

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Республиканское инновационное унитарное предприятие
«Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

БЕЛАРУСЬ-КИТАЙ: КОНТУРЫ ИННОВАЦИОННО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Сборник материалов
научно-практической конференции

(Минск, 19–20 октября 2023 г.)

Минск
БНТУ
2023

УДК 082(476+510) (06)
ББК 72я43 (4Белл+5Кит)
Н76

Составитель
М. А. Войтешонок

Беларусь-Китай: контуры инновационно-технологического
Н76 сотрудничества: сборник материалов научно-практической конфе-
ренции // сост. М. А. Войтешонок. – Минск : БНТУ, 2023. – 150 с.

ISBN 978-985-583-980-5.

В сборник включены материалы научно-практической конференции «Беларусь-Китай: контуры инновационно-технологического сотрудничества» по направлениям: передовые технологии в области медицины, инженерии поверхности, новых материалов, приборостроения, машиностроения, информационных технологий; механизмы и инструменты экономической интеграции Беларуси и Китая.

УДК 082(476+510) (06)
ББК 72я43 (4Белл+5Кит)

ISBN 978-985-583-980-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «МЕХАНИЗМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ БЕЛАРУСИ И КИТАЯ»

| | |
|--|----|
| Преснякова Е. В. ПРОМЫШЛЕННОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО БЕЛАРУСИ И КИТАЯ..... | 10 |
| Вашило А. А., Лесниченко-Роговская М. В. ECONOMIC COOPERATION BETWEEN BELARUS AND CHINA IN THE TRANSPORT AND LOGISTICS SECTOR | 12 |
| Малая О. В. МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАК ФАКТОР ИНТЕНСИФИКАЦИИ СОТРУДНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ТЯНЬЦЗИНЬ, ЦИНДАО, ЧУНЦИН) | 14 |
| Жудро М. К., Жудро М. М. ЭКСПОРТНАЯ ДИАГНОСТИКА КОМПЛЕМЕНТАРНОСТИ SMART-ИНДУСТРИИ БЕЛАРУСИ И КИТАЯ..... | 16 |
| Шумская Л. И. ОПЫТ РАЗВИТИЯ ИНИЦИАТИВ ПРЕДПРИИМЧИВОСТИ УЧАЩИХСЯ УО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДЕТСКИЙ ТЕХНОПАРК» КАК БУДУЩЕГО ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ | 18 |
| Савиных А. Ю. РАЗВИТИЕ СОТРУДНИЧЕСТВА БЕЛАРУСИ И КИТАЯ В СФЕРЕ ОБМЕНА ОПЫТОМ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОРПОРАТИВНЫЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ..... | 20 |
| Yang Cheng RESEARCH ON THE IMPACT OF DIGITAL ECONOMY ON REGIONAL GREEN DEVELOPMENT IN CHINA..... | 22 |
| Ma Wenjun, Shi Ruizhe, Ivan Darashkevich CHINA'S ACCELERATED DEVELOPMENT OF AI AND POSSIBILITIES OF FUTURE COOPERATION IN BELARUS | 24 |
| Ma Wenjun, Shi Ruizhe, Ivan Darashkevich CHINA'S E-COMMERCE MARKET MODEL AS AN INSPIRATION FOR BELARUS | 25 |
| Li Yuyan LOGISTICS DEVELOPMENT IN CHINA AND BELARUS UNDER ECONOMIC INTEGRATION..... | 27 |

| | |
|---|----|
| Qiu Lanhui MECHANISMS AND MEASURES FOR ECONOMIC INTEGRATION BETWEEN BELARUS AND CHINA | 29 |
| Алексеев Ю. Г., Давидович В. А., Чжао Чжунъюань ИНТЕРНАЦИОЛИЗАЦИЯ И КООПЕРАЦИЯ СУБЪЕКТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БЕЛАРУСИ И КИТАЯ..... | 30 |
| 陈韩同舟(Hantongzhou Chen), Starovoitova T. F “一带一路”框架下的数字经济全球化发展：中白未来发展态势研究 | 32 |
| Shao Ruixue BELARUS AND CHINA DEVELOP DIGITAL ECONOMY IN REGIONAL CONDITIONS | 33 |
| XIE Hui, XU Li-Jun CURRENT STATUS OF ECONOMIC INTEGRATION COOPERATION BETWEEN CHINA AND BELARUS AND PROPOSALS FOR ITS FUTURE DEVELOPMENT | 35 |
| Yuelong Zhang SHANGHAI COOPERATION ORGANIZATION AND ECONOMIC SECURITY IN BELARUS AND CHINA..... | 37 |
| 牟宗睿 白俄罗斯和中国之间经济一体化的机制和手段研究..... | 40 |
| Liu Xueyao, Zhai Zhuang HARMONIOUS DEVELOPMENT OF TRADE AND ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL COOPERATION | 41 |
| Гусаков Г. В., Жудро В. М. СМАРТ-МАРКЕТИНГОВАЯ ГАРМОНИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЯСОМОЛОЧНЫХ КОМПАНИЙ БЕЛАРУСИ И КИТАЯ..... | 43 |
| Huang Yiyan CHINA’S FINANCIAL INNOVATION IN RESPONSE TO EVERGRANDE’S BANKRUPTCY | 45 |
| Цзэн Веньцзюнь, Лесниченко-Роговская М. В. THE CONCEPT OF DIGITALIZATION OF CULTURAL AND CREATIVE PARKS IN CHINA AND BELARUS: ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS | 47 |
| Вандяева О. С., Калиниченко К. В. ТАМОЖЕННЫЕ КЛАССЫ КАК ВЕКТОР ИНТЕГРАЦИИ С КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКОЙ..... | 49 |

У Юю, Капалыгина И. И.
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ИМИДЖ ПЕДАГОГА КАК ОСНОВА
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ...51

倪亚军

数字经济下“网红直播”的营销策略 53

**СЕКЦИЯ «ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНЫ,
ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ, НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, МАШИНОСТРОЕНИЯ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

Ванькович П. Э., Кезля О. П., Селицкий А. В.
ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИНТОКСИКАЦИИ
ПРИ ОЦЕНКЕ ТЯЖЕСТИ ТЕЧЕНИЯ И РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ
ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ
С МНОГООСКОЛЬЧАТЫМИ И СЕГМЕНТАРНЫМИ
ДИАФИЗАРНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ..... 55

Ванькович П. Э., Кезля О. П., Селицкий А. В.
КОСТНОЕ РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ МНОГООСКОЛЬЧАТЫХ
ДИАФИЗАРНЫХ ПЕРЕЛОМАХ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ В УСЛОВИЯХ
ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ КИСЛОРОДНОЙ ТЕРАПИИ..... 57

Лущик П. Е., Минченя В. Т., Рафальский И. В., Заблоцкий А. В.
ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА СОСУДИСТЫХ СТЕНТОВ
ИЗ КОБАЛЬТОВЫХ СПЛАВОВ..... 59

Курач Д. И., Лущик П. Е., Рафальский И. В., Долгий Л. П.
ПОЛУЧЕНИЕ ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ СО-СР-МО 61

Калиниченко А. В., Горох М. П., Кадушкин А. Г.
ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НОРТРИПТИЛИНА
И КОРТИКОСТЕРОИДОВ НА СЕКРЕЦИЮ ЦИТОКИНОВ КЛЕТКАМИ
КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ
БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ 63

Tang Yi, Zhao Di, Gourinovitch A.
MASK-EMBEDDING AND FEATURE-FUSED NETWORK
FOR MEDICAL IMAGE SEGMENTATION 65

Zhao Di, Tang Yi, Gourinovitch A. , Liankova A.
EXPLORING THE ROLE OF LOSS FUNCTIONS IN BIOMEDICAL
IMAGE SEGMENTATION..... 66

徐伟轩, 张荣梁, Natalia Khajynova
一种服务于养老院的用于健康监测和药品管理的手环系统设计..... 67

| | |
|--|----|
| Лишик С. И., Град Д. В., Слепокуров В. Е., Асиненко Д. А., Челяпин А. Е., Цвирко В. И. ТЕХНОЛОГИЯ ДЕЗИНФИЦИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ВИДИМЫМ СВЕТОМ..... | 69 |
| 刘文斌 依托信息技术支撑的动物疫病可追溯体系的建设与探讨..... | 71 |
| Ваганов В. В., Нисс В. С. СОЗДАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ И АЛЮМИНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КЕРАМИКОЙ И УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ АЛМАЗАМИ, СВЕРХЗВУКОВЫМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ..... | 72 |
| Руленков А. Д., Рафальский И. В., Долгий Л. П. ДИСПЕРСНЫЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ..... | 74 |
| Калиниченко В. А., Калиниченко М. Л. ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ МЕТОДОМ НАПЛАВКИ | 76 |
| Хеук М. В., Онысько С. Р. МНОГОКОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ AL-CR-N ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА | 78 |
| Долгий Л. П., Михальцов А. М., Марцева С. В., Раков И. Г. ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ НА ФИЛЬТРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОСЕТКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ..... | 80 |
| Калиниченко М. Л., Долгий Л. П. ИСПЫТАНИЯ НА УСЛОВНЫЙ СДВИГ И ОТРЫВ ЗАМКНУТЫХ КОНСТРУКЦИЙ | 82 |
| Боуфал В. П., Вабищевич Д. П., Пянко А. В., Черник А. А. ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ С СОДЕРЖАНИЕМ МЕТАЛЛОВ ПОДРУППЫ ЖЕЛЕЗА | 84 |
| Пянко А. В., Боуфал В. П., Черник А. А. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ С БИОЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ СПЛАВА ОЛОВО-НИКЕЛЬ..... | 85 |
| Курач Д. И., Нисс В. С., Долгий Л. П., Рафальский И. В. ПРИМЕНЕНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛИТЕЙНЫХ КРАСОК И ПОКРЫТИЙ..... | 87 |

| | |
|--|-----|
| Чернобай Д. В. РАЗРАБОТКА НАНОКОМПОЗИТА ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ..... | 89 |
| Nevar A. A., Nedelko M. I., Tarasenko N. V., Chen G., Shi L. ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ КРЕМНИЙ-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ АНОДОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ..... | 91 |
| Шиманович Д. Л. ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОРИСТЫХ АЛЮМООКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ | 93 |
| Shimanovich D. L. HUMIDITY SENSING ELEMENTS BASED ON NANOSTRUCTURED AL ₂ O ₃ MEMBRANES | 95 |
| Марван Ф. С. Х. Аль-Камали ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ СОДЕРЖАЩИЕ НАНОЧАСТИЦЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МЕТАЛЛОВ..... | 97 |
| Эльшербини С. М. Э., Бойко А. А. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДА МАГНИЯ, ЛЕГИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ, ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ | 99 |
| Xu Yang 电气绝缘材料的性能与发展前景..... | 102 |
| Ван Сяньпэн, Юй Хаосюань, Ковшар С. Н. ПРИМЕНЕНИЕ В ЗДАНИЯХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ | 103 |
| Довнар С. С., Шведова Д. Н. КОНЦЕПЦИЯ БЕТОННОГО БИОНИЧЕСКОГО ПОРТАЛА ДЛЯ КРУПНОГАБАРИТНОГО ТОКАРНОГО ГИБРИДНОГО СТАНКА | 105 |
| Ананчиков А. А., Бельчик Л. Д., Семашко Д. В., Козловский В. А. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕВЕРСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАВЕСНЫМ УСТРОЙСТВОМ..... | 108 |
| Станкевич Е. А., Татур М. М., Беляков А. А. ПОИСК СИСТЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ..... | 110 |
| Игнатюк Н. С. МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ | 112 |

| | |
|---|-----|
| Грабовая П. В., Синкевич К. В., Бутор Л. В. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СТУДЕНЧЕСКИХ КАМПУСАХ..... | 114 |
| Dubovsky V. A., Savchenko V. V. A CONCEPT OF EVALUATING THE DRIVER'S READINESS TO TAKE OVER CONTROL FROM AN AUTONOMOUSLY DRIVING VEHICLE | 115 |
| 梁丽宁 基于博奥清单软件对工程项目管理的研究..... | 118 |
| Liu Zhixin, Ma Shikuan, Shang Shuqi APPLICATION OF EDEM SOFTWARE TO POTATO HARVESTING MACHINERY TRIALS | 119 |
| 曾鹏, 徐伟轩 5G 技术对于自动驾驶汽车的必要性和未来设想 | 120 |
| Yuhao Jiang, Holubava Volha RESEARCH ON THE RELATIONSHIP BETWEEN BIM TECHNOLOGY AND PROJECT INFORMATION MANAGEMENT | 122 |
| Ли Хунян ИННОВАЦИОННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ БОЛЬШИХ ДАННЫХ И ТЕХНОЛОГИИ MAPREDUCE | 124 |
| 李洪阳 深入浅出 ZOOKEEPER 之 ZOOKEEPER 架构以及特性 | 125 |
| 刘倩 数据库并发和并发异常 | 127 |
| Yang Tiantian CHINA AND BELARUS CLOUD COMPUTING DEVELOPMENT | 128 |
| Журавков В. В., Шалькевич П. К., Тонконогов Б. А. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЩЕГО ДОСТУПА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ Г. ОРШИ И ОРШАНСКОГО РАЙОНА | 129 |
| Тан Дунян, Ван Минюань, Бондаренко С. Н, Руднов В. С. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ СОЗДАНИЯ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩЕГОСЯ БЕТОНА НА ОСНОВЕ ЯЗЫКА PYTHON..... | 131 |
| Коваленя Н. В., Ходяков В. А. ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ КИТАЯ И БЕЛАРУСИ..... | 133 |

| | |
|--|-----|
| Ходяков В. А., Шишко Н. И. ИНДЕКС РОВНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ..... | 135 |
| Юй Хаосюань, Ван Сяньпэн, Ковшар С. Н. ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF SHELL AGGREGATE CONCRETE..... | 137 |
| Ли Цзюнь, Ван Сяньпэн, Жудро М. К. EVALUATION OF GRAPHENE CONCRETE IN A GREEN ENERGY ECONOMY | 139 |
| Ли Мэнвэй ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ МЕТОДОМ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ АКТИВАЦИЙ ИЗ БЕЛОРУССКОГО ЛЬНА И ОПИЛОК СОСНЫ..... | 142 |
| Кацнельсон Е. И., Фомичёва Н. С., Балаева-Тихомирова О. М. ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ЛИСТЬЕВ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ КАК БИОПРОТЕКТОРОВ | 143 |
| 马世宽、尚书旗、刘知鑫 大豆玉米带状复合种植模式机械化装备的探究..... | 145 |
| Ленько К. А., Ясинская Н. Н. БИОТЕХНОЛОГИЯ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АЛЬТЕРНАТИВА КЛАССИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ К КРАШЕНИЮ | 147 |
| Марущак Ю. И., Ясинская Н. Н., Скобова Н. В. ЭКОКОЖИ БЕЛОРУССКОГО ПРОИЗВОДСТВА | 149 |

СЕКЦИЯ «МЕХАНИЗМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ БЕЛАРУСИ И КИТАЯ»

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО БЕЛАРУСИ И КИТАЯ

Преснякова Е. В.

Институт экономики НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь
investment@economics.basnet.by

Annotation. The legal basis for industrial regional cooperation between Belarus and China is considered. The priority areas of interaction between the regions of the Republic of Belarus and the provinces of the People's Republic of China have been identified. Proposals were made for the organization and placement of high-tech and innovative joint Belarusian-Chinese production facilities.

Правовой основой для промышленного сотрудничества Китайской Народной Республики и Республики Беларусь выступает Директива Президента Республики Беларусь от 3 декабря 2021 г. № 9 «О развитии двусторонних отношений Республики Беларусь с Китайской Народной Республикой». Во время государственного визита Президента Беларуси Александра Лукашенко в КНР в марте 2023 года подписана комплексная стратегия совместного промышленного развития. Создание совместных высокотехнологичных инновационных производств и развитие производственной кооперации определены одними из приоритетных направлений.

Активно развивается межрегиональное сотрудничество Беларуси и Китая. Благодаря подписанию соглашений налажено взаимодействие 29 городов и районов Беларуси с 45 провинциями и городами КНР. Совместная реализация крупных инвестиционных проектов областей Республики Беларусь и г. Минска и провинций КНР осуществляется в сфере промышленности, энергетики, транспорта, коммуникаций и инфраструктурного строительства. К достигнутым экономически значимым результатам относятся: эксплуатация завода по сборке китайских автомобилей Geely; успешная реконструкция минских ТЭЦ-2, ТЭЦ-5, Лукомльской и Березовской ТЭЦ; реализация масштабного проекта «Организация высокотехнологичного агропромышленного производства полного цикла на 2016–2032 годы» ЗАО «БНБК»; функционирование Китайско-белорусского индустриального парка «Великий камень».

Сферами потенциального инвестиционного сотрудничества по созданию инновационных производств в разрезе регионов исходя из имеющегося потенциала и заключенных соглашений выступают:

Брестская область: агропромышленный комплекс, пищевая промышленность, машиностроение, производство строительных материалов, медицина (провинции Аньхой, Хубэй, Цинхай);

Витебская область: пищевая промышленность, АПК (провинция Шаньдун); льноводческая отрасль, производство кабельной продукции, энергетика,

IT-технологии, фармацевтика (провинция Хэйлуцзян); АПК, льноводство (провинция Цзянси);

Гомельская область: медицина (провинция Сычуань); нефтехимия, производство строительных материалов (провинция Цзянсу); сельскохозяйственное машиностроение (провинция Хэбэй);

Гродненская область: пищевая промышленность, сельскохозяйственное машиностроение (провинция Ганьсу);

Минск: высокотехнологичные производства, транспорт, медицина (г. Чанчунь, провинция Гирин; г. Пекин; г. Шэньчжэнь провинция Гуандун; г. Шэньян, провинция Ляонин; г. Шанхай);

Минская область: машиностроение, электроника и телекоммуникации, тонкая химия, биотехнологии, новые материалы, фармацевтика, электронная коммерция (г. Чунцин, провинция Гуандун, провинция Чжэцзян);

Могилевская область: машиностроение, микроэлектроника, нефтехимия, строительство, легкая промышленность (провинция Хунань); пищевая промышленность, горнодобывающая промышленность, легкая промышленность, переработка кожевенного сырья (провинция Цзянсу).

Местным органам власти в регионах, а также промышленным предприятиям целесообразно выходить напрямую на крупные ТНК, имеющие филиалы на территории провинций КНР, с которыми у областей Республики Беларусь и г. Минска установлены дружественные и побратимские связи. Особые возможности для этого – у организаций г. Минска, подписавшего соглашения о сотрудничестве с крупнейшими городами Китая – г. Пекин, г. Шанхай и г. Шэньчжэнь. Промышленно развиты провинции Шаньдун и Хэйлуцзян (Витебская область), Сычуань и Цзянсу (Гомельская область), г. Чунцин и провинция Чжэцзян (Минская область), Хунань (Могилевская область). Высокотехнологичные и инновационные совместные белорусско-китайские производства целесообразно размещать на территории г. Минска и Минской области (Китайско-Белорусский «Индустриальный парк «Великий камень»). Перспективной выступает реализация совместных проектов на территории свободных экономических зон областей Республики Беларусь и г. Минска.

Список использованных источников

1. История развития дружественных отношений Республики Беларусь и Китайской Народной Республики / А. А. Коваленя [и др.]; под ред. А. А. Ковалени; Национальная академия наук Беларуси, Академия общественных наук Китайской Народной Республики. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 463 с.

ECONOMIC COOPERATION BETWEEN BELARUS AND CHINA IN THE TRANSPORT AND LOGISTICS SECTOR

Вашило А. А., Лесниченко-Роговская М. В.

Институт бизнеса БГУ

vashchylahanna@gmail.com, mari_lesnichenko@mail.ru

In the last two decades, there has been an increase in the intensity of Euro-Asian transport links, caused by the strengthening of the position of China, which claims to be the leading global economic center.

In the Program of Socio-Economic Development of the Republic of Belarus for 2021-2025 the expansion of trade and economic cooperation with China is considered as one of the conditions for diversifying the export of goods and services, and attracting Chinese investment as an important source of implementation of projects to create new industries, transport, logistics, tourism and social infrastructure as well as projects significant for the development of regions of countries [1].

The primary tasks that China sets for itself in implementing its transport strategy in the Eurasian space are the following:

- creation of an established logistics infrastructure for transporting energy resources to China;
- creating a transport corridor for the export of Chinese goods to European countries and strengthening its position in this region;
- diversification of land routes to Europe;
- development of transport infrastructure in the northwestern regions of China. When exploring issues of interaction in the transport and logistics sector between Belarus and China, the emphasis is on cooperation with the cities of Tianjin, Qingdao and Chongqing.

China is a major buyer of potash fertilizers from Belarus, and at the same time an important export destination for maritime cargo transport services. Currently, China's share in Belarusian exports of maritime transport services is 8,8 %, and the balance in mutual trade for this type of services is consistently positive [2, p. 109].

It should be noted that work is currently underway to redirect the transportation of potash fertilizers from sea transport to rail (in containers), which causes a decrease in the share of sea transport in foreign trade in transport services of Belarus. An increase in the production and export of potash fertilizers may lead to an increase in the volume of transport services provided by both sea and rail transport.

The Belarusian Railway is one of the most important links in ensuring trade and economic relations between the countries of the European Union in communication with the countries of the Asia-Pacific region. Transit transportation of goods is key for the railway complex of Belarus. The main transit cargoes are: coal, oil cargo, as well as chemical and mineral fertilizers, ferrous metals, chemicals, etc. Transportation to the countries of the European Union and back along the II Pan-European Transport Corridor, which, in connection with the Trans-Siberian Railway, forms the shortest and the optimal overland route for transporting foreign trade goods in Europe – China – Europe traffic.

Currently, container trains connect 60 cities in China with 170 cities in 23 European countries. On average, the Belarusian Railway provides transit and terminal processing of about 25 container trains per day in the China – Europe – China route.

To carry out rail transportation, Chinese railways usually attract large international logistics companies with extensive experience and an excellent reputation in the market. This explains the fact that Belarus has small volumes of exports of railway transport services to China. The Belarusian Railway receives export payments not from the Chinese side directly, but from these logistics companies (with their home country in Germany or other European countries).

According to the Directive “On the development of bilateral relations of the Republic of Belarus with the People’s Republic of China” dated December 3, 2021, it is envisaged to create an international logistics hub on the China-Europe land route through the functioning of an international logistics consortium and to work out the issue of joining the Great Stone industrial park by 2025 to the European railway track (1435 mm) from the Belarusian-Polish border” [3].

Today, in the process of coordinating transportation between China and other countries, including transportation along the China–Europe route, the following interactions are used:

- 1) the platform servicing the flight coordinates transportation along the entire route;
- 2) the service platform is authorized by China Railway International Multimodal Transport CO., LTD. for transportation within the country and a foreign logistics company for transportation outside its borders;
- 3) the service platform is authorized by China Railway International Multimodal Transport CO., LTD. to coordinate transportation along the entire route;
- 4) on the Chinese section of the route, the flight is serviced by China Railway International Multimodal Transport CO., LTD., and on the foreign section – by the transport company itself. Railroad carriers from different countries along the route have not come to a consensus on the issues of stopping points, schedules, price standards for transportation, etc.

