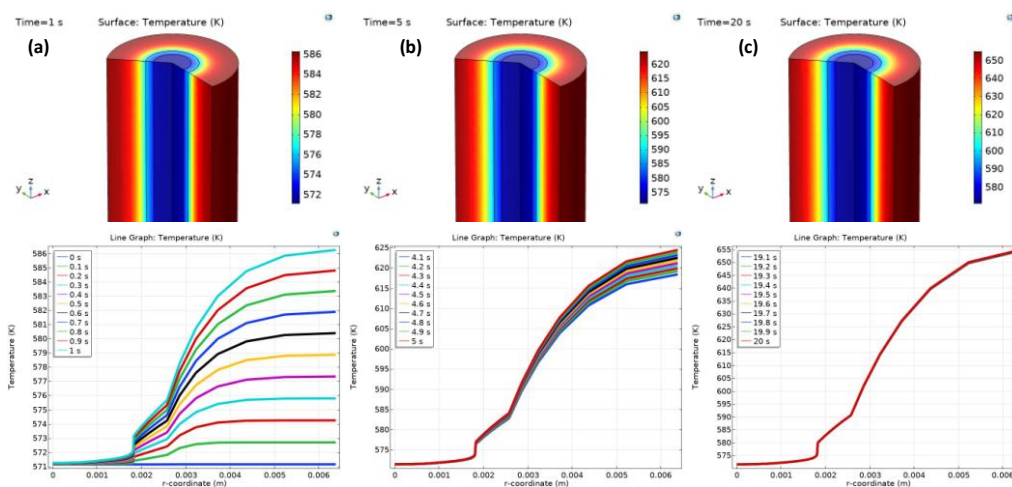


Fig. 3. Radial temperature distribution of inner cooled fuel at 1 sec, 5 secs and 20 secs

The coolant velocity for the outer-cooled fuel pin decreased near the cladding wall but increased midway between the cladding wall and the outermost part of the flow, as shown in Fig. 4(a). All coolant velocities reached a steady state at approximately 0.06 m before exiting the channel. For the dual surface cooled pin, the coolant velocity near both the inner and outer cladding walls decreased to around 0.05 m within the channel and then maintained a steady state until reaching the exit, as illustrated in Fig. 4(b).

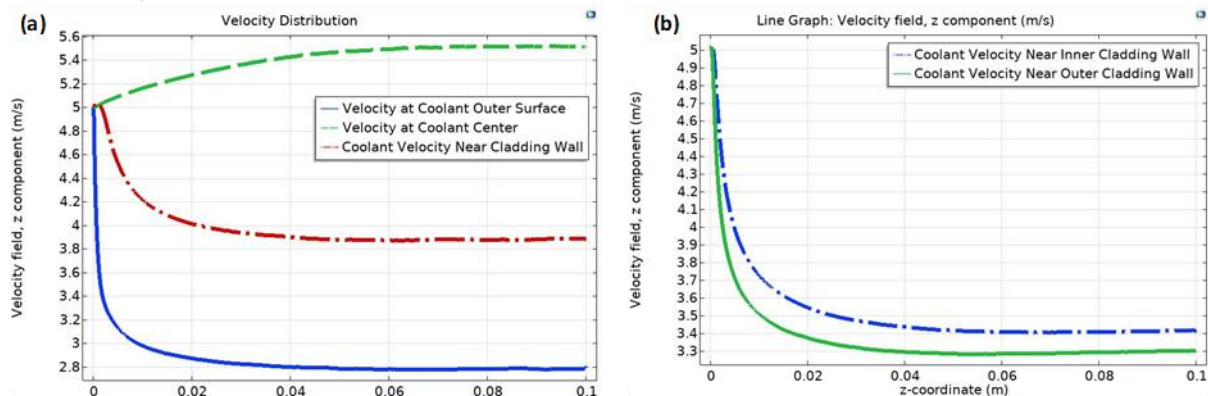


Fig. 4. Coolant velocity along  $z$  for (a) outer cooled model; (b) dual surface cooled model

## Conclusion

In conclusion, when designing fuel pins, an inverted pin that is cooled solely from the inside will exhibit the highest centerline temperature (655 K) and highest temperature drop across the fuel (65 °C) compared to both a standard pin, which is (592 K) and (26 °C) and a dual-surface cooled pin which is (578.5 K) and temperature drop of 11 °C for the inner surface and 13 °C for the outer surface. This increased centerline temperature occurs because the inverted pin has a smaller cooled surface in comparison to the other two models. Conversely, the dual-surface cooled pin has the lowest centerline temperature, as its channel offers a significantly larger cooled surface.

The coolant velocity decreased near the inner and outer cladding walls, while maintaining a steady velocity halfway along the channel (0.05 m). This indicates that upon entering the channel, the velocity decreased due to turbulence, but after a short period, the flow stabilized as it moved toward the exit.

## References

1. Ji Won Mun, Ho Jin Ryu, Finite Element Analysis of Unit Cell Inverted Core Fuel for Micro Lead-cooled Fast Reactor, Transactions of the Korean Nuclear Society Virtual spring Meeting May 13–14, 2021.
2. Todreas N.E., Kazimi M.S. Nuclear systems volume I: Thermal hydraulic fundamentals. – CRC press, 2015.

3. Wu Pan, et al. «Researches on special thermal hydraulic phenomena of annular fuel assembly by sub-channel analysis code-NACAF» *Frontiers in Energy Research* 9, 2021, P 696331.
4. Yuan Yi, M. S. Kazimi, and P. Hejzlar. «Thermomechanical performance of high-power-density annular fuel» *Nuclear technology* 160.1, 2007, P. 135-149.
5. Joseph Odii Christopher, Agyekum Ephraim Bonah, and Bright Kwame Afornu. «Effect of dual surface cooling on the temperature distribution of a nuclear fuel pellet» *Key Engineering Materials* 769, 2018 P. 296–310.

*Rawand Samad Abdullah (Iraq)*

*Department of Chemistry, College of Science, Salahaddin University-Erbil, Kurdistan region, Erbil*

### **ENTHALPY OF EVAPORATION FOR SOME AROMATIC COMPOUNDS AT STANDARD TEMPERATURE**

**Abstract:** The three substituted quinolines, naphthalenes, and monosubstituted pyridines were collected phase transition enthalpies. The compounds' solvation enthalpy was estimated the additivity scheme. The evaporation enthalpy was estimated using gas chromatography, solution calorimetry, and the transpiration technique. The solution calorimetry-additivity scheme, the compounds' sublimation/vaporization enthalpy was calculated at 298.15 K.

**Keywords:** enthalpy of solution, enthalpy of solvation, solution calorimetry, enthalpy of evaporation.

#### **Introduction**

There are several uses for chemical organic aromatic molecules in both industry and medicine. Because pyridine derivatives have antibacterial, anti-poisoning, antidiabetic, and antiviral properties against HCV, they are used in a variety of medical applications, such as the production of medications against the influenza B-mass virus. Because of the diversity of their steric and electrical characteristics, they are also used in photochemistry, materials science, electro-optical display systems, solution research, and homogeneous catalysis [1]. In addition, the naphthalene derivatives have many applications in biotechnology and in industries like organic electronic applications [2]. Further, the quinolines were applied in preparation of drugs of Influenza B-Mass virus because they have antibacterial activity. Furthermore, the quinolines are used to treatment the diseases like cancer, malaria and anti-inflammatory, antidotes against poisoning, antidiabetic activities and antiviral HCV [3]. Therefore, thermochemical study on the chemicals like pyridines, naphthalines, and quinolines is essential before using them. The phase transition thermochemical

properties of the basic compounds in drugs and the devices are detected the quality and stability of drugs and the manufacture devices.

The thermodynamic properties of phase transition present transfer from liquid or crystalline state to the gas phase. Of course, evaporation enthalpy is a chemical thermodynamics property that the evaporation enthalpy is measured directly by calorimetric methods [4], [5] or indirectly from determination vapor pressure as a function to temperature [6], [7]. As consequence, solution calorimetry was employed to determine the evaporation enthalpy of various compounds in specific solvents from solution enthalpy and solvation enthalpy values [1]. In this method, the solution enthalpy was measured from solution calorimetry and additivity scheme approach was used to calculate solvation enthalpy at 298.15 K [8–10].

In the present review described the three groups of aromatic compounds were mentioned above to know more and emphasize about important of the compounds in use and their phase transition enthalpies, which they are our previous works where applied the solution calorimetry, transpiration method and gas chromatography techniques as well as additive scheme approach was used to measure enthalpy of solvation of the compounds understudy.

### **Methodology**

#### **Solution calorimetry method**

From solution calorimetry, known solution enthalpy and solvation enthalpy then calculated the evaporation enthalpies of the study compounds as from following empirical equation;

$$\Delta_{cr,l}^g H_m^0 = \Delta_{soln} H_m^{Ai/S} - \Delta_{solv} H_m^{Ai/S} \quad (1)$$

where  $\Delta_{solv} H_m^{Ai/S}$  solvation enthalpy of  $A_i$  in solvent S,  $\Delta_{soln} H_m^{Ai/S}$  solution enthalpy in solvent S and  $\Delta_{cr,l}^g H_m^0$  sublimation/vaporization enthalpy at standard state of solute compound.

#### **Additive scheme approach**

According to the additive scheme, solvation enthalpy for the aromatic compounds were calculated with respect the following equations:

$$\Delta_{solv} H^{Ai/S} = \Delta_{solv} H^{ArH/S} + \Sigma \Delta_{solv} H^{Xi \rightarrow CH/S} \quad (2)$$

In addition, for branched groups attached to the heterocyclic aromatic compounds;

$$\Delta_{solv} H^{AiXn/S} = \Delta_{solv} H^{ArH/S} + n \cdot \Delta_{solv} H^{Xn/S} \quad (3)$$

$$\Delta_{solv} H^{AiXY/S} = \Delta_{solv} H^{ArH/S} + \Delta_{solv} H^{X/S} + \Delta_{solv} H^{Y/S} \quad (4)$$

where  $\Delta_{solv}H^{AiXn/S}$  and  $\Delta_{solv}H^{AiXY/S}$  are solvation enthalpies of the aromatic compounds with attached groups X and Y,  $\Delta_{solv}H^{ArH/S}$  is solvation enthalpy of the compound without attached group,  $\Delta_{solv}H^{X/S}$ ,  $\Delta_{solv}H^{Y/S}$  solvation enthalpy of the branched groups in the same solvent and  $n$  is the number of repeated groups.

The solvation enthalpy value for poly aromatic compound with respect to the additive scheme methodology [11];

$$\Delta_{solv}H^{2PQ/Bz} = n \cdot 1/6 \cdot \Delta_{solv}H^{Bz/Bz} + 1.08 \cdot Y \quad (5)$$

where  $\Delta_{solv}H^{2PQ/Bz}$  is the solvation enthalpy of 2-phenylquinoline in benzene solvent,  $\Delta_{solv}H^{Bz/Bz}$  is solvation enthalpy of benzene in benzene solvent,  $n$  is the number of carbon atoms and  $Y$  is the difference between carbon and hydrogen atoms. Consequently, the solvation enthalpy value for the 2-phenylquinoline compound was  $-82.68 \text{ kJ.mol}^{-1}$

## Results and discussions

### The pyridines

The values of the solvation and solution enthalpies of the pyridines were provided in Table 1. Whereas, the values of solvation enthalpies of the mono substituted pyridines were in good agreement with each other by the two methods mentioned above. Moreover, solvation enthalpy of 2-iodopyridine via additive scheme was  $-54.9 \text{ kJ/mole}$  and by Eq. (1) was  $-55.15 \text{ kJ/mole}$  well agree with each other. Furthermore, values of solvation enthalpies of 2-chloropyridine, 3-chloropyridine 3-bromopyridine, 2-bromopyridine, methyl nicotinate and methyl isonicotinate were identical values due to the additive scheme method does not depend on the position of the attached groups and dipole moment of the compounds [17, 12, 27]. Therefore, applying of additive scheme method on the molecules have polar group, dipole moment or hydrogen bonding substituent group as carboxyl groups were given notable values of the solvation enthalpy.

Table 1

*The enthalpies of solvation, solution, and evaporation for the pyridines [1]*

| Compound                  | $-\Delta_{solv}H$<br>kJ/mole | $\Delta_{soln}H^{Ai/S}$<br>kJ/mole | $\Delta_{cr,l}^g H_m^o$<br>kJ.mol <sup>-1</sup> | $\Delta_{cr,l}^g H_m^o$<br>kJ.mol <sup>-1</sup> |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 4-(Dimethylamino)pyridine | 62.2                         | 24.82                              | $87.02 \pm 0.5$                                 | $87.02 \pm 0.19$                                |
| 2-Fluoropyridine(l)       | 39.8                         | 1.17                               | $40.97 \pm 0.03$                                | 43.5                                            |
| 2-Chloropyridine(l)       | 46.3                         | 1.00                               | $47.3 \pm 0.11$                                 | $51.0 \pm 1.2$                                  |
| 3-Chloropyridine(l)       | 46.3                         | 1.39                               | $47.69 \pm 0.08$                                | $47.9 \pm 1.1$<br>43.4                          |
| 3-Bromopyridine(l)        | 48.7                         | 1.51                               | $50.21 \pm 0.07$                                | 47.4                                            |
| 3-Hydroxypyridine (cr)    | 65.7 ACN                     | 26.20                              | $91.9 \pm 0.52$                                 | $88.3 \pm 1.3$                                  |
| 3-Aminopyridine (cr)      | 62.1 ACN                     | 19.47                              | $81.57 \pm 0.15$                                | $80.7 \pm 0.3$<br>$84.0 \pm 1.4$                |

|                          |        |       |              |                      |
|--------------------------|--------|-------|--------------|----------------------|
| 2-Iodopyridine (l)       | 54.9   | 2.39  | 57.29 ± 0.13 |                      |
| 2-Bromopyridine (l)      | 48.7   | 1.21  | 49.91 ± 0.08 | 54.4 ± 1.3           |
| 4-Cyanopyridine (cr)     | 56 ACN | 18.24 | 74.24 ± 0.39 | 73.2 ± 0.6           |
| Methyl nicotinate (s)    | 59.6   | 22.11 | 81.71 ± 0.2  | 80.1±0.1<br>61.2±0.2 |
| Methyl isonicotinate (l) | 59.6   | 1.82  | 61.42 ± 0.08 | 65.4±1.4<br>59.4±0.1 |

### Naphthalene derivatives

Solvation enthalpy was measured for 14 naphthalene derivatives by additivity scheme method from equations (2) and (3), values of solvation enthalpy were set in the table 3, solution enthalpy was determined by adiabatic solution calorimetry at 298.15 K for all compounds, then sublimation/vaporization enthalpy was calculated for the compounds. From solution calorimetry, the obtained values from solution calorimetry were calculated standard deviation to all compounds. It seems that (table 2) the values were indicated high accuracy in determination solution calorimetry. The efficiency and performance of the solution calorimetry to measure enthalpy of solution to various compounds were described elsewhere [12][13][14]. The highest value of standard uncertainty was 0.66 to 6-Methoxy-2-naphthol in comparison with others values of standard uncertainty in this work.

Table 2  
Solvation, solution and evaporation enthalpies of the naphthalenes at 298.15 K in kJ.mol<sup>-1</sup>

| Compound                          | $-\Delta_{solv}H_m^{Ai/Bz}$ | $\Delta_{soln}H_m^{Ai/Bz}$ | $\Delta_{l,cr}^gH^{0a}$ |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1-Naphthaldehyde                  | 70.4                        | 1.89                       | 72.29 ± 0.08            |
| 1-Methoxynaphthalene              | 66.5                        | 1.40                       | 67.9 ± 0.17             |
| 4-Methoxy-1-naphthaldehyde        | 82                          | 17.23                      | 99.23 ± 0.41            |
| 4-Dimethylamino-1-naphthaldehyde  | 88.6                        | 17.76                      | 106.36 ± 0.43           |
| 1-Nitro-2-naphthaldehyde          | 88.3                        | 23.58                      | 111.88 ± 0.1            |
| 6-Methoxy-2-naphthol              | 80.7                        | 27.79                      | 108.49 ± 0.66           |
| 4-Amino-1-naphthalenecarbonitrile | 86.2                        | 22.13                      | 108.33 ± 0.33           |
| 4-Hydroxy-1-naphthaldehyde        | 84.3                        | 13.99                      | 98.29 ± 0.23            |
| 4-Methoxy-1-naphthonitrile        | 82.3                        | 22.38                      | 104.68 ± 0.28           |
| 1,8-Dibromonaphthalene            | 72.3                        | 19.09                      | 91.39 ± 0.26            |
| 1-Bromo-4-methylnaphthalene       | 67.1                        | 3.16                       | 70.26 ± 0.16            |
| 2-Bromonaphthalene                | 63.6                        | 19.42                      | 83.02 ± 0.40            |
| 1,8-Diidonaphthalene              | 84.3                        | 20.71                      | 105.01 ± 0.35           |
| 1,8-Diaminonaphthalene            | 85.9                        | 16.33                      | 102.23 ± 0.08           |

### Quinolines

The low value solution enthalpy 2-methylquinoline due to the high interaction with the benzene solvent as well as it is in liquid state. While, the solution enthalpy



values 2-chloroquinoline and 2-phenylquinoline were close to each other because they were in crystalline state, the solution enthalpy values contain destroy crystalline lattice then process heat of solvation into the solvent. Consequently, the solvation enthalpy value for the 2-phenylquinoline compound was  $-82.68 \text{ kJ.mol}^{-1}$ , table (3).