Список использованных источников

1. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы. – Режим доступа: <https://economy.gov.by/uploads/files/macro-prognoz/Programma-2025-nov-red.pdf>. – Дата обращения: 09.03.2023.
2. Булко О. С., Милашевич Е. А, Якубук Ю. П. [и др.] Транспортно-логистический потенциал Беларуси в рамках инициативы «Пояс и путь»: риски и перспективы реализации. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 317 с.
3. Директива № 9 от 3 декабря 2021 г. «О развитии двусторонних отношений Республики Беларусь с Китайской Народной Республикой» – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/documents/direktiva-no-9-ot-3-dekabrya-2021-g>. – Дата обращения: 14.05.2023.

МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАК ФАКТОР ИНТЕНСИФИКАЦИИ СОТРУДНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ТЯНЬЦЗИНЬ, ЦИНДАО, ЧУНЦИН)

Малая О. В.

Министерство экономики Республики Беларусь
olgavmalaya@mail.ru

Annotation. The paper considers the areas contributing to the development of inter-regional trade and economic cooperation between Belarus and China, offers recommendations for strengthening of interregional cooperation between Belarus and Tianjin, Qingdao, Chongqing. The Agreement on promotion of trade and economic cooperation between the regions of the Republic of Belarus and the People's Republic of China, prolongation of the Year of Regions between Belarus and China for 2023 provides a solid basis for relations promotion between Belarus and the mentioned regions of China.

В условиях глобализации мирового хозяйства регионы все активнее становятся субъектами международной деятельности. Разные по уровню экономического развития регионы могут всесторонне выстраивать взаимодействие, совместно достигать определенного экономического и социального эффекта, регулировать вопросы социально-экономического развития каждого из регионов. С учетом опыта развития межрегионального сотрудничества Беларуси и Китая, выделяется несколько уровней межрегионального взаимодействия в зависимости от субъектного состава: «область-провинция» (Минская область и провинция Гуандун, Гродненская область и провинция Ганьсу, др.), «область-город» (Минская область и город Чунцин), «город-город» (город Минск и город Пекин, др.), «район-город» (Смолевичский район Минской области и город Иу провинции Чжэцзян, др.), «район города – район города» (Московский район города Минска и район Лаошань города Циндао провинции Шаньдун, др.).

1 марта 2023 года подписано Соглашение между Министерством экономики Республики Беларусь и Министерством коммерции Китайской Народной Республики об углублении торгово-экономического сотрудничества между регионами Республики Беларусь и Китайской Народной Республики, которое закрепляет приоритетные направления взаимодействия по реализации торгово-экономических инициатив между Беларусью и городами Тяньцзинь, Циндао и Чунцин, крупными экономическими и логистическими центрами Китая. Это первый документ, который предполагает межрегиональное взаимодействие на уровне «страна-город».

В качестве приоритетных сфер для углубления сотрудничества определены направления для совместного продвижения: производственно-логистическое – с городом Тяньцзинь, производственно-медицинское – с городом Циндао. Беларусь и город Чунцин намерены развивать электронную коммерцию, промышленную и сельскохозяйственную кооперацию.

С учетом специализации и экономического потенциала города **Тяньцзинь**, в рамках сотрудничества субъектов хозяйствования Беларуси и Тяньцзиня пред-

ставляется возможным создание совместных предприятий по производству молочных смесей для детского питания, производству готовой мясной продукции, выращиванию крупного рогатого скота, др. в Беларуси; создание условий для взаимного участия в выставках и проведения двусторонних бизнес-форумов, круглых столов, конференций; задействование железнодорожного маршрута Китай–Европа–Китай для создания условий беспрепятственной торговли и логистики между Беларусью и Тяньцзинем; др.

В рамках развития межрегионального взаимодействия по линии Беларусь–**Циндао** возможна концентрация усилий сторон на поддержке совместных белорусско-китайских научно-исследовательских проектов и их дальнейшей коммерциализации; развитии производственного и торгового сотрудничества в области медицины между Беларусью и Циндао, создании фармацевтического кластера по производству лекарственных средств и медицинских изделий с учетом белорусского сырья и разработок; формировании «зеленого коридора» Беларусь–Циндао по поставкам замороженной сельхозпродукции; др.

На уровне взаимодействия субъектов хозяйствования Беларуси и города **Чунцин** представляется возможной реализация инициатив по созданию сборочного производства автомобилей и электрического автомобильного транспорта в Беларуси; совместных предприятий в сфере сельскохозяйственного машиностроения; развитию трансграничного сотрудничества в области электронной коммерции между Беларусью и Китаем; задействованию железнодорожных контейнерных маршрутов Чунцин–Беларусь–Европа для развития взаимной торговли; развитию взаимодействия белорусских и китайских логистических компаний для облегчения доступа белорусских товаров на китайский рынок с использованием железнодорожного маршрута Беларусь – Чунцин; др.

Белорусско-китайское взаимодействие развивается в двух плоскостях – на государственном и региональном уровнях. На каждом из уровней подписаны международные договоры и соглашения, осуществляется реализация совместных проектов и инициатив. В ходе взаимодействия применяются различные формы – осуществляется торговля, создаются совместные предприятия и их кластеры, обеспечиваются логистические цепочки и формируются отдельные логистические центры, проводятся консультации, двусторонние мероприятия, др.

Список использованных источников

1. Минский областной исполнительный комитет. Межрегиональное сотрудничество Минской области. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minsk-region.gov.by/ekonomika-i-finansy/vneshneekonomicheskaya-deyatelnost5898/mezhregionalnoe-sotrudnichestvo-minskoj-oblasti/>. – Дата доступа: 13.03.2023.

2. Министерство экономики Республики Беларусь. Стратегические регионы-партнеры Беларуси: Тяньцзинь, Циндао, Чунцин. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://economy.gov.by/ru/news-ru/view/strategicheskie-regiony-partnery-belarusi-tjantszint-sindao-chuntsin-47349-2023>. – Дата доступа: 02.10.2023.

ЭКСПОРТНАЯ ДИАГНОСТИКА КОМПЛЕМЕНТАРНОСТИ SMART-ИНДУСТРИИ БЕЛАРУСИ И КИТАЯ

Жудро М. К.¹, Жудро М. М.²

¹Белорусский национальный технический университет

²УО «Могилевский государственный областной институт
развития образования»

¹nv_mk@mail.ru, ²gudro_mm@mail.ru

Annotation. The article evaluates institutional problems, as well as the theory and methods of developing export tools for the complementary nature of the smart-industry of Belarus and China based on modern features of the smart economy (intellectual economy).

Комплексное исследование интеграции белорусского и китайского бизнеса в мировую экономику указывают на идентичные тренды глобальной его диверсификации, аргументом которой является развитие торговых отношений с более чем 180 стран мира с активным сценарием внешнеэкономической деятельности национальных компаний. Ключевые статьи экспорта – продукты обрабатывающих отраслей, изделия различных сфер промышленности (автомобили, тракторы, электротехнические изделия и т. д.). Импорт представлен энергоносителями, комплектующими компонентами, технологическое оборудование (нефть, природный газ, станки, детали машин и т. д.). Основными странами-импортерами белорусской и китайской продукции являются динамично развивающиеся страны Европы, Азии, Латинской Америки.

Методологическая проблема с академической литературой по экспортной диагностике эффективности функционирования совместного бизнеса и прогнозированию рыночного поведения агентов рынка на основе «традиционной теории равновесного рынка и модели экономического точного обоснования контрактных цен» заключается в том, что большинство опубликованных исследований предоставляют прогнозы и заявляют об удовлетворительной точности, не сравнивая их с реальными доказательствами или даже «наивными» экспертными тестами.

И, как следствие, на основе существующей статистики экспорта, импорта и теории взаимодополняемости традиционной ценовой политики экономики стран, эксперты обосновывают и формулируют соответствующие выводы, которые используются в качестве аргументов и принятия определенных управленческих решений менеджерами компаний, инвесторами и предпринимателями [1]. Поэтому, основываясь на традиционной теории рынка и модели экономического обоснования контрактных цен на товары, многие эксперты отмечают слишком сильные негативные резкие колебания ключевых параметров международной экономической системы, которые могут привести к глобальному экономическому кризису [2].

В процессе аналитических, эмпирических и экспериментальных исследований актуальных проблем и трендов развития интегрирования взаимодействия экономик многих компаний установлено, что в 2022 году рыночная композиция и институциональный дизайн мировой экономики значительно изменилась из-за

санкционных издержек, которые негативно влияют не только на поток товаров и услуг между странами, но и на перемещение людей, а также усиливают уязвимость реализации традиционных бизнес-моделей [3].

Например, по статистике продаж легковых автомобилей в Беларуси доминирующим выводом являлось то, что два импортера российской марки LADA остаются лидерами на протяжении нескольких лет (до 2016 года). При этом самым продаваемым седаном считался седан Vesta, который вышел на первое место, хотя и с небольшим отрывом от марки Volkswagen Polo. Автомобили Geely занимали четвертое место по продажам на белорусском рынке.

Автомобили Volkswagen Polo, в первую очередь, покупали конкурентоспособные предприниматели, компании, которые реализовывали политику масштабирования своего бизнеса и извлечения выгоды из глобальных инвестиций. Автомобили LADA в основном предназначены для физических лиц, которые ориентированы на дополнительные эксплуатационные расходы в своих бюджетах и не принимают во внимание учет баланса между инвестициями и доходами. В то же время десятку самых продаваемых легковых автомобилей в Беларуси в 2022 году возглавила белорусско-китайская марка Geely, опередивший бессменного лидера прошлых лет – марку Lada.

В корпоративном маркетинге наличие базовых моделей Geely в Беларуси и дополнительно марки LADA позволяет руководителям и менеджерам компаний учитывать дополнительные рыночные преимущества продаж отдельных моделей, включая цель «привязки» покупателя (vendor lock-in), поскольку ее отсутствие увеличивает расходы [4].

Вышеизложенное свидетельствует о необходимости экспортного инструментария для комплементарного характера национальных экономик Беларуси и Китая на основе современных особенностей smart-экономики (интеллектуальной экономики), учитывающего при обосновании контрактных цен на товары результаты диагностики и аналитики мега-, макро-, и микроструктурных изменений и динамики глобальной инвестиционной капитализации на микроуровне [5].

Таким образом можно заключить, что изучение современных научных подходов к разработке экспортного инструментария комплементарной конструкции взаимовыгодного характера развития smart-индустрии Беларуси и Китая на основе учета современных особенностей smart-экономики (интеллектуальной экономики) позволило установить обоснованность применения предлагаемой новой парадигмы «умная комплементарность», как ключевая компетенция в понимании глубинных процессов межгосударственной интеграции стран.

Список использованных источников

1. Жудро М. К. Smart-маркетинговая квантификация покупателей / М. К. Жудро // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: мат. 16-го Межд. нуч. семинара, проводимого в рамках 18-ой Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» 26 марта 2020 года, Минск, Респ. Беларусь; программ. комитет С. В. Харитончик, А. В. Данильченко [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2020. – С. 119–121.

2. Нобелевскую премию по экономике в 2022 году присудили трем американским ученым за исследование финансовых кризисов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neg.by/novosti/otkrytj/nobelevskuyu-premiyu-po-ekonomike-v-2022-godu-prisudili-troim-amerikanskim-uchenym-za-issledovanie/> – Дата доступа 24. 05.2023.

3. Жудро М. М. Методический инструментарий идентификации и количественного измерения высокотехнологичного бизнеса / М. М. Жудро // Научные труды Белорусского государственного экономического университета. – Минск : БГЭУ, 2019. – Вып.12. – С.181–187.

4. Business Integration and What It Really [Electronic resource]. – Access mode: <https://itchronicles.com/technology/business-integration-and-what-it-really-means/>. – Date of access: 10.04.2020.

5. Жудро В. М. Структурная имплементация традиционного маркетинга к требованиям цифрового бизнеса / В. М. Жудро, Н. В. Жудро // Трансформация процессов управления: менеджмент и инновации, цифровизация и институциональные преобразования: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Курск. гос. ун-т, 25 ноября 2021 г. / под ред. канд. экон. наук, доц. С. А. Гальченко; Курск. гос. ун-т. – Курск, 2021. – С. 489–494.

ОПЫТ РАЗВИТИЯ ИНИЦИАТИВ ПРЕДПРИИМЧИВОСТИ УЧАЩИХСЯ УО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДЕТСКИЙ ТЕХНОПАРК» КАК БУДУЩЕГО ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Шумская Л. И.

Белорусский государственный университет
shumskayalik@gmail.com

Annotation. We have an experience in implementing the educational programme for students "Strategy of innovative projects development" entitle day "National children's technology park".

The methodology for further graduates activities to turn their projects into commercial products based on the creation of business companies in educational institutions is substantiated.

Одним из приоритетов современного образования является выдвижение на передний план экономики знаний, главный нематериальный актив которой – человеческий капитал, олицетворяемый качественно новой генерацией молодого поколения специалистов и работников. Речь идет об актуализации, начиная со школьной скамьи, деловой активности учащихся, развитию у них практических навыков предприимчивости и предпринимательских инициатив, способствующих становлению готовности личности к осознанному самоопределению в сфере будущей профессиональной деятельности. Этот посыл в полной мере может быть отнесен к учащимся УО «Национальный детский технопарк» (далее

НДТП), которые в своей совокупности представляют стратегический инновационный ресурс страны.

Развертывание деятельности НДТП может по праву расцениваться как один из базисных элементов построения в нашей стране экономики знаний. Создаются реальные возможности для выявления наиболее подготовленной, мотивированной на обучение и достижение высоких результатов части учащихся общеобразовательных учреждений и включение их в проектную деятельность по освоению таких перспективных отраслей экономики, как энергетика будущего, виртуальная и дополненная реальность, искусственный интеллект, зеленая химия, информационная безопасность, робототехника и др.

Вместе с тем, складывается настоятельная необходимость обоснования форм и методов дальнейшей работы выпускников технопарка над развитием своих идей. С этой целью под нашим научным руководством была разработана и реализована для 150 учащихся июньской образовательной смены НДТП (08–29.06.2023) образовательная программа «Стратегия разработки инновационных проектов» в количестве 40 часов.

Замысел программы заключался в формировании у учащихся НДТП необходимого набора компетенций, позволяющих им в процессе последующего обучения создать в своем учреждении образования учебную бизнес-компанию (далее УБК), подобрать команду единомышленников и при педагогической поддержке куратора УБК организовать работу по воплощению проекта в коммерческий продукт. Такой подход в настоящее время реально осуществим, поскольку в учреждениях образования РБ за последнее десятилетие уже сложился определенный опыт работы по организации УБК как объединения учащихся по интересам в рамках дополнительного образования.

Согласно данным Министерства образования РБ, в настоящее время в учебных заведениях страны функционируют 316 УБК (3218 участников). В институтах развития образования Гродненской, Минской, Могилевской областей и города Минска осуществляется повышение квалификации педагогических работников-кураторов УБК на основе опубликованного нами учебного пособия «Основы деятельности учебной бизнес-компании» [1].

В процессе обучения перед учащимися ставились задачи освоить следующие компетенции: нормативно-правовая регламентация функционирования УБК; командообразование; инновационное проектирование; разработка и презентация проектов; коммуникативно-экономическое взаимодействие с деловыми партнерами; реализация маркетинговой стратегии.

В целях обеспечения устойчивого интереса к содержанию учебного материала занятия проводились в интерактивном режиме с применением таких активных форм обучения, как практикумы, мастер-классы, кейсы, деловые игры, панельные дискуссии, презентация проектов (питчинг).

Итоговая презентация проектов стала свидетельством высокой степени подготовленности и обучаемости учащихся НДТП, социальной ответственности за иницилируемые идеи, стремлении масштабно и научно-обоснованно решать глобальные социальные и экологические проблемы. Высокой оценки удостоились

проекты «Биоразлагаемые нити нового поколения» (А. Савинов), «Зеленый росточек – обогащение почвы без химикатов» (У. Романова), «Сплавы с памятью» (Э. Авсюкевич) и др.

В ходе проведенного нами опроса учащиеся особо подчеркнули значимость полученных ими навыков и компетенций по командообразованию, функциональному назначению и организации деятельности УБК, взаимодействию с педагогами-кураторами УБК, а также внешними деловыми партнерами.

Полученный опыт свидетельствует о необходимости развертывания системной работы по обеспечению взаимодействия между учреждениями образования, научными, производственными, бизнес-организациями и УО «Национальный детский технопарк», включая прохождение практик, профориентационную и пропедевтическую работу, а также проведение презентаций и стартапов с аналогичными организациями других стран.

Список использованных источников

1. Шумская, Л. И. Основы деятельности учебной бизнес-компании: учебное пособие \ Л. И. Шумская (и др.): под общ.ред. Л. И. Шумской. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021. – 200 с.

РАЗВИТИЕ СОТРУДНИЧЕСТВА БЕЛАРУСИ И КИТАЯ В СФЕРЕ ОБМЕНА ОПЫТОМ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОРПОРАТИВНЫЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ

Савиных А. Ю.

ОАО «Агентство внешнеэкономической деятельности»

anastasiasavinyh99@gmail.com

Annotation. Belarus and China have been actively collaborating in the field of exchanging experience in implementing artificial intelligence into corporate business processes. This partnership aims to strengthen knowledge-sharing and enhance technological advancements in both nations. With a focus on harnessing the potential of AI, Belarus and China are working hand in hand to drive innovation and optimize various aspects of corporate operations.

Мировая экономика находится в состоянии перманентных изменений и адаптации к новым реалиям, что непосредственно связано с быстрым развитием техники и технологий. Одним из ключевых факторов, определяющих конкурентоспособность предприятий и организаций, стала интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в корпоративные бизнес-процессы. Использование ИИ открывает перед компаниями новые возможности для повышения эффективности и конкурентоспособности субъектов хозяйствования. Основа ИИ – микроэлектроника. Китай является признанным лидером в данной сфере, поэтому сотрудничество между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой в этой области представляет большой интерес.

Вместе с тем цифровая экономика – важнейшая составляющая для развития ИИ. Китай является одной из ведущих стран в мире по объему цифровой экономики, ее доля в ВВП страны составляет около 35 %. Согласно отчету исследовательской компании International Data Corporation (IDC), расходы на рынок искусственного интеллекта в КНР, по прогнозам, достигнут 14,75 миллиарда долларов в 2023 году, что составляет около 10 % от общемирового объема. Китайские компании, такие как Alibaba, Tencent и Baidu, внедряют искусственный интеллект в различные направления своего бизнеса и достигают внушительных результатов. Беларусь также активно развивает цифровую экономику, с целью укрепления своих позиции в мире. При этом важным драйвером развития технологий ИИ в Беларуси выступают индустриальные парки, предлагающие особые экономические условия для высокотехнологичных компаний. Так, например, Парк высоких технологий, один из ведущих IT-кластеров Восточной Европы, а также Белорусско-китайский индустриальный парк «Великий камень» в своем составе имеют серьезное представительство в области ИИ, а также реализуют ряд программ в сфере образования. Существенную роль в этом направлении сыграл Декрет президента от 21 декабря 2017 г. № 8 «О развитии цифровой экономики», который установил принцип экстерриториальности и специальный правовой режим для IT-компаний.

Учитывая то, что Китай является мировым лидером в области разработки алгоритмов ИИ и создания больших баз данных, а Беларусь обладает высоким национальным кадровым потенциалом, это открывает дополнительные возможности для кооперации усилий и формирования синергетического эффекта от совместной деятельности в области ИИ.

Другим важным направлением взаимодействия Беларуси и Китая может быть более широкое применение ИИ в различных отраслях экономики. Китай активно внедряет ИИ в такие сферы, как АПК, финансы, развитие умных городов, использование автономных транспортных средств и разработка системы медицинского диагностирования на основе ИИ. Беларусь также имеет опыт внедрения искусственного интеллекта в различные отрасли, включая информационные технологии и производство. Объединение усилий по обозначенным направлениям создаст дополнительные возможности для эффективного развития бизнес-процессов двух государств, что усилит экономический рост, а также увеличит производительность и снизит затраты по конкретным направлениям. Кроме того, применение ИИ в автоматизации производства различных отраслей может улучшить эффективность и точность работы, а также повысить эффективность принятия решений и снизить операционные расходы.

Для успешного развития сотрудничества необходимо устанавливать более тесные связи между белорусскими и китайскими компаниями, а также научно-исследовательскими центрами. Организация специализированных мероприятий может стать площадкой для обмена знаниями и опытом. Важно также рассмотреть возможность создания образовательных программ и стажировок для молодых специалистов в области ИИ.

Таким образом, активизация кооперации Китая и Беларуси в области внедрения искусственного интеллекта в корпоративные бизнес-процессы субъектов

хозяйствования может сформировать значительные преимущества для повышения конкурентоспособности обеих стран.

Список использованных источников

1. Интернет-портал Xinhua News Agency [Электронный ресурс] / Xinhua News Agency. – 2023. – Режим доступа: <https://english.news.cn>.
2. Енин Ю. И., Кохно П. А. Китайско-белорусский «Индустриальный парк «Великий камень» как специальная зона экономического роста страны и ее региона // Общество и экономика. – 2018. – № 12. – С. 77–87.
3. Выходец Р. С. Политика стран ЕАЭС в области искусственного интеллекта // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. – 2022. – Т. 16. – № 3. – С. 106–117.

RESEARCH ON THE IMPACT OF DIGITAL ECONOMY ON REGIONAL GREEN DEVELOPMENT IN CHINA

Yang Cheng

BSU of Master in Economics,
2066748679@qq.com

Annotation. Since the reform and opening up, the relationship between urban ecological construction and social and economic development in China has gradually completed the transformation from obedience to symbiosis, from passive response to active response. With the continuous innovation of digital information technology, the digital economy is upgrading and reshaping the production mode and consumption mode of the society from multiple dimensions, leaping to become an important engine for the construction of China's modernized economic system and a key driving force for high-quality economic development.

The term digital economy, first coined by Tapscott as an economic system that makes extensive use of ICT technology, has become much richer. The G20 Initiative on Development and Cooperation in the Digital Economy, published by China in 2016, gives a widely recognized definition of the digital economy.

Digital economy should at least include digital infrastructure, based on computer hardware and software, telecommunication equipment to carry informationization network and digital information elements; it should also include digital application scenarios, digital media, digital transactions, smart city construction and so on, which have caused a radical impact on the reform of business forms [1].

In recent years, the Internet of Things platform, AI cloud platform, Internet finance and other digital industries are gaining momentum, the digital penetration rate of each industry is increasing, accelerating the transformation and upgrading of each industry, and industrial digitization is evolving to a deeper level, in which the digitalization level of each industry presents a reverse penetration characteristic between them. The digital penetration rate of agriculture reached 8.9 % in 2020, and the scale of rural

e-commerce sales has expanded by nearly 10 times, which shows that it is crucial to complete the digital upgrading of agriculture.