Table 3

*Solution enthalpy, solvation enthalpy and evaporation enthalpy in  $\text{kJ.mol}^{-1}$  at 298.15 K*

| Compound          | $-\Delta_{\text{solv}}H_m^{\text{Ai/Bz}}$ | $\Delta_{\text{soln}}H_m^{\text{Ai/Bz}}$ | $\Delta_{\text{liq,cr}}^g H_m$ |
|-------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|
| 2-Methylquinoline | 63.8                                      | 1.45                                     | $65.25 \pm 0.13$               |
| 2-Chloroquinoline | 66.4                                      | 21.21                                    | $87.61 \pm 0.89$               |
| 2-Phenylquinoline | 82.68                                     | 19.92                                    | $108.0 \pm 0.04$               |

## Conclusions

The mono substituted pyridines had solvation enthalpies that differed by no more than 1.87 kJ/mole. Additionally, the solution, solvation, and evaporation enthalpies were tabulated for the 14 different naphthalene derivatives with different substituted groups. Because of their chemical structures and the location of the linked groups, most naphthalene derivatives in the research had significant sublimation/vaporization enthalpies. Additionally, that study looked at quinoline compounds' 2-position, where methyl, chloro, and phenyl groups were substituted. As a result, the quality and stability of the medications and goods generated from pyridine, naphthalene, and quinoline derivatives may be determined using chemical thermodynamic characteristics.

## References

1. Abdullah R.S. and Solomonov B.N. Sublimation/vaporization and solvation enthalpies of monosubstituted pyridine derivatives // Chem. Thermodyn. Therm. Anal. – 2022. – Vol. 8. – P. 100087. doi: 10.1016/J.CTTA.2022.100087.
2. Abdullah R.S., «Phase Transition Thermodynamics: Evaporation Enthalpy of 13 Naphthalene Derivatives» Russ. J. Phys. Chem. A, vol. 97, no. 7, pp. 1361–1367, 2023, doi: 10.1134/S0036024423070245.
3. Abdullah R.S. and Solomonov B.N., «Phase Transition Thermodynamic Properties Of 2-Methylquinoline, 2-Chloroquinoline And 2-Phenylquinoline» Int. J. Thermodyn., vol. 26, no. 4, pp. 11–18, 2023, doi: 10.5541/ijot.1250292.
4. L. M. P. F. Amaral L. M. P. F. and M. A. V Ribeiro da Silva M. A. V, «Calorimetric study of bromoacetophenone isomers» J. Chem. Thermodyn., vol. 78, pp. 254–259, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jct.2014.06.028>.
5. Silva A. L. R., Á. Cimas Á., and Ribeiro da Silva M. D. M. C., «Energetic study of benzothiazole and two methylbenzothiazole derivatives: Calorimetric



- and computational approaches» *J. Chem. Thermodyn.*, vol. 73, pp. 3–11, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jct.2013.06.021>.
6. Verevkin S.P. and Emel'yanenko V.N, «Transpiration method: Vapor pressures and enthalpies of vaporization of some low-boiling esters» *Fluid Phase Equilib.*, vol. 266, no. 1, pp. 64–75, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2008.02.001>.
  7. A. Delle Site, «The vapor pressure of environmentally significant organic chemicals: a review of methods and data at ambient temperature» *J. Phys. Chem. Ref. Data*, vol. 26, no. 1, pp. 157–193, 1997.
  8. Solomonov B.N. et al., «New method for determination of vaporization and sublimation enthalpy of aromatic compounds at 298.15 K using solution calorimetry technique and group-additivity scheme» *Thermochim. Acta*, vol. 622, pp. 88–96, 2015, doi: [10.1016/j.tca.2015.09.022](https://doi.org/10.1016/j.tca.2015.09.022).
  9. Solomonov B.N., Nagrimanov R.N., Varfolomeev M.A., Buzyurov A.V., and Mukhametzyanov T.A., «Enthalpies of fusion and enthalpies of solvation of aromatic hydrocarbons derivatives: Estimation of sublimation enthalpies at 298.15K» *Thermochim. Acta*, vol. 627–629, pp. 77–82, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2016.02.001>.
  10. Yagofarov M.I., Nagrimanov R.N., and Solomonov B.N., «Thermochemistry of phase transitions of aromatic amines: Estimation of the sublimation enthalpy at 298.15K through the fusion enthalpy,» *J. Chem. Thermodyn.*, vol. 113, pp. 301–307, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jct.2017.06.017>.
  11. Solomonov B.N., Nagrimanov R.N., and Mukhametzyanov T.A., “Additive scheme for calculation of solvation enthalpies of heterocyclic aromatic compounds. Sublimation/vaporization enthalpy at 298.15K» *Thermochim. Acta*, vol. 633, pp. 37–47, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2016.03.031>.
  12. Solomonov B.N., Varfolomeev M.A., Nagrimanov R.N., Novikov V.B, Zaitsau D.H., and Verevkin S.P. «Solution calorimetry as a complementary tool for the determination of enthalpies of vaporization and sublimation of low volatile compounds at 298.15 K» *Thermochim. Acta*, vol. 589, pp. 164–173, 2014.
  13. Yagofarov M.I., Nagrimanov R.N., and Solomonov B.N., “Estimation of sublimation enthalpies of aromatic amides at 298.15K from the values of fusion enthalpies,» *Thermochim. Acta*, vol. 646, pp. 26–31, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2016.10.015>.
  14. Zhabina A.A., Nagrimanov R.N., Emel'yanenko V.N., Solomonov B.N., and S. P. Verevkin, «Nicotinamides: Evaluation of thermochemical experimental properties» *J. Chem. Thermodyn.*, vol. 103, pp. 69–75, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jct.2016.08.002>.

*Reeman Abdul-Haq (Syria)*

*Higher Institute for Applied Sciences and Technology, Aleppo*

*Scientific supervisor: Dr. Maamo M.S*

## **EXPERIMENTAL CHARACTERIZATION OF VIBRATION DAMPING PROPERTIES OF MATERIALS**

**Abstract:** This work is based on the methodology and the experimental setup elaborated in the American Standard ASTM E-756 for determining the vibration damping properties of materials, but using a contact-type transducer. Results show that the empirical values are close to real ones when considering the influence of contact-type transducer mass.

**Keywords:** Loss factor, Young Modulus, Shear Modulus, ASTM E-756, Oberst Beam

### **Introduction**

The dynamic response of flying system structural components and onboard blocks is significantly influenced by the vibration damping properties of materials used in their construction, beside their geometric configuration. To effectively analyze this response and design appropriate dampers to mitigate or eliminate the adverse effects of vibrations, it is essential to determine the damping characteristics of both structural materials and viscoelastic materials used in damper design as accurately as possible.

While reference values for the damping properties of many materials are available, variations in manufacturing processes, material composition and environmental conditions can lead to deviations from these documented values, particularly for viscoelastic materials, which usually exhibit nonlinear behavior. Therefore, there is a need to rely on reliable experimental methodology to determine these properties for optimizing damper design and accurately predicting the vibrational response of structural components. In this regard, the ASTM E-756 is very handy as it presents an experimental methodology and setup to do the job. However, it uses a non-contact transducer to collect the vibration signal, which is not always available. Instead, in this work we suggest using piezoelectric accelerometer, which is a contact-type transducer, as the primary vibration sensor. Then, we use simulation to evaluate the effectiveness and considerations when using such type of vibration sensors.

### **Summary of E-756 method**

Viscoelastic materials possess both viscous and elastic properties. This dual behavior results in a material with both a storage modulus and a loss factor which, when combined together, constitute the complex Young's modulus  $E^*$ , as expressed by the following expression [1]:

$$E^* = E(1 + j\eta) \quad (1)$$

where  $E$  – the elasticity modulus,  $\eta$  - the loss factor.

The Oberst beam method is a technique used to measure vibration damping properties of materials, specifically  $\eta$  and  $E$  or even the shear modulus ( $G$ ) [3,4,5]. This method is accurate over a frequency range of 50 to 5000 Hz [2]. A cantilever beam serves as the test specimen, configured based on material type and the desired damping properties. Self-supporting materials are directly formed into a uniform test beam.

In the other hand, for non-self-supporting materials, the uniform base beam is tested to determine its resonant frequencies over the desired temperature range, then the damping material is applied to the bare beam in one of two configurations (Fig. 1b, 1c) [2]. After that, the resulting damped composite beam is tested to obtain its properties using a well-known algorithm [2].

A similar two-step process is used to measure the shear damping properties, but it involves two identical base beams and a sandwich configuration [2] (Fig. 1d).

Once the test beam configuration is finalized and the specimen prepared, it is clamped to a fixture and placed in an environmental chamber. Two transducers are used: one to apply an excitation force and the other to measure the beam's response. By analyzing multiple resonances, the frequency-dependent damping behavior of material can be determined.

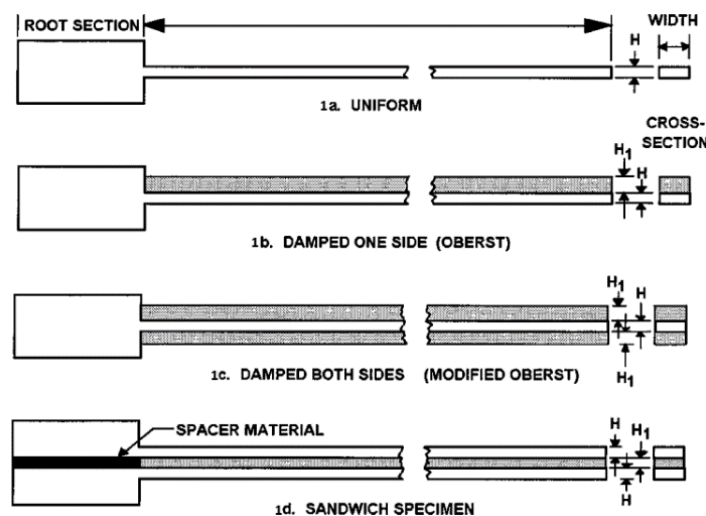


Fig. 1. Test Specimens

Based on specimen, experimentally deduced calculation algorithms of material damping properties are elaborated in ASTM standard E 756 [2].

To estimate the damping factor from frequency domain data, the half-power bandwidth method is used [1].

### Experimental setup

The experimental setup is shown in Fig. 2. A 180mm×10mm×3mm bare specimen was adopted. As the environmental chamber was not available, the experiment conducted considering the laboratory actual temperature (25 °C). The data acquisition (DAQ) application was developed in LabVIEW environment.

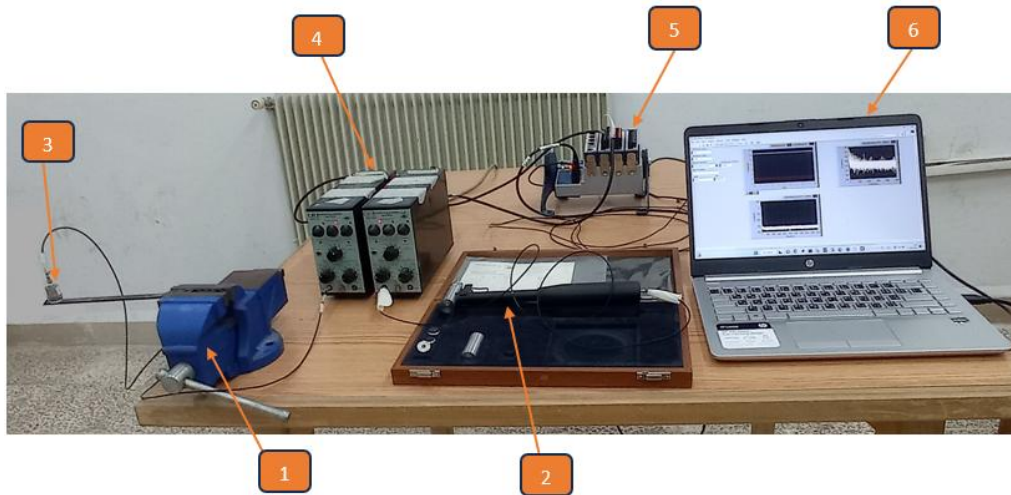


Fig. 2. Experimental Setup

1 – Vise, 2 – Impact Hammer connected to force transducer, 3 – Piezoelectric Accelerometer, 4 – Charge Amplifier, 5 – NI cDAQ 9174 card, 6 – Computer with DAQ application

### Results and discussion

Data processing program was designed and developed in LabVIEW according to algorithms elaborated in the American standard ASTM E 756 [2]. The program consists of three main regions to handle the data processing requirements as shown in Fig. 3:

1 – Data entry region, where the specimen type, the dimensions and material should be entered.

2 – Data processing region, where the vibration modes are drawn and the modes frequencies are extracted.

3 – Results displaying region, where the extracted damping properties values are displayed.

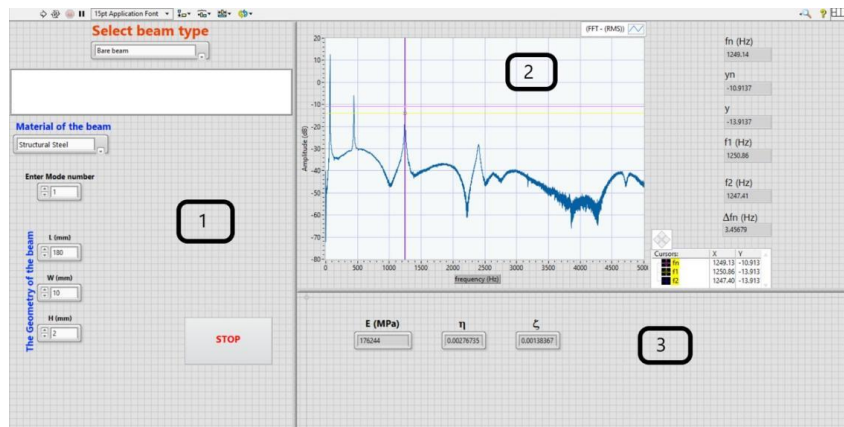


Fig. 3. Data processing program interface 1 – Data entry region, 2 – Data processing region, 3 – Results displaying region

To evaluate the effectiveness of this method, the first three resonant frequencies of bare Oberst beam are analytically calculated [3]. Besides, using ANSYS Workbench, these same frequencies are estimated by Modal Analysis.

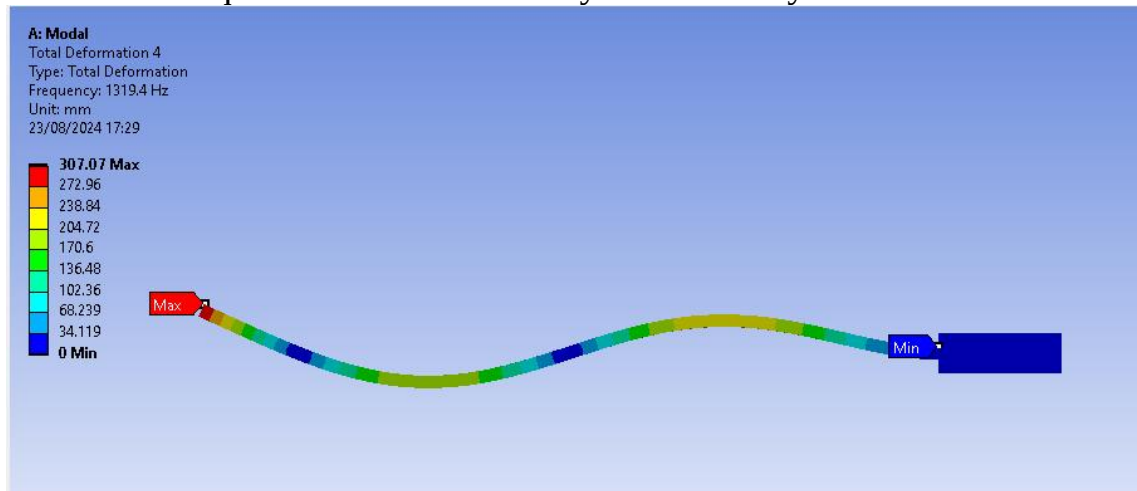


Fig. 4. The modal shape simulation in ANSYS Workbench

Table 1 shows the analytical, numerical and experimental results.

Table 1

The results summary

| Mode number | Analytically calculated frequency (Hz) | Numerically estimated frequency (Hz) | Experimentally measured frequency (Hz) | Experimental - analytical results Deviation (%) |
|-------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1           | 75.5                                   | 75.416                               | 66.50247                               | 11.92                                           |
| 2           | 473.1                                  | 472.07                               | 438.1621                               | 7.38                                            |
| 3           | 1324.9                                 | 1319.4                               | 1243.449                               | 6.15                                            |

As shown in table 1, there is a significant deviation between analytical and experimental results. These deviations are attributed mainly to the effect of using contact-type transducer, and mainly its mass, which constitutes 7.08 % of the beam's total mass.

To consider the transducer mass effect, numerical study is conducted using ANSYS Workbench Modal tool, which shows that the transducer mass ratio shouldn't exceed 0.5 % of the beam total mass to eliminate the deviation, and that is very clear in Table 2.

Table 2

*The results when the transducer mass is considered*

| Mode number | Numerically estimated frequency (Hz) | Experimentally measured frequency (Hz) | Experimental - numerical results Deviation (%) |
|-------------|--------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1           | 67.139                               | 66.50247                               | 0.95                                           |
| 2           | 438.82                               | 438.1621                               | 0.15                                           |
| 3           | 1254.6                               | 1243.449                               | 0.89                                           |

It worth to mention that the analytical values of beam with added mass are consistent with the last results.

### **Conclusions and future work**

The Oberst beam method is a robust technique for determining the damping properties of materials. However, cautions should be taken when using a contact-type transducer so that its mass doesn't exceed a ratio of 0.5 % of beam's total mass.

In the future, more experiments should be carried out to use not only bare beam configuration, but also the others configurations for viscoelastic materials.

### **References**

1. Parvin P.H, Anil D.S. Experimental investigation of damping performance of viscoelastic material using constrained layer damping treatment // Procedia Materials Science. – 2014. – Vol. 5. – P. 726–733.
2. ASTM E 756 // Standard test method for measuring vibration-damping properties of materials. – 1998.
3. Matsushita O., Tanaka M., Kanki H., Kobayashi M., Keogh, P. Vibrations of rotating machinery. – 2017. – Berlin: Springer. – 360 p.
4. Koruk H., Sanliturk K.Y. On measuring dynamic properties of damping materials using Oberst beam method // In Engineering Systems Design and Analysis. – 2010. – Vol. 49163. – P. 127–134.
5. Liao Y., Wells V. Estimation of complex Young's modulus of non-stiff materials using a modified Oberst beam technique // Journal of Sound and Vibration. – 2008. – Vol. 316 (1-5). – P. 87–100.

*Ye Hezhi (China)*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific adviser: Gayvoronskiy Sergey Anatolevich, associate professor*

## **AUTOMATED SYSTEM OF OIL LEVEL CONTROL IN THE HORIZONTAL SEPARATOR**

### **Introduction**

The oil and gas industry plays a key role in the global economy by supplying energy and driving technological progress. The efficient operation of oil separators, which separate oil, water, and gas, is a crucial aspect of this sector. In this regard, the development of a liquid level control system for a three-phase oil separator has become a pressing issue, as it would optimize phase separation processes and enhance the efficiency of oil and gas production.

Leading research institutes, universities, and companies are actively conducting studies in the field of oil and gas engineering, highlighting the importance of developing effective control systems for phase separation in oil separators. Issues related to process optimization, energy efficiency improvement, and equipment reliability remain relevant and require further scientific research.

### **Methodology**

The methodology of this research integrated a comprehensive literature review of separator designs and control strategies with industrial standards (API, ISO) to establish optimal operational parameters, followed by the development of a detailed technological process flow for the three-phase separator that outlined the fluid dynamics from the gas-liquid-steam mixture inflow to final stratification. A structural block diagram was designed using KOMPAS, incorporating critical sensor networks (TE for temperature, FE for flow rate, LE for level) and control actuators, while dynamic system modeling simulated the separator's self-balancing mechanism as a negative feedback control system, deriving transfer functions to characterize fluid behavior and valve response. PID tuning via PID Tuner optimized controller parameters, yielding a stable response with 10 % overshoot and a 27.5-second settling time, validated through transient analysis under operational disturbances. Gaussian analysis of sensor data assessed measurement consistency, ensuring level and temperature variability adhered to predictable distributions.

### **Results**

The automated oil level control system for the horizontal three-phase separator was successfully modeled and optimized using PID control. Through simulation and tuning, the system demonstrated stable and efficient performance with the following key characteristics:

- **Control Stability:** The PID controller effectively maintained the liquid level at the desired setpoint, ensuring smooth operation of the separator.
- **Transient Response:** The system exhibited an overshoot of approximately 10 %, indicating a well-balanced control action that prevents excessive fluctuations.
- **Settling Time:** The liquid level stabilized within 27.5 seconds, confirming the system's rapid response to disturbances while maintaining operational reliability.
- **Negative Feedback Mechanism:** The self-balancing process, governed by negative feedback control, ensured continuous adjustment of the valve position to maintain optimal separation conditions.

These results validate the effectiveness of the proposed automated control system in optimizing oil-water-gas separation, enhancing process efficiency, and ensuring stable operation under varying conditions. The developed model provides a foundation for real-world implementation in oilfield separation systems.

### **Conclusions**

This study successfully developed an automated oil level control system for a horizontal three-phase separator, optimizing the separation process and enhancing operational efficiency. The research encompassed the design of the technological process, the working principle of the separator, and the implementation of a robust monitoring and control system. Through modeling and PID tuning, the system demonstrated stable performance with an acceptable overshoot (10 %) and settling time (27.5 seconds), confirming its reliability in maintaining optimal liquid levels.

The negative feedback control mechanism ensures self-balancing, while sensor networks (temperature, flow rate, and level sensors) enable precise process adjustments. Future research should focus on real-world implementation under varying operational conditions, including extreme temperatures and fluctuating flow rates, to further validate system robustness. Additionally, exploring advanced control algorithms, such as adaptive or AI-based PID tuning, could further optimize separation efficiency and energy consumption in industrial applications.

### **Recommendations**

For engineers and researchers working on automated oil separation systems, adopting a systematic approach to design and optimization is crucial. Implementing advanced sensor networks (temperature, flow rate, and level sensors) ensures precise monitoring and control, while integrating PID tuning enhances system stability. To mitigate performance issues in low-temperature conditions, heating systems should be incorporated to maintain optimal separation efficiency.

Educational institutions and industry partners should emphasize hands-on training in control system modeling and separator design to bridge theoretical knowledge with practical applications. Universities should integrate simulation tools into engineering curricula to familiarize students with dynamic process control. Additionally,



workshops on PID tuning and system troubleshooting can enhance technical proficiency.

For industrial implementation, companies should prioritize regular maintenance of separator components (valves, pumps, and sensors) to ensure long-term reliability. Further research should explore adaptive control algorithms and machine learning techniques to optimize separation efficiency under varying operational conditions. Finally, collaboration between academia and industry should be strengthened to facilitate knowledge transfer and innovation in oilfield automation technologies.

### References

1. Автономный автоматизированный комплекс управления трехфазным нефтегазосепаратором // Нефтегаз.ру. – 2011. – URL: <https://neftegaz.ru/analysis/equipment/329335-avtonomnyy-avtomatizirovannyi-kompleks-upravleniya-trekhfaznym-neftegazoseparatorom/>
2. Датчик уровня DUU2M // ТД РЗМК. – URL: <https://tdrzm.com/product/rezervuarnoe-oborudovanie/pribory-kontrolya-urovnya/datchik-urovnya-duu2m/> (дата обращения: 10.06.2024).
3. Вихревой расходомер // Шенглийский завод нефтяного приборостроения. – URL: <http://shengliyibiao.com>.
4. RCDL-SS M25 Vec-Vit-1“-ILR750 PN140955 // РусАвтоматизация. – URL: <https://rusautomation.ru> (дата обращения: 10.06.2024).
5. Продуктовое описание // Xiamen Zhongxingweiye Instrument Co., Ltd. – URL: <http://www.xmzplc.com/index.aspx?menuid=4&type=productinfo&lanmuid=56&inoid=151&language=cn>.
6. Функциональные схемы систем автоматического контроля // ANI Studio. – URL: <https://ani-studio.narod.ru/BOX/Flash/Study/Automation/HTML-Themes/Theme7.htm>.
7. Функциональные графики: значение и применение // OttoHome. – URL: <https://ottohome.ru>.

## «НАУЧНЫЙ СТАРТ (для слушателей подготовительных отделений)»

*Альаббас Башар (Сирия)*

*Российский государственный аграрный университет имени Тимирязева, г. Москва*

*Научный руководитель: Цибизова Оксана Владимировна, к.ф.н., доцент*

### **ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ *BACILLUS SUBTILIS* НА ГРИБЫ *ALTERNARIA*, *FUSARIUM* КАК ФОРМА БИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В БОРЬБЕ С ПАТОГЕНАМИ РАСТЕНИЙ**

**Аннотация:** в работе описывается лабораторное исследование влияния бактерий *Bacillus subtilis* на грибы *Alternaria*, *Fusarium*. Обосновывается идея расширения применения биологического контроля в борьбе с патогенами растений.

**Ключевые слова:** бактерия *Bacillus subtilis*, гриб *Alternaria*, гриб *Fusarium*, биологический контроль, патоген.

#### **Введение**

В настоящее время растёт осознание опасности чрезмерного использования химических средств защиты растений, или пестицидов. Пестициды используются уже более пятидесяти лет, и их эффективность снизилась, так как многие вредители приобрели к ним устойчивость. Было также доказано, что эти пестициды наносят вред окружающей среде, живым организмам, в частности, опасны для здоровья людей и животных и вызывают многие заболевания, например, злокачественные опухоли. Кроме того, длительное использование химических пестицидов привело к появлению в окружающей среде новых вредителей. При этом химические средства защиты растений имеют высокую стоимость.

Все это потребовало размышлений о разработке новых, безопасных, не нарушающих экологический баланс, недорогих методов борьбы с вредителями. Одним из таких важных, востребованных в настоящее время и дешёвых методов является биологический контроль [2].

Garret (1965) определил биологический контроль заболеваний растений как состояние, которое влияет на выживание или активность патогена в организме, отличном от человеческого, что приводит к снижению заболеваемости [2].

Cooks (1989) дал более полное определение биоконтроля как использования природных или генетически модифицированных микроорганизмов или генных продуктов для уменьшения воздействия нежелательных микроорганизмов таким образом, чтобы эти желательные организмы при использовании как на полевых культурах, деревьях, животных, так и на других организмах не причиняли вреда [2].

Наша работа посвящена исследованию биологического контроля, а именно: влиянию микроорганизмов, в частности, бактерий *Bacillus subtilis*, на патогены растений.

В 1953 году Литтауэр и Гаттер показали, что бактерия *Bacillus subtilis* обладает ингибирующей активностью в отношении широкого спектра патогенных микроорганизмов, и в современных исследованиях после 1984 года многие ученые изучали возможность использования бактерий для борьбы со многими болезнями растений [2].

Как правило, это аэробные или анаэробные бактерии. Эти бактерии считаются широко распространенными в природе, поскольку они содержатся в почве и в воде в корневой зоне и получают питание из сока, выделяемого из корней или из продуктов разложения в почве. Бактерии обладают способностью расщеплять токсичные вещества, выделяемые вредными микроорганизмами.

В исследовании 2005 года профессор аль-Фахри объяснил антагонистический эффект *Bacillus subtilis* против некоторых фитопатогенных почвенных грибов в лабораторных условиях, когда колонии грибов имели диаметр (38,44 и 38,6) мм по сравнению с контрольной обработкой (57, 62,3 и 50) мм для грибов (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* и *F. Oxysporum*), соответственно, также показали степень ингибирования (34, 30 и 23) % для тех же грибов, что и вышеописанные. Что касается среднего PDA, то он составлял (47,8, 48,3 и 46,6) мм и контрольного (57,6, 61 и 64,3) мм соответственно, а коэффициенты ингибирования составляли (17, 22 и 28) % соответственно. Бактериальный фильтрат также показал значительный эффект, и средний диаметр колонии составил 4,5 мм, а для гриба R – 0,5 мм при 10 %-ной концентрации. *R. solani* и *F. solani*, соответственно, коэффициенты ингибирования варьировали от 91,6 до 99,3 % при 10 % концентрации и от 96,3 до 100 % при 20 %-ной концентрации для обоих грибов *R. solani* и *F. solani* последовательно [1].

Другие исследователи также писали, что, что некоторые виды бактерий, принадлежащих к родам *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Streptomonas* и полученных из корневой зоны, могут быть использованы в борьбе с увяданием нута [4].

Эти результаты были подтверждены Landa B.B. и его коллегами, которые отметили в 1997 году, что большинство бактерий, показавших симбиоз штаммов грибов 0,1 и 5, принадлежат к роду *Bacillus* [5].

Akhtar M.S. и его коллеги (2010) отметили, что совместное использование *Pseudomonas alcaligenes* и *Bacillus pumilus* привело к увеличению роста и количества стручков и корневых узлов растения чечевицы, а также к снижению заболеваемости грибом *Fusarium oxysporum* f.sp.lentis по сравнению с предыдущим исследованием [3].

Итак, бактерии – это важные микроорганизмы, которые используются в биологической борьбе с болезнями растений, вызываемыми другими микроорганизмами, например, грибами [1].

### **Основная часть**

Цель нашего исследования – проведение в лабораторных условиях анализа влияния на грибы рода *Fusarium* и *Alternaria* бактерий *Bacillus subtilis* в сравнении с применением фунгицидов.

Эксперимент проводился в сельскохозяйственном научно-исследовательском центре в городе Эль-Камышлы на севере Сирии в 2020-2021 годах.

Используемые материалы: пищевая питательная среда PDA, дистиллированная вода, изоляты грибов и бактерий (бактерий *Bacillus subtilis*, грибов *Alternaria* и *Fusarium oxysporum*).

Используемые устройства и инструменты: изолирующая камера, стерилизатор в автоклаве, инкубатор, холодильник, чувствительные весы, чашки Петри, изолирующая игла.

При проведении эксперимента готовили питательную среду для PDA, взяв 39 г, помещали в литр дистиллированной воды, стерилизовали, обернув полиэтиленовой пленкой, и разливали по чашкам Петри, затем чашку равномерно делили на две половины и первую половину чашки инокулировали бактериями (*Bacillus subtilis*). На вторую половину чашки была помещена часть колонии грибов (*Fusarium oxysporum* и *Alternaria*) размером 5 мм.

Для сравнения был добавлен фунгицид из расчета 0,5 мл в концентрации 100 ppm (частей на миллион) и в центр чашки была посажена часть колонии грибов (*Fusarium* и *Alternaria*).

Чашки выдерживали в инкубаторе при температуре 25 °C. Затем снимали показания через 7 и 10 дней после инкубации и рассчитывали процент ингибирования по следующей формуле: коэффициент ингибирования =  $\frac{\text{средний диаметр колонии-свидетеля (контрольной чашки)} - \text{средний диаметр колонии при лечении}}{\text{средний диаметр колонии-свидетеля}} \times 100$ .

Результаты эксперимента отражены в таблицах (1) и (2).

Таблица 1

*Результаты анализа влияния бактерий на грибы (Fusarium oxysporum)*

| Транзакции                 | Через 7 дней       | Через 10 дней      |
|----------------------------|--------------------|--------------------|
| Бактерия                   | 26.07 <sup>b</sup> | 28.83 <sup>b</sup> |
| Пестицид                   | 87.37 <sup>a</sup> | 88.87 <sup>a</sup> |
| Контроль                   | 0.00 <sup>c</sup>  | 0.00 <sup>c</sup>  |
| L.S.D <sub>0.05</sub>      | 10.16              | 9.92               |
| Коэффициент вариации, CV % | 13,4 %             | 12,7 %             |

Таблица 2

*Результаты анализа влияния бактерий на грибы (Alternaria)*

| Транзакции                 | Через 7 дней       | Через 10 дней      |
|----------------------------|--------------------|--------------------|
| Бактерия                   | 33.33 <sup>b</sup> | 30.77 <sup>b</sup> |
| Пестицид                   | 70.83 <sup>a</sup> | 64.10 <sup>a</sup> |
| Контроль                   | 0.00 <sup>c</sup>  | 0.00 <sup>c</sup>  |
| L.S.D <sub>0.05</sub>      | 23.55              | 13.08              |
| Коэффициент вариации, CV % | 33,9 %             | 20,7 %             |

Из таблиц (1) и (2) видно, что после проведения статистического анализа результатов воздействия бактерий *B.Subtilis* на грибы *Fusarium* и *Alternaria* после 7 и 10 дней инкубации в лабораторных условиях, были выявлены четкие существенные различия между воздействием бактерий на грибы по сравнению с результатами контрольной чашки и результатами, полученными в ходе эксперимента с действием фунгицида.

### **Выводы**

Доказано, что бактерия *Bacillus subtilis* обладает хорошей эффективностью в борьбе с грибами *Fusarium* и *Alternaria* в лабораторных условиях.

Скорость ингибирования увеличивалась с увеличением инкубационного периода, так как эффект был больше после 10 дней инкубации, чем после 7 дней инкубации.

Влияние бактерии *Bacillus subtilis* на гриб *Alternaria* было сильнее, чем на гриб *Fusarium*.

Бактерия *B.Subtilis* доказала хорошую способность подавлять и предотвращать рост патогенных грибов, и естественно, что ее действие не идет ни в какое сравнение с фунгицидами, особенно в контролируемых лабораторных условиях. Антибактериальный эффект бактерии обусловлен ее способностью вырабатывать антибиотики и гидролизующие ферменты.

Роль бактерий не ограничивается подавлением и предотвращением роста патогенов растений, они играют важную роль в стимулировании роста растений, увеличении продуктивности, их доступности в природе, простоте изоляции и

отсутствии какого-либо воздействия на окружающую среду и человека по сравнению с воздействием токсичных веществ.

Предусматривается перспектива исследования, а именно: возможность работы над производством бактериальных суспензий бактерий *Bacillus subtilis*, действующих в качестве биоцидов, и экспериментов с сельскохозяйственными вредителями в регионе Эль-Хасака (Сирия), чтобы убедить фермеров в целесообразности и эффективности биологической борьбы.