Take Shenzhen as an example, Shenzhen's digital economy is in full swing, and the added value of the core industries of the digital economy in 2021 exceeded 900 billion yuan, accounting for more than 30 % of the city's GDP. At the same time, Shenzhen has also established a green low-carbon and recycling development economic system, cultivated a number of enterprises with core competitiveness such as Huawei, ZTE, Tencent, etc. The green economic dividend released by the structural optimization effect of the digital economy, the resource allocation effect, the technological innovation effect, and the wisdom governance effect is huge. For example, Shenzhen's total economic output ranks among the top in the country, but the intensity of energy consumption and carbon emission intensity in 2021 is only 1/3 and 1/5 of the national average, with nearly 80 % of the installed clean power supply, and the international low-carbon and clean-technology cooperation and exchange platforms, the Shenzhen Emission Rights Exchange and financial institutions' carbon finance cooperation projects have been set up to crack the space, resource, population and environmental problems, and the city's green development has a strong kinetic energy. Considering the possible "negative energy" effect of digital infrastructure construction, this paper discusses the non-linear impact of digital economy on urban green development with the help of the following classic panel threshold model:

$$Gee_{it} = \eta_0 + \eta_1 Dige_{it} \times I(Diginf_{it} \leq \theta) + \eta_2 Dige_{it} \times I(Diginf_{it} > \theta) + \eta_3 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

For green development, the significance of the digital economy is not only reflected in its contribution to the total volume, but more importantly in its role in promoting the optimization and upgrading of industrial structure. This requires that in promoting urban green development, we should not only adapt to local conditions, but also strengthen synergy and linkage, and fully consider the regional heterogeneity and complementarity of the digital economy's effect on ecological efficiency. On the one hand, it is necessary to enhance the systemic and synergistic nature of digital economy governance in each region, and break down the industry barriers and geographical restrictions of new models and new business forms [2]. On the other hand, it is also necessary to rely on regional comparative advantages, through the introduction of talent and technology, to create a characteristic digital industry, to implement the digital economy empowered urban production space transformation differentiated development paths, and to release the regional advantages of the digital economy in improving ecological efficiency. Undoubtedly, this is also one of the important directions for the green development of digital economy-enabled cities.

Continuously coordinating the relationship between economic and social development and urban habitat and ecological environment is not only an important way to achieve coordinated economic and ecological development, but also an urgent requirement for transforming the mode of economic development, optimizing the economic structure, and transforming the power of economic growth. From the perspective of the key production factors of the digital economy, the data factors are not only low-cost

and large-scale availability, but also have traditional factors such as labor, capital, land, etc., that do not have the Non-competitive, non-exclusive (partial exclusivity), low-cost replication and other characteristics [3]. This makes the digital economy replace natural resources and ecological factors as the main production factors with knowledge, technology, information and data to a certain extent, thus the digital economy itself is an environmentally friendly industry, optimizes the ratio structure of factors, and causes less loss to the urban ecological environment, and achieves the effect of green development of the city on the whole.

References

1. Gao Xing, Li Maicao. Digital Economy Enabling Economic Green Development: Role Mechanism, Realistic Constraints and Path Selection[J]. *Southwest Finance*, 2023(02):31-43.
2. Ren, S., Hao, Y., & Wu, H. (2022). Digitalization and environment governance: does internet development reduce environmental pollution? *Journal of Environmental Planning and Management*, 1–30. <https://doi.org/10.1080/09640568.2022.2033959>
3. Chai, J., Wu, H., & Hao, Y. (2022). Planned economic growth and controlled energy demand: How do regional growth targets affect energy consumption in China? *Technological Forecasting and Social Change*, 185, 122068. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122068>

CHINA'S ACCELERATED DEVELOPMENT OF AI AND POSSIBILITIES OF FUTURE COOPERATION IN BELARUS

Ma Wenjun, Shi Ruizhe, Ivan Darashkevich
Belarussian State University, Minsk, Belarus
1656624773@qq.com

Annotation. The continuous advancement of AI technology is continuously developing China's comprehensive AI infrastructure. Local tech companies represented by Tencent, Baidu, Alibaba and Huawei are emerging as flagship entities for this development. This thesis analyze these advances provides a framework for understanding possible paths for mutual development and cooperation in AI in China and Belarus.

Between 2014 and 2017, China's AI industry witnessed a wave of start-ups, with around 4,000 companies. After 2019, this wave faded.

This shift is further evidenced by the deep integration of AI with various industries in 2022, driving the upgrading of traditional industries. The emergence of innovative technologies, represented by AIGC, and the shift from a technology-orientated to a value-orientated market further outlines this development trajectory.

Building a complete AI ecosystem requires a strong AI hardware infrastructure, At the recent 2023 China Computing Conference, Liu Jun, President of Lenovo Group China, outlined the three main features of China's emerging AI ecosystem: super smart terminals, hybrid architecture computing, and comprehensive industry applications.

According to International Data Corporation, Lenovo Group has become the fastest-growing AI hardware infrastructure provider in 2022, with a 139 % increase from a year earlier, ranking third globally. Meanwhile, the accelerated deployment of intelligent computing centres is achieving rapid ramp-up through the widespread application of AI in various industry scenarios.

Intel (China) stood out with its combined hardware and software advantages. From CPUs to GPUs, from FPGA accelerators to dedicated AI acceleration chips (ASICs), Intel hopes to build a full-stack AI product and platform through XPU hardware architecture complemented by software and platforms.

China provides a blueprint for Belarus with strong AI innovation progress. This cooperation could not only drive technological progress in both countries, but also promote the development of AI globally, reinforcing the key role of AI in global development.

References

1. Yang Yuran, Sun Yisong. Commercial realization, mastering the investment code of AI scenarios - A study on the investment value of AI commercial landing in China in 2023 [J]. Enterprise Management, 2023(09): 65–71.

2. Xia Jiaojiao. Research on business development strategy of Intel (China) AI ecological accelerator [D]. East China Normal University, 2022. DOI:10.27149/d.cnki.ghdsu.2022.001455.

CHINA'S E-COMMERCE MARKET MODEL AS AN INSPIRATION FOR BELARUS

Ma Wenjun, Shi Ruizhe, Ivan Darashkevich
Belarussian State University, Minsk, Belarus,
1656624773@qq.com

Currently, the development of the Chinese economic model is an attractive example for many developing countries, especially in the development of electronic commerce, information technology and modern government management systems. China's cross-border e-commerce is experiencing rapid growth, fueled by the significant advancements in information technology and the Belt and Road Initiative.

In 2019, the transaction volume of China's cross-border e-commerce reached RMB 10.5 trillion. Alibaba, a leading internet technology company in China, epitomizes the success in the cross-border e-commerce domain. In 2015, company invested in nearly 70 enterprises, including 15 overseas. By 2019, Alibaba's business income and profits had increased by seven and four times respectively.

It is obvious, that **sustainable development model of Chinese e-commerce is focusing on enterprise cost control** which includes:

1. *Determining Operational Scope and Logistics Cost Control.* A pivotal aspect of sustainable e-commerce growth lies in accurately defining the operational scope and target clientele. Alibaba has astutely delineated its operational boundaries and customer

base, ensuring the allocation of resources to viable and profitable product marketing schemes, and guarantee that all diverse offerings have 24-hour delivery.

Logistics network is paramount for enhancing consumer experience and reducing societal logistics costs. Alibaba's commit to infuse CNY 100 billion from 2019 to 2024 to expedite the construction of a comprehensive logistics network.

2. *Enhancing Work Efficiency.* Alibaba ensures regular sales training for its employees, fostering an environment of continuous learning and skill development.

3. *Supply Chain Management Model Construction.* Alibaba has strategically acquired shares in various companies, enhancing its control over different aspects of the supply chain, from attracting users to managing capital and logistics flows. This strategic move underscores the critical role of supply chain competition and management. The construction methods encompass three primary approaches: downstream construction, upstream construction, and a combination of both.

4. *Innovative Management model benefits capital flow.* It's bifurcated into payment settlement and transaction phases, Alibaba has enabled users to swiftly access the latest and most relevant information through its platform. Also, Ali Developed specialized chat tool for inter-enterprise communication, to cost reduction and efficiency enhancement.

On this basis, the exploration of China's e-commerce market model offers the opportunities that Belarus can leverage, by adapting successful models, for enhance its e-commerce landscape, fostering economic growth and global integration.

References

1. Zhou Yu, Wang Peiji. Research on logistics cost control of e-commerce enterprises [J]. Marketing world, 2019(25): 53–54.
2. Fan Yanhua, Du Yong. Research on Logistics Risk Identification and Prevention of Cross-border E-commerce Platform – Taking Alibaba as an Example[J]. Marketing World, 2020(08): 18–19.

LOGISTICS DEVELOPMENT IN CHINA AND BELARUS UNDER ECONOMIC INTEGRATION

Li Yuyan

Belarusian State University
iamyanyanplus@gmail.com

Annotation. By examining the current state of international logistics development under economic integration, this paper concludes that the logistics industry between China and Belarus still faces some challenges, so it is necessary to collaborate in the formulation and improvement of relevant logistics laws and regulations, to strengthen infrastructure construction, and to cultivate high-quality international logistics talents.

Belarus and China are developing regional economic cooperation as the global economy slows. The "One Belt, One Road" initiative not only strengthens China-Belarus political, economic, and cultural ties and facilitates trade and commerce between the two countries, but it also facilitates the improvement of infrastructure between the countries, the improvement of logistic facilities and equipment, and the promotion of economic development. In this context, it is critical to analyze the current state of logistics development, as well as identify problems in the development process, in order to have a significant impact on China and Belarus' logistics development [1].

Since the Belt and Road Initiative was proposed in 2013, the scale of import and export trade, as well as the volume of freight, have been on an upward trend, with China's import and export trade exceeding 4 trillion US dollars in 2013 and 7 trillion US dollars in 2023. The scale of import and export trade continues to grow, but the total volume of import and export trade fluctuates and rises as the economy expands. At the moment, China and Belarus' logistics development is hampered by ineffective logistics management laws and regulations, a scarcity of high-quality logistics talent, and an inadequate international logistics infrastructure [2].

1. Accelerate the improvement of international logistics laws and regulations. With the promotion of "One Belt, One Road" as part of economic integration, the government should increase policy and financial support for international logistics. China has implemented a number of preferential policies for the "Belt and Road Initiative" in order to promote the development of international trade and logistics between China and Belarus. In this context, the relevant departments must also introduce special laws and regulations for international logistics, strengthen logistics enterprise management, unify the management system, clarify the scope of authority and responsibility between departments and regions, optimize logistics resource allocation within and between regions, and facilitate logistics enterprise operation and development.

2. Develop top-tier international logistics talent. International trade and international logistics development must be supported by high-quality talent under the "Belt and Road" Initiative. International logistics enterprises must recruit high-quality logistics professionals who not only understand the fundamentals of international trade and

logistics, but also understand transportation, warehousing, distribution, and other professional skills. They must also increase their awareness of logistics services, as well as their use of computer operations and foreign language proficiency, in order to meet the demands of high-quality services. On the one hand, international logistics enterprises must do a good job of introducing professional, high-quality logistics personnel; in the context of "Belt and Road", you can directly employ local logistics professionals, allowing you to make full use of human resources and strengthen communication and exchange between logistics professionals. Colleges and universities, on the other hand, should improve the quality and level of training of logistics talents, including not only solid basic knowledge but also professional skills, not only to keep up with the international logistics situation but also to improve organization, coordination, communication, exchange, and other basic skills [3].

3. Increase the number of international logistics facilities being built. Build a comprehensive international logistics service platform, improve the level of international logistics information service, and provide customers with one-stop services such as procurement and manufacturing, warehousing and storage, packaging, distribution, return and return of goods, and so on. To enhance customer satisfaction, the customer can be the first to grasp the movement of goods, the progress of goods transportation, and so on. Customers require more and more diversified logistics services as international trade and cross-border e-commerce develop. As a result, logistics service enterprises must expand the scope of services, provide customized services to meet the individual needs of customers, pursue quality and globalization of logistics services, and improve the overall efficiency of the service in order to survive and grow in a competitive market environment with complex market demand.

Under the backdrop of economic integration, trade between China and Belarus continues to grow, trade volume is increasing, goods exchange is frequent, and international logistics is developing to some extent. Improving international logistics infrastructure construction and promoting better coordinated development of international trade and international logistics are unavoidable outcomes of economic and trade development in this process.

References

1. Li Yuyan. Digital logistics development under eurasian economic integration. Belarusian National Technical University. – Minsk: 2023. – C. 78–79.
2. Li Yuyan. New areas of co-operation between China and Belarus within the framework of the Digital Silk Road. Belarusian State University Republican Confucius Institute of Chinese Studies. – Minsk: 2023. – C. 132-139.
3. Li, Yuyan. Logistics development under “The belt and road initiative”. The Belarusian National Technical University. – Minsk: 2022. – C. 248–249.

MECHANISMS AND MEASURES FOR ECONOMIC INTEGRATION BETWEEN BELARUS AND CHINA

Qiu Lanhui

Belarusian State University

1026931510@qq.com

Annotation. As two important economic entities, Belarus and China face the background of globalization and international economic cooperation, and it is of great significance to strengthen their economic integration cooperation. This article aims to explore how both sides can further strengthen economic cooperation and achieve mutual benefits by analyzing the mechanisms and means of economic integration between Belarus and China.

As two countries with rich resources and potential, Belarus and China have broad prospects for economic cooperation and integration. To strengthen their economic integration, both sides need to establish a comprehensive mechanism and means to achieve mutual benefits.

Policy level is an important factor in promoting economic integration. Both sides can sign bilateral cooperation agreements, free trade agreements, and investment protection agreements to clarify the policy framework and legal guarantees for economic cooperation. They can also establish mutually recognized standards and norms to promote trade facilitation and connectivity.

Trade cooperation is one of the core contents of economic integration. Both sides can improve trade channels and trade facilitation to increase trade volume and level. They can also explore potential trade opportunities by enhancing the complementarity of goods and services. Setting up economic zones and free trade areas can provide more favorable trade policies and attract more investment and trade.

Investment cooperation is also an important means of achieving economic integration. Both sides can strengthen investment cooperation and jointly carry out project construction and business cooperation. They can cooperate in infrastructure construction and other areas to achieve resource sharing and complementary advantages. To encourage investment cooperation, both sides can provide more favorable investment policies and tax policies to reduce investment risks and costs.

Humanistic exchange is an essential support for economic integration. Both sides can strengthen exchanges and cooperation in education, culture, science and technology, and other fields to enhance mutual understanding and friendship. They can also conduct academic exchanges, carry out research projects and academic conferences, and hold art exhibitions and cultural festivals to increase mutual understanding among people and provide a social basis for economic cooperation.

The economic integration between Belarus and China has broad prospects and potential. Through the above ways, both sides can further strengthen their economic cooperation and achieve mutual benefits.

References

1. Unger, J. (2017). China's Role in the Making of a New Global Order. *Journal of Chinese Political Science*, 22(2), 131–142.

ИНТЕРНАЦИОЛИЗАЦИЯ И КООПЕРАЦИЯ СУБЪЕКТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БЕЛАРУСИ И КИТАЯ

Алексеев Ю. Г., Давидович В. А., Чжао Чжунъюань

Инновационный международный центр научно-образовательного
и коммерческого сотрудничества «Дело»

Минский городской технопарк

Центр по трансферу технологий государств членов ШОС

y.g.aliakseyeu@gmail.com

Annotation. The characteristics of the activities of individual subjects of the innovation infrastructure of Belarus and China are given. Reflects: the subject, the main goals and objectives of their functioning. The results of their activities are briefly presented. The prospects and importance of their cooperation to create a joint infrastructure in the context of the globalization of the international market are given.

Экономическое развитие стран напрямую зависит от их способности конкурировать и сотрудничать на мировом рынке товаров и услуг. В первую очередь это относится к высокотехнологичным, инновационным производствам, развитие которых во многом определяется деятельностью субъектов инновационной инфраструктуры (далее – СИИ). Интернационализация и создание совместных СИИ является наиболее актуальным в настоящее время.

В Беларуси и в Китае приняты и реализуются Государственные программы по созданию и поддержке СИИ [1], развиваются новые формы межгосударственного сотрудничества при поддержке СИИ [2]. Беларусь активно вовлечена и тесно сотрудничает с Китаем в рамках проекта «Один пояс и один путь» [3]. Так следует отметить недавнее подписание меморандумов о сотрудничестве между Китайским Центром по трансферу технологий государств членов ШОС (далее – Центр ШОС) с Минским городским технопарком (далее – МГТ) и с Инновационным международным центром научно-образовательного и коммерческого сотрудничества «Дело» (далее – ИМЦ). Предметом их совместной деятельности является: развитие стартапов и инновационной экосистемы; финансирование проектов и образовательных программ; академические обмены; создание совместных лабораторий; сотрудничество в проведение научно-образовательных мероприятий и др. сферы сотрудничества.

В целях реализации декларации членов ШОС в 2020 г. в городе Циндао был основан Центр ШОС (<http://www.scocenter.com/>). Центр ШОС занимается развитием сотрудничества в области науки, техники, культуры, экономики, торговли и образования и является мостом между странами, поддерживающими международную инициативу «Один пояс – Один путь». Основное направление деятельности – продвижение инноваций. Центр ШОС предоставляет комплексные услуги: разработка и транспортировка инноваций; размещение рабочих станций за рубежом; участие в научно-практических мероприятиях; декларация проектов; привлечение специалистов; содействие проведению исследований с университетами и научными организациями. Предоставляет рыночные услуги: организация зарубежных поездок, сопровождение импорта и экспорта продукции, международные инвестиции в производственные

компании. Центр ШОС создал координационные центры в крупных городах Китая, филиалы в Лондоне, Санкт-Петербурге, Астане, Ташкенте. Ведется постоянный диалог с 20 другими странами в рамках «Один пояс – Один путь». Планируется открытие зарубежных филиалов, в том числе и в Беларуси. К настоящему времени Центр ШОС зарегистрировал контрактов на сумму более 20 млн. юаней, объем торговли услугами составил более 3 млрд. юаней, а объем услуг с управлением Центра ШОС – более 100 млн. юаней, реализовано более 5000 технологий и 24 промышленных проекта, привлечено более 2000 высококлассных экспертов.

МГТ (<https://mgtp.by/>) создан и получил государственный статус СИИ в 2011 г. Главная задача МГТ – поддержка и создание благоприятных условий предпринятиями и начинающим компаниям в реализации инноваций: материально-техническое, финансовое, организационно-методическое, информационное, консультационное и иное обеспечение. Сегодня МГТ – это крупнейший технопарк Беларуси: территория – 43,8 га; площадь – 128 000 кв. м; объем производства 49 резидентов – 149 млн. руб. Резиденты работают в сферах: энергосбережение, машиностроение, микроэлектроника, медицинское техника, системы безопасности, опико-электронные системы. Партнерами МГТ являются отечественные и зарубежные технопарки, университеты и академические структуры, в том числе китайские (Sanyi Aeronautics Technology, Китайско-Российский технопарк г. Чанчунь, ИП «Великий камень», Китайско-Российский технопарк г. Яньтай и др.).

ИМЦ достаточно молодая компания, которая открыта в 2023 г., в состав которой входят специалисты с огромным опытом работы по сотрудничеству между белорусскими и китайскими организациями. Оказывается содействие университетам в формировании и реализации совместных образовательных программ. С Международной ассоциацией научно-технологических парков и зон высоких технологий «Один пояс – один путь» организуется обмен учеными, проведение лекций, обсуждение и подготовка совместных инновационных проектов между. Совместно с Китайско-Белорусским технопарком г. Чанчунь прорабатываются вопросы, связанные с организацией совместных предприятий.

Список использованных источников

1. Ци Цзи, Алексеев Ю. Г. О состоянии и перспективах развития научно-технологического комплекса Китайской Народной Республики // *Новости науки и технологий*. – 2016. – № 4. – С. 48–55.

2. Алексеев Ю. Г., Цивес М. В. Организация сотрудничества в области науки и техники БНТУ и Научно-технологического парка БНТУ «Политехник» с научными и инновационными организациями КНР // *Сборник научных статей «Изучение китайского языка и культуры как фактор устойчивого развития регионов Беларуси»*. – 2018. – С. 8–11.

3. Алексеев Ю. Г. Создание технопарков как возможность эффективного участия в проекте «Пояс и путь» / Ю. Г. Алексеев, Н. А. Дудко, М. В. Цивес, Ци Цзи // *Пояс и путь: возможности для Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24 февр. 2017 г.* / под ред. А. А. Тозика. – 2017. – С. 72–89.

“一带一路”框架下的数字经济全球化发展：中白未来发展态势研究
(Globalisation of the Digital Economy under “the Belt and Road” Framework:
Study on the Future Development Situation of China and Belarus)

陈韩同舟(Hantongzhou Chen)¹, Starovoitova T. F.²

¹Belarusian State University

²Academy of Public Administration under the President of the Republic of Belarus

¹CHtz945@gmail.com, ²tatfelstar@gmail.com

Annotation. The year 2023 marks the tenth anniversary of “the Belt and Road” Initiative, and “the Digital Silk Road” is becoming a bridge for a new type of globalisation. The “Belt and Road” countries are actively developing international cooperation in emerging fields such as digital economy, which will undoubtedly become an important force for the economic recovery and development of each country. In this paper, we take China and Belarus as the case studies to analyse and summarise the future development trend of the two countries in the field of digital economy, and provide reference and suggestions for relevant scholars.

By the end of June 2023, China's in-use data centre racks surpassed a total of 7.6 million standard racks, with an aggregate computational power reaching 197EFLOPS, securing its position as the world's second-largest. Moreover, China boasts the highest production output of computing products such as servers, computers, and smartphones globally [1].

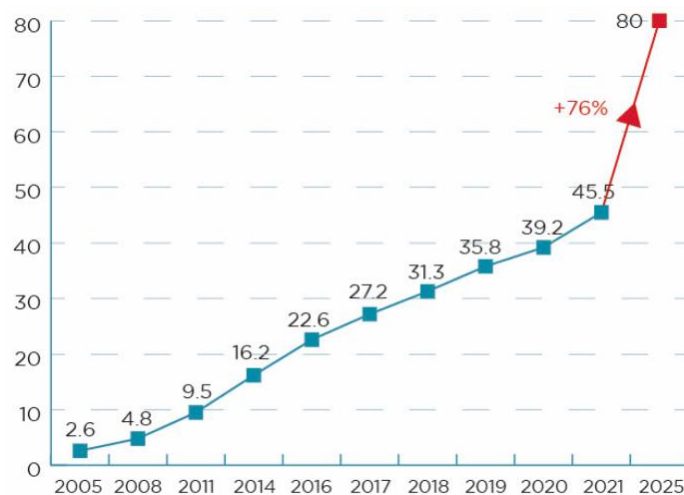


Figure 1 – China's Digital Economy Scale and Forecast

As seen in fig. 1, the digital economy is driving China's real economy, with its market size growing from 2.6 trillion yuan in 2005 to 50.2 trillion yuan in 2022 (ranking second globally), and expected to reach 80 trillion yuan by 2025 (a growth of about 76 %). As a share of GDP, the digital economy has grown from 14.2 % in 2005 to 41.5 % in 2022 and is projected to reach 55 % by 2025. Cooperation between China and the Belt and Road countries in the field of digital economy is also going deeper and deeper. Since the 10th anniversary of the “Belt and Road” initiative, more

than 150 countries and 32 international organisations have signed more than 200 cooperation documents with China to build the "Belt and Road"[2].

The digital economies of China and Belarus, while developing along different paths, face three common challenges and obstacles. First, China and Belarus have significant complementarities in digital technologies, including in areas such as finance and infrastructure, which offer substantial opportunities for digital cooperation. Second, the inadequacy of the relevant legal system, mainly in terms of privacy protection and personal data security, which greatly restricts the rapid diffusion of relevant technological services in the civil sector. Finally, the two countries should work together to deepen talent training through the construction of the digital "One Belt, One Road", establish joint incubation platforms, research laboratories and R&D strategic alliances, and strengthen the foundation for sustained innovation and talent training, so as to provide continuous vitality for the digital economy.