### Список литературы

1. Al-Fakhri A.A. Journal of Iraqi agricultural sciences. – 2005. – № 36(3). – С. 7–12.
2. Abu Arqoub M.M. Biological resistance to plant diseases, First Edition, academic library for printing, publishing and distribution. – 2000. – С. 684.
3. Akhtar M.S., Shakeel U., SiddiQui Z.A. Biocontrol of Fusarium. Wilt by *Bacillus pumilus*, *Pseudomonas alcaligenes*, and *Rhizobium* sp. on lentil. Turk. J. agric. Sci. – 2010. – № 43. – С. 1–7.
4. Edwards S.G., McKay T., Seddon B. Interaction of *Bacillus* species with phytopathogenic fungi. Methods of analysis and manipulation for purposes. – 1994. – С. 101–118.
5. Landa B.B., Hervás A., Bettiol W., Jimenez-Diaz R.M. Antagonistic Activity of Bacteria for the Chickpea Rhizosphere Against *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*. Phytoparasitica. – 1997. – № 25(4). – С. 305 – 318.

*Анан Нур Эль Худа (Алжир)*

*Российский государственный аграрный университет имени Тимирязева, г. Москва*

*Научный руководитель: Черкашина Елена Леонидовна к.ф.н., доцент кафедры РКИ и ОД*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМОЛЕКУЛ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГЕРБИЦИДОВ (НА ПРИМЕРЕ РАСТЕНИЙ СЕВЕРНОГО АЛЖИРА)**

**Аннотация:** в статье описан гербицидный потенциал экстрактов 8 дикорастущих растений Северного Алжира. Методы хлороформной и этанольной экстракции выявили сильное ингибирование прорастания семян, особенно у *Urtica dioica* (83,3 %) и *Oxalis pes-caprae* (93,3 %). Результаты предлагают экологичную альтернативу химическим гербицидам.

**Ключевые слова:** биогербициды, аллелопатия, дикоросы, фитоэкстракты, устойчивое земледелие.

## **Введение**

Современное сельское хозяйство в Алжире сталкивается с тремя основными проблемами: высокой зависимостью от импорта гербицидов (90 %), появлением резистентных сорняков в зерновых зонах и деградацией почв (32 % засоленных земель). Решением может стать использование природных гербицидов на основе богатого средиземноморского биоразнообразия (4200 видов), включая недоиспользуемые эндемики (*M. Ugare*, *L. Stoechas*) и эмпирические знания местных фермеров. Цель исследования – оценка гербицидной активности местных растений и поиск экологически безопасных альтернатив.

## **Основная часть**

### **Методы исследования**

В исследовании использовались образцы 8 видов растений, включая *Cynara cardunculus* (артишок испанский), *Marrubium vulgare* (шандра обыкновенная), *Urtica dioica* (крапива двудомная) и другие виды. Собранные растения подвергались сушке в тени при комнатной температуре до достижения постоянной массы, после чего их измельчали в тонкий порошок с помощью лабораторной мельницы.

Для выделения биологически активных соединений применялись методы хлороморфной и этанольной экстракции и водной экстракции. Хлороформная и этанольная экстракция была проведена методом Сокслета, при котором была обеспечена непрерывная циркуляция растворителя через растительный материал. Экстракция продолжалась до исчерпания сырья (6–8 циклов). Водная экстракция проводилась следующим образом: порошок разбавляли дистиллированной водой при температуре 60 °С, после чего экстракт последовательно фракционировали с использованием гексана, ацетата этила и ацетона для разделения компонентов по полярности.

Активность экстрактов оценивалась в серии экспериментов:

1. Ингибирование прорастания семян: тестировали на семенах томата (*Solanum lycopersicum*), ячменя (*Hordeum vulgare*) и чечевицы (*Lens culinaris*). Семена обрабатывали экстрактами в концентрациях 1–5 % и фиксировали процент всхожести через 72 часа.
2. Влияние на рост проростков: измеряли длину корней и побегов через 7 дней после прорастания в контролируемых условиях при световом режиме 16/8 ч и температуре 25 °С.

Статистические данные анализировали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим пост-хок тестом Тьюки для выявления значимых различий между группами ( $p < 0,05$ ). Латинские названия видов приведены в соответствии с международной номенклатурой, курсивом выделены таксоны растений.



Рис. 1. Концентрирование растительных экстрактов на ротавапоре (Heidolph, Германия)

## Результаты и обсуждение

### 1. Ингибирование прорастания семян

- а. Хлороформные экстракты *Urtica dioica* (крапива двудомная) продемонстрировали высокую ингибирующую активность: подавление прорастания семян чечевицы (*Lens culinaris*) составило 83,3 %, а ячменя (*Hordeum vulgare*) – 73,3 %. Наибольший эффект отмечен у ацетоновых фракций *Oxalis pes-caprae* (кислица козья), где уровень ингибирования достиг 93,33 %, что указывает на их выраженное аллелопатическое действие.

### 2. Влияние на рост проростков

- а. Экстракты *Malva sylvestris* (мальва лесная) и *Oxalis pes-caprae* вызвали статистически значимое снижение длины корней и побегов у тестируемых растений. Особенно выраженное воздействие наблюдалось при обработке этанольными экстрактами: у проростков кабачка (*Cucurbita pepo*) зафиксировано 100 % увядание, что свидетельствует о фитотоксичности данных соединений.

### 3. Перспективные виды с гербицидным потенциалом

- а. Помимо упомянутых видов, значительную активность проявили экстракты *Cynara cardunculus* (артишок испанский) и *Lavandula stoechas* (лаванда стэхадская). Их способность подавлять рост сорных растений открывает возможности для разработки экологичных гербицидов на растительной основе.

## Выводы

Полученные данные подтверждают, что изученные виды растений могут служить источником биологически активных соединений для создания природных средств контроля сорной растительности, альтернативных синтетическим гербицидам.



Результаты исследования отражены в Таблице 1 и Таблице 2.

Таблица 1

*Влияние на прорастание семян*

| Растительный источник                          | Лучший экстракт | Максимальное подавление | Практическое применение                                    |
|------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|
| <i>Urtica dioica</i> (Крапива двудомная)       | Хлороформенный  | 83,3 % (ячмень)         | Быстрое действие (24 часа) - идеально для ранней обработки |
| <i>Oxalis pes-caprae</i> (Кислица козья)       | Ацетоновый      | 93,3 % (ячмень)         | Рекордная эффективность, сохраняется более 7 дней          |
| <i>Marrubium vulgare</i> (Шандра обыкновенная) | Ацетоновый      | 60 % (ячмень)           | Подходит для засоленных почв                               |

Таблица 2

*Влияние на рост растений*

| Растительный источник                         | Затронутая часть   | Среднее подавление | Практическое значение                    |
|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------------|
| <i>Malva sylvestris</i> (Мальва лесная)       | Гипокотиль (томат) | 58 %               | Нарушает прорастание двудольных сорняков |
| <i>Cynara cardunculus</i> (Артишок испанский) | Корни (ячмень)     | 70 %               | Блокирует укоренение сорняков            |
| <i>Oxalis pes-caprae</i> (кислица)            | Корни (чечевица)   | 66 %               | Длительное системное действие            |

### Заключение

В этом исследовании выявлен высокий гербицидный потенциал алжирской дикорастущей флоры. Уровень ингибирования прорастания сорняков до 93,3 % имели экстракты *Urtica dioica* (крапива двудомная) и *Oxalis pes-caprae* (кислица козья). *Marrubium vulgare* (шандра обыкновенная) и *Cynara cardunculus* (артишок испанский) превысили порог \*\*60 %\*\*. Полученные биогербициды представляют собой экономически выгодные решения, адаптированные к засоленным почвам, и воздействуют как на прорастание, так и на вегетативный рост сорных растений.

Перспективные направления разработки:

1. Усовершенствование технологий экстракции для повышения эффективности действующих веществ.
2. Полевые испытания на стратегически важных культурах (пшеница, ячмень) для оценки агрономической безопасности.
3. Партнёрство с фармацевтическими компаниями для масштабирования производства и коммерциализации продуктов.

Проект способствует сокращению зависимости от импортных аналогов, сохранению локального биоразнообразия и внедрению экологически устойчивых практик в регионе Магриба. Результаты исследования закладывают основу для создания первого алжирского биогербицида, объединяющего научные инновации с принципами устойчивого развития.

### Список литературы

1. Ben Kaab, S., et al. (2020). Crude extract of *Cynara cardunculus* as a natural herbicide. *Biomolecules*, 10(2), 209. [En ligne] Disponible à: <https://doi.org/10.3390/biom10020209> [Consulté le 15/07/2023]
2. Rice, E.L. (1984). *Allelopathy*. Academic Press. [En ligne] Disponible à: <https://www.sciencedirect.com/book/9780125870580/allelopathy> [Consulté le 20/08/2023]
3. Ministère de l'Agriculture Algérien (2021). Rapport sur l'état des sols. [En ligne] Disponible à: <https://www.agriculture.gov.dz> [Consulté le 13/08/2023]
4. Dalali, S., et al. (2017). Allelopathic potential of *Marrubium vulgare*. *Journal of New Sciences*. [En ligne] Disponible à: <https://www.jnsciences.org> [Consulté le 14/07/2023]
5. Anan, N.E.H., & Ayadi, M. (2021). Étude des biomolécules à activité herbicide de certaines plantes sauvages. Université Saad Dahlab Blida 1. [En ligne] Disponible à: <https://www.univ-blida.dz> [Consulté le 19/06/2023]
6. Benmeddour, R. (2010). Effet des extraits de *Peganum harmala* et *Nerium oleander* sur la germination de *Silybum marianum* et *Avena sterilis*. Mémoire de Master, Université Ferhat Abbas Sétif. [En ligne] Disponible à: <https://www.univ-setif.dz> [Consulté le 20/07/2023]
7. Chun, I.M., et al. (2003). Allelopathic potential of rice (*Oryza sativa* L.) residues against *Echinochloa crus-galli*. *Crop Protection*, 22(6), 921-926. [En ligne] Disponible à: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00093-1) [Consulté le 02/09/2023]
8. Abbas, T., & Nazar, M.F. (2020). Natural herbicides: A sustainable approach to weed control. *Journal of Plant Protection*, 60(3), 221-234. [En ligne] Disponible à: <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.133363> [Consulté le 15/08/2023]

*Бат-Очир Должинжав (Монголия), Выдрина Вера Владимировна (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Выдрина Вера Владимировна, канд. филол. наук, доцент*

## **РОЛЬ ГАДЖЕТОВ В ЖИЗНИ СОВРЕМЕННЫХ СТУДЕНТОВ**

**Аннотация:** в данной работе сформулировано определение термина «гаджет». Проанализированы данные о том, какими гаджетами чаще всего пользуются современные молодые люди. Описаны роль и значение мобильных устройств в жизни русских и иностранных студентов томских вузов.

**Ключевые слова:** гаджет, молодёжь, иностранные студенты.

Нашу жизнь невозможно представить без гаджетов. Что такое «гаджет»? Этот термин обычно используют для обозначения разных технических устройств или инструментов. К ним относят смартфоны, планшеты, ноутбуки, умные часы, наушники, камеры и прочие электронные устройства. Их часто используют для общения, развлечения, учёбы, повышения производительности и улучшения качества жизни [1].

История гаджетов уходит корнями в древние времена, когда люди использовали разные устройства и инструменты для упрощения повседневной жизни. Однако сам термин стал широко распространённым с развитием технологий и электроники в двадцатом веке [2]. История развития гаджетов продолжается в настоящее время, поскольку технологии постоянно совершенствуются, и появляются новые устройства, улучшающие нашу жизнь. В связи с этим нам стало интересно узнать, какие гаджеты использует современная молодёжь и для каких целей.

Мы написали вопросы, составили анкету и попросили ответить студентов, магистрантов и аспирантов томских вузов. Основными респондентами стали молодые люди в возрасте от восемнадцати до тридцати шести лет. Большинство из них учатся на первом – пятом курсе бакалавриата и специалитета.

Основная группа отвечавших на вопросы приехала в Томск из Монголии. Также в нашем опросе участвовали ребята из России, Китая, Индонезии, Ганы, Пакистана, Нигерии, Туркменистана и других стран.

Главной целью нашего исследования был сбор данных о том, какими гаджетами чаще всего пользуются молодые люди. Лидирующим ответом на этот вопрос, как мы и ожидали, стал смартфон. С ним не расстаются девяносто восемь процентов опрошенных. Далее следуют ноутбук (75,9 %) и компьютер (22,2 %). Интересным открытием для нас стало то, что молодёжь совсем не пользуется медицинскими гаджетами. Несомненно, что респонденты молоды и здоровы. И разные глюкометры, тонометры в ближайшие годы им не понадобятся.

Укажите, какими гаджетами Вы пользуетесь. Вы можете выбрать несколько вариантов ответа.

54 ответа

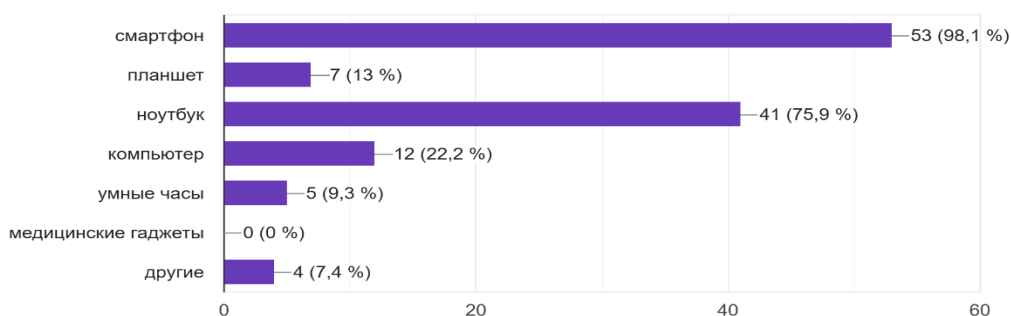


Рис. 1. Гаджеты в жизни современных студентов

Для каких целей нужны гаджеты? В основном студенты используют смартфоны и ноутбуки для поиска информации в интернете, для выполнения домашнего задания (например, на платформе Moodle). Кроме того, гаджеты помогают узнавать расписание и поддерживать связь с преподавателями. Меньше всего студенты используют электронные устройства для планирования дел. Вероятно, это связано с тем, что их жизнь подчинена графику и расписанию, составленному университетом.

Для каких учебных целей Вы используете гаджеты? Вы можете выбрать несколько вариантов ответа.

54 ответа

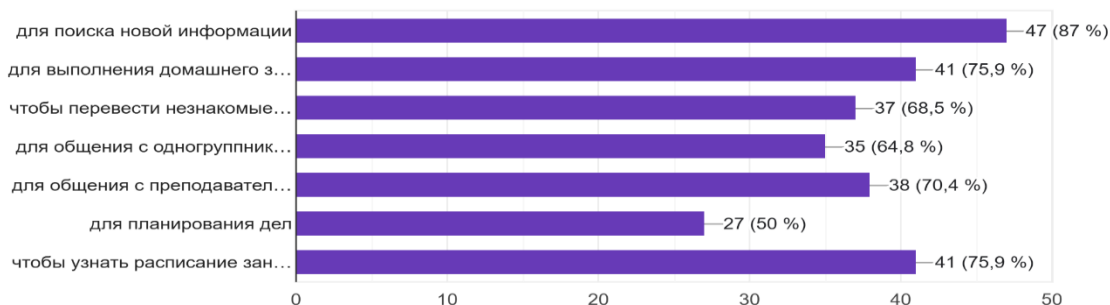


Рис. 2. Использование гаджетов в учебных целях

В свободное время молодёжь использует мобильные устройства, чтобы смотреть фильмы и видео в интернете (85 %), фотографировать себя и друзей (74 %), звонить родным и близким (72 %). Удивило нас то, что молодые люди нечасто используют гаджеты для игр (всего 48 %). Реже только ответы «чтобы узнать курс валют» (46 %) и «чтобы отслеживать маршруты автобусов, такси» (42 %). Множество пар и занятий в университете, большое количество домашних заданий оставляют студентам мало свободного времени, чтобы играть в игры.

Для каких целей в свободное время Вы используете гаджеты? Вы можете выбрать несколько вариантов ответа.

54 ответа

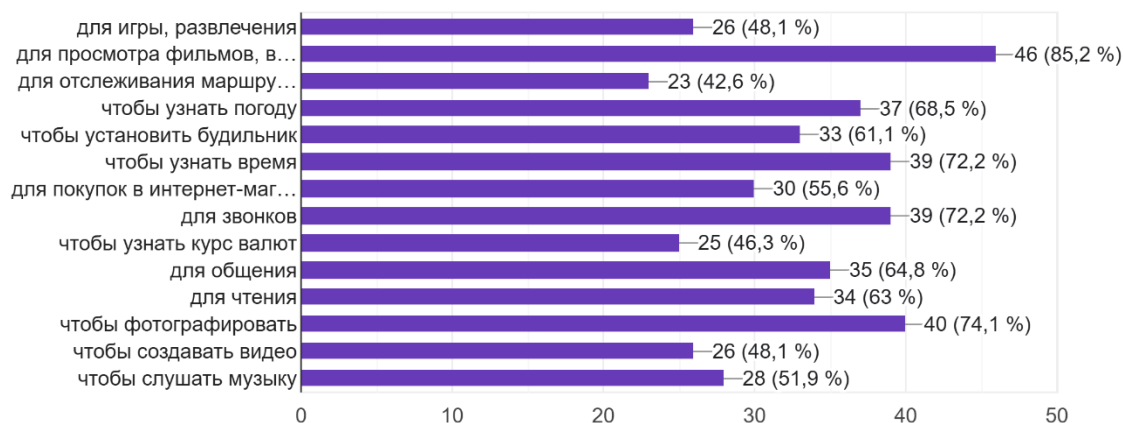


Рис. 3. Использование гаджетов в свободное время

Сколько времени находятся гаджеты в наших руках? В среднем молодые люди пользуются мобильными устройствами для учёбы, работы и развлечения от четырёх до семи часов. А на вопрос «Как вы считаете, есть ли у вас зависимость от гаджетов?» отрицательных ответов оказалось меньше, чем положительных всего на четыре процента.

И ответы на эти два последних вопроса заставляют нас задуматься о том, насколько жизнь молодых людей тесно связана с гаджетами. Многие студенты тратят на современные устройства с выходом в Интернет гораздо больше времени, чем на занятия спортом, прогулки или общение с друзьями. Использование гаджетов облегчает повседневную жизнь, но в то же время имеет негативные последствия.

Возможности мобильных устройств очень велики. Гаджет может стать или другом, или врагом. Решение, кем он будет, остаётся за нами.

### Список литературы

1. Значение слова «гаджет». — URL: <https://kartaslov.ru/значение-слова/гаджет> (дата обращения 20.02.2025)
2. Краткая история популярных гаджетов. — URL: <https://dzen.ru/a/Z5HW-Y6bG07jeOnq> (дата обращения 20.02.2025).

*Баянмунх Дулгуун (Монголия), Выдрина Вера Владимировна (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Выдрина Вера Владимировна, канд. филол. наук, доцент*

## **ПРОЕКТ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА СОСЕДЕЙ ПО КОМНАТЕ В ОБЩЕЖИТИИ**

**Аннотация.** Статья посвящена разработке приложения для поиска соседей по комнате в общежитии. Рассматриваются актуальность проекта, особенности структуры приложения и его функциональность. Особое внимание уделено преимуществам самостоятельного выбора соседей на основе общих интересов, что способствует созданию комфортной атмосферы и снижению риска конфликтов. Также подчеркивается полезность приложения для сотрудников университета, занимающихся расселением студентов.

**Ключевые слова:** поиск соседей, общежитие, комфортное проживание, мобильное приложение

### **Введение**

Как известно, каждый год в Томск, в ТПУ приезжают учиться студенты из российских городов и разных стран. Большинство из них начинает свою самостоятельную жизнь в общежитии. Но выбирают ли эти молодые люди, где и с кем жить? Чаще всего нет. За них этот выбор делают коменданты общежитий или администрация ТПУ. Поэтому мы решили создать приложение, помогающее найти «идеальных» соседей по комнате.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью улучшения условий проживания студентов в общежитиях. Приложение, разработанное авторами, позволяет студентам самостоятельно выбирать себе соседей по комнате, основываясь на общих предпочтениях и интересах. Это способствует созданию более комфортной и дружелюбной атмосферы в общежитии, а также помогает избежать конфликтов между молодыми людьми. Кроме того, данное приложение может быть полезно сотрудникам университета, занимающимся расселением студентов, так как оно упрощает и оптимизирует процесс распределения мест в общежитии.

### **Основная часть**

Обзор и анализ литературы по теме создания приложения для поиска соседей по комнате в общежитии включал следующие аспекты:

1. Исследование потребностей студентов. Нами были рассмотрены исследования, посвященные изучению потребностей студентов в вопросах выбора соседей по комнате [1, 2, 3]. И было обнаружено, что многие студенты предпочитают иметь возможность самостоятельного выбора, чтобы обеспечить комфортное и безопасное проживание.

2. Анализ существующих решений. Был проведён обзор имеющихся приложений и платформ (<https://www.roomsync.com/>; <https://roomster.com/ru-RU>), предлагающих услуги по подбору соседей. Это позволило определить, что они разработаны на английском языке и нацелены на американскую и европейскую аудиторию.

Таким образом, появилась необходимость разработки нового эффективного приложения на русском языке, которое поможет студентам находить подходящих соседей по комнате в общежитии.

Какова структура приложения? В его состав входят авторизация, профиль пользователя, механизм подбора соседей, чат, уведомления и система безопасности.

Сначала пользователю предлагается зарегистрироваться. После этого он сможет заполнить анкету. Нужно ответить на стандартные вопросы о себе (об имени, возрасте, поле, национальности) и своих предпочтениях относительно «идеальных» соседей.

Дополнительные вопросы могут выглядеть так:

В первой части

- В каком общежитии вы хотите жить?
- На каком этаже вы предпочитаете проживать?
- В какой комнате вы хотите поселиться: в двухместной, в трёхместной, в четырёхместной?
- Вы – сова или жаворонок?

Во второй части:

- С соседом из какой страны вы бы хотели жить?
- Какого возраста он должен быть?
- Важно ли для вас его вероисповедание?

После заполнения анкеты программа проанализирует все ответы пользователей и будет предлагать тех людей, которые совпадают во взглядах и интересах. Мы можем просматривать анкеты и свайпать влево тех, кто нам нравится, и вправо – тех, кто не подходит. Если случится совпадение, приложение отправит уведомление. У нас появится возможность написать сообщение «идеальному» соседу и заполнить заявление на совместное проживание.

Для кого это приложение? В первую очередь, программа разрабатывается для студентов и сотрудников Томского политеха. Нам кажется возможным, что данное приложение должно быть синхронизировано с сервисами ТПУ. В этом случае пользователям не придётся вводить много информации о себе, так как она уже была загружена в базу данных нашего университета ранее (например, фото, пол, возраст и страна проживания пользователя). В будущем, если приложение будет функционировать успешно, его можно распространить и на дру-

гие вузы. В нём смогут регистрироваться и выбирать соседей для проживания в общежитии студенты всех университетов Томска.

Почему важно создать такое приложение? Во-первых, в России не существует подобных сервисов. Во-вторых, наше приложение будет полезным для сотрудников ТПУ, которые занимаются расселением студентов в общежитиях. Оно сможет упростить и оптимизировать их работу. Наконец, проживание в общежитии для иногородних и иностранных студентов не всегда бывает комфортным. Часто в одной комнате живут люди с разными характерами и темпераментами. Эти люди молоды, у них нет большого жизненного опыта, ранее они не были близко знакомы, поэтому между ними могут возникать конфликты. Для того чтобы избежать многих межличностных проблем, благодаря нашему приложению, можно поселить в одну комнату людей, которые станут друзьями. И спустя годы они будут вспоминать своё проживание в общежитии в компании близких людей с радостью.

### **Заключение**

В заключении следует отметить, что создание приложения для поиска «идеальных» соседей по комнате в общежитии является важным шагом в улучшении условий проживания студентов. Преимущества выбора соседей через приложение:

1. Самостоятельный выбор: студенты получают возможность самостоятельно выбирать себе соседей, что повышает уровень комфорта и удовлетворённости проживанием.
2. Ориентация на общие интересы: приложение учитывает сходные предпочтения и увлечения пользователей, способствуя созданию дружелюбной атмосферы в комнате.
3. Избежание конфликтов: возможность выбрать соседей, с которыми легче уживаться, снижает риск возникновения межличностных конфликтов, особенно среди молодых людей, не имеющих большого жизненного опыта.
4. Удобство для администрации ТПУ и общежитий: сотрудники университета, занимающиеся расселением студентов, получают инструмент, который упростит и ускорит процесс распределения мест в общежитии.
5. Улучшение качества жизни: благодаря приложению, студенты смогут заселяться в комнаты с людьми, с которыми у них больше шансов стать друзьями, что сделает проживание в общежитии более приятным и запоминающимся.
6. Эти преимущества делают разработку и использование данного приложения важной и полезной инициативой для улучшения условий студенческой жизни.



### Список литературы

1. Sarah E. Erb, Keith Renshaw, Jerome L. Short, Jeffrey Pollard. The Importance of College Roommate Relationships: A Review and Systemic Conceptualization. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/263500255\\_The\\_Importance\\_of\\_College\\_Roommate\\_Relationships\\_A\\_Review\\_and\\_Systemic\\_Conceptualization](https://www.researchgate.net/publication/263500255_The_Importance_of_College_Roommate_Relationships_A_Review_and_Systemic_Conceptualization) (дата обращения 23.03.2025).
2. Vicky Clark, Keith Tuffin, and Natilene Bowker. Managing Conflict in Shared Housing for Young Adults. – URL: [https://www.psychology.org.nz/application/files/8115/9538/4266/Clark\\_et\\_al\\_4-13.pdf](https://www.psychology.org.nz/application/files/8115/9538/4266/Clark_et_al_4-13.pdf) (дата обращения 23.03.2025).
3. Патрикеева Э.Г. Изучение совместимости студентов, проживающих в одной комнате общежития / Э.Г. Патрикеева, О.А. Соловьева. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 2 (106). – С. 1030–1032. – URL: <https://moluch.ru/archive/106/25309/> (дата обращения: 23.03.2025).

*Диарра Алу (Мали)*

*Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева, г. Москва*

*Научный руководитель: Галанкина Инна Ивановна, к. филол.н., старший преподаватель*

### **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭКОНОМИКУ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА МАЛИ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются климатические и гидрологические условия Мали и их влияние на развитие сельского хозяйства, а также анализируются правительственные стратегии, направленные на поддержку аграрного сектора экономики как климатозависимой отрасли.

**Ключевые слова:** экономика сельского хозяйства, продовольственная безопасность, водные ресурсы, орошаемые земли, гидрологические и климатические угрозы

#### **Введение**

Основой экономики Мали является аграрный сектор, в котором занято большинство трудоспособного населения страны. Фермеры Мали выращивают рис, кукурузу, картофель, сорго, пшеницу и другие культуры, разводят крупный и мелкий рогатый скот, домашнюю птицу. Несмотря на то, что Мали считается житницей Западной Африки, аграрное производство в данной внутриконтинентальной стране сталкивается с определенными рисками. На развитие сельскохозяйственного сектора негативно влияет ряд факторов, среди которых

следует выделить климатические условия и неравномерное распределение водных ресурсов на территории Мали.

Цель работы – проанализировать климатические и гидрологические угрозы, снижающие продуктивность сельского хозяйства в динамике, с учетом изменения и изменчивости климата. Исследований на данную тему в настоящее время недостаточно, что определяет новизну работы. Анализ климатической и гидрологической ситуации представляет актуальность, так как может способствовать преодолению ограничений, препятствующих реализации сельскохозяйственного потенциала страны и способствовать решению проблем продовольственной безопасности в регионе.

### **Основная часть**

Среди стран Западной Африки Мали признано одной из наиболее благополучных в отношении продовольственной безопасности. Наличие водных ресурсов определяет значительный потенциал орошаемых земель, составляющий 2 200 000 км<sup>2</sup> [1, с. 6], которые находятся в долинах рек Нигер и Сенегал.

Основная часть орошаемых земель (1 800 000 км<sup>2</sup>) приходится на бассейн реки Нигер, с его важнейшими притоками Бани и Санкарани. Плотина Селенге на реке Санкарани и два крупных водохранилища, а также около тысячи мелких плотин и водохранилищ позволяют контролировать сток.

В долине Нигера расположен самый большой орошаемый район Западной Африки, так называемый «Оффис дю Нижер» или район Нигера, в котором более 120000 га земли используются для садоводства, выращивания риса и сахарного тростника.

Ряд орошаемых участков площадью 623 га находится в долине реки Сенегал с её притоками Бамако и Гао.

В стране имеются крупные бассейны водоносных горизонтов с потенциалом 2700 млрд км<sup>3</sup>

Несмотря на столь значительные водные и земельные ресурсы, по данным на 2016 г., освоено лишь 450 000 га орошаемых земель [2, с. 36], что составляет лишь 20 % от общего потенциала.

Ограничения объясняются многими факторами, среди которых наряду с недостаточным финансированием, малой изученностью и нерациональным использованием водных и земельных ресурсов, устаревших технологий, следует выделить климатические условия.

На территории Мали имеется 4 климатические зоны, которые различаются по количеству осадков, что представлено в Таблице 1, составленной на основе статистических данных [3, с. 17].

Таблица 1

*Количество осадков в климатических зонах Мали*

| Название климатической зоны по отечественной классификации | Название климатической зоны по зарубежной классификации | Количество осадков в день (средние значения) |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| плодородная саванна                                        | суданская зона                                          | 1100-1200 мм                                 |
| саванна                                                    | судано-сахельская зона                                  | 600-1100 мм                                  |
| полупустыня                                                | сахельская зона                                         | 500-600 мм                                   |
| пустыня                                                    | сахарская зона                                          | 0 до 500 мм                                  |

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что среднее количество осадков от плодородной саванны до пустыни различается в десятки раз.

Карта Мали [3, с. 17] наглядно иллюстрирует диспропорцию в распределении атмосферных осадков. Расположенная на севере засушливые районы с минимальным количеством осадков занимает почти 60 % территории страны.



*Рис. 1. Карта Мали с обозначением количества осадков*

На юге страны, в целом обеспеченном водными ресурсами, водный потенциал речных бассейнов колеблется от сухого сезона к дождливому, а также от сухого года к дождливому, когда осадков выпадает в 3,5 раза больше, что установлено на основе многолетней статистики [3]. В Таблице 2 представлены максимальное, минимальное и среднее значения.

Таблица 2

*Количество осадков в засушливые и дождливые годы*

| Характеристика года | Количество осадков                |
|---------------------|-----------------------------------|
| Дождливый год       | 110 миллиардов м <sup>3</sup>     |
| Засушливый год      | 30 миллиардов м <sup>3</sup> воды |
| Среднее значение    | 70 миллиардов м <sup>3</sup> воды |

В наибольшей степени изменчивость климатических условий ощущается в зонах саванн и полупустынь (или, по другой классификации, в судано-сахельской и сахарской зонах). Для данного района характерны длительные засухи (до 20 лет), неустойчивость водообеспечения, что приводит к деградации земель, наносит ущерб животноводству и земледелию [4, с. 75].

Наряду с сезонной изменчивостью климата Мали, наблюдаются нарастающие изменения вследствие глобального потепления. Установлено, что одной из причин опустынивания районов, находящихся на границе орошаемых земель, является повышение температуры [5].

Таким образом, сельское хозяйство в Мали сталкивается с рядом климатических и гидрологических угроз, которые наносят ущерб аграрному сектору экономики. Правительством страны разработаны меры, направленные на преодоление данных негативных явлений:

- изучение ресурсов поверхностных и подземных вод;
- рациональное использование водных ресурсов, применение технологий водосбережения и «умной мелиорации»;
- определение инвестиционной политики и механизма финансирования;
- поддержка аграриев и обеспечение доступности водных ресурсов.

В частности, 3 января 2025 г. правительством Мали были одобрены новые проекты, которые будут способствовать оптимизации управления водными ресурсами в Н'Дебугу – одном из основных районов по выращиванию риса, который охватывает 25000 га орошаемых земель и 80 000 га дренажной системы. Первый проект, направленный на восстановление дренажной системы Н'Дебугу будет реализован китайскими компаниями. Второй проект по восстановлению орошаемой зоны Н'Дебугу будет осуществляться местными компаниями. Инвестиции в данные проекты составят около 25 миллионов долларов. [6].

Таким образом, обеспечение водными ресурсами требует комплексного подхода, научного обоснования и значительных инвестиций, так как является одним из ключевых аспектов экономики сельского хозяйства Мали и важным условием продовольственной безопасности.

### Список литературы

1. Stratégie Nationale de Développement de l'irrigation (SNDI 1999). – URL: [https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/c/LEX-FAOC218805/#:~:text=Plus %20pr %C3 %A9cis %C3 %A9ment %2C %20la %20Strat %C3 %A9gie %20vise,production %20et %20la %20productivité %C3 %A9 %20sur](https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/c/LEX-FAOC218805/#:~:text=Plus%20pr%C3%A9cis%C3%A9ment%2C%20la%20Strat%C3%A9gie%20vise,production%20et%20la%20productivité%20sur) (дата обращения: 10.03.2025).
2. 1 Colloque International de l'université de Ségou. – URL: [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/228721/2/A.Actes %20du %201er %20colloque %20de %20US %2018 %20avril %20Version %20finale %20Edit %C3 %A9e.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/228721/2/A.Actes%20du%201er%20colloque%20de%20US%2018%20avril%20Version%20finale%20Edit%C3%A9.pdf) (дата обращения: 10.03.2025).
3. État des lieux des ressources en eau et leur cadre de gestion au Mali. – URL: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/case-studies/africa/mali.-capitalizing-on-the-process-of-elaboration-of-the-action-plan-for-iwrm-345-french1.pdf> (дата обращения: 10.03.2025) .
4. Свинцов И.П. Борьба с опустыниванием в республике Мали // Научно-агрономический журнал. – 2024. – 4(127). – DOI: 10.34736/FNC.2024.127.4.010.74-77.
5. Курбатова А. И., Тарко А. М., Козлова Е. В. Воздействие глобального изменения климата на экосистемные функции стран Африки // Аридные экосистемы. – 2017. – № 4 (73). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-globalnogo-izmeneniya-klimata-na-ekosistemnye-funktsii-stran-afriki> (дата обращения: 24.03.2025)
6. Мали запускает проекты по улучшению управления водными ресурсами для повышения продуктивности сельского хозяйства. Ассоциация экономического сотрудничества со странами Африки. – URL: <https://africaruss.com/novosti-rossiya-afrika/mali-zapuskaet-proekty-po-uluchsheniyu-upravleniya-vodnymi-resursami-dlya-povysheniya-produktivnosti-selskogo-hozyajstva> (дата обращения: 24.03.2025).