BELARUS AND CHINA DEVELOP DIGITAL ECONOMY IN REGIONAL CONDITIONS

Shao Ruixue

School of Business of Belarusian State University, Minsk, Belarus

Annotation. The rapid development of the digital economy in recent years has become an important factor influencing the global landscape, and regional economic integration is also a way of cooperation between countries around the world. This article describes various aspects of the benefits of cooperative development between Belarus and China in the conditions of regional economic integration for the digital economy and digital technologies.

In recent years, the digital economy has been developing rapidly at an unprecedented rate, with a wide and far-reaching impact, and is becoming an important force influencing the reconfiguration of global factor resources, the reconstruction of the global economic structure and changes in the global competitive landscape. At the same time, the synergistic effects of regional integration and its impetus to economic development are gradually emerging. According to the global economic development trend, the development of regional integration economy is unstoppable. Currently, the world is rapidly developing a digital economy. Digital economy refers to a series of economic activities in which digital knowledge and information data are the main factors of production, modern information network is an important carrier, and information interaction technology effectively serves as an important driving force to improve efficiency and optimize economic structure [1]. The rapid development of the digital economy has made it the "new engine" of national economic growth. Therefore, within the framework of economic integration, the cooperation between Belarus and China in the digital economy has a huge potential and will give new impetus to the development of the information technology industry.

Both China and Belarus pay great attention to the development of the digital economy. Belarusian President signed a Decree on the Development of the Digital Economy

in December 2017 and said that the development of the digital economy is one of the directions of the country's development. He emphasized the need for Belarus to give new impetus to the country's IT industry, to attract talented people and well-known companies to develop it, and to become at least a regional leader in areas such as artificial intelligence, big data and blockchain. Since Belarus has been vigorously developing its digital economy, it has been growing rapidly and its digital economy is among the top in Eastern European CIS countries [2].

Meanwhile, China has been focusing on the development of the digital economy and digital technology since 2015, when it first proposed the "construction of a digital China", and has gradually become a world-recognized digital power. China's goal is to develop the digital economy, promote digital industrialization and industrial digitization, facilitate the deep integration of the digital economy and the real economy, and create internationally competitive industrial clusters. According to the 2021 Global Digital Economy Conference, China's digital economy has ranked second in the world for many consecutive years. At the same time, China has made great achievements in promoting industrial digitization and the deep integration of digital technology with economic and social development.

Regional economic integration refers to the process and state in which economies that were originally independent of each other combine in some form to form an economic union. Regional economic integration implements free trade, which, in the case of Belarus and China, can extend trade liberalization to a specific region, thus gaining more benefits. For example, the establishment of the China-Belarus Industrial Park (CBIP), which is China's largest offshore economic and trade cooperation zone, is one of the cornerstones of the future economic integration of Belarus and China.

The development of the digital economy promotes the process of regional economic integration, and at the same time, by strengthening regional cooperation, Belarus and China will be able to realize the co-development of the digital economy and digital technology, creating more opportunities and momentum.

Deepen the construction of digital economy system and promote the development of digital economy. With the "Belt and Road" as the lead, we will promote the development of high technology by using economic and trade cooperation zones and free trade zones as a pilot for trade innovation and development [3]. Belarus and China will cooperate with each other in the field of information technology, strengthen the improvement of standards, scientific and technological innovation and industrial upgrading, promote the research and development, transformation and application of key core technologies, and raise the level of high-quality development of the digital economy industry.

Improve the standardization level of the digital economy, formulate an action plan for upgrading the standards of the digital economy, and implement a number of projects for upgrading the standards of the digital economy in the key areas of digitalization of the industry and digitization of the industry, so as to enhance the competitiveness of the market. Accelerate the improvement of the digital trade industry, platform, ecology, system and regulatory system, continue to strengthen the construction of the whole chain of digital trade, and promote the synergistic transformation and development of digitalization and greening [4].

Third, accelerate the development of digital industry clusters and promote the digital transformation of industries. Digital technology cooperation between the two countries should focus on digital industry clusters such as digital security and network communications, and vigorously develop digital industries such as artificial intelligence, cloud computing and big data to promote industrial digital transformation [5]. Intelligent development of traditional manufacturing industries will be transformed to new smart manufacturing.

By strengthening regional cooperation, Belarus and China will be able to realize the co-development of the digital economy and digital technology, creating more opportunities and momentum.

References

1. Tatsiana Smirnova. Analysis of the economic effects of the China-Belarus Free Trade Zone[D]. – Chongqing University, 2012.
2. Yan Yajuan. Research on the Construction of the Eurasian Economic Union Foreign Free Trade Area [D]. – Jilin University, 2021.
3. Zhong Wen, Zheng Minggui. The impact and mechanism of digital economy on regional coordinated development [J]. Journal of Shenzhen University (Humanities and Social Sciences Edition), 2021, 38(04): 79–87.
4. Hunar Bailihan. Feasibility analysis of establishing a free trade area between China and Russia, Kazakhstan and Belarus [D]. Xinjiang University, 2015
5. Pang Jian, Zhu Xinmin. Foreign digital economy development trends and digital economy national development strategies [J]. Science and Technology Progress and Countermeasures, 2013, 30(08): 124–128.

CURRENT STATUS OF ECONOMIC INTEGRATION COOPERATION BETWEEN CHINA AND BELARUS AND PROPOSALS FOR ITS FUTURE DEVELOPMENT

XIE Hui, XU Li-Jun

Belarusian State University
ah1018881679@mail.com

Annotation. This paper thoroughly analyzes current and future economic integration between China and Belarus, showcasing significant recent growth across trade, production capacity, digital economy, logistics, and investment. Recommendations for the future emphasize enhanced interdisciplinary collaboration, Belt and Road Initiative promotion, cultural and educational exchanges, streamlined investment climate, innovative partnership models, sustainable practices, and regional engagement. These proposals aim to catalyze deeper economic integration between both nations, fostering shared interests and prosperity. Through persistent collaboration, China and Belarus can significantly contribute to global economic advancement.

In recent years, cooperation between China and Belarus has shown increasingly

significant growth, characterized by the flourishing development of multifaceted cooperation. The achievements of this cooperation have been remarkable, and this paper briefly summarizes them in this regard.

I. Summary of the current situation:

Trade cooperation has shown remarkable growth: bilateral trade between China and Belarus reached a record high of \$5.8 billion in 2022, an increase of 113.6 % from 2021. Belarus' merchandise exports totaled \$1.6 billion, an increase of 76.5 percent.

Cooperation in production capacity is gradually being strengthened: 49 of the companies registered in Belarus's Jumbo Industrial Park are companies with investments from China, announcing investments of about \$770 million and plans to create jobs for more than 3,800 people.

E-commerce and digital economy cooperation is booming: Belarusian national e-commerce has been launched on 2 popular Chinese e-commerce platforms, Jingdong and TIKTOK, and there are plans to open Belarusian e-national pavilions on 7 other major Chinese platforms.

Chinese investment in Belarus has grown significantly: Chinese investment in Belarus has increased by almost 80 %, and in 2022, China is in seventh place in terms of total FDI in Belarus.

These data highlight the significant growth and expansion of areas of cooperation between China and Belarus, providing substantial support for the deepening of cooperation between the two sides.

In the future, in order to deepen this positive development, we have put forward a series of recommendations aimed at promoting broader and deeper cooperation between China and Belarus in economic integration and cooperation, and realizing common prosperity and development.

II. Suggestions for future development:

Strengthen the depth and breadth of cooperation in multiple fields: strengthen cooperation in trade, investment, production capacity, science and technology, agriculture, digital economy, e-commerce, logistics and other fields to increase the depth and breadth of cooperation.

Promote the implementation of the Belt and Road Initiative: make full use of the platform of the Belt and Road Initiative to deepen cooperation with China and promote economic exchanges between Belarus and countries along the Belt and Road. Strengthening humanistic exchanges and educational cooperation

Strengthening humanistic exchanges and educational cooperation: through strengthening cooperation in education, culture, sports and other humanistic fields, we will promote mutual understanding and friendship between the two sides and lay a more solid foundation for economic cooperation.

Continuously optimize the investment environment: Provide more convenient policies, services and environment for Chinese enterprises investing in Belarus, and encourage more high-quality projects to land in Belarus.

Sustainable development and green cooperation: emphasize the concept of sustainable development, promote cooperation in environmental protection, clean energy and green technology, and jointly address global environmental issues.

Strengthening regional cooperation: Maintaining close coordination and cooperation on international and regional affairs of common interest, and jointly promoting regional peace, stability and prosperity.

These recommendations are aimed at promoting more positive and in-depth development of economic integration cooperation between China and Belarus in the current international situation, and realizing common interests and prosperity.

References

1. Sun D Q, Zhang H Q, Zheng J W, et al. (2017). Development Path of China's Oil and Gas Industry under the Background of the Belt and Road Initiative. *China Energy*, 39(6), 12–15.
2. Hu W, Ge Y, Dang Q, et al. Analysis of the development level of geo-economic relations between China and countries along the Belt and Road[J]. *Sustainability*, 2020, 12(3): 816.
3. Xu, D. D. (2020). A Rhetorical Study of Attitudinal Resources in "Belt and Road Initiative" Foreign News. (Master's thesis, Hangzhou Dianzi University). DOI: 10.27075/d.cnki.ghzdc.2020.000178.

SHANGHAI COOPERATION ORGANIZATION AND ECONOMIC SECURITY IN BELARUS AND CHINA

Yuelong Zhang

School of Business of BSU, Minsk, Belarus

bsuzhang@gmail.com

Annotation. The Shanghai Cooperation Organization (SCO) is an important regional organisation in Eurasia, encouraging collaboration among member governments in numerous disciplines. This research explores how the SCO improves economic security, focusing on Belarus and China. This article examines the SCO's economic activity and these two states' economic issues to demonstrate the organization's role in regional economic stability.

Eight countries, including China and Belarus, make up the Shanghai Cooperation Organization (SCO), a major 21st-century Eurasian player. Economic security is crucial as the world grows more interconnected. Economic security demands resilient economies, diverse resources, and sustainable commerce, not just money.

See how the SCO affects Belarus and China's economic security. These countries have economic issues, and their SCO membership illuminates the organization's mission. We wish to understand the SCO's structure, history, economic goals, and Belarus and China's economic security. We will explain the SCO's role, review Belarus and China's economic security issues, and assess its economic security measures. SCO initiatives' results will be shown in cases.

In a dynamic world, regional organisations like the SCO affect economic stability. China, Russia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, and Uzbekistan founded the Shanghai Cooperation Organization (SCO) in 2001. India and Pakistan joined in 2017, increasing

its importance. The SCO seeks political, economic, military, and cultural cooperation. Economic activity in SCO has expanded steadily. It fosters economic collaboration in numerous ways. Money laundering and illicit financial flows are combated by the SCO Regional Anti-Terrorist Structure (RATS). SCO Business Council and Interbank Consortium aim to promote economic and commercial ties [1].

China launched the SCO economic cornerstone "Belt and Road Initiative" (BRI). The BRI improves infrastructure and connectivity in SCO and other countries through land- and sea-based trade routes. Economic activities are key to SCO regional stability and prosperity. This document will help us assess the SCO's economic security contributions, particularly in Belarus and China. Compare Belarus and China's economic security in the Shanghai Cooperation Organization (SCO) to see its efficacy.

Belarus faces economic difficulties such energy dependence on Russia, poor diversification, and sanctions. Infrastructure initiatives and SCO trade agreements helped Belarus overcome these challenges. Economic diversification and energy independence are promoted by SCO initiatives like Belarus-China Industrial Park and Great Stone Industrial Park. China has economic security concerns related to global trade, resource access, and regional stability. The SCO supports China's Belt and Road Initiative regional connectivity. These programs build alternative trade routes and resource supply networks for China's economic security.

Belarus and China discussed economic security at the SCO. China grows its economic might as Belarus diversifies and becomes more resilient. By studying the SCO's impact on these two economies, we may learn how regional organizations can improve member economic security. We shall explore case studies and outcomes to understand the SCO's economic security contributions in Belarus and China in the following sections.

SCO has enhanced Belarus' economic security. SCO supports Belarus' economic problems and potential. Economic security challenges for Belarus include trade imbalances and energy dependence. These challenges affect national security and stability. Belarus recognizes economic security safeguards its budget and sovereignty. SCO engagement is strategic for Belarus. Belarus joined a stable, growing, and mutually beneficial regional cooperation network. Belarus's economic security aims meet SCO consensus, equality, and non-interference.

The Belarus-China economic case study highlights the genuine benefits of SCO membership. Growing economic ties between these nations have enhanced growth, diversification, and resilience. Belarus' economic security has improved through SCO trade, energy cooperation, and investment. Though the SCO has enhanced Belarus's economic security, concerns remain. Examples include trade inequality, economic partner variety, and SCO project viability. Belarus will keep participating in the SCO's economic activities to improve its vitality and seize opportunities [2].

Belarus's SCO relationship is vital in the volatile and interconnected global economy. This indicates how the organization can address cross-border economic security for its members. The SCO will strengthen Belarusian and Eurasian economic security in the future. Through communication, cooperation, and shared aims, the SCO gives members facing challenging economic security concerns in a changing world hope [3].

China's economic security is improved by the SCO. The SCO, a mutual cooperation and shared goals organization, has helped China's economic growth and regional influence. China has used the SCO to handle complicated economic security challenges as a

founding member. Financial stability, energy, trade, and infrastructural growth. China uses the SCO strategically because economic security is crucial to national security.

The SCO helps China achieve economic security. The organization's non-interference, mutual respect, and equality promote China's economic growth and regional stability. It strengthened China's business connections with SCO members and observers. China's significant SCO economic cooperation with Belarus is highlighted. Mutual cooperation has improved trade, investment, and economic diversity, enhancing China's economic security. The SCO has enhanced China's economic security, but challenges remain. Addressing trade imbalances, managing regional security crises' economic impacts, and supporting massive infrastructure projects are examples.

China's SCO leadership and participation show its economic security commitment. The SCO promotes dialogue, collaboration, and consensus to help China and the Eurasian area manage economic security. China's economic security plan will depend on SCO cooperation. China's and the Eurasian region's economic stability depends on the organization's broad and inclusive approach to economic security.

Compare Belarus and China's economic security in the Shanghai Cooperation Organization (SCO) to see its efficacy. Belarus faces economic difficulties such as energy dependence on Russia, poor diversification, and sanctions. Infrastructure initiatives and SCO trade agreements helped Belarus overcome these challenges. Economic diversification and energy independence are promoted by SCO initiatives like Belarus-China Industrial Park and Great Stone Industrial Park. China has economic security concerns related to global trade, resource access, and regional stability. The SCO supports China's Belt and Road Initiative regional connectivity. These programs build alternative trade routes and resource supply networks for China's economic security. Belarus and China discussed economic security at the SCO. China grows its economic might as Belarus diversifies and becomes more resilient. By studying the SCO's impact on these two economies, we may learn how regional organizations can improve member economic security. We shall explore case studies and outcomes to understand the SCO's economic security contributions in Belarus and China in the following sections.

We suggest the SCO has improved Belarusian and Chinese economic security. Despite oil dependence and economic restrictions, the SCO has helped Belarus diversify and adapt. SCO projects like the Belarus-China Industrial Park show economic growth. The SCO has helped China implement the Belt and Road Initiative (BRI) by providing alternative trade routes and resource supply networks to promote economic security. China has used the SCO to boost its economy and eliminate trade disputes.

The SCO is vital to member states' economic security. Its diversified economic initiatives, cooperation ventures, and regional linkages benefit Belarus and China. SCO influence affects regional economic dynamics and member state collaboration beyond these two nations. In a society that values economic security, regional institutions like the SCO encourage economic resilience and prosperity. The SCO's growth affects Eurasia's economic security.

This analysis will impact regional cooperation and economic security in the globalized world. They stress international cooperation to solve 21st-century problems and ensure economic security.

References

1. Aris, S., & Wu, L. (2019). The Belt and Road Initiative: An Assessment of Economic Security in Eurasia. *Eurasian Geography and Economics*, 60(4), 427–449.
2. Belarus Ministry of Foreign Affairs. (2021). Belarus-China Relations. Retrieved from https://mfa.gov.by/en/press/news_mfa/d1f1eeaf939af174.html SCO Secretariat. (2020). About SCO. Retrieved from https://eng.sectsco.org/about_sco/.
3. Zhang, Y. (2018). The Shanghai Cooperation Organization: A Review and Analysis. *Asian Perspective*, 42(4), 619–643.

白俄罗斯和中国之间经济一体化的机制和手段研究

牟宗睿

白俄罗斯国立大学商学院

Annotation. This paper aims to explore the economic integration between China and Belarus, focusing on its mechanisms and means. In recent years, China-Belarus economic cooperation has become increasingly close, bringing many common interests and opportunities to both countries. Economic integration between China and Belarus not only helps promote the economic development of the two countries, but also has a profound impact on the stability and prosperity of the region.

一、白俄罗斯和中国经济一体化的机制：

白俄罗斯和中国在政府、企业、学术等多个层面建立了合作机制。

政府层面，白俄罗斯的六个州以及首都明斯克市都与中国有关城市建立了友好城市关系，首都明斯克与北京、上海、深圳、长春四座城市结为友好城市；企业层面，白俄罗斯吉利汽车、潍柴发动机、法士特变速箱、美的一地平线等一系列中白企业合资项目，填补了白有关产业空白；学术层面，越来越多的中白双方的年轻学生愿意去学习对方国家的语言、文化和习俗，中国与白俄罗斯当地学校合作建立了六所孔子学院和两所孔子课堂。

二、白俄罗斯与中国之间经济一体化的手段：

1. 签署双边贸易协定：

双方可以签署贸易协定，建立互利互惠的贸易框架，进一步的降低贸易壁垒和关税，促进双边商品和服务的自由流通，推动双方贸易规模的扩大。

2. 加强投资合作：

中方鼓励企业投资白俄罗斯，如提供税收减免和优惠政策，建设工业园区并推动创新合作；支持中资企业参与基础设施项目，如“援白俄罗斯国际标准游泳馆项目”和“原白俄罗斯国家足球体育场项目”等。

3. 推动金融交流合作：

双方直接使用本币互换清算，避免贸易中汇兑损失；促进支付通道普及，为跨境支付提供便利；加强金融监管，共同打击金融犯罪，保护市场健康。

4. 加强人文交流：

借助教育、文化等领域的交流活动，增进两国人民之间的了解与友谊，促进两国人民之间的交流和友谊，减少文化差异和语言障碍，为经济一体化打下良好的社会基础。

参考文献

1. T. C. 韦尔京斯卡娅, H. A. 阿布拉姆丘克, 杨欣玥. 地区一体化背景下白俄罗斯、俄罗斯和中国地区间贸易关系的发展前景[J]. 西伯利亚研究, 2023, 50(03): 5-18+118.
2. 肖新新. 中国与白俄罗斯全方位合作扎实推进[N]. 人民日报, 2023-03-01(003). DOI: 10.28655/n.cnki.nmrb.2023.002142.
3. 孙艳艳, 吴舒钰. “一带一路”背景下中国与白俄罗斯贸易强度及互补性研究[J]. 价格月刊, 2022(07): 36-46. DOI: 10.14076/j.issn.1006-2025.2022.07.06.

HARMONIOUS DEVELOPMENT OF TRADE AND ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL COOPERATION

Liu Xueyao, Zhai Zhuang
Belarusian state university
18215686524@163.com

Annotation. With the deepening of international cooperation, strategies for the integrated development of trade and economy both regionally and nationally have emerged and achieved positive outcomes. However, the promotion and development of international trade could increase pollution and have negative impacts on the environment in certain regions. In order to reconcile the relationship between trade and environment, this paper provides practical approaches in several aspects.

At the United Nations Conference on the Human Environment in 1972, the conflict between trade and the environment emerged. The resulting disputes and assertions have proliferated in the field of economics. One of the most well-known of these assertions, the Pollution Heaven Hypothesis, claims that under the conditions of complete trade freedom, the geographical distribution of pollution-intensive industries would be rearranged, and that these industries would move from regions with strict environmental regulations to those with laxer ones. In the real world, the Pollution Heaven Hypothesis has been shown to be partial and idealistic due to the influence of factors such as transport costs and trade barriers on the location choices of industries. However, with the formation and development of economic integration among regions or nations, and the continued encouragement of trade at the political level, the transfer of pollution along with the transfer of industries will change the ecological status and the green development level of regions or nations. In this way, the responsibility for pollution is difficult to determine and could be escaped. In this context, nations and regions should coordinate the relationship between trade and the environment while promoting international cooperation.

In order to reconcile the relationship between trade and the environment, first of all, an environmental policy system related to trade should be developed. That is, environmental policies should be implemented to directly or indirectly regulate trade and trade-related economic activities. Examples include trade controls on dangerous goods and access conditions for some industries. Secondly, green trade is the direction and ultimate goal of trade development. The State can change the trade growth mode and rough economic development pattern with high energy consumption and pollution through policies such as environmental taxes, market access and green investment. The way worth mentioning includes the reduction of the proportion of traditional products in export-import trade and the discovery of new and broader profitable opportunities from the trade of green products and green services. Thirdly, foreign direct investment is the most easy and effective way for developed countries or regions to transfer pollution-intensive industries. In order to avoid this problem, the central authorities should set standards for resource intensification, output efficiency and environmental effects to guide the foreign investment flow, improve the investment quality and promote the optimisation and upgrading of industrial structure. In addition, lack of information can be a major factor in creating barriers in international trade. Therefore, in the face of the complex international environment and the changing trade structure, it is crucial to set up a specific institution for information on trade and environmental policies and to provide trade-related information and consulting services to all export and import enterprises.

References

1. Li Y. W., Wei Y. J. The relationship between international trade and environmental protection / Y. W. Li, Y. J. Wei // *Journal of Qingdao university*. – 2018. – Vol. 31, No 3. – P. 129–132.
2. Yang K. J., Tang L. L., Lu Y. L. The research of relationship between economic growth, international trade and environmental pollution / K. J. Yang, L. L. Tang, Y. L. Lu // *Statistics and decision*. – 2017. – Vol. 7. – P. 134–138.
3. Tang H. T. The evolution of trade and environment issues and China's response: multilateral perspective / H. T. Tang // *Journal of Chongqing technology and business university*. – 2016. – Vol. 33, No 3. – P. 116–121.

СМАРТ-МАРКЕТИНГОВАЯ ГАРМОНИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЯСОМОЛОЧНЫХ КОМПАНИЙ БЕЛАРУСИ И КИТАЯ

Гусаков Г. В., Жудро В. М.

РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
immp_economic@mail.ru

Annotation. The article substantiates the need to carry out a theoretical study of smart marketing harmonization of business interaction between meat and dairy companies of the Republic of Belarus and China, taking into account the country's historical culture, geographic location, structure and scale of national economies, the purpose of which is to generate the main components of the concept creating a unique design for a global product brand that would stand out from many other countries. The authors proposed a toolkit for the convergence of mechanisms for the development of the interstate business climate through compliance with and deepening the proportionality of the effectiveness of institutions, laws and standards by both parties in the field of joint entrepreneurial innovative activity of national companies based on the specific features of scientific research of all fundamental prerequisites for the formation of balanced professional companies tendencies of their personnel.

В ходе выполненных исследований было установлено, что смарт-маркетинговая гармонизация бизнес-взаимодействия мясомолочных компаний Республики Беларусь и Китая, учитывая страновую историческую культуру, географическую локацию, структуру и масштабы национальных экономик, может обеспечить решающее конкурентное преимущество в мировой экономике и его успех зависит от надлежащего исследования разработки концепции и инструментария создания адекватных высокотехнологичных межгосударственных продуктовых брендов как его структурных элементов, так и взаимовыгодных конвергируемых страновых инструментов. В современном глобализированном и стратегически трудно прогнозируемом мире, уникальные по своему конструированию и реализации межгосударственные бизнес-модели взаимодействия Китая и Республики Беларусь, их компаний располагают значительными синергетическими конкурентными преимуществами в соперничестве с другими странами за долю мирового рынка, долю доходов, долю таланта, долю рекламного совместного воздействия на клиентов, покупателей [1; 2].