*Кане Зумана (Мали)*

*Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева, г. Москва*

*Научный руководитель: Цибизова Оксана Владимировна, к.ф.н., доцент*

### **ВОСПРИЯТИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ РИСА В СЕКТОРЕ БАБУГУ (МАЛИ) И СТРАТЕГИИ ИХ АДАПТАЦИИ**

**Аннотация:** в статье представлено исследование восприятия изменения климата производителями риса в секторе Бабугу (Мали) и стратегий их адапта-

ции к климатическим и экономическим проблемам. Анализ был основан на данных опроса 300 производителей в секторе Бабугу в 2021 году. Результаты были получены путем оценки в системе Logit моделей восприятия и стратегий преодоления трудностей.

**Ключевые слова:** изменение климата, стратегии адаптации, сельское хозяйство сектора Бабугу (Мали).

### **Введение**

К середине XXI века население Земли превысит девять миллиардов человек. Человечество должно столкнуться с несоразмерными последствиями изменения климата и деградации окружающей среды (ФАО, 2018).

Одна из основных задач учёных заключается в том, чтобы добиться успеха в разработке стратегий, которые, позволят странам развивать эффективное сельское хозяйство, несмотря на неизбежные последствия изменения климата. Для достижения этой цели важно понимать представление местного населения об изменении климата и различные методы, которые они используют, чтобы справиться с последствиями этого изменения.

В Мали около 75 % населения работает в сельском хозяйстве (ИНСТАТ, 2015), где уровень бедности составляет 53 % по сравнению с уровнем бедности в 32,9 % в городской среде (CSLP, 2018). Такая ситуация подчеркивает необходимость развития сельского хозяйства в стране, где оно характеризуется низкой производительностью (CSLP, 2018). Действительно, малийская экономика по существу основана на эксплуатации природных ресурсов. По данным Simonet et al. (2015), ситуация с засухой в Мали обнаруживает сложную и динамичную связь между экстремальными климатическими явлениями, бедностью и экономическим развитием страны.

### **Основная часть**

Цель данного исследования состоит в том, чтобы, с одной стороны, изучить восприятие изменения климата, с которым сталкиваются производители, и с другой стороны, выявить стратегии, которые они разрабатывают, чтобы гарантировать свою продовольственную безопасность.

Сбор данных проводился в ноябре-декабре 2021 года в Мали в секторе Бабуку в пяти (5) деревнях Бабуку, Бабукурани, Маркатинтин, Койла Баманан, Тиби. В административном отношении сектор Бабуку состоит из двадцати пяти (25) деревень. Таким образом, пять (5) деревень послужили основой для сбора данных на местах, учитывая их доступность и благоприятные условия социальной защиты и безопасности.

Сектор Бабуку был создан в 1973 году. Он расположен на правом берегу реки Нигер и занимает территорию в 4441 га, распределенных между 25 деревнями.

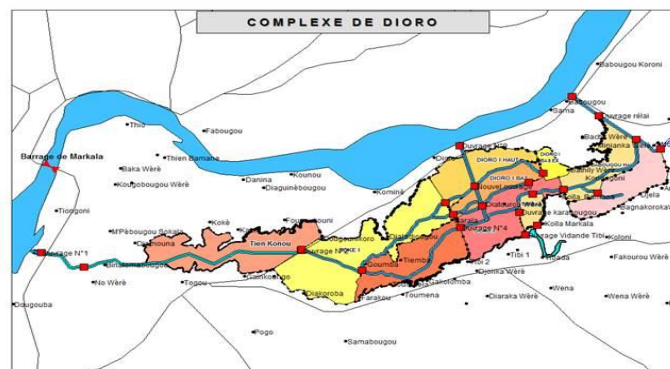


Рис. 1. Карта сектора Бабугу

Наша целевая группа опрошиваемых в основном состояла из производителей риса. Выбор 300 опрошенных был сделан на основании списка производителей, предоставленного Офис Рис в Сегу (ORS) и отвечающего четко определенным критериям. Так, например, глава домохозяйства должен был не менее 30 лет занимать должность управляющего на исследуемой территории. Этот возрастной критерий объясняется тем, что изменение климата происходит очень медленно и ощутить его могли только взрослые люди. Глава семьи также должен прожить в данной местности не менее 15 лет. Мы также предположили, что за 15 лет человек способен запомнить некоторые ключевые факты об эволюции климата и изменениях природной среды за более чем 30 лет.

Выборка опрошенных людей представляет собой смесь различных социокультурных групп. В зависимости от пола опрошенных отметим, что среди всех производителей в нашей выборке 90 % составляют мужчины по сравнению с 10 % женщин. Такая ситуация объясняется традиционной социальной организацией в этих селах с очень ограниченным доступом к земле женщин, которые по обычаю не наследуют землю. Женщины, как правило, не управляют фермой и не работают на ферме. В обследованных деревнях встречаются следующие этнические группы: бамбара (54 %), минианка (10 %), малинке (11 %), пеуль (13 %), сонрай (4 %), сомоно (4 %) и догоны (3 %).

Средний возраст опрошенных в нашей выборке составлял 50 лет с разбросом в среднем около 13 лет. Этот результат объясняется тем, что большинство руководителей ферм не очень старые, несмотря на разницу, существующую между максимальным возрастом, составляющим 87 лет, и минимальным возрастом, составляющим 30 лет. Что касается семейного положения, то 64 % опрошенных производителей состоят в полигамном браке, 30 % – в моногамном, 4 % – вдовцы (вдовы), 2 % – холосты (не замужем). Средняя численность сельскохозяйственных рабочих на одно хозяйство составляет 14 человек, из них 5 женщин, максимальная 38 человек. Что касается уровня образования, то он существенно различается: 21 % опрошенных не имеют никакого образования, 15 %

имеют средний уровень образования, 7 % –начальный, 23 % посещали коранические (арабские) школы, 35 % обучались грамоте самостоятельно.

Эксплуатируемые земли, как правило, принадлежат самим производителям. Они получают либо по наследству, либо через Офис Рис в Сегу (96 %). Арендные кредиты (4 %) иногда выделяются на производственные нужды. При этом 81 % этих производителей состоят в крестьянской организации. Причины их членства носят социальный и экономический характер. Они очень опытные: 85 % имеют опыт работы более 10 лет по сравнению с 5 % от 5 до 10 лет и 10 % от 3 до 5 лет. Животноводством занимаются 78 % респондентов и 21 % респондентов занимаются рыболовством. По данным опрошенных производителей, торговля занимает 36 %. Число производителей, занимающихся переработкой сельскохозяйственной продукции, лесной промышленностью и ремеслами с целью получения прибыли, очень невелико, менее 3 % соответственно.

Объем производства риса в секторе Бабугу в 2021 году в среднем составил 8035 кг, при средней посевной площади 4 га (максимум 11 га).

Опрос показал, что фермеры осознают изменение климата, и местные индикаторы, связанные с этими изменениями климата, включают: задержку дождя, плохое распределение дождя, частоту засух, частоту наводнений, нарушения сроков посева, сильные ветры.

Что касается экстремальных температур, производители отметили, что холодный период имеет тенденцию к сокращению. Фактически 79 % опрошенных производителей признали, что в последние годы становится жарче, увеличивается количество солнечных дней. Интенсивность температуры значительно возросла, по мнению 90 % производителей. Если вернуться на тридцать (30) лет назад, то в начале сезона дождей наблюдались сильные ветры, однако за последние пятнадцать (15) лет сильные ветры были зафиксированы как в начале, так и в конце сезона дождей и, по мнению 51 % респондентов, являются более сильными.



Рис. 2. Восприятие изменения климата



Столкнувшись с последствиями изменения климата, фермеры не остались в стороне. Они разработали различные стратегии. Эти стратегии касаются как управления сельскохозяйственными культурами и животноводством, так и управления местными почвами. Они также разработали стратегии в повседневной жизни.

Например, применяются такие практики, как внедрение культур с коротким циклом выращивания (81 %), многократный посев (97 %), изменение сельскохозяйственного календаря (87 %), изменение техники возделывания (54 %).

Отгонное животноводство и выведение высокопродуктивных пород являются стратегиями соответственно у 83 % и 43 % респондентов. Животноводство все больше интегрируется в сельское хозяйство. Помет животных и бытовые отходы используются при производстве органических удобрений.

### **Заключение**

Производители риса в секторе Бабугу в Мали осознают климатические изменения и пытаются им противостоять. В введении своего хозяйства и в своей повседневной жизни фермеры комбинируют и используют различные стратегии. Фермеры стремятся к улучшению благосостояния, снижению уязвимости, улучшению продовольственной безопасности, увеличению доходов, устойчивому использованию природных ресурсов.

Перспективой исследования является изучение оценки эффективности и устойчивости разработанных фермерами стратегий.

### **Список литературы**

1. Водоуну Дж.Б.К. и Дубоган Ю.О. Мелкомасштабное сельское хозяйство и стратегии адаптации к изменению климата в Северном Бенине // Европейский журнал географии [онлайн]. – 2016. документ 794. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cybergeog.revues.org/27836> (дата обращения: 23 марта 2025 г).
2. Дамания Р., Дебюро С., Хайланд М., Ислам А., Мур С., Роделла А.-С., Расс Дж. и Завери Э. Неизведанные воды: новая экономика дефицита и изменчивости водных ресурсов// Всемирный банк, Вашингтон, округ Колумбия. – 2017. – Лицензия: CC BY 3.0 IGO. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28096> (дата обращения: 22.03.2025 г).
3. Думбия С., Демье М. Восприятие фермерами изменения климата и стратегии адаптации при выращивании риса на засушливых землях // Журнал прикладных биологических наук. – 2013. – № 64. – С. 4822–4831.
4. ИНСТАТ (национальный институт статистики). Мали в цифрах: 2012–2016. – Бамако, 2018. – 28 с.

5. Кане З. Восприятия, местные знания и стратегии адаптации к изменению климата, разработанные производителями сектора Бабугу. Магистерская диссертация. – Университет Сегу (Мали), 2022. – 63 с.
6. ПРСП. Стратегический диагностический отчет. Бамако, технический отдел, CTCSLP. – Бамако, 2018. – 162 с.
7. Симоне К., де Суарес Дж. М. и Харви Б, Уилкинсон, Э., и Питерс, К. Засуха, сложные потрясения и бедность в Мали. Экстремальные климатические явления и сокращение бедности за счет устойчивости. – Мали, Бамако, 2015. – С. 1–5.
8. Ндиайе I. et al. (ред.) Адаптация сельского хозяйства и животноводства к изменению климата в Мали: результаты и уроки, извлеченные в Сахеле. – Бамако, Мали, Институт сельской экономики, 2020. – С. 39–50.
9. ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. – Рим, 2018. – 254 с.

*Кансай Абдулай (Мали)*

*Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева, г. Москва*

*Научный руководитель: Цибизова Оксана Владимировна, к.ф.н., доцент*

## **АНАЛИЗ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКА В СЕКТОРЕ ФАНА В МАЛИ: НА ПРИМЕРЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РАЙОНА КЕРЕЛА**

**Аннотация:** в статье представлено исследование, направленное на исследование результативности производства хлопка производителями деревень Сонго, Дьеро Канфара и Тонтамбугу в сельскохозяйственном производственном районе Керелы сектора Фана Республики Мали.

**Ключевые слова:** хлопководство, уровень образования, опрос, рентабельность, прибыль, издержки производства.

### **Введение**

Сельское хозяйство занимает центральное место в экономике Мали, занимая 40 % в ВВП страны, а доходы от экспортных операций по сельскохозяйственной продукции составляют порядка 40 % от доходов всего экспорта из Мали. В малийском сельскохозяйственном секторе занято 70 % рабочей силы, при этом подавляющее большинство, более 60 %, населения проживает в сельской местности и напрямую зависит от результатов аграрного производства. Республика Мали является одним из крупных производителей хлопка-сырца на африканском континенте, занимая второе место после Египта и первое место среди стран Западной и Центральной Африки. За последнюю полувековую историю

хлопководство стало важной отраслью народного хозяйства в экономике страны. В настоящее время на отрасль хлопководства приходится 15 % ВВП [2].

### **Основная часть**

Настоящее исследование было проведено в январе 2023 года с целью определения рентабельности кооперативных хлопковых компаний в сельскохозяйственном производственном районе Керелы в секторе Фана в Мали, а именно в деревнях Сонго, Диеро Канфара и Тонтамбугу. Из общего количества производителей хлопка в 470 человек с помощью простой случайной выборки было опрошено 122 человека.

Для опроса были поставлены следующие задачи:

- определить демографические характеристики производителей хлопка;
- определить стоимость производства хлопкового семени;
- проанализировать рентабельность хлопкового производства.

Исследование проходило в нескольких этапах.

1 этап – изучение литературы и документальных данных о хлопководстве.

2 этап – формулирование вопросов для анкет по сбору информации о производстве хлопка в деревнях района Керела.

3 этап – проведение анкетирования: опрос на фермах по производству хлопка, которые были отобраны в случайном порядке из трех деревень района Керела – Сонго, Диеро Канфара, Тонтамбугу. В опросе приняло участие 122 работника.

4 этап – обработка и анализ анкет.

5 этап – подведение итогов.

Анкеты вводились с помощью программного обеспечения MS Word, а собранные данные анализировались с помощью MS Excel и SPSS-21.

Результаты опроса показали, что руководителями хлопководческого производства были мужчины. Это объясняется тем, что женщины в силу культурного уклада проживающего населения практически не участвуют в принятии решений по управлению фермой. Так же это объясняется патриархальными традициями деревень, в которых проходило исследование, – где предусмотрена передача права на землю через процедуру наследования только мужчинами, что ограничивает доступ к земле и управлению ей женщинами. Средний возраст руководителей производящих хлопок предприятий составляет 59 лет, колебания от минимального до максимального возрастного значения по среднему показателю составляет 13 лет. Средний стаж руководителей производств составляет 17 лет, а колебания по среднему значению данного показателя – 12 лет (Таблица 1).

Таблица 1

*Возраст и опыт работы руководителей хозяйств в производстве хлопка*

| Показатели                                                                    | Среднее значение, лет | Среднее отклонение, лет |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Возраст управляющих фермами                                                   | 59                    | 13                      |
| Количество лет опыта работы руководителей фермерских хозяйств в хлопководстве | 17                    | 12                      |

Дифференцирование по уровню образования опрошенных работников, вовлеченных в процесс производства хлопка, выглядит так, 52 % – неграмотные, 27 % имеют уровень изучения Корана, 4 % – уровень начальной школы, 12 % и 5 % закончили среднюю школу и лицей, соответственно. Несмотря на такие низкие показатели по уровню образования работников в хлопководстве, стоит отметить, что в последние годы уровень образования в сельских районах нашей страны (Мали) имеет тенденцию к росту.

Стоимость производства семенного хлопка рассчитывается на основе издержек производства, в основу которых закладываются затраты на ресурсы, используемых в ходе возделывания и первичной обработки хлопка-сырца, в частности, рабочей силы и используемых средств производства, а также органических отходов (Таблица 2).

Таблица 2

*Себестоимость производства семенного хлопка деревень района Керела, франк КФА*

| Переменные    | Средняя стоимость производства хлопка |
|---------------|---------------------------------------|
| Дьеро Канфара | 1 286 971                             |
| Сондо         | 540 718                               |
| Тонтамбугу    | 432 381                               |

Себестоимость производства семенного хлопка колеблется в диапазоне от 432381 франк КФА (62 554 рублей) в Тонтамбугу до 1 286 971 франк КФА (186 191 рубль) в Дьеро Канфара за 1 га. Такое колебание порядка в 3 раза прежде всего обусловлено природно-климатическими условиями.

Таблица 3

*Показатели экономической деятельности производства хлопка деревень района Керела, франк КФА*

| Показатели                  | Дьеро Канфара | Сондо   | Тонтамбугу |
|-----------------------------|---------------|---------|------------|
| Валовая прибыль             | 540 600       | 60 153  | 109 628    |
| Чистая маржа                | –735 707      | –97 302 | –77 180    |
| Средняя ставка оплаты труда | 1,73          | 0,37    | 0,35       |
| Внутренняя норма прибыли    | –0,57         | –0,18   | 0,18       |

Далее необходимо проанализировать основные показатели экономической деятельности в хлопководстве деревень района Керела и сравнить их результативность. В таблице 3 представлены основные показатели деятельности производителей хлопка в сельской местности района Керела.

Проведя сравнительный анализ результативных показателей деятельности, можно констатировать, что высокая валовая прибыль в деревне Дьеро Канфара, при этом чистая маржа все равно имеет самое высокое отрицательное значение, данный показатель так же отрицательный и у всех остальных сельских производителей. Самая высокая ставка оплаты труда в хлопководстве почти в 5 раз среди трех деревень района Керела наблюдается также в Дьеро Канфара, видимо, этим обусловлено высокое значение производственной себестоимости. Внутренняя норма прибыли показывает, что хлопководство является финансово прибыльным только в Тонтамбугу со значением 0,18, в остальных сельских поселениях района Керела этот показатель имеет отрицательное значение 0,18 в Сондо и 0,57 в Дьеро Канфара. Таким образом можно сказать, что бизнес в Тонтамбугу финансово выгоден.

Далее проанализируем рентабельность производства хлопка в трех деревнях района Керела (таблица 4).

Таблица 4

*Рентабельность производства хлопка деревень района Керела*

| Показатель    | Рентабельность, % |
|---------------|-------------------|
| Дьеро Канфара | –67               |
| Сондо         | –19               |
| Тонтамбугу    | 19                |

Как видно из таблицы, положительная рентабельность в хлопководстве наблюдается только в деревне Тонтамбугу. То есть 1 франк КФА, инвестированный в Тонтамбугу, приносит прибыль в размере 19 сантимов КФА.

**Заключение.** Таким образом анализ данных опроса производителей хлопка позволяет констатировать:

- у руководителей и работников на предприятиях, занимающихся возделыванием хлопка, низкий уровень образования, большинство неграмотные;
- затраты в хлопководстве по населенным пунктам района Керела сильно разнятся;
- показатели результативности производства хлопка-сырца очень низкие, но из-за низкого уровня образования не представляется возможным оценить причины.

### Список литературы

1. Мали. Нетто [Производство хлопка в 2023-2024 годах]. – URL: <https://www.maliweb.net/economie/cmdt-textile/production-cotonniere-2023-2024-le-mali-conserve-son-rang-de-leader-avec-690-000-tonnes-en-afrique-de-louest-3075109.html> (дата обращения: 09.01.2024).
2. Сельское хозяйство и переработанные продукты питания, |2018. – URL: <https://www.international.gc.ca/world-monde/stories-histoires/2019/mali-irrigation.aspx?lang=fra> (дата обращения: 22.01.2024).
3. Агирбов Ю.И., Ашмарина Т.И., Еремеева Н.А. и др. Экономика развития отраслей сельского хозяйства. – М. : «Onebook.ru» ООО «Сам Полиграфист», 2019. – 248 с.

*Фам Тхи Хуен (Вьетнам)*

*Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград*

*Научный руководитель: Наталья Владимировна Харламова, к.ф.н., доцент, зав. каф. РЯ  
ФПИС ВолгГТУ*

### РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСОМ ВО ВЬЕТНАМЕ

**Аннотация:** Во Вьетнаме предприятия с иностранными инвестициями подвергаются воздействию внутренних и внешних факторов. Исследования данных предприятий с иностранными инвестициями приводят к решениям, повышающим эффективность бизнеса, а именно: улучшение управленческого потенциала, управление человеческими ресурсами, обработка данных для бизнеса и инновации в бизнесе.

**Ключевые слова:** эффективность, управление, ресурсы, стратегия, инновации.

#### **Введение**

В настоящее время в условиях тенденции глобализации и интеграции в мировую экономику рынок всегда открывает новые возможности для бизнеса, но в то же время таит в себе угрозы для бизнеса. Чтобы иметь возможность противостоять жестким правилам конкуренции рыночного механизма, предприятиям необходимо постоянно двигаться и исследовать все подходящие направления. Устойчивое положение бизнеса может быть подтверждено только эффективной хозяйственной деятельностью.

Исходя из вышеизложенной ситуации, чтобы выжить на рынке, повышение эффективности бизнеса является главным вопросом, который сегодня беспокоит многие предприятия. Это определяет актуальность темы «Решения по

повышению эффективности бизнеса на предприятиях с иностранным капиталом во Вьетнаме».

Целью исследования является оценка эффективности бизнеса предприятий с иностранными инвестициями во Вьетнаме, чтобы предложить решения для повышения эффективности бизнеса предприятий.

Исследование проводилось в период с 2020 по 2022 г. Данные по теме собраны автором следующими способами: на основе справочников, документов, журналов, сайтов Национального статистического агентства Вьетнама, научных работ во Вьетнаме, а также в мире по теме эффективности производственно-деловой деятельности предприятий.

При исследовании авторы использовали следующие методы: метод анализа, метод синтеза, метод обобщения, метод сравнения и метод наблюдения.

В настоящее время Вьетнам привлекает множество иностранных инвесторов и предприятий для инвестирования в производство и предпринимательскую деятельность, формируя большие и малые промышленные парки с различными отраслями, такими как производство, информационные технологии, услуги и т. д. Это помогло Вьетнаму утвердить свои деловые позиции в мире, а вьетнамские рабочие имеют стабильную работу.

Результаты исследования представлены в следующих таблицах:

Таблица 1

*Численность занятых трудоспособного возраста в регионах с иностранными инвестициями  
(единица измерения: тыс.. человек)*

| Содержание                                                                                     | 2020 год               |     | 2021 год               |     | 2022 год               |    | сравнение 2021–2020    |     | сравнение 2022–2021    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----|------------------------|-----|------------------------|----|------------------------|-----|------------------------|-----|
|                                                                                                | общее количество людей | %   | общее количество людей | %   | общее количество людей | %  | общее количество людей | %   | общее количество людей | %   |
| Численность занятых работников трудоспособного возраста в сферах с иностранным инвестированием | 4.733,80               | 8,8 | 4.586,30               | 9,3 | 5.076,50               | 10 | -147,5                 | 0,5 | 490,2                  | 0,7 |

(По данным Национального статистического агентства Вьетнама)

Таблица 2

Чистая продукция и доходы предприятий (единица: триллион вьетнамских донгов)

| Содержание                                                 | 2020 год    |       | 2021 год    |       | 2022 год    |       | сравнение 2021-2020 |      | сравнение 2022-2021 |       |
|------------------------------------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|---------------------|------|---------------------|-------|
|                                                            | Общая сумма | %     | Общая сумма | %     | Общая сумма | %     | Общая сумма         | %    | Общая сумма         | %     |
| Чистая производственная и коммерческая выручка предприятий | 8.154,34    | 29,79 | 10.974,71   | 31,08 | 9.450,12    | 30,52 | 2.820,37            | 1,29 | -1.524,59           | -0,56 |

(По данным Национального статистического агентства Вьетнама)



Рис. 1. Сравнение производственной и коммерческой выручки предприятий и численности занятых в 2020-2021-2022 гг.



Исходя из данных таблиц 1, 2, видно, что численность населения трудоспособного возраста в регионах с иностранными инвестициями изменилась незначительно. В 2021 году наблюдается большее уменьшение работоспособного населения, чем в 2020 году, на -147,50 тысяч человек, что эквивалентно 0,5 %, но к 2022 году оно увеличивается больше, чем в 2021 году, на 490,20 тысяч человек, что эквивалентно 0,7 %.

Однако чистая производственная и коммерческая выручка предприятий с иностранными инвестициями во Вьетнаме увеличится в 2021 году больше выручки 2020 года на 2 820,37 трлн донгов, что эквивалентно 1,29 %, а в 2022 году она снизится по сравнению с 2021 годом на -1 524,59 трлн донгов, что эквивалентно -0,56 %. Это снижение может указывать на важные изменения в отрасли компании или быть связано с такими факторами, как колебания цен, колебания рыночного спроса или другие факторы, влияющие на выручку.

Это показывает, что доходы от производственной и предпринимательской деятельности не равны плотности населения. Хотя в 2021 году население уменьшается, однако эффективность бизнеса возрастает, а в 2022 году население возрастает, но эффективность бизнеса снижается. Это показывает, что предприятия с иностранными инвестициями находятся под влиянием ряда объективных и субъективных факторов. Вслед за Фредом Р. Дэвидом (2006) мы выделяем *внешние* и *внутренние* факторы.

| Внешние факторы:                                                                                                                                                                                                         | Внутренние факторы:                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• экономическая среда;</li><li>• политическая и правовая среда;</li><li>• природная среда;</li><li>• социокультурная среда;</li><li>• население и технологическая среда.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• рабочая сила;</li><li>• передовые прикладные технологии;</li><li>• факторы корпоративного управления, системы обработки и обмена информацией;</li><li>• стратегические цели;</li><li>• полная реализация.</li></ul> |

В период 2020–2022 годов огромное влияние на экономику Вьетнама оказывает эпидемия Covid-19, а также политическое обострение между Россией и Украиной. Тем не менее, правительство Вьетнама предприняло ряд льготных налоговых политик для предприятий, работающих в некоторых специальных отраслях или в некоторых местах, таких как парки высоких технологий, промышленные парки, сложные экономические зоны и т. д. с налоговыми льготами, такими как льготные налоговые ставки (на 10 %) ниже обычных налоговых ставок (22 %), освобождение от налогов или их снижение на определенный период времени.

Для устранения факторов, которые напрямую влияют на бизнес, особенно в период глобализации, жесткой конкуренции и непредсказуемо возникающих проблем, таких как торговые войны, глобальные эпидемии и др., администраторам необходимо иметь следующие решения для повышения эффективности бизнеса:

1. Решения по повышению эффективности управления:
  - 1.1. Постановка четких целей.
  - 1.2. Укрепление управления на предприятиях.
2. Решения проблем управления человеческими ресурсами в бизнесе:
  - 2.1. Разработка эффективной кадровой политики.
  - 2.2. Улучшение качества сотрудников.
  - 2.3. Создание дружелюбной рабочей атмосферы в бизнесе.
3. Решения для обработки данных в бизнесе:
  - 3.1. Создание комплексной стратегии управления данными.
  - 3.2. Инвестиции в передовые технологии.
  - 3.3. Обеспечение безопасности данных и соблюдение правил конфиденциальности.
4. Инновационные решения в бизнесе:
  - 4.1. Повышение адаптивности через инновации.
  - 4.2. Преодоление стагнации бизнеса.
  - 4.3. Получение быстрого и уникального доступа к рынку.
  - 4.4. Повышение качества обслуживания клиентов и ценности бренда.
  - 4.5. Повышение корпоративной культуры.

### **Заключение**

Таким образом, существует множество факторов, влияющих на эффективность корпоративного управления. Отметим, что человеческий фактор и технологические факторы всегда являются наиболее важными факторами, и им следует уделять первостепенное внимание. Анализ данных показал, что предприятия, которые применяют общие управленческие решения и проводят оптимальную политику в отношении человеческих ресурсов, имеют преимущества перед другими предприятиями в процессе корпоративного управления.

### **Список литературы**

1. Портер М. Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов: перевод с английского. – Москва : Бизнеском, 2011. – Кн. 2. – 262 с.
2. Дэвид Ф.Р. Стратегический менеджмент: подход к обеспечению конкурентных преимуществ, концепции и кейсы. – Нью-Йорк : Пирсон. – Режим доступа: [https://archive.org/details/strategicmanagem0016eddavi\\_w6h0](https://archive.org/details/strategicmanagem0016eddavi_w6h0).

*Фаманта Амаду (Мали)*

*Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева, г. Москва*

*Научный руководитель: Цибизова Оксана Владимировна, к.ф.н., доцент*

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ МОЧЕВИНУ (46 %)**

**Аннотация:** в работе представлен физико-химический анализ малийских минеральных удобрений, содержащих мочевины (46 %), дана оценка их качества в соответствии со стандартом WAEMU/ECOWAS.

**Ключевые слова:** мочевины, минеральные удобрения, содержащие мочевины.

### **Введение**

Мочевина является самым потребляемым удобрением в сельскохозяйственном секторе Мали. Содержание азота (N), рекомендованное ЭКОВАС, составляет 46 % с порогом допуска 0,5 %.

Мочевина обеспечивает азот, который является одним из компонентов витаминного обеспечения растений. Азот необходим для синтеза хлорофилла. Он является компонентом аминокислот, отвечающих за увеличение белка в растениях, что приводит к идеальному развитию листьев, почек и стеблей [4].

В зерновых культурах мочевины является основным фактором, определяющим количество белка в формировании зерна [8].

Однако сельское хозяйство Мали сталкивается не только с проблемой бедности аграрных почв, но и с проблемой использования некачественных удобрений [2].

Производители, как правило, перед поставками минеральных удобрений прибегают к анализу этих удобрений. Именно по этой причине в плане действий по стратегиям повышения урожайности рекомендуется проводить контроль качества удобрений, поставляемых каждым поставщиком в районах Малийская компания по развитию текстиля (CMTD) и Офис Верхней долины Нигера (OHVN). IER через свою лабораторию был запрошен группа экономических интересов (GIE)-UNSCPC (Национальный союз кооперативных обществ производителей хлопка)/CMTD/OHVN для контроля качества химических параметров, относящихся к количеству питательных веществ, и физических параметров, относящихся к мелкости измельчения и содержанию влаги в удобрениях.

### **Основная часть**

Данное исследование проводилось в 2023 году в Лаборатории Почвы-Воды-Растения (Лаборатория SEP), расположенной в Сотубе, в Мали. Лаборатория была создана путем слияния Лаборатории почвы, Лаборатории исследований опустынивания и Проекта Почвы-Воды-Растения. [1] Лаборатория SEP

считается национальной лабораторией, обслуживающей все исследовательские структуры IER в частности, и развитие сельского хозяйства Мали в целом. Она работает над устойчивым управлением природными ресурсами страны.

Целью нашей работы явилось содействие получению высококачественных удобрений в Мали.

Были поставлены конкретные цели:

- определить физические параметры мочевины (вес мешка, влажность и размер частиц);
- определить содержание азота в мочеvine;
- оценить его качество в соответствии со стандартом WAEMU/ECOWAS.

Был проведён анализ 28 образцов мочевины (46 %); использованы измерительные приборы и устройства, а именно: электронные весы, используемые для взвешивания; сито, используемое для просеивания образцов удобрений; колбы и мензурки, используемые в качестве емкостей; плита, используемая для минерализации; пипетки, используемые для измерений; дистиллятор Кьельдаля, используемый для перегонки; титратор для титрования

Были применены следующие методы: метод Кьельдаля для определения общего азота, гравиметрический метод для определения влажности и размера частиц для измельчения тонкости помола.

Влажность определялась с помощью гравиметрического метода, измеряя потерю веса при постоянной температуре  $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 5 часов [6].

Результаты показали, что средний вес мешков с мочевиной составлял 50 кг. Этот вес соответствует стандарту, согласно которому вес мешка не должен быть менее 49,5 кг. Было зафиксировано низкое содержание влажности в диапазоне от 0,36 % до 0,88 %. В целом, оказалось, что уровни влажности в анализируемых удобрениях очень низкие, значительно ниже рекомендуемого 1 % стандарта.

Что касается размера частиц, то большинство гранулированных удобрений имели гранулы размером от 1 до 4 мм, тонкость помола была специфична для каждого удобрения. Для определения тонкости помола использовался механический метод – с использованием механических сит для просеивания неизмельченных образцов удобрений [6]. Результаты показали, что действующий, предписанный ECOWAS/UEMOA, стандарт соблюдается.

При определении азота использовался модифицированный метод Кьельдаля с использованием салициловой кислоты. Его принцип заключается в превращении в конце переваривания всех органических и минеральных солей в аммиачный азот, который перегоняется и измеряется с помощью титрованной кислоты. Результаты анализа выявили из двадцати восьми образцов мочевины три образца, которые не соответствуют стандарту. В общей сложности 89 % протестированных образцов мочевины соответствуют стандартам, что дало элементарный дефицит азота ниже выданного стандарта в 0,5 %.

Таблица 1

*Средние результаты 28 проанализированных образцов мочевины*

| Реферанция<br>Лаборатории | Общий азот |              |              | Гранулометрия |           | Влажность         | Вес сумок<br>Kg |
|---------------------------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------|-------------------|-----------------|
|                           | %N         | Дефицит<br>N | Вне<br>нормы | %<br>≥2mm     | %<br>≤1mm | %H <sub>2</sub> O |                 |
| W 183-1                   | 45,68      | 0,32         |              | 92            | 8         | 0,60              | 50              |
| W 183-2                   | 45,86      | 0,14         |              | 95            | 5         | 0,66              | 50              |
| W 183-3                   | 45,6       | 0,40         |              | 96            | 4         | 0,37              | 50              |
| W 183-4                   | 45,56      | 0,44         |              | 98            | 2         | 0,45              | 50              |
| W 183-5                   | 45,70      | 0,30         |              | 93            | 7         | 0,73              | 50              |
| W 183-6                   | 44,59      | 1,41         | X            | 94            | 6         | 0,52              | 50              |
| W 183-7                   | 45,86      | 0,14         |              | 96            | 4         | 0,59              | 50              |
| W 183-8                   | 45,61      | 0,39         |              | 95            | 5         | 0,44              | 50              |
| W 183-9                   | 45,56      | 0,44         |              | 94            | 6         | 0,51              | 50              |
| W 183-10                  | 45,70      | 0,30         |              | 97            | 3         | 0,59              | 50              |
| W 183-11                  | 45,95      | 0,05         |              | 92            | 8         | 0,51              | 50              |
| W 183-12                  | 45,86      | 0,14         |              | 98            | 2         | 0,51              | 50              |
| W 183-13                  | 45,53      | 0,47         |              | 96            | 4         | 0,36              | 50              |
| W 183-14                  | 45,59      | 0,41         |              | 95            | 5         | 0,51              | 50              |
| W 183-15                  | 45,80      | 0,20         |              | 93            | 7         | 0,59              | 50              |
| W 183-16                  | 45,59      | 0,41         |              | 97            | 3         | 0,58              | 50              |
| W 183-17                  | 45,86      | 0,14         |              | 98            | 2         | 0,52              | 50              |
| W 183-18                  | 45,61      | 0,39         |              | 94            | 6         | 0,65              | 50              |
| W 183-19                  | 44,66      | 1,34         | X            | 91            | 9         | 0,44              | 50              |
| W 183-20                  | 45,70      | 0,30         |              | 95            | 5         | 0,58              | 50              |
| W 183-21                  | 45,59      | 0,41         |              | 98            | 2         | 0,44              | 50              |
| W 183-22                  | 45,86      | 0,14         |              | 96            | 4         | 0,52              | 50              |
| W 183-23                  | 45,61      | 0,39         |              | 94            | 6         | 0,68              | 50              |
| W 183-24                  | 45,56      | 0,44         |              | 92            | 8         | 0,65              | 50              |
| W 183-25                  | 44,75      | 1,25         | X            | 98            | 2         | 0,51              | 50              |
| W 183-26                  | 45,60      | 0,40         |              | 94            | 6         | 0,51              | 50              |
| W 183-27                  | 45,68      | 0,32         |              | 97            | 3         | 0,58              | 50              |
| W 183-28                  | 45,70      | 0,30         |              | 93            | 7         | 0,88              | 50              |
| Средние                   | 45,54      | 0,46         |              | 95,04         | 4,96      | 0,55              | 50              |

### Закключение

Вес мешков с удобрениями по 50 кг обычно соблюдается. Что касается влажности, то мы наблюдали уровни, не превышающие стандарт 1 %. Тонкость помола (размер частиц) также соответствует стандарту, все образцы были менее порошкообразными, поскольку содержали менее 10 % гранул размером менее 2 мм.