Смарт-маркетинговая гармонизация бизнес-взаимодействия мясомолочных компаний Республики Беларусь и Китая включает конвергенцию институционального, инвестиционного, маркетингового, логистического механизмов повышения эффективности развития межгосударственного конкурентного и привлекательного бизнес-климата посредством соблюдения и углубления пропорциональности действенности институтов, законов и стандартов обеими сторонами в сфере совместной предпринимательской инновационной активности, формирования преактивной практики сбалансированности и защиты прав и интересов

национальных компаний в случае возникновения конфликтов, а также формирования конкурентных компетенций их сотрудников.

Ключевыми инструментами smart-маркетинговой гармонизация бизнес-взаимодействия мясо-молочных компаний Республики Беларусь и Китая выступают совместные маркетинговые исследования потребительских предпочтений и требований клиентов своих и других стран, организации единой цифровой индустриальной политики создания инновационных, востребованных рынком совместных брендовых торговых марок мясо-молочных продуктов, их узнаваемости, дифференцирования, сегментации, позиционирования, прослеживаемости на национальных и зарубежных рынках, а также разработка совместных торговых сетей, логистических схем и оптимизация доставки их покупателям, технологий совместного участия в международных выставках, ярмарках [3].

Авторами предлагается следующая интерпретация межгосударственного продуктового бренда молочной и мясной продукции – это композитная конструкция маркетинговых, конструкторско-технологических, инвестиционных, логистических, сервисных, социально-экономических элементов (hardware или «железная (неизменяемая на определенном промежутке времени) часть бренда») и информационных рыночных взаимодействий стейкхолдеров бизнеса (software «софт или мягкая (изменяемая) часть или маркетинговый инфошум бренда»), которые обеспечивают индивидуальность, перфекционизм, запоминающееся отличие от конкурентов, укрепляют доверие и генерируют ассоциации, эмоции узнаваемости, лояльности, востребованности, репутации функционально-эмоциональной ее ценности для покупателей и премиум-цену для производителя на международном рынке на основе синтеза конкурентной конвергируемости межгосударственной высокотехнологичной индустрии и истории, культуры, национальных особенностей рыночной политики Республики Беларусь и Китая в мировом сообществе.

Таким образом можно заключить, что сформулированные методические подходы к smart-маркетинговой гармонизация бизнес-взаимодействия мясо-молочных компаний Республики Беларусь и Китая, учитывая страновую историческую культуру, географическую локацию, структуру и масштабы национальных экономик, предполагают разработку и реализацию уникального дизайна глобального продуктового бренда молочной и мясной продукции.

Список использованных источников

1. Гусаков Г. В. Маркетинговая технология создания логотипа и слогана национального smart-бренда белорусской мясомолочной продукции / Г. В. Гусаков, В. М. Жудро // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сборник научных статей XV Международной научно-практической конференции (Минск, 25–26 мая 2023 года) / редкол.: Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – С. 85–91.

2. Жудро, М. К. Экономика предприятия: учебное пособие / М. К. Жудро, Н. В. Жудро, В. М. Жудро. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021. – 451 с.

3. Гусаков Г. В. Теоретическое исследование разработки концепции и инструментария создания странового бренда молочной продукции / Г. В. Гусаков,

В. М. Жудро, Т. П. Шакель, Л. Т. Ёнчик // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: А. В. Мелешня (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 16. – С. 32–40.

CHINA'S FINANCIAL INNOVATION IN RESPONSE TO EVERGRANDE'S BANKRUPTCY

Huang Yiyan

Belarusian State University

1164179035@qq.com

Annotation. At certain specific times, financial institutions will adopt new processes and establish new channels to solve problems. Evergrande Group filed for bankruptcy protection in New York, USA. For the Chinese financial market, this is exactly the moment that requires financial innovation. In this situation, the relevant departments of the Chinese government adopted the method of issuing special bills by wholly-owned state-owned enterprises based on the principle of "not breaking down the trust of banks and not breaking down insurance licenses" to basically eliminate systemic financial risks.

1. The whole story of Evergrande's bankruptcy.

China Evergrande Group and its affiliated companies had liquidity problems caused by debt problems. Eventually, Evergrande defaulted due to insufficient liquidity to repay debts, and is currently in the process of debt restructuring. Since the failure of Evergrande Real Estate's backdoor listing of Shenzhen Real Estate in 2020, Evergrande has faced the risk of a capital chain break for the first time. Although Evergrande successfully quelled the incident in September, its financial situation has not improved. In November 2020, Evergrande's commercial bills were overdue for the first time, and then the wave of overdue commercial bills intensified. It was recognized for the first time in June 2021, and the market reacted strongly. After the Evergrande Fortune storm in September 2021, Evergrande's debt problem became the focus of the market. In the second half of the year, Evergrande's debts of US \$669 million matured one after another. Evergrande avoided default at the last minute twice in a row until December 3, 2021. Declared unable to meet debt obligations. After the incident, the government and regulatory agencies quickly followed up and established a risk resolution committee on December 6 to organize the restructuring, triggering the largest debt restructuring case in Chinese history. According to media statistics, the debt scale is as high as RMB 1.97 trillion and there are also a large number of hidden liabilities. The Evergrande crisis has intensified the turmoil in the real estate market. After Evergrande, well-known real estate companies such as Kaisa, Sunac, and R&F have had debt problems one after another. The real estate crisis has also indirectly impacted the upstream and downstream industrial chains and financial markets. The real estate crisis has resulted in the postponement of a large number of real estate projects, and relevant

owners have also begun to suspend lending in 2022, further affecting financial and social stability.

2. Specific measures for China's financial innovation.

Faced with Evergrande's debt crisis and the financial problems of filing for overseas bankruptcy, relevant Chinese government departments adopted the method of issuing special bills by wholly-owned state-owned enterprises based on the principle of "not breaking down the trust of banks and not breaking down insurance licenses". Systemic financial risks are basically eliminated.

In terms of banking: Shengjing Bank announced that the company has entered into a RMB 176 billion asset sale agreement with Liaoning Asset. Liaoning Asset has conditionally agreed to purchase the assets sold, and the consideration will be paid by Liaoning Asset's targeted issuance of special notes to the company.

In terms of insurance: The State Administration of Financial Supervision and the Shenzhen Supervision Bureau of the State Administration of Financial Supervision have successively issued announcements, announcing that they have approved the establishment and opening of Harbor Life Insurance Co., Ltd., and agreed that Harbor Life will transfer the insurance business of Evergrande Life Insurance Co., Ltd. as a whole. Corresponding assets and liabilities.

3. The specific significance of China's financial innovation.

First of all, Evergrande Group's total debt reached 1.97 trillion yuan, equivalent to 2 % of China's GDP, which is a gray rhino incident. Problem-solving solutions are necessary. Secondly, the use of special bills to liquidate bank non-performing assets essentially trades time for space, allowing future earnings to be used to hedge risks, solving current problems and saving the market credit of real estate. Finally, solving bank bad debts through special bills has also become a learning template for other real estate companies to save their book funds.

THE CONCEPT OF DIGITALIZATION OF CULTURAL AND CREATIVE PARKS IN CHINA AND BELARUS: ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Цзэн Веньцзюнь, Лесниченко-Роговская М. В.

Институт бизнеса БГУ

972778566@qq.com, mari_lesnichenko@mail.ru

While cultural and creative parks gain profits from cultural characteristics, rampant commercial practices begin to affect the value of culture itself. How to both commercialize and create cultural value so that traditional industries can have a more trend-oriented expression in the digital economy era? In this article, I will analyze and compare a Belarusian company AMKODOR with the famous Cultural and Creative Parks in China. In today's China, cultural and creative industries have increasingly become an important part of our country's national economy. Therefore, more and more attention is paid to the development of cultural and creative industries [3].

Cultural and creative industry parks cover film and television, animation, digital, and art, and other increasingly comprehensive fields. The policy proposed that we should focus on implementing the digitalization strategy of the cultural industry, accelerate the development of new cultural enterprises, cultural formats, and cultural consumption models, strengthen digital creativity, standardize the development of cultural industry parks, and promote the construction of regional cultural industry belts. At present, cultural and creative industrial parks are classified in various ways. According to the geographical location of the park, they can be divided into: industrial parks based on old factories and old factories, industrial parks based on universities, and development zones based on the location. Industrial parks and industrial parks based on traditional cultural communities and artist villages. Among them, industrial parks based on old factories are the most popular type of industrial park in the city. The combination of industrial heritage and cultural and creative industries gives the industrial park its uniqueness.

The cultural and creative park takes cultural value activities as its core and focuses on social value. Found through analysis. The proportion of cultural value activities in cultural and creative parks is 55.68 %. Commercial value activities accounted for 44.32 %: In addition, the top three events in the two major value aspects are: "social value", which shows that the cultural and creative park regards contact and connection with people as the focus of its business; the second is "meaningful". "The value of space", each cultural and creative park takes active actions to collect and preserve cultural history: the third is "the aesthetic value of space", which shows that cultural and creative parks are gradually improving the display of cultural artworks. The commercial value in cultural and creative parks is reflected in art and economy. The cultural and creative industry has a wide range of connotations, including mass consumer culture industry, exquisite cultural industry, local cultural industry, and facility cultural industry. Each of the above types of industries has its own economic attributes and spatial development model. David Frey believes that art and economy need each other, a sound economic foundation is the root of artistic survival, and creativity is the driving force of economic prosperity. Scholar Cinti believes that culture needs to be based on

resources, creating cultural products that can develop the cultural economy, convey local cultural characteristics, and enhance benefits. Based on this research, we analyzed relevant research on the operation model of cultural and creative parks and concluded that cultural and creative parks refer to locations where activities such as entry, performance or production gather. The commercial value of the cultural and creative park is also analyzed based on this, as explained below:

1. Space utilization: refers to the rental fees charged for the space facilities in the park, including enterprise development, innovation center, talent training center, production space (work space), exhibition space and art and cultural creation and exchange space facilities.

2. Creative market: refers to a field that combines art and business, integrating design, art, performance, music, video and other multi-cultural ecology display platforms, providing an open creative space for communication, display and sales of various design products and encouraging Creators interact with consumers and it becomes a carnival-like gathering. Therefore, "creative market" can be defined as an emerging art and cultural activity.

3. Experience value: Experiences can be attached to goods or services, or they can exist independently of them. Experience value is value creation after experience. The core of the entire value lies in experience. Through the tangible product value or service felt during the experience, the intangible emotional value exceeds the value expected by customers and allows customers to immerse themselves in the consumption situation, an experience event that leaves a deep impression on customers.

For the comparison object in this article, I chose the famous Cultural and Creative Park in my hometown of Chongqing. The Eling Factory No. 2 Cultural and Creative Park project is a good case study and reference for the design and reconstruction of industrial heritage sites. On the basis of respecting the historical culture and architectural style of the original site, it develops a reasonable and creative design, effectively uses space to meet the diverse functional needs of the area, and uses artistic intervention to connect the entire area with humanistic elements. It has also become an important city image node, enriching Chongqing's urban culture and finding a new direction for the history and urban cultural development of Chongqing, an old industrial city. Today, art continues to intervene in urban space and has become an important means of urban landscape innovation. Art can not only improve the overall quality of the city and people's happiness index, but also activate space and make the transformation of urban industrial sites very creative. The design and reconstruction of today's industrial heritage sites are placed in the context of urban memory. Art intervention space is very conducive to the reconstruction of urban culture and the improvement of environmental quality and humanistic connotation. In the design of the Second Printing Factory, images, colors, and art installations are combined with spaces such as buildings, streets, squares, roads, and stairs to express the attitude of the times towards art. For example, the nature street in the park has a typographic theme. Texts are printed on the street floor, plants are printed on the red brick walls, and various image symbols about memory and activities are printed in the space, carrying the past and memory of the printing factory [4].

Of course, the case in this article is just one of thousands of creative parks around the world, and it undeniably has limitations. We regard it as a microcosm, and it can match the Belarusian enterprise AMKODOR in many common points. So this is a successful case comparison. In the wave of digitalization, traditional enterprises face greater challenges than other emerging enterprises. So this requires us to have more flexible thinking and think about the path and direction of transformation and development from a higher business perspective. Art, diversity, and cross-border are always elements of great reference significance on the road to digital transformation.

References

1. Kong, L. Cultural, Economy, Policy: Trends and Developments. Geoforum, 2000. – P. 385–390. – Режим доступа: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx-455qlt3d2q\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1736087](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx-455qlt3d2q))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1736087). – Дата обращения: 09.03.2023.
2. Cinti, T. Cultural Clusters and Districts: The State of the Art, in P, Cooke (Eds) Creative Cities, Cultural Clusters and Local Economic Development. Cheltenham: Edward Elgar, 2008. – Режим доступа: <https://www.e-elgar.com/shop/gbp/creative-cities-cultural-clusters-and-local-economic-development-9781847202680.html>. – Дата обращения: 09.03.2023.
3. Официальный сайт Амкодор. – Режим доступа: <https://AMKODOR.by/en/>. – Дата обращения: 09.03.2023.
4. 印制二厂老厂区变身记. – Режим доступа: https://zfcxjw.cq.gov.cn/zwxh_166/zwyw/202305/t20230516_11969850.html. – Дата обращения: 09.03.2023.

ТАМОЖЕННЫЕ КЛАССЫ КАК ВЕКТОР ИНТЕГРАЦИИ С КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКОЙ

Вандяева О. С., Калиниченко К. В.

Гимназия с белорусским языком обучения № 23 г. Минска

kristine.v.ka@gmail.com

Annotation. The article consider some aspects of international cooperation based on the creation schools with customs classes in the Republic of Belarus. In those classes, students have training of basic knowledge of customs and the basics of international logistics.

В нынешнее время большую силу обретает экономическая интеграция Республики Беларусь и Китайской Народной Республики. В соответствии с этим растет и товарооборот между странами. Так, например, основные статьи экспорта Беларуси в Китай – калийные удобрения, молоко и молочная продукция, целлюлоза, лен. Главные импортируемые китайские товары – аппаратура связи и комплектующие к ней, запчасти к автомобилям, вычислительные машины, ткани из синтетических нитей [1].

Как следствие, обработка всех этих товаров требует непосредственной помощи специалиста, поэтому требуется подготовка кадров, ознакомленных с данной сферой. Для этого в школах Беларуси создаются таможенные классы. Они

способствует ознакомлению и ранней профориентации детей с профессией таможенника. Для осуществления совместной деятельности, обеспечения преемственности обучения, создания комфортных условий для воспитания учащихся и их профессиональной ориентации гимназия № 23 города Минска, заключила договор с Минской региональной таможней и с Белорусским государственным университетом (БГУ), а именно с кафедрой таможенного дела (факультет международных отношений).

В соответствии с этими договорами были разработаны планы по дальнейшим совместным мероприятиям. С Минской региональной таможней намечено проводить совместные акции по привлечению внимания учащихся к исполнению законодательства Республики Беларусь; проводить совместные спортивные мероприятия; организовывать участие в совместных экскурсионных поездках; изучать и обобщать передовой отечественный и зарубежный опыт по функционированию; проводить совместные концертные, музыкально-театральные программы коллективов гимназии и Минской региональной таможни. В свою очередь Минская региональная таможня назначает куратора таможенного класса, оказывает содействие в проведении факультативных занятий общественно-гуманитарной направленности в таможенном классе вне гимназии. В свою очередь БГУ предоставляет гимназии всю необходимую информацию по правилам приема в вуз, по вопросам обучения и возможности трудоустройства выпускников; организовывает и проводит профориентированные мероприятия для обучающихся (дни открытых дверей, ролевые и деловые игры по выбору профессии, экскурсии, тренинги, мастер-классы, тематические беседы, встречи, презентации и др.) с привлечением представителей гимназии; оказывает консультативную поддержку педагогам, учащимся и их законным представителям; формирует вспомогательные информационно-справочные материалы о профориентации; оказывает и проводит работу, направленную на повышение престижа изучаемых специальностей. Так на базе БГУ в октябре месяце 2023 года создается «Школа будущего таможенника» и «Школа будущего логиста-международника» для учащихся 10–11 классов. Главная цель школы – компетентная помощь в профессиональной ориентации абитуриентов, помощь в первых шагах в будущей профессии. В ходе учебы слушатели имеют уникальную возможность разобрать вопросы теории и практики таможенного дела в рамках учебного курса «Основы таможенного дела», в частности, изучить историю и традиции таможенной службы, постичь азы борьбы с контрабандой, узнать о премудростях таможенных информационных технологий, познакомиться с жизнью студентов-таможенников (ФМО БГУ) и многое другое. А также изучат историю становления международной логистики, ознакомятся с основами и принципами международной торговли, внешнеэкономической деятельностью, познакомятся со сферой международной перевозок грузов, узнают об основных документах, сопровождающих международные потоки товаров, изучат принципы управления цепями поставок. Успешно прошедшим курсы выдаются сертификаты.

Необходимо отметить, что в 23 гимназии проводится не только внедрение таможенных классов, но и создание подготовки специалистов, ориентированных на интеграцию с Китаем. Выпускники гимназии, особо отличившиеся знанием

китайского языка, неоднократно получали гранты от китайского правительства на дальнейшее обучение в Китае.

Как результат, подготовка специалистов на базе общего средне-специального образования и ориентированных на изучение международной логистики и таможенного дела, с углубленным знанием культуры других стран, их законодательства, иностранных языков позволит в будущем выстроить качественные отношения в международной торговле, а, следовательно, и увеличить ее объемы.

Список использованных источников

1. Беларусь-Китай: 30 лет взаимовыгодного сотрудничества / под. ред. В. А. Бабарикина, А. А. Скачковского // Логистика. – 2022. – № 1. – С. 4–7.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ИМИДЖ ПЕДАГОГА КАК ОСНОВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

У Юю, Капалыгина И. И.

УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»
youzaiwyz@gmail.com, kapalygina_ii@grsu.by

Annotation. The article examines the role of the professional image of teachers in increasing the competitiveness of future specialists in Belarus and China. Teachers shape the knowledge, character, values, creative thinking and social responsibility of students. In education and competitiveness, the professional image of teachers is considered an important aspect. In the above two countries with unique educational traditions and cultural characteristics, the image of a teacher plays a key role in the formation of future specialists and their social influence. Improving the professional image of teachers not only improves education, but also strengthens the country's position in global competition.

Термин имидж происходит от английского слова «image», которое, в свою очередь, происходит от латинского «imago». «Современный китайский словарь» в 1978 году определил «имидж» как «специфическую форму или жест, вызывающий активность мыслей и чувств» [1].

Сегодня этот термин имеет огромное количество определений. Российский Исследователь В. М. Шепель определяет имидж как визуальный образ [2]. Исследователь А. Ю. Панасюк, определяет имидж как мнение [3]. Китайские исследователи Чжан Дэ и У Цзяньпин определяют имидж как воспринимаемое общее впечатление через органы чувств [4].

Определение, основанное на понятии «имидж»: «Имидж педагога - это впечатление, которое он производит на людей, или то, как его воспринимают» [5].

Имидж педагога структурируется особым образом: как профессиональный, мо-

ральный и личностный. *Профессиональный* имидж педагога можно определить следующим образом: *моральный имидж, культурный имидж и личностный имидж*. Основные характеристики профессионального имиджа педагога: профессиональная компетентность, педагогические эрудиция, рефлексия, импровизация, общение. Исходя из приведенных выше имиджей, можно выделить следующие ключевые аспекты того, как профессиональный имидж педагога может стать основой конкурентоспособности будущих специалистов в Беларуси и Китае:

1. *Качество образования и передачи знаний*. В Китае и Беларуси педагоги закладывают прочную базу знаний для будущих специалистов, передавая предметные знания и развивая мыслительные способности учащихся.

2. *Ценности и профессиональная этика*. Профессиональная этика и ценности педагогов оказывают огромное влияние на морально-этическое развитие.

3. *Творческое мышление и умение решать проблемы*. И в китайской, и в белорусской системах образования значительные усилия направлены на развитие у обучающихся творческого мышления и навыков решения проблем.

4. *Культурная восприимчивость и международная перспектива*. Педагоги в Китае и Беларуси играют ключевую роль в развитии межкультурной коммуникации и глобального сознания обучающихся.

Таким образом, профессиональный имидж педагога играет ключевую роль в системах образования Китая и Беларуси. Педагоги являются не только передатчиками знаний, но и проводниками ценностей и морали, развивая у своих подопечных инновационное мышление, умение решать проблемы и культурную восприимчивость. В совокупности эти аспекты формируют профессиональный имидж педагога и создают прочную основу для конкурентоспособности будущих специалистов.

Список использованных источников

1. Современный китайский словарь. – Пекин: Коммерческая пресса, 1978.
2. Шепель, В. М. Имиджелогия: Секреты личного обаяния / В. М. Шепель. – Ростов Н/Д: Феникс, 2005. – 472 с.
3. Панасюк, А. Ю. Формирование имиджа: стратегия, психотехнологии, психотехники / А. Ю. Панасюк. – М.: Омега-Л, 2007.
4. Zhang, De. Корпоративная культура и планирование / De Zhang. – Цинхуа: Издательство Университета Цинхуа, 2003. – С. 3, 106–110.
5. Wu, Kangning. Является ли педагог «представителем общества» – путаница «я» как учителя / Kangning Wu // Образовательные исследования и эксперименты. – 2002. – № 2. – Р. 7–10.

数字经济下“网红直播”的营销策略

倪亚军

白俄罗斯国立大学商学院数字营销专业硕士

494553653@qq.com

Annotation. Under the wave of digital economy, the "Internet celebrity live broadcast" industry in China and Belarus will usher in broader development space and more opportunities. At the same time, all parties in the industry need to work together and innovate to respond to market competition and changes in user needs, and promote the healthy development of the industry.