Химический анализ показал, что из 28 образцов мочевины в трех образцах наблюдался небольшой дефицит азота (выше стандарта 0,5 %). Этот дефицит

связан с условиями упаковки, транспортировки и обращения, которые, однако, создают трудности для гомогенизации входящих материалов и, следовательно, для роста растений.

В целом результаты хорошие; наблюдаемый дефицит азота можно исправить, изучив условия хранения на складах.

### Список литературы

1. Haine M.B.C. Физико-химический анализ мочевины. Отчет об окончании стажировки по программе IPR/IFRA в Катибугу. – Бамако, 2022. – 30 с.
2. Центр исследований и разработок в области почв и сельскохозяйственных культур. – URL: <https://profils-profiles.science.gc.ca/fr/centre-recherche/centre-de-recherche-et-de-developpement-de-quebec?status=1&wbdisable=true&page=68>. (дата обращения: 20.03.2025).
3. Субсидии на удобрения в Мали. – URL: <https://www.canr.msu.edu>. (дата обращения: 20.03.2025).
4. Карбамид. Самое используемое удобрение – DFGRUPO // URL: <https://www.dfgrupo.com>. (дата обращения: 20.03.2025)
5. Инвестирование в сельское население Мали. – URL: <https://www.ifad.org>. (дата обращения: 20.03.2025).
6. Руководство по методу анализа удобрений лаборатории Sol-Water-Plant Института сельского хозяйства Сотубы. – Бамако, 2008. – 28 с.
7. Сидибэ Р. Химическая характеристика удобрений в Мали. Отчет об окончании исследования U.S.T.T-B, ISA. – Бамако, 2015. – 15 с.
8. Силла К.С. Физико-химические анализы комплексных смешанных удобрений 14-18-18-6с-1б от ДЖИ (ЦМДТ/OXBH/UNSCPC). Отчет об окончании цикла в лицензии IPR/IFRA. – Катибугу, 2020. – 35 с.
9. Сулейман Д. Физический и химический анализ минеральных удобрений на примере кампании D.A.P de N'gassene 2020-2021. Отчет об окончании цикла в лицензии ISA. – Бамако, 2020. – 16 с.

*Хоссу Грас (Бенин), Виган Махуньон Эстелль (Бенин)*

*Российский государственный аграрный университет имени Тимирязева, г. Москва*

*Научный руководитель: Черкашина Елена Леонидовна доцент кафедры РКИ и ОД к.филол.н*

## **СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА ЛИСТЬЕВ ЛАУНЕИ ОДУВАНЧИКОЛИСТНОЙ *LAUNAEA TARAXACIFOLIA* И МАСЛА НИМА В БОРЬБЕ С ОСНОВНЫМИ ВРЕДИТЕЛЯМИ БАМИИ (*ABELMOSCHUS ESCULENTUS*)**

### **Аннотация**

В Бенине использование синтетических пестицидов производителями ба-  
мии представляет опасность для здоровья и окружающей среды. Исследование  
показало, что экстракт *L. taraxacifolia* (39,06 кг/га) и масло нима (1 и 0,5 л/га)  
контролируют тлю *Aphis gossypii*. А масло нима (1 л/га) снижает повреждение  
*Podagrica decolorata* до менее чем 1 % дефолиации; Альтернативный метод.

**Ключевые слова:** биологический контроль, бамиа, Бенин, биопестициды

### **Введение**

Сельское хозяйство играет ключевую роль в экономике Бенина, формируя  
около 30 % валового внутреннего продукта, обеспечивая 75 % доходов от офи-  
циального экспорта и создавая примерно 70 % рабочих мест в стране. Кроме  
того, на его долю приходится 15 % государственных бюджетных поступлений  
[1]. В 2016 году правительство Бенина включило овощеводство в список стра-  
тегически важных отраслей с высокой экономической значимостью, выделив  
его в рамках своей Программы как приоритетное направление для развития и  
поддержки.

Среди овощных культур выделяется овощная культура бамиа (*Abelmoschus  
esculentus* L.), которая весьма важна с продовольственной, хозяйственной и ле-  
чебной точки зрения [2]. К сожалению, эта культура сталкивается с многочис-  
ленными биотическими ограничениями, которые включают атаки насекомых-  
вредителей и различные болезни (вирусные, бактериальные или грибковые),  
которые значительно влияют на ее продуктивность [3]. Для повышения уро-  
жайности и удовлетворения рыночного спроса производители постоянно при-  
бегают к использованию синтетических химических пестицидов [4]. Непра-  
вильное использование этих продуктов оставляет токсичные остатки на фрук-  
тах и овощах, что является реальной проблемой общественного здравоохра-  
нения. В рамках данной стратегии нами проведена работа, направленная на поиск  
устойчивых и эффективных решений для защиты сельскохозяйственных куль-  
тур. Это направление соответствует глобальным трендам перехода к «зелёным»  
технологиям, минимизирующим негативное воздействие на экосистемы и здо-  
ровье человека.

Актуальность исследования обусловлена растущей потребностью во внедрении альтернативных и экологически безопасных методов борьбы с вредителями. Речь идет о биопестицидах, созданных на основе растительных, животных или минеральных компонентов [5].

Основными целями исследования являются:

- получение здоровой культуры бамия с помощью методов биологического контроля;
- внесение вклада в безопасность пищевых продуктов;
- проверка влияния водного экстракта *Launaea taraxacifolia* на основных насекомых-вредителей бамии, а также на сравнение эффективности водного экстракта *Launaea taraxacifolia* с другим биопестицидом.

### Основная часть

В исследовании использовалась схема полного случайного блока (ВАС). Экспериментальная площадка занимала 770 м<sup>2</sup> (28 м × 27,5 м) и включала четыре блока, разделённых промежутками по 2,5 м. Каждый блок был разделен на пять элементарных участков площадью 12,8 м<sup>2</sup> (4 м × 3,2 м) и расположен на расстоянии 2 м друг от друга. Виды обработки случайным образом распределялись между участками. Каждый элементарный участок содержал четыре ряда растений с междурядьем 0,8 м. В ряду размещалось 8 растений (интервал – 0,5 м), что в сумме давало 32 растения на участок. Весь экспериментальный участок имел в общей сложности 640 карманов. Вокруг экспериментальной площадки была создана буферная полоса шириной 2 м.

Сравним обработки каждой делянки. Т0: Абсолютный контроль (участок, который не подвергался никакой обработке), Т1: Водный экстракт *L. taraxacifolia* в половинной дозе 19,53 кг листьев/781,25 л воды/га, Т2: Водный экстракт *L. taraxacifolia* в нормальной дозе 39,06 кг листьев/781,25 л воды/га, Т3: масло нима в половинной дозе 0,5 л/га, Т4: Масло нима в нормальной дозе 1 л/га.

Для приготовления экстракта использовался листовой овощ *Launaea taraxacifolia* Jeffrey (рис. 1, а и б) семейства сложноцветных. Обработки на основе водного экстракта листьев *Launaea taraxacifolia* (рис. 1, в) по популяциям арбузных вредителей согласно исследованиям Фану (Fanou, 2016) являются хорошим средством биологической борьбы против тли *Aphis gossypii*.



Рис. 1. *Launaea taraxacifolia*: (а) : Растение ; (б) : Листья; (в): Водный экстракт



Масло нима (рис. 2, в) получают из семян (рис. 2, б) *Azadirachta indica* A. Juss. (рис. 2, а) (Meliaceae).



Рис. 2. Ним: а) растение; б) семена; в) эфирное масло

### Влияние биопестицидов на *P. Decolorata*

На рисунке 3 представлена динамика повреждения листьев бамии вредителем. Контрольные участки (без обработки) показали более высокий уровень дефолиации по сравнению с обработанными вариантами (Т1, Т2, Т3 и Т4). На заключительных этапах наблюдений (28 и 35 дней после посева, JAS) растения, обработанные маслом нима в стандартной дозе (1 л/га), показали минимальное повреждение листвы – всего 1 % площади листьев, в то время как на начальной стадии эксперимента (7 JAS) не все растения подверглись серьезному нападению, поскольку уровень дефолиации не достигал 1 % для всех участков.

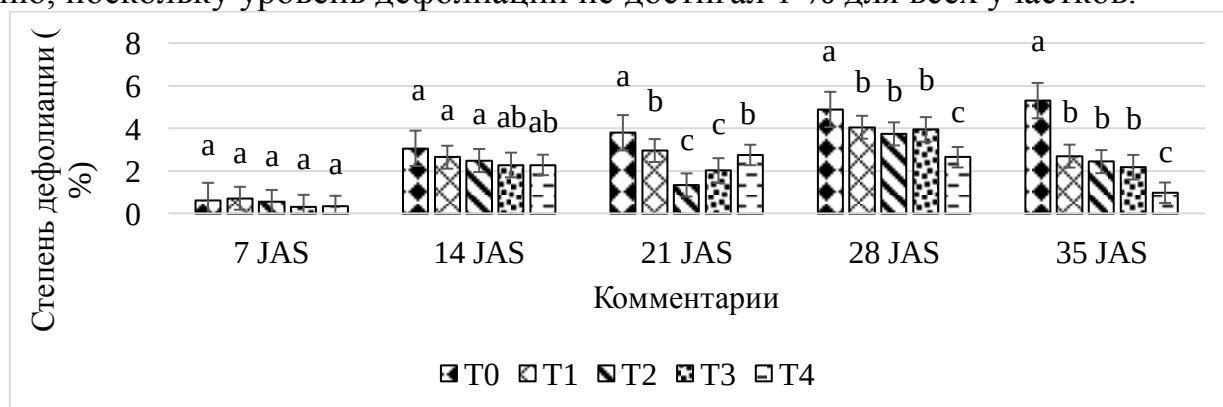


Рис. 3. Изменение степени дефолиации растений бамии *P. decolorata* в зависимости от дозы каждого биопестицида

Полученные данные подтверждают более высокую эффективность масла нима по сравнению с водным экстрактом *Launaea taraxacifolia* в борьбе с *Podagrica decolorata*. Эти выводы согласуются с исследованиями Камавара [6] и Беланжа с Musabyimana [7], которые установили, что репеллентные свойства масла нима подавляют пищевую активность насекомых. Это нарушает их жизненный цикл, замедляет развитие и снижает репродуктивную способность, вынуждая вредителей мигрировать на необработанные растения.

На рисунке 4 показан средний уровень заболеваемости *Aphis gossypii*. Его анализ показал, что уровень зараженности тлей был высоким в контрольных (необработанных) растениях в **28-м** и **35-м JAS**. В ходе этих же наблюдений было обнаружено, что растения, обработанные различными дозами масла нима (**0,5** и **1 л/га**), а также растения, обработанные нормальной дозой (**39,06 кг/га**) *Launaea taraxacifolia*, были менее заражены тлей (**менее 5 % колонизированных листьев**).

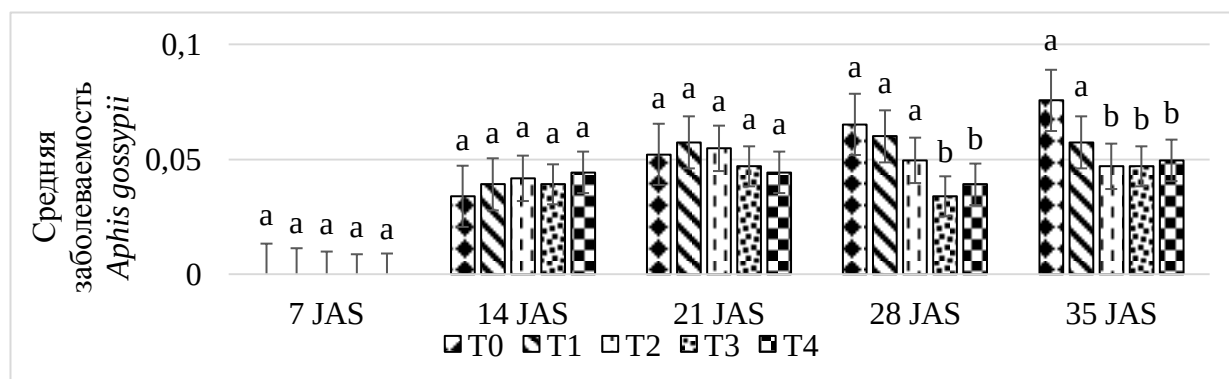


Рис. 4. Средняя частота заражения тлей *Aphis gossypii*

Эти результаты согласуются с результатами, полученными с помощью водного экстракта *Launaea taraxacifolia* против *Aphis gossypii* компанией Фану (Fanou) [8] при выращивании арбуза, в которых говорится, что этот экстракт является хорошим методом биологического контроля против тли *Aphis gossypii*, и что продукт будет действовать, препятствуя нормальному развитию насекомого и нарушая его рост.

### Закключение

В результате исследования выяснилось, что использование водного экстракта листьев *L. taraxacifolia* и масла нима представляет собой альтернативу синтетическим химикатам в борьбе с насекомыми-вредителями бабии. Два органических продукта: экстракт *Launaea taraxacifolia* в норме 39,06 кг листьев на гектар и масло нима в дозе 0,5 л/га и нормальной дозе (1 л/га), применяемые с одинаковой периодичностью в течение семи (07) дней, эффективны для контроля популяций Hemiptera *Aphis gossypii*. В то время как масло нима превосходит водный экстракт листьев *L. taraxacifolia* в борьбе с *P. decolorata*.

### Список литературы

1. INStAD. (2015). Enquête modulaire intégrée sur les conditions de vie des ménages. 3ème édition, pp 69. Cotonou, Bénin: INStAD. Disponible à: Rapport\_preliminaire\_Emicov\_2015.pdf [Consulté le 4 Juillet 2023]
2. Yao, N. (2022). Entomofaune du gombo (*Abelmoschus esculentus* Moench, Malvaceae) et perspectives de contrôle de *Podagrica decolorata* Duvivier, 1892

- (Coleoptera: Chrysomelidae), au moyen de la lutte biologique en Côte d'Ivoire. 219 p. Côte d'Ivoire. 061\_YAO N'guessan (22-10-2022).pdf [Consulté le 05 Août 2023]
3. Legba, E. C., Ahlinco, R. G., Atchanhouin, L. R., Aglinglo, L. A., Francisco, R. A., Fassinou Hotègni, N. V., and Achigan-Dako, E. G. (2018). FICHE TECHNIQUE SYNTHETIQUE POUR LA PRODUCTION DU GOMBO (*Abelmoschus esculentus* L.). *Laboratory of Genetics Horticulture and Seed Science*, 1-5. Calavi, Bénin. (PDF) Fiche technique synthétique pour la production du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) [Consulté le 13 Août 2023]
  4. Kanda, M., Djaneye-Boundjou, G., Wala, K., Gnandi, K., Batawila, K., Sanni, A., et Akpagana, K. (2013). Application des pesticides en agriculture maraichère au Togo. *VertigO*, 13(1), 4-8. Erudi. [En ligne] Disponible sur : <https://id.erudit.org/iderudit/1026574ar> [Consulté le 14 Juillet 2023]
  5. Tano, D.K.C., Bi, C.S.T., Kouassi, K.A., Ossey, L.C., and Soro, S. (2019) Incidences des attaques de *Podagrica decolorata* Duvivier 1892 (Coleoptera Chrysomelidae) sur la culture du gombo et contrôle de ces adultes au moyen du biopesticide NECO 50 EC (Daloa, Côte d'Ivoire). [En ligne]. *Journal of Applied Biosciences*, 143, 14692-14700. Disponible à : References - Scientific Research Publishing [Consulté le 19 Juin 2023]
  6. Karnavar, G. K. (1987). Influence of azadirachtin on insect nutrition and reproduction. *Proceedings of the Indian Academy of Science (Animal Science)*, 96, 341-347. Springer nature link. [En ligne] Disponible sur : <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03180019> [Consulté le 20 Juillet 2023]
  7. Bélanger, A., et Musabyiamana, T. (2005). Le neem contre les insectes et les maladies. *Journées horticoles au Canada en 2005*, 4 p. Québec, Canada. [En ligne] Disponible à: Le Neem contre les insectes et les maladies Journées Horticoles 2005 [Consulté le 02 Septembre 2023]
  8. Fanou, C. H. (2016). Etude de l'effet des traitements à base d'extraits aqueux de *Launaea taraxacifolia* sur les populations de ravageurs de la pastèque: *Citrullus lanatus* (Matsum et Nakai, 1916). 35 p. Côte d'Ivoire. [En ligne] Disponible sur: [http://www.usa-journals.com/wp-content/uploads/2016/01/Adja\\_Vol42.pdf](http://www.usa-journals.com/wp-content/uploads/2016/01/Adja_Vol42.pdf) [Consulté le 15 Août 2023].

Научное издание

**НАУЧНАЯ ИНИЦИАТИВА  
ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

Сборник докладов  
V Международной научно-практической конференции

**Издано в авторской редакции**

Компьютерная верстка *И.В. Корюкина*

Зарегистрировано в Издательстве ТПУ  
Размещено на корпоративном портале  
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