随着数字经济的快速发展，网红直播已成为一种新型的营销方式，受到了越来越多企业和消费者的关注。据 CNNIC 发布的第 51 次《中国互联网发展状况统计报告》显示，截至 2022 年 12 月，我国网络视频用户规模已达 10.67 亿，其中短视频用户规模首次已突破 10 亿，与 2020 年相比，增加 6080 万，占网民总数的 90.5 %。[1] 然而，直播货品的同质化、红海竞争现象十分严重，如何创新货品结构、选品和定价的营销策略，成为许多网红和企业面临的重要问题。

本文的研究对于促进数字经济的发展具有重要意义。通过深入分析数字经济下“网红直播”行业的特点和趋势，探讨货品结构、选品和定价营销策略的创新，可以为企业提供更有效的方案，促进行业可持续发展，提高数字经济贡献率。

一、数字经济与“网红直播”营销的概述。

1、网红发展的主要阶段和特征。网红的发展可分为三个阶段：初代网红、淘宝网红、多元化 IP 网红。在这个过程中，网红的高粘性、高互动、高传播等特点逐渐显现出来。网红是 KOL 的代表之一。

2、“网红直播”在数字营销上的定义和分类。网红直播是指通过网络直播的形式、推广产品或服务。根据直播内容的不同，网红直播可以分为美食直播、化妆品直播、服装直播、双 11 全品类直播等。

3、“网红直播”行业与传统电视购物行业的差异。与传统电视购物相比，网红直播更具互动性和传播性，消费者的购买决策更加主动和自主。

二、“网红直播”在“货品结构、选款与定价”数字营销策略的创新。

1、货品结构（组货盘）创新。通过对抖音网红账号的粉丝画像进行分析，结合网红粉丝标签属性，对标不同成长阶段的网红，她的 3-5 家竞店的直播货盘，将业绩目标进行分拆，组织一盘：畅销款、平销款、滞销款（库存款），畅销款是 80 % 业绩达成，平销款是 15 %，滞销库存清仓是 5 %。

2、选款创新。在货品结构确定好后，将畅销款的品类，结合网红的标签属性，进行风格化的产品设计，通过短视频预热、私域营销等形式，筛选出来一级款（核心爆品）、二级款、三级款。

3、定价创新。根据网红的粉丝画像和消费能力，制定不同的定价策略，以提高销售额和利润。

4、短视频内容创新。近期文艺类视频走红全网，例如在天幕下唱歌、在公路搭车、在草原看日落、在海边走路和自驾露营等。

5、直播脚本创新。通过对产品的原创、IP 设计、新型面料等卖点的输出，创新直播脚本，提高直播的趣味性和互动性，吸引更多的消费者。

三、“网红直播”数字营销策略的创新发展。

1、渠道整合创新：将微信私域、小红书、新浪微博、抖音（Tiktok）、微信公众号、Instagram、Facebook、VKontakte 等营销渠道整合，为网红直播间作全面引流和预热。

2、技术创新：AI、大数据、ChatGPT 等新技术的应用。如：用 ChatGPT 写短视频的文案等等。通过技术创新，提高直播效率和互动性，为消费者提供更加便捷、个性化的服务。

3、供应链整合：阿里巴巴旗下的“犀牛智造”、整个中国的强势区域产业链整合等通过供应链整合，提高产品的质量和效率，降低成本，提高盈利能力。

四、营销策略案例分析 通过 yoyo(抖音号：yoyo971204)的成功经验，展现了数字经济下的女性网红，以短视频为营销重点，进行直播带货的标杆案例。定位：文艺短视频、有故事、有颜值、有身材。每条短视频都是为下一场的服装、饰品、包包、鞋子等上新带货直播而引流。

截至 2023 年 10 月 1 日，根据“达多多”抖音数据显示：yoyo 的抖音号有 500 多万粉丝，其中，短视频观众 83.8% 为女性，16.2% 为男性，18-30 岁是核心年龄段。直播观众 76.07% 是女性，23.93% 是男性，18-40 岁是核心年龄段。yoyo 的抖音号，与大多数颜值女主播不同之处，并不是以男粉为主，而是女粉为主，非常适合卖女装和女性化妆品等等。

yoyo 的成功经验总结如下：

1、账号是购买力最强的女粉为主，每一个短视频的精心“拍摄和搭配”，每场直播的订单大数据参考，关注粉丝画像背后的用户需求和市场趋势，选择合适的产品，提供个性化的服务和推荐，提高用户满意度和忠诚度。

2、重视私域流量挖掘[2]。yoyo 拥有多个微信私域账号，用于维护和运营粉丝，增强与粉丝的互动和粘性。

3、注重与供应链、品牌商的沟通与合作，争取更好的价格和资源支持，增加商业价值和社会影响力。

4、注重直播技巧和表现力的提升，以及与用户的互动和参与，提高直播质量和效果，增加曝光度和粉丝粘性。

这些经验对中国和白俄罗斯的其他网红也有指导和借鉴作用，可以帮助他们更好应对市场竞争和用户需求变化，提高商业价值和社会影响力。

总结。数字经济浪潮下，中国和白俄罗斯的“网红直播”行业将迎来更广阔的发展空间和更多机遇。同时，行业各方需要共同努力、创新，应对市场竞争和用户需求变化，推动行业健康发展。

参考文献列表

1. CNNIC: 第51次中国互联网络发展状况统计报告[EB/OL]. 2023(3).
2. 余秀秀. 内容营销的新尝试与新生态——以知乎“种树”为例[J]. 新媒体研究. 2022(11).

СЕКЦИЯ «ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНЫ, ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ, НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, МАШИНОСТРОЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИНТОКСИКАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЯЖЕСТИ ТЕЧЕНИЯ И РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С МНОГООСКОЛЬЧАТЫМИ И СЕГМЕНТАРНЫМИ ДИАФИЗАРНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ

Ванькович П. Э., Кезля О. П., Селицкий А. В.

Белорусская медицинская академия последипломного образования
vankovichpavel@mail.ru

Annotation. This article presents the results of treatment of 101 patients with closed segmental and multi-fragmented diaphyseal fractures of the lower leg bones. A study was carried out aimed at studying the dynamics of hematological parameters in order to determine the severity of endogenous intoxication, the severity of inflammation and the prediction of purulent-inflammatory complications in the early postoperative period. To assess the risk of complications, it is necessary to perform a general blood test on the eve of surgery with the calculation of the leukocyte index of intoxication, hematological index of intoxication and the severity of intoxication.

По данным ряда авторов [1], частота инфекционных осложнений после накостного металлоостеосинтеза составляют от 4 % до 64 %. Трудности в лечении многооскольчатых и сегментарных диафизарных переломов костей голени связаны с развитием инфекционных осложнений ран после открытых хирургических вмешательств, а также с анатомически неоднородным распределением мягких тканей, отсутствием мышечной прослойки по передней поверхности голени, особенностями кровоснабжения, что в свою очередь отягощает состояние поврежденного сегмента нижней конечности [2].

Достоверно доказана информативность лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ), показателя тяжести интоксикации (ПТИ), гематологического показателя интоксикации (ГПИ) у пациентов с воспалительными и гнойными заболеваниями легких, органов брюшной полости для определения тяжести течения и их прогноза развития [1; 2]. Использование этих показателей в качестве прогностических критериев дает возможность клиницисту наряду с клиническими данными диагностировать прогрессирование процесса с развитием гнойных осложнений [3]. Приведенные данные свидетельствуют об актуальности данной проблемы и необходимости проведения научных разработок в этом.

Проведен анализ лечения 100 пациентов с сегментарными и многооскольчатými переломами большеберцовой кости. Пациенты были разделены на 3 группы исследования. В основную группу было включено 55 лиц с нормальным течением послеоперационного периода, из них 42 мужчины и 13 женщин, средний возраст составил $41,14 \pm 11,04$ лет. Контрольная группа

включала в себя 18 практически здоровых чел., из них 14 мужчин и 6 женщин, средний возраст $39,17 \pm 11,02$ лет. Группу сравнения составили 23 чел., из них 6 женщин и 17 мужчин, средний возраст $38,84 \pm 11,74$ лет, у которых послеоперационный период осложнился нагноением послеоперационной раны. Всем пациентам выполняли расчет показателей лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ), гематологический показатель интоксикации (ГПИ) и показатель тяжести интоксикации (ПТИ) по известным формулам до хирургического вмешательства, на 2–3 и 10–12 сутки со дня операции. Оценку интенсивности болевого синдрома у пациентов проводили при помощи 10-балльной визуальной аналоговой шкалы (ВАШ).

Величина ЛИИ в основной группе и группе сравнения в первые двое суток с момента травмы увеличилась в 1,7 и 2,4 раза соответственно по сравнению с контрольной группой ($p = 0,020$ и $p = 0,017$ соответственно). Аналогичный характер изменений наблюдается по ГПИ (в 2,3 и 2,7 раза; $p = 0,016$ и $p = 0,001$) и ПТИ (в 1,8 и 1,9 раза; $p = 0,001$ и $p = 0,001$).

Однако как на 2–3 сутки, так и на 10–12 сутки после хирургического лечения между пациентами основной группы и группы сравнения наблюдалась значимая разница по уровню ЛИИ в 1,58 раза ($p = 0,031$) и 1,79 раза ($p = 0,034$), что отражает благополучное течение послеоперационного периода у пациентов основной группы и свидетельствует о высокой диагностической значимости ЛИИ для выбора сроков хирургического вмешательства.

Анализ внутригрупповых различий в группе с осложненным течением показал, что ЛИИ в раннем послеоперационном периоде не отличался от начального уровня до операции и лишь на 10–12 сутки его значение значимо снизилось.

Установлена тесная прямая взаимосвязь между величиной ЛИИ и тяжестью течения послеоперационного периода по шкале ВАШ у пациентов с осложненным течением в группе сравнения ($r = 0,75$, $p = 0,001$). Следовательно, чем больше величина индексов интоксикации в день операции, тем выше вероятность развития инфекционного осложнения в послеоперационной ране.

Список использованных источников

1. Островский, В. К. Лейкоцитарный индекс интоксикации и некоторые показатели крови при оценке тяжести течения и определения прогноза воспалительных, гнойных и гнойно-деструктивных заболеваний различных локализаций / В. К. Островский, А. В. Мащенко, Д. В. Янголенко, С. В. Макаров // Анестезиология и реаниматология. – 2005. – № 6. – С. 25–29.

2. Guo JJ, Tang N, Yang HL, Tang TS. A prospective, randomized trial comparing closed intramedullary nailing with percutaneous plating in the treatment of distal metaphyseal fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br.* – 2018. – Vol. 92, № 7. – P. 984–988.

3. Ванькович, П. Э. Использование гипербарической оксигенации в комплексном лечении пациентов с сегментарными и многооскольчатыми диафизарными переломами костей голени / П. Э. Ванькович, О. П. Кезля // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики : рец. ежегод. сб. науч. тр. : в 2 т. / Белорус. гос. мед. ун-т ; под ред. С. П. Рубниковича, В. А. Филонюка. – Минск, 2023. – Вып. 12. – Т. 1. – С. 59–65.

КОСТНОЕ РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ МНОГООСКОЛЬЧАТЫХ ДИАФИЗАРНЫХ ПЕРЕЛОМАХ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ В УСЛОВИЯХ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ КИСЛОРОДНОЙ ТЕРАПИИ

Ванькович П. Э., Кезля О. П., Селицкий А. В.

Белорусская медицинская академия последипломного образования
vankovichpavel@mail.ru

Annotation. We have studied the effect of hyperbaric oxygen therapy (GBCT) on the reparative regeneration of bone tissue in patients with multiple fractures of the lower leg bones. GBCT contributed to the growth of the energy supply of anabolic reactions, mainly aerobic, which created favorable conditions for the proliferation and differentiation of osteogenic cells and the synthesis of a full-fledged bone matrix. The results obtained indicate the optimization of bone remodeling in the fracture zone with the predominance of bone-forming processes in it, as a result of which the time of fracture consolidation was reduced.

Использование гипербарической кислородной терапии (ГБКТ) в комплексном лечении способствует нормализации нарушенного кислородного режима и активизации метаболических процессов в поврежденных тканях, что положительно влияет на характер репаративной регенерации в зоне перелома, тем самым сокращая сроки сращения переломов [1; 2].

Нами было исследовано 40 пациентов (20 женщин и 20 мужчин) с многооскольчатыми диафизарными переломами костей голени. Пациенты были разделены на 2 группы исследования. В основную группу было включено 20 лиц, которые в послеоперационном периоде получали ГБКТ (в одноместном барокомплексе БЛКС-307-«Хруничев» (изопрессия составила 55 мин, давление 1,4–1,6 АТА)), из них 10 мужчины и 10 женщин, средний возраст составил $41,13 \pm 11,05$ лет. Группу сравнения составили 20 чел., из них 10 женщин и 10 мужчин, средний возраст $37,89 \pm 11,94$ лет, которым не назначали сеансы ГБКТ в послеоперационном периоде. Срок динамического наблюдения за пациентами составил 5 лет.

У всех 40 пациентов в сыворотке крови и в суточной моче в динамике до хирургического вмешательства и в течение года определяли маркеры костеобразования и остеодеструкции, интегральные лабораторные показатели, остеотропные цитокины и минералы, системные регуляторы кальций-фосфатного обмена, маркеры перекисного окисления липидов и антирадикальной защиты клеток, а так же гематологические показатели. Анализ статистически значимых различий проводили параметрически с нормально распределенной совокупностью (дисперсионный анализ) и непараметрически (критерий Краскела–Уоллиса, тест Манна–Уитни, серийный критерий Вальда–Вольфовица, медианный тест, критерий Колмогорова–Смирнова).

Результаты денситометрии в динамике показали не только сохранение уровня минеральной плотности кости после ГБКТ, но и ее значимый прирост на 8,9 % через полгода после операции и на 14,5 % ($0,084 = 0,01 \text{ г/см}^2$) через год

наблюдения. Клинически было отмечено достоверное сокращение сроков консолидации в зоне перелома костей голени на 33 % (в группе исследования – $131,8 \pm 20,3$ дня, а в группе сравнения $184,3 \pm 21,8$ день).

Динамика лабораторных показателей коррелировала с данными клиники и денситометрии, показавшими активацию костеобразовательных процессов. Свидетельством ускорения ремоделирования костной ткани под воздействием ГБКТ явилась динамика фосфатазного индекса (ФИ) сыворотки крови – соотношение активностей костных изоферментов щелочной и кислой фосфатаз. Через полгода после операции его показатели были в 1,6 раза выше, чем в группе сравнения ($p \leq 0,05$). Необходимо отметить, что более высокие значения ФИ при ГБКТ обусловлены снижением активности тартратрезистентного изофермента кислой фосфатазы в динамике после операции в 1,4–2,8 раза ($p \leq 0,01$), что соответствовало снижению метаболической активности остеокластов.

Уровень экскреции С-концевых телопептидов коллагена 1 типа (В-CrossLaps) – высокоспецифичного маркера костной резорбции изменялся разнонаправлено: период роста в 1-й – 3-й месяц (в 1,8 раза, $p \leq 0,05$) сменился снижением в 1,6 раза через полгода наблюдения.

Также выявлено снижение других маркеров резорбции: экскреция кальция в первые три месяца после операции в группе с ГБКТ была достоверно ниже в 1,8 раза. Кроме того, экскреция кальция к концу года оказалась значимо ниже дооперационной величины, что, вероятно, обусловлено нормализацией баланса костного ремоделирования в условиях ГБКТ. Напротив, в группе сравнения по-прежнему отмечена высокая резорбция кости, так как уровень В-CrossLaps был достоверно выше в 1,6 раза, чем до операции, на фоне низких величин ФИ и сывороточной концентрации ОК.

Таким образом, проведенное исследование эффекта ГБКТ у пациентов с многооскольчатыми диафизарными переломами костей голени, показало положительное влияние на репаративную регенерацию костной ткани. Полученные результаты свидетельствуют об оптимизации костного ремоделирования с превалированием в нем костеобразовательных процессов, в результате чего сократились сроки консолидации.

Список использованных источников

1. Гинзбург, Р. Л. Экспериментальное и клиническое применение кислорода под повышенным давлением в барокамере / Р. Л. Гинзбург, Ю. Г. Шапошников, Б. Я. Рудаков – М.: Медицина, 1975. – 112 с.

2. Ванькович П. Э. Роль гипербарической оксигенации в оптимизации костного ремоделирования у пациентов с переломами костей голени / П. Э. Ванькович, О. П. Кезля // НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ – 2022; Сборник материалов IX Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума 10–11 ноября 2022 года. – Минск : БНТУ, 2022. – Т.1 – С. 152–154.

ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА СОСУДИСТЫХ СТЕНТОВ ИЗ КОБАЛЬТОВЫХ СПЛАВОВ

Лущик П. Е., Минченя В. Т., Рафальский И. В., Заблоцкий А. В.
Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Сплавы на основе кобальта являются одними из наиболее востребованных материалов для изготовления биосовместимых изделий медицинского назначения. Выбор состава, технологии получения и обработки кобальтового сплава для изготовления биоимплантатов зависит от назначения и функциональных требований.

Сосудистые стенты представляют собой искусственные имплантаты, которые обеспечивает восстановление функций сердечно-сосудистой системы у больных с заболеваниями коронарных артерий. Для имплантатов коронарной и сосудистой хирургии (стентов) важно обеспечить не только высокую прочность, но и пластичность сплава. Для изготовления стентов могут использоваться различные коррозионностойкие материалы: нержавеющая сталь, сплавы на основе титана, тантала, платиноиридиевые сплавы, различные виды полимеров. Для сосудистых стентов, из-за их небольших размеров, наиболее подходящими являются сплавы на основе системы Co-Cr благодаря их высокой прочности и пластичности, что позволяет уменьшать толщину стенок стента до 0,1 мм. Это значительно снижает частоту послеоперационных рестенозов.

В рамках проводимых исследований изготовление сосудистых стентов осуществлялось из сложнелегированного Co-Cr сплава с использованием многофункциональной лазерной системы для высокоточной резки металлических материалов в соответствии с требованиями международных нормативных документов: стандарта ISO 25539-1:2003(E) «Внутрисосудистые имплантаты – Эндоваскулярные приборы», стандарта ISO/TS 15539:2000(E) «Внутрисосудистые имплантаты – Эндоваскулярные протезы».

Конструкция сосудистого стента должна обеспечивать высокие показатели пределов прочности, текучести, относительного удлинения и радиальную жесткость изделия (рис. 1).

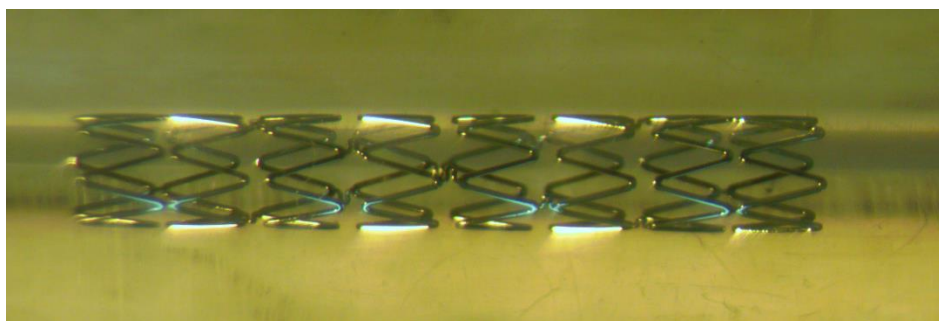


Рисунок 1 – Внешний вид сосудистых стентов из кобальтовых сплавов

Для обеспечения заданных физико-механических свойств и структуры сплавов (в соответствии с требованиями обеспечения параметров раскрытия

стендов в широких диапазонах значений радиальной силы, давления и модуля упругости, в зависимости от уникальных особенностей организма) в вакуумной печи проводилась термическая обработка заготовок стентов, а на следующем этапе – электрохимическая обработка (ЭХО) стентов в специальном кислотном растворе электролита (рис. 2).

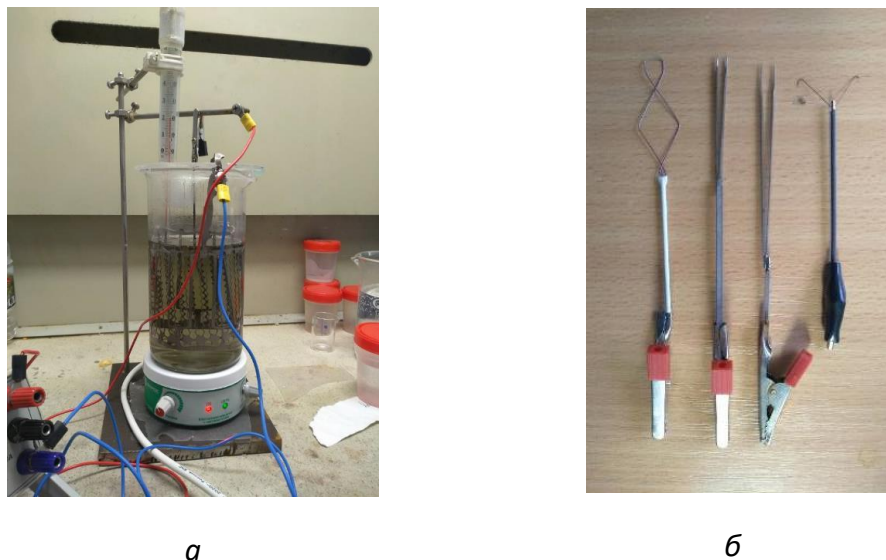


Рисунок 2 – Общий вид установки электрохимической обработки для малоразмерных Co-Cr сосудистых стентов (а) с комплектом приспособлений (подвесов) для их фиксации (б)

В процессе исследования влияния параметров ЭХО на степень удаления материала Co-Cr стентов было выявлено изменение вольт-амперных характеристик процесса в начальный момент времени и в установившемся режиме. Установлены оптимальные режимы обработки, обеспечивающие возможность получения равномерного съема материала малоразмерных стентов. Влияние ЭХО, связанное с уменьшением размеров структурных элементов Co-Cr имплантатов, на изменение их механических характеристик, выражается, в основном, в снижении предельных значений модуля упругости при испытаниях стентов на сжатие.

Анализ результатов исследования процесса формирования микрорельефа поверхности образцов сосудистых имплантатов, изготовленных из сложнолегированного Co-Cr сплава показал, что после термической (отжиг в диапазоне температур 1050–1150 °С) и электрохимической обработки обеспечивается требуемый уровень физико-механических характеристик и качество поверхности имплантатов.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проект T21УЗБГ-008 «Исследование механических свойств и биологической совместимости медицинских материалов на основе CoCr после термической и электрохимической обработки».

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ СО-СР-МО

Курач Д. И., Лущик П. Е., Рафальский И. В., Долгий Л. П.

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

dianakmtbnt@gmail.com

Annotation. The paper discusses methods for manufacturing medical Co-Cr-Mo-based alloys products. The features of foundry technologies for endoprotheses production, as well as the influence of methods of processing casting on their structure and properties are discussed.

Биомедицинские материалы на основе системы Со-Сг являются универсальными и находят широкое применение в медицине, например, для протезирования локтей, пальцев, изготовления костных пластин, винтов, стержней, зубных имплантатов, ортопедических имплантатов коленных суставов и искусственных тазобедренных суставов. Такие сплавы характеризуются высокой коррозионной стойкостью, которая превосходит нержавеющую сталь 316L, устойчивостью к аллергическим реакциям при контакте с тканями человека (биосовместимостью), хорошими физико-механическими свойствами, соответствующими деятельности человека, высокой усталостной прочностью.

Для медицинских целей широкое применение получили сплавы различных составов на основе системы Со-Сг с добавлением Мо, как правило, от 2 до 11 % (мас.), свойства которых соответствуют индивидуальным особенностям человека. Помимо молибдена эти сплавы легируют никелем (0,1–2,5 %), титаном (0,1–6 %), вольфрамом (0,2–0,4 %) и др. Легирующие элементы образуют однородный твердый раствор и способствуют коррозионной стойкости и тканевой совместимости применяемых кобальт-хромовых сплавов.

Следует отметить, что сплавы данного типа обычно содержат два вида кристаллических структур: γ -ГЦК фазу (стабильную при высоких температурах, обычно превышающих 900 °С) и ϵ -ГПУ фазу (стабильную при комнатной температуре), а также относительные доли γ и ϵ фаз. Размер зерен существенно влияет на механические свойства этих сплавов.

Существующие способы изготовления литых изделий для машиностроения в целом применимы и к процессам получения изделий медицинского назначения. Наиболее часто применяют такие способы изготовления, как литье, аддитивные технологии, обработка материалов давлением (ковка, деформация). К аддитивным технологиям относится SLM-технология, которая представляет собой метод селективного лазерного плавления. Данную технологию, как правило, используют для получения изделий, имеющих сложную геометрию, или в случае, когда необходим индивидуальный подход к конструкции изделия. Наибольшую популярность данный метод приобрел в области стоматологии.

Получение изделий ковкой (деформацией) из Со-Сг-Мо сплавов, как правило, сопровождается их комплексной обработкой: получение литой заготовки с последующим обработкой давлением и получением готовых эндопротезов.

Технологии литья относятся к наиболее низкзатратным и эффективным методам изготовления изделий из металлов и сплавов. Однако применение классических технологий изготовления изделий методом литья является нецелесообразным, т. к. такие детали будут иметь не только низкое качество поверхности, но и различного вида дефекты (пористость, усадочные раковины и др.). К поверхности эндопротезов предъявляются высокие требования, а сами изделия должны соответствовать заданным требованиям и свойствам. В связи с этим, для производства эндопротезов из сплавов на основе системы Co-Cr-Mo применяются специальные виды литья. К ним относятся, например, литье по выплавляемым моделям, вакуумное литье, литье в среде защитных газов (аргона), литье под давлением и др. Использование указанных технологий позволяет получить изделия из Co-Cr-Mo сплавов с геометрией, наиболее приближенной к форме и размерам готовых изделий, без припусков на механическую обработку, тем самым сокращая затраты на финишную поверхностную обработку.

Следует отметить, что в процессе литья при затвердевании могут образовываться крупнозернистые кристаллические структуры, которые снижают предел текучести сплава, повышают вероятность возникновения дефектов (микropоры, включения), повышающих внутреннее напряжение, что, в свою очередь, понижает прочностные характеристики изделия. Тем не менее, применение литейных технологий для производства заготовок эндопротезов остается актуальным и целесообразным направлением.

Для обеспечения заданной структуры литых заготовок из Co-Cr-Mo сплавов, как правило, широко применяются методы термической обработки, направленные на повышение прочностных характеристик литых эндопротезов, повышение износостойкости и др. Как правило, для литых изделий из Co-Cr-Mo сплавов применяется высокотемпературная обработка, достигающая в отдельных случаях 1200–1230 °С, с последующей закалкой и изотермическим старением при 850 °С.

После термообработки в структуре сплавов могут выявляться различные дисперсные твердые фазы, например, типа $M_{23}C_6$, M_7C_3 , интерметаллические фазы σ -типа. Формирование таких фаз приводит к изменению прочностных характеристик термообработанных изделий. Кроме того, некоторыми исследователями упоминается тенденция разложения карбидов $M_{23}C_6$ на более мелкие M_6C , скапливающиеся по границам зерен. После такой обработки наблюдается высокая твердость изделий (около 512 ± 580 Нv) и износостойкость.

ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НОРТРИПТИЛИНА И КОРТИКОСТЕРОИДОВ НА СЕКРЕЦИЮ ЦИТОКИНОВ КЛЕТКАМИ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ

Калиниченко А. В., Горох М. П., Кадушкин А. Г.
Белорусский государственный медицинский университет
annavk887@gmail.com

Annotation. The article describes the individual and joint effects of nortriptyline and budesonide on cytokine secretion (IL-4, IL-5, IL-8, IL-13, IL-17A, IL-33, TSLP, FIMM).

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) является заболеванием, сопровождающимся воспалительной реакцией на действие патогенных газов и частиц, и характеризующимся ограничением скорости воздушного потока в дыхательных путях. Наиболее часто назначаемыми препаратами с противовоспалительным потенциалом для его лечения являются ингаляционные кортикостероиды. Однако резистентность к этим лекарственным средствам является серьезной проблемой при лечении ХОБЛ. Одним из подходов к повышению чувствительности к кортикостероидам является использование трициклического антидепрессанта нортриптилина, который устраняет резистентность к кортикостероидам.

Целью данного исследования является выявление потенциальных синергетических противовоспалительных эффектов нортриптилина и кортикостероидов в отношении синтеза цитокинов Т-лимфоцитами пациентов с ХОБЛ и молекулярные механизмы, лежащие в основе их действия.

В ходе проводимых исследований, венозную кровь пациентов, страдающих ХОБЛ, забирали в пробирки, содержавшие гепарин натрия. Далее выделяли мононуклеарные клетки периферической крови (МКПК) путем центрифугирования образцов на градиенте плотности и помещали их в планшет для культивирования. Часть образцов использовали в качестве контрольных, а часть инкубировали с фитогемагглютинином (ФГА) с целью стимуляции лейкоцитов. Далее к стимулированным лейкоцитам добавляли будесонид (10 нМ) и нортриптилин (1 и 10 мкМ). После культивации клеток в течение 6 часов собирали супернатанты и анализировали концентрацию цитокинов: интерлейкина-4 (ИЛ-4), ИЛ-5, ИЛ-8, ИЛ-13, ИЛ-17А, ИЛ-33, тимического стромального лимфопоэтина (ТЛСП) и фактора, ингибирующего миграцию макрофага (ФИММ), с помощью твердофазного иммуноферментного анализа. Сравнение значений проводили с контрольными образцами методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Все результаты представлены в виде среднего \pm стандартная ошибка среднего от общего количества экспериментов при нормальном распределении для каждого набора данных.

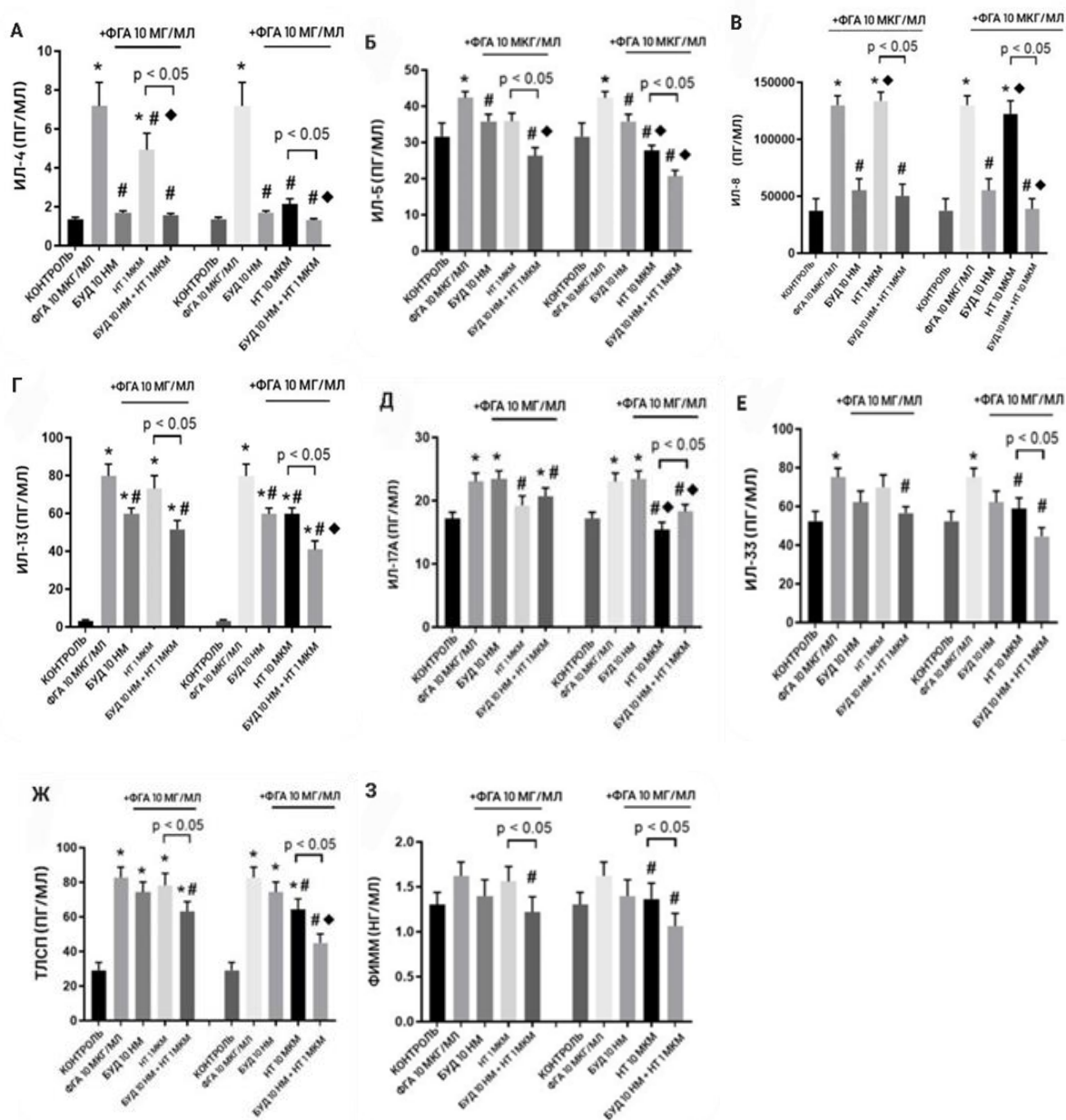


Рисунок 1 – Влияние нортриптилина и будесонида на секрецию провоспалительных цитокинов мононуклеарными клетками крови пациентов с ХОБЛ

В настоящей работе нортриптилин в концентрации 10 мкМ снижал секрецию, индуцированную фитогемагглютинином, цитокинов: ИЛ-4, ИЛ-5, ИЛ-13, ИЛ-17А, ИЛ-33, ФИММ и ТСЛП. Этот препарат также снижал процент клеток, продуцирующих ИЛ-4 и ИЛ-8. Комбинация будесонида 10 нМ с нортриптилином 10 мкМ была более эффективной в подавлении секреции ИЛ-4, ИЛ-5, ИЛ-8, ИЛ-13, ИЛ-17А, ТСЛП мононуклеарными клетками крови, а также экспрессии ИЛ-4, ИЛ-8 Т-хелперами по сравнению с использованием одного будесонида.

MASK-EMBEDDING AND FEATURE-FUSED NETWORK FOR MEDICAL IMAGE SEGMENTATION

唐翼 (Tang Yi), 赵迪 (Zhao Di), Gourinovitch A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
tangyijcb@163.com, 3189124246@qq.com, gurinovich@bsuir.by

Annotation. Medical image segmentation has a vital role in disease diagnosis and treatment. The feature enhancement module and a mask embedding block for medical image segmentation is proposed. This method utilizes an encoder-decoder architecture with attention mechanism and residual connections to adaptively adjust the importance of each layer of features. The proposed network achieves stronger feature transfer and reconstruction, enhancing multi-scale expressive capabilities and context-awareness by introducing dense skip connections. Experimental results on three datasets demonstrate significant improvements in segmentation accuracy and robustness, particularly in handling segmentation details and boundaries.

Medical image segmentation is crucial for accurate disease diagnosis and treatment planning. It's known the manual segmentation is time-consuming and prone to errors. To solve this problem the feature enhancement and mask embedding modules has proposed. This approach aims to improve segmentation accuracy and efficiency in medical imaging. The existing methods for medical image segmentation, including classical U-Net [1] with its variants and other SOTA methods are reviewed.

In our paper, we present our feature enhancement module, which enhances the encoder-decoder architecture by incorporating additional feature-fused blocks, which enables the network to capture more detailed and discriminative features, leading to improved segmentation performance. Meanwhile, we introduce the mask embedding technique, which involves embedding the mask information into the feature maps at each layer of our proposed structure. This integration helps the network focus on relevant regions and suppress noise, leading to improved accuracy in medical image segmentation.

To train and validate the proposed blocks, this study uses three publicly available biomedical image datasets: Kvasir-SEG[2], CVC-ClinicDB, and 2018 Data Science Bowl (2018 DSB).

Then, several standard evaluation metrics are utilized to validate the usefulness of proposed blocks and network, including precision, dice coefficient (DSC) (a.k.a F1), recall and mean intersection over union[2].

The results show the accuracy of proposed network can reach up to 91.57 %, 94.92 % and 98.60 % on three data sets respectively. Storage is very important in actual clinical testing. And the proposed network achieves recall rates of 90.35 %, 94.84 % and 93.95 % on three datasets.

The modified approach achieves significant improvements in segmentation accuracy and efficiency, surpassing some existing methods.

References

1. O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox, “U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation,” in Proc. Int. Conf. Med. Image Comput. Comput. – Assist. Intervent., 2015, pp. 234–241.
2. Tomar N K, Jha D, Riegler M A, et al. Fanet: A feedback attention network for improved biomedical image segmentation[J]. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2022.

EXPLORING THE ROLE OF LOSS FUNCTIONS IN BIOMEDICAL IMAGE SEGMENTATION

赵迪 (Zhao Di), 唐翼 (Tang Yi), Gourinovitch A., Liankova A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
3189124246@qq.com, tangyijcb@gmail.com, gurinovich@bsuir.by, Asyalen@ gmail.com

Annotation. The loss function is an important part of the segmentation method based on deep learning, and the improvement of the loss function can improve the segmentation effect of the network from the root, however, there are few literatures to do specific analysis and summary of various types of loss functions, this paper summaries some commonly used loss functions from the common problems in the current medical image segmentation task.

The loss function has important meanings such as measuring segmentation accuracy, promoting model convergence, improving spatial consistency, and improving the generalisation ability of the model. Following loss functions are commonly used:

1. Cross-entropy loss: this is a loss function commonly used for classification tasks and can also be used for image segmentation at the pixel level, which measures the loss by comparing the difference between the model's predicted segmentation results and the true labels. A number of articles have studied it, [1] have chosen to apply CE Loss in segmentation models. The formula for cross-entropy loss is as follows:

$$L_{CE} = -\sum_{i=1}^C q_i \log(p_i).$$

2. Dice loss: it is used to measure the overlap region between the predicted and true values, it works better when in dealing with the category imbalance problem. DSC reflects the segmentation results with the real situation size and localisation consistency, which is more in line with the perceived quality compared to the pixel level evaluation metrics. The Dice Loss formula is as follows:

$$Dice = \frac{2TP}{2TP + FP + FN} .$$

Jaccard Loss: it is based on Jaccard Index, also known as Intersection over Union (IoU) Loss, is a commonly used loss function for semantic segmentation tasks to evaluate the similarity between the segmentation results of a model and the real segmented labels[2]. The larger the value of Jaccard coefficient, the higher the sample similarity. Jaccard loss formula is as follows:

$$IOU = \frac{TP}{TP + FP + FN} = \frac{Dice}{2 - Dice}.$$

The loss function is an important module in biomedical image segmentation, the improvement of the loss function can solve a variety of problems in the task of biomedical image segmentation, and the improvement of the loss function has a broad prospect in the improvement of the performance of medical image segmentation models.

References

1. Ben Naceur M, Akil M, Saouli R, et al Fully automatic brain tumor segmentation with deep learning-based selective attention using overlapping patches and multi-class weighted cross-entropy. *Med Image Anal.* 2020;63:101692.
2. Zhou, D., et al. . Iou loss for 2d/3d object detection. In 2019 international conference on 3D vision (3DV) (pp. 85-94). IEEE.2019.

一种服务于养老院的用于健康监测和药品管理的手环系统设计

徐伟轩 (Xu Weixuan) 、张荣梁 (Zhang Rongliang) 、Natalia Khajynova

白俄罗斯国立信息技术无线电电子大学

ZhangRL456@outlook.com, khajynova@bsuir.by

Annotation. This paper aims to introduce the design of a bracelet system for health monitoring and drug management serving nursing homes, in order to improve the quality of life of the elderly while improving and reducing the waste of human resources and reducing costs.

随着人口老龄化的趋势，社会面临着一系列的挑战和问题。养老院作为一种为老年人提供住宿、饮食、医疗和娱乐等服务的机构已成为现今许多老人的选择。对于养老院的运营方来说，一方面必须确保为住户们提供高质量的住宿环境与医疗资源，另一方面养老院也需要控制运营成本，保持经济效益。

在养老院中，雇佣护理人员是一项可观的开支。为了帮助老年人预防和治疗各种疾病，延长他们的寿命，护理人员的工作之一是监督老人的用药情况，及时提醒他们按照医嘱服用药物，并向医生反馈老人的身体状况，以便医生根据需要调整用药方案。为了减少人力开销，目前存在药盒管理和电子提醒等方案，然而这些方案仍然存在不足之处。以较为现代化的电子提醒为例，这个方案并未考虑到老年人不善于使用手机、平板等设备的情况，也无法反馈老人的身体状况。

在本系统中，主要包含健康监测与服药提醒两个工作流程。健康监测是通过手环上搭载的传感器收集和分析用户的健康数据，用于协助医生评估和改善健康状况，并在出现异常时及时求救。手环中储存着使用者的专属身份信息，与养老院系统中的数据库相对应。当医生调整了用药方案时，手环会及时更新并在预定时刻提醒老人前往就近的取药点服药。这个系统保证了即使老人们一整天都在花园中娱乐、社交，也无需额外雇佣护理人员携带药品跟随，只需设立定点的取药站，并通过手环中的身份信息获取用药方案，由取药站中的配药人员为老人取药。如此，老年人能更自由地享受生活，也减少了对护理人员的需求。

在手环的设计方面，为了收集用户的健康数据，血压、血氧和心率的检测芯片是必不可少的。例如，GH3220 是一款健康监测芯片，它支持心率、心率变异性、血氧饱和度、心电和脉搏波传导时间的监测，并具备超低功耗和高精度的特性。当用户出现危险情况时，为了能够及时有效地救援，报警装置应提供用户的精确位置，因此 GPS 模块是必不可少的。将健康数据或报警信号通过通讯模块传输给养老院服务器可以通过 NB-IoT 技术完成，因为 NB-IoT 具有广覆盖、大连接数、低功耗和低成本四大特点，符合养老院地广人多的需求。同时，手环也可以通过物联网获得并更新用药方案。

就数据分析系统而言，本段以用户心率数据分析为例，描述如何处理和分析健康数据。心率是指每分钟心脏跳动的次数。系统会根据老人的基本信息和健康状况设定心率的基准范围，然后实时或定期监测老人的心率，并将其与设定的基准范围进行比较。如果心率超出了正常范围，系统会发出警报，提示医护人员可能存在异常情况。此外，系统还可以使用机器学习或统计方法来训练模型，以识别异常事件。通过对已知的异常心率模式进行训练，系统可以自动检测和识别类似的异常模式，并自动调整基准范围。

综上所述，该系统通过监测手环收集老人的身体数据，并通过数据处理系统进行分析和处理。它提供了心率异常、血压异常等身体状态的监测和报警功能，以及用药提醒功能。通过医护人员的参与和干预，该系统在控制运营成本的同时，可以提升养老院老人的健康管理和医疗服务质量。

参考文献

1. 物联网在智慧公园中的应用与研究：<http://www.chinaqking.com/yc/2021/3048904.html>.
2. BDS/GNSS 全星座定位导航模块 ATGM332D-5N 用户手册：<https://www.icofchina.com/d/file/xiazai/2019-05-17/c21c5d3c1998ecab022b34809347f817.pdf>.
3. 什么是心率和心率变异性：<https://www.cn-healthcare.com/articlewm/20210320/content-1201433.html>.

ТЕХНОЛОГИЯ ДЕЗИНФИЦИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ВИДИМЫМ СВЕТОМ

Лишик С. И., Град Д. В., Слепокуров В. Е., Асиненко Д. А.,
Челяпин А. Е., Цвирко В. И.

Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси
rnd@ledcenter.by

Annotation. Two models of LED disinfectant lamps have been developed that use radiation with a wavelength of 405 nm to disinfect the air and indoor surfaces. The developed technology is safe and can be used in the presence of a person to illuminate office, industrial and service premises. The lamps are characterized by a simple design, manufacturability and ease of use.

Для предотвращения распространения среди населения инфекционных заболеваний передающихся воздушно-капельным путем широко используются различные технические средства: маски, респираторы, рециркуляторы, дезинфекторы и т. п. Светодиодные светильники – дезинфекторы относятся к сравнительно новому классу устройств, реализующих одновременно функции общего освещения и непрерывного дезинфицирования воздуха и открытых поверхностей в помещениях, в том числе в присутствии людей. Принцип действия таких устройств основан на абсорбции излучения фиолетового цвета (405 нм) порфиринами, в результате чего внутри микроорганизмов (бактерий, грибков, дрожжей, спор и т. п.) образуются активные формы кислорода, которые вызывают окисление и гибель микробных клеток. Существует также гипотеза о не порфириновом механизме инактивации вирусов, например, SARS-CoV-2 (возбудитель COVID-19) и грипп А [1].

Фотографии моделей светодиодных светильников-дезинфекторов № 1 и 2, а также спектральные характеристики образца № 2 в трех режимах его работы (переключение режимов работы осуществляется при помощи пульта дистанционного управления), представлены на рис. 1.

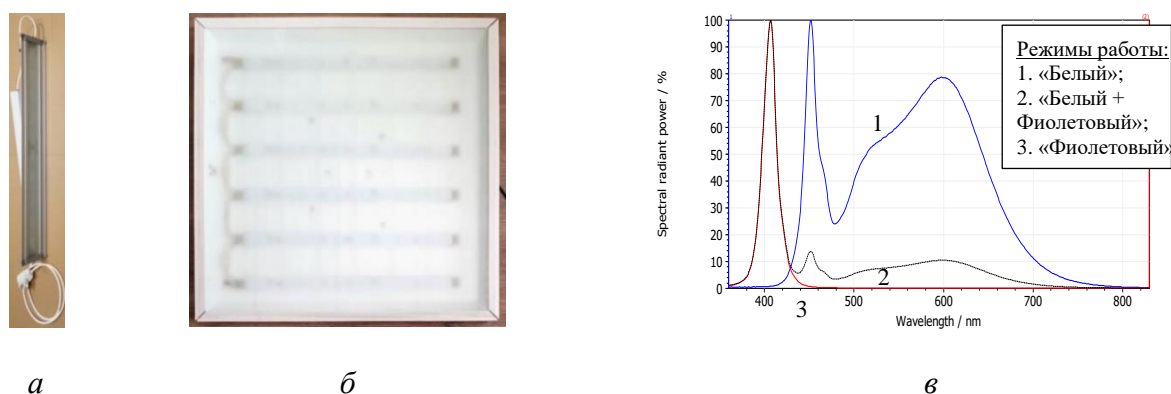


Рисунок 1 – Модели светодиодных светильников-дезинфекторов № 1 (а) и № 2 (б), а также спектральная характеристика светильника № 2 (в)

Оценка бактерицидной эффективности светильника – дезинфектора модели № 1 проводилась в НПЦ гигиены (г. Минск) [2]. На рис. 2 показаны чашки Петри с культурами микроорганизмов *S. aureus*, облученные и необлученные в течение 30 мин. При этом светильник располагался на расстоянии 10 см от чашек Петри (энергетическая освещенность 156 Вт/м²). Как следует из анализа рис. 2, под воздействием излучения 405 нм практически все колонии микроорганизмов погибли. Следовательно, в реальных условиях эксплуатации в помещениях с нормируемой освещенностью 300 лк или 500 лк время инактивации с эффективностью 90 % составит соответственно 18,3 ч или 11,0 ч.

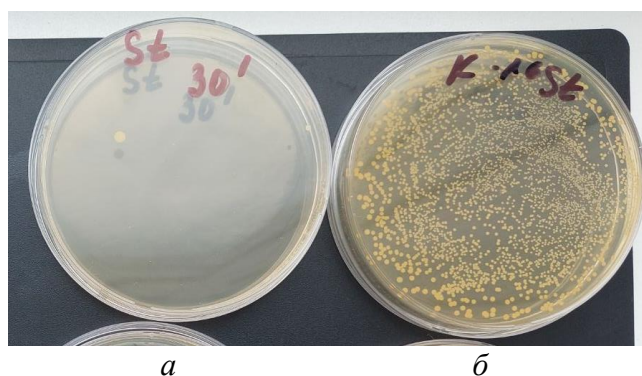


Рисунок 2 – Инактивация золотистого стафилококка *S. aureus* под воздействием излучения светильника № 1 (а); контрольный образец (б)

Отличительной особенностью предлагаемой технологии дезинфицирования является минимальный риск при попадании излучения на кожу и глаза, в отличие, например, от излучения устройств на основе УФ ламп. Испытания по ГОСТ ИЕС 62471 «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем» показали, что модуль № 2 относится к группе риска RG1 (минимальный риск).

Таким образом, технология дезинфицирования видимым светом характеризуется безопасностью и непрерывностью воздействия (24/7) и может применяться для освещения медицинских учреждений, офисных, производственных, бытовых и вспомогательных помещений, коридоров, и т. п.

Список использованных источников

1. Rathnasinghe, R., Jangra, S., Miorin, L. et al. The virucidal effects of 405 nm visible light on SARS-CoV-2 and influenza A virus. *Sci Rep* 11, 19470 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97797-0>
2. Оценка эффективности и безопасности применения видимого света для обеззараживания помещений. С. И. Лишик [и др.]. Опто-, микро- и СВЧ-электроника–2022 : Сб. ст. II междунар. науч.-техн. конф. Минск, 21–23 сент. 2022 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Инновац.-пром. Кластер «Микро-, опто и СВЧ-электроника», Гос. науч.-произв. Об-ние «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника» ; редкол.: Н. С. Казак (гл.ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – С. 138–145. ISBN 978-985-08-0000-0.

依托信息技术支撑的动物疫病可追溯体系的建设与探讨

刘文斌

内蒙古自治区动物疫病预防控制中心

Liuwenbin2726@163.com

Annotation. This paper discusses the basic ideas of constructing a new animal epidemic traceability system by introducing information technologies and provides practical and targeted measures for the technical deficiencies in the current animal epidemic traceability system in China. This would have positive effect on improving the ability to prevent and control animal epidemics, and improve the safety and greenness of food from the perspective of food source.

动物疫病可追溯体系是国际通用的一种制度体系，对有效控制动物疫病的发生、传播和扩散，保证动物源性食品安全具有重要意义。

我国建立并实施疫病可追溯体系管理制度，是以新型的动物标识为载体，以动物标识编号为基础和数据轴心，利用现代化信息技术工具和传输手段，把数据汇总到数据中心（中央数据库），实现数据的全国联网。通过移动终端和固定终端设备实现身份识别、数据查询和分析，实现对动物的快速准确溯源，为行政决策和快速处理疫情提供高效的信息平台。同时，部分盟市和企业发挥自身优势，积极探索、尝试和开发了更为先进的电子芯片标识，使标识的功能性和实用性更趋完善。近年来，农业农村部开展信息系统整合，将现有信息系统整合为全国动物疫病防控与动物卫生监督工作云平台，实现重大动物疫病防控信息系统、全国兽医实验室信息管理系统、动物标识及动物产品追溯系统用户的统一管理，极大地提升了可追溯体系的功效性、准确性和及时性。

内蒙古自治区动物卫生监督信息化管理系统是在我国信息化、网络新技术不断完善的基础上自主研发和创新中建立起来的，经过多年的开发完善而日趋成熟，实现了多项功能技术领先、应用性强，推动了动物卫生监督信息化管理的持续高效发展。随着网络化管理的稳步推进，自治区组织完成了相关信息采集、档案建立和数据录入工作，使疫病可追溯管理的数据更加充实、完整、准确、精细。同时不断升级信息数据库，保证信息数据的顺利传输，开发了手机联网报检和信息查询功能，为广大养殖户和企业提供了便利。

为推进疫病追溯体系建设向纵深发展，对数据库和网络化管理就要做到规范、安全，通过追溯系统完成动物标识的签收、发放、使用、注销和查验，做到对数据及时有效分析，利用追溯系统实现迅速定位、及时溯源的应用效果，发挥可追溯体系的作用。同时，要不断强化科技支撑，进一步加大对动物疫病可追溯体系的科技投入，利用溯源大数据进行预测分析，提升技术手段，为决策提供科学依据。

参考文献

1. 崔中林, 张彦明. 现代实用动物疾病防治大全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 257-258.
2. 苗儒, 刘云鹏. 内蒙古自治区动物疫病风险监管机制的建立与实践[J]. 中国动物检疫, 2016, 33(5): 42-44.
3. 鲍裕国, 赵贵良. 内蒙古自治区牧区肉羊追溯体系的建设现状调查分析[J]. 畜牧与饲料科学, 2016, 37(12): 93-98.

СОЗДАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ И АЛЮМИНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КЕРАМИКОЙ И УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ АЛМАЗАМИ, СВЕРХЗВУКОВЫМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

Ваганов В. В., Нисс В. С.

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», Минск, Беларусь,
vovaganov@park.bntu.by

Annotation. The paper discusses the possibility of obtaining coatings with a thickness of more than 4 mm, containing the maximum permissible amount of modifying additive: ultrafine diamonds in a matrix of copper powder and silicon carbide in aluminum powder using supersonic gas-dynamic sputtering. The modes of spraying and coating properties been investigated. The hardness of the coating increases more than 2.5 times while maintaining the adhesive and cohesive strength.

Газодинамическое «холодное» напыление – уникальный в своем роде метод создания покрытий с сохранением свойств исходного материала [1; 2]. Напыление выполняется установками низкого, менее 1 МПа, и высокого, более 10 МПа, давлений. Покрытие формируется за счет кинетической энергии частиц порошка металла или сплава при соударении с подложкой. Носителем является сжатый воздух, азот, инертные газы. Толщина покрытия регулируется режимом напыления и составляет от 5–10 мкм и более.

Цель данной работы состояла в создании алмазоподобного (на основе ультрадисперсных алмазов – УДА) покрытия толщиной не менее 4 мм, где связующим является порошковая медь фракцией 10–40 мкм и покрытия состава SiC + Al. Напыление выполнялось на подложку сплава Al-Mg-Si (аналог 6061) установкой ГДУ 3/15 низкого давления керамической разгонной сопловой вставкой. Режимы напыления: дистанция 3–10 мм, газопорошковая смесь формировалась сжатым воздухом, азотом, гелием и их смесью, температура потока на срезе сопловой вставки 150–650 °С.

Смешивание исходных материалов УДА + Cu, SiC + Al выполнялось в четырехкамерной вибромельнице шариками из стали ШХ15 диаметром 10 мм. Коэффициент смешивания $K = 1,5-1,9$. Для определения максимально допустимого количества модифицирующей добавки, при условии, что адгезионная прочность составит не менее 40–50 МПа, исходили из предположения, что каждая пластичная частица порошка носителя (Cu, Al) при идеальном смешивании будет окружена наноразмерными частицами УДА и частицами SiC размером 3–5 мкм. Результаты смешивания корректировали по результатам анализа изображений, полученных с помощью оптического микроскопа, методом случайных секущих. При достижении конгломерата, добавление модификаторов и смешивание прекращались. На рис. 1, а представлен шлиф и структура покрытия состава SiC + Al, полученного точечным газодинамическим напылением.

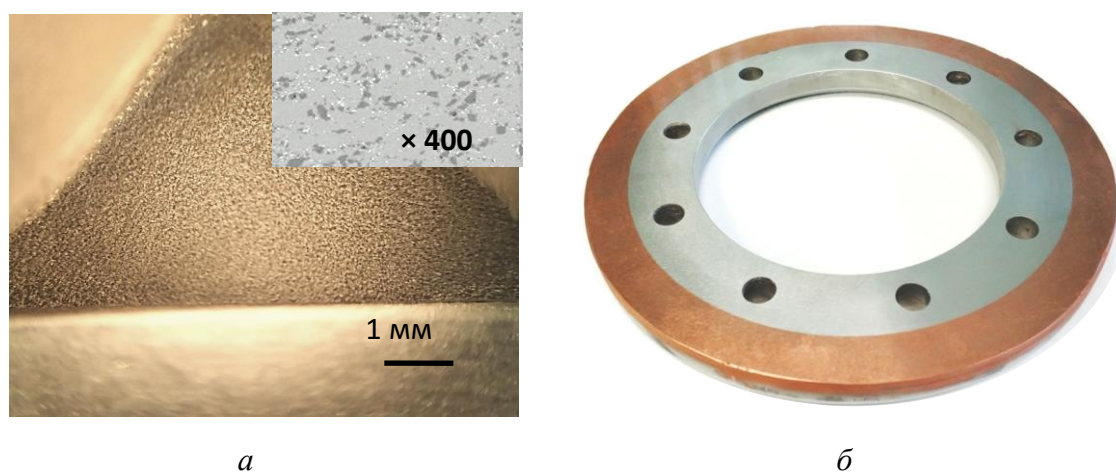


Рисунок 1 – Шлиф и структура покрытия состава SiC + Al, полученного точечным газодинамическим напылением (а) и образец изделия (б)

Результаты исследований представлены в таблице 1. Финишные конгломераты напыляются при повышенных 450–600 °С температурах с давлением рабочего газа на входе более 0,7 МПа. Температура подложки не превышает 60–70 °С. Испытания клеевым методом показали когезионное разрушение не менее 60 МПа.

Таблица 1 – Результаты исследований покрытий

| Конгломерат | Условно достигнутое соотношение, % | Пористость, % | Твердость покрытия, HRC | Толщина покрытия, мм |
|-------------|------------------------------------|---------------|-------------------------|----------------------|
| SiC/Al | 70/30 | ≤ 1 | 46...49 | 4 |
| УДА/Cu | 60/40 | – | 61,4 | 6 |

Для покрытия УДА/Cu характерна стабильная твердость 61,4 HRC, многократно измеренная по всей поверхности образца, представленного на рис. 1, б.

Очевидные свойства разработанных покрытий: высокие теплопроводность, износостойкость, контактная прочность, низкий коэффициент трения. Предполагаемые варианты промышленного применения разработанных покрытий: подшипники скольжения, механизмы сцепления и торможения, инструменты для обработки твердых пород минералов и оптических элементов, нефтегазодобывающая отрасль, авиа- и ракетостроение.

Список использованных источников

1. Горанский Г. Г. [и др.]. Оценка строения и свойств алюминиевых покрытий, полученных холодным газодинамическим напылением // Материалы научно-практической конференции «25 лет дипломатических отношений Беларусь – КНР: итоги и перспективы научно-технического сотрудничества». – Минск, БНТУ, 2017. – С. 38–45.

2. Goransky G. [and etc.]. The influence of alumina content in Cu-Al₂O₃ powder on the properties of cold spraying coatings // Advances in engineering research. – Volume 113. – Atlantis Press, 2017. – P. 782–789.

ДИСПЕРСНЫЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Руленков А. Д., Рафальский И. В., Долгий Л. П.
Белорусский национальный технический университет

Annotation. The paper discusses the features of recycling aluminum slags and technologies for their processing to obtain materials reused for various purposes. The applied aspects of aluminum slag recycling to obtain powder materials with a high content of aluminum oxide phases after metallurgical processing of aluminum matrix quartz-containing compositions are considered.

Продукция литейного производства находит широкое применение в различных отраслях промышленности. В ходе технологического процесса плавки алюминиевых сплавов образуется шлак – побочный продукт, который необходимо утилизировать, а в лучшем случае переработать «без остатка». Количество образовавшихся отходов зависит от вида и качества исходной переплавляемой шихты, условий плавки, особенностей технологии, используемого плавильного оборудования. Как правило, литейные отходы плавки в основном представлены шлаковыми конгломератами различной дисперсности, в состав которых входят частицы алюминиевого сплава, различных алюмосодержащих соединений (оксидов, карбидов, нитридов алюминия и др.), количество которых варьируется в зависимости от особенностей технологического процесса и используемых шихтовых материалов для выплавки сплава, в значительной степени могут присутствовать соединения различных солей (солевой остаток после рафинирующей обработки сплава).

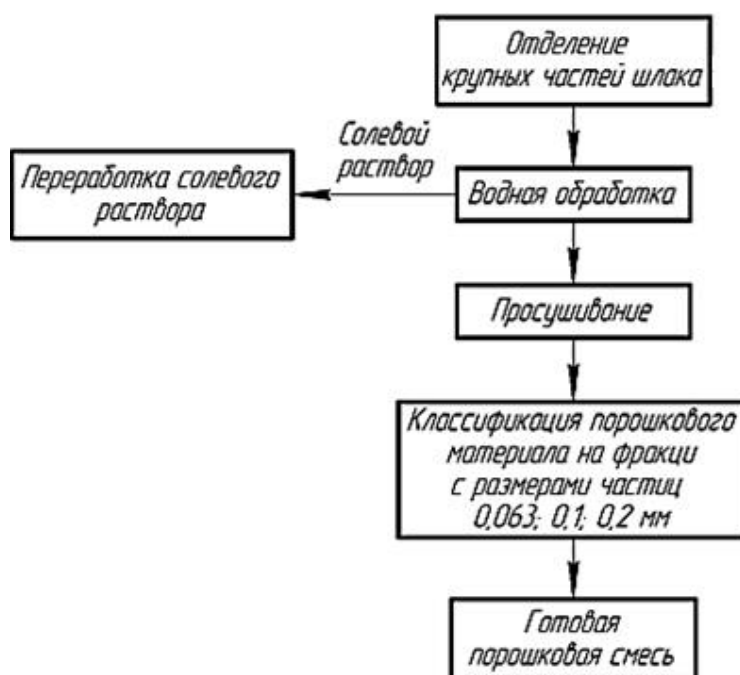
Проблема утилизации алюминиевых шлаков объясняется высокой степенью экологической опасности для окружающей среды при их захоронении в отвалах, поэтому в настоящее время переработка отходов производства алюминиевых сплавов является общепринятой практикой. Технологии переработки, кроме улучшения экологической ситуации и возвращения земли народному хозяйству,

позволяют получать дополнительную прибыль с реализации полезных компонентов шлака.

В настоящее время активно проводятся исследования структуры, химического и фазового составов, методов физико-химической обработки алюминиевых шлаковых отходов с целью разработки технологий безотходной их переработки и получения вторичных материалов для применения в различных областях. Например, существуют и широко применяются способы безотходной утилизации литейных отходов алюминиевых сплавов с целью получения рафинирующих смесей для сталеплавильного производства, изготовления формовочных и стержневых смесей, кокильных красок, антипригарных покрытий литейных форм и стержней для стального и чугунового литья, изготовления цемента и огнеупорных бетонов.

В настоящей работе исследовали процессы переработки алюминиевых шлаков для получения порошковых материалов с высоким содержанием алюмооксидных фаз в зависимости от особенностей технологии металлургической переработки алюмоматричных кварцсодержащих композиций. Установлены технологические режимы процесса переработки, обеспечивающие получение дисперсных металлокерамических материалов на основе системы Al_2O_3-Al .

Обобщенная схема переработки алюминиевых шлаков с последующей переработкой в дисперсный материал на основе системы Al_2O_3-Al представлена на рис. 1.



Рисуно 1 – Обобщенная схема переработки литейного алюминиевого шлака для получения порошкового материала на основе системы Al_2O_3-Al при металлургической переработке алюмоматричных кварцсодержащих композиций

Установлено, что полученный после переработки порошковый материал характеризуется высокой сыпучестью и низкой слеживаемостью (на уровне фор-

мовочных кварцевых песков), что обеспечивает его технологические преимущества в процессах газотермического напыления при получении защитных металлокерамических покрытий.

Следует отметить, что нанесение защитных покрытий на различные металлические изделия и металлоконструкции является одним из эффективных способов улучшения эксплуатационных свойств рабочих поверхностей изделий, работающих в тяжелых условиях. В ряде случаев применение многих конструкционных материалов, в том числе высоколегированных сплавов высокого качества, ограничено из-за их высокой стоимости. Применение защитных покрытий из металлокерамических материалов на основе системы Al_2O_3-Al позволяет продлить срок службы или восстановить изношенные поверхности изделий.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ МЕТОДОМ НАПЛАВКИ

Калиниченко В. А., Калиниченко М. Л.

Белорусский национальный технический университет

kvlad@bntu.by

Annotation. The article present some information about production of metal composite materials using technologies based on laser and induction cladding. The features of obtaining the structural components of materials of this type and the expected properties are considered.

Аддитивные технологии (АТ) уже нашли большее применение в механообработке и машиностроении, прежде всего, для создания деталей сложной конфигурации. Композиционные материалы (КМ) применяются в различных отраслях промышленного производства. Широкое распространение получило изготовление деталей ответственного назначения из КМ различными методами литья, но они требуют специальной формообразующей оснастки. Стоимость такой оснастки, изготавливаемой с использованием традиционных технологий, в несколько раз превышает стоимость создаваемых изделий, а ее изготовление трудоемко. В связи с этим представляется актуальным и возможным применение аддитивных технологий для синтеза изделий конкретного назначения из композиционных материалов, в частности, на основе меди взамен энергозатратных технологий литья.

Объектом исследований являлся макрогетерогенный КМ на основе бронзы БрКМц3-1, армированный гранулами карбида кремния фракции 100–300 мкм. Аналогом являлся литой композиционный материал, того же состава с шагом расположения гранул 1,5–3,0 мм, полученный литьем в кокиль.

В качестве метода получения композиционных материалов предложено использование предварительной лазерной наплавки никелевых валиков порошком ПГ-12-01 на стальную подложку, с последующим нанесением покрытий на основе цветных сплавов, армированных микрочастицами и макрочастицами карбидов. Наплавка

сетки проводилась с помощью CO₂ лазера, с шагом 5x5 мм на образец размерами 100x100 мм, при скорости сканирования 100 мм/мин.

На первом этапе была проведена лазерная наплавка, которая сопровождается оплавлением валиков из железоникелевого сплава, что обеспечивает более прочное их соединение с упрочняемой поверхностью детали и повышает их твердость. На втором этапе был проведен индукционный нагрев подготовленных образцов до температуры 1050 °С с оплавлением бронзового порошка для обеспечения образования монолитного сплавления композиционного покрытия с основой детали и с предварительно нанесенными валиками. Затем проводилось его оплавление с помощью индукционного нагрева с применением инверторной установки ИМ 30-8-50 и выдержкой при температуре нагрева около 1100 °С в расплавленном состоянии в течение времени, необходимого для полного протекания реакции в графитовом тигле, использованном в качестве стабилизатора, с последующим охлаждением на воздухе. В результате получен слоистый композиционный материал толщиной около 600–700 мкм. Получение композиционного покрытия (с предварительно нанесенной сеткой, состоящей из валиков) без индукционного нагрева приводит к формированию неравномерной структуры с распределенными порами. Нанесение валиков вдоль и поперек рабочей поверхности с последующим индукционным оплавлением порошка бронзы, предварительно помещенного в образованные стенками валиков углубления, позволяет повысить качество покрытия за счет лучшего сцепления с основой образца. Нанесение валиков с небольшим шагом не позволяет избежать пористости из-за некачественного заполнения углубления порошком бронзы вследствие низкой текучести и технически трудноосуществимо. Использование шага валиков больше заявленных значений существенно не повышает механические свойства композиционного покрытия по сравнению со свойствами покрытия, полученного известным способом [1].

Для оценки свойств получаемых композиционных материалов было принято решение об изучении их микротвердости. Испытания проводились на базе НТП БНТУ «Политехник» с использованием микротвердомера AFFRI MVDM8 (Италия) с нагрузкой на индентор 0,2 кг и временем выдержки 15 секунд. Как показали исследования, композиционные покрытия с размером упрочняющих фаз менее 100 мкм, нанесенные индукционной наплавкой, имели равномерную структуру и микротвердость. При увеличении размера частиц до 200–500 мкм, произошло значительное повышение показателей микротвердости. Переходная зона, полученная лазерной наплавкой, обладает твердостью порядка 270 единиц по Виккерсу. Далее следует более мягкий слой, образованный упрочненной бронзой. В зоне, близкой к переходной, твердость варьируется в пределах 220–230 единиц по Виккерсу.

В результате экспериментов установлено, что нанесение технологических валиков в виде сетки на рабочую поверхность изделия с последующим индукционным оплавлением порошка бронзы, предварительно помещенного в образованные углубления стенками валиков, позволяет улучшить качество покрытия за счет повышения механических свойств, более равномерного распределения порошка и лучшего его сцепления с основой. С помощью варьирования частотой армирующей

сетки и ее заполнения, позволяет повысить механические свойства композиционного покрытия при минимальном расходе порошка бронзы и создать гамму различных типов композиционных материалов для работы подшипников скольжения с необходимыми угловыми скоростями и степенью нагружения.

Список использованных источников

1. Девойно О. Г., Кардаполова М. А., Лучко Н. И. Возможности формирования композиционных покрытий армированием газотермических покрытий лазерной наплавкой. // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 2. – 282 с.

МНОГОКОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ AL-CR-N ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Хеук М. В., Онысько С. Р.

Брестский государственный технический университет
kheuk@mail.ru, onysko_serгей@mail.ru

Annotation. Increasing the service life of machine parts and mechanisms is an urgent issue at the present time. To solve this problem, various hardening technologies are used in the machine-building industry, in which thermal hardening methods are used: volumetric hardening, electron beam, cathode-arc, laser and plasma methods. The most optimal direction of modifying a tool working with shock loads is the development of new methods of hardening and giving special surface properties, and in particular, the development of hard coatings with special characteristics. In view of this, the creation of multicomposition coatings, which, along with high hardness, could have sufficient resistance to cracking due to a combination of hard and relatively soft layers, is a promising area of research.

Для получения износостойких покрытий на основе хромонитрида алюминия (Al-Cr-N) использовался метод катодно-дугового осаждения, характеризующийся более низкой температурой нанесения и более высокой трещиностойкостью, что важно при работе инструмента с ударными нагрузками [1]. Процесс нанесения осуществлялся при помощи серийной вакуумно-плазменной установки напыления УВ-НИПА-1-001 с трехканальной системой напуска технологических газов, позволяющей наносить покрытия при помощи источника плазмы на режущий, пробивной инструмент, микроинструмент и изделия различного назначения.

В полученных образцах наблюдался плавный рост атомарного содержания углерода с увеличением подаваемого количества реакционного газа (ацетилена) в камеру. Максимально-зафиксированное значение углерода на поверхности составило порядка 6,18 %, при этом стехиометрическое соотношение металл-неметалл у образцов находилась на уровне 89–99,23 %. Данное отношение является

важной характеристикой и определяет эффективность метода и условий его реализации с точки зрения конгруэнтности испарения либо ее нарушения для катода сложного состава [2].

Твердость покрытий определялась методом наноиндентирования с использованием наконечника Кнупа за его возможность проводить испытания на тонких (менее 0,5 мкм) покрытиях, что обусловлено малой глубиной вдавливания в материал и исключением влияния материала основы. Трибологические испытания проводились на трибометре при помощи контртела (шарик из стали ШХ15 диаметром Ø5,5 мм и твердостью 63 HRC при нагрузке на образец 1 Н и частоте вращения диска – 80 об/мин⁻¹). Результаты испытаний представлены в таблице.

Таблица – Результаты испытаний покрытия Al-Cr-N на поверхности стали X12МФ

| Образец | Микротвердость, НК | Коэффициент трения |
|------------------|--------------------|--------------------|
| Исходный | 1150 | – |
| Покрытие Al-Cr-N | 3300 | 0,66 |

При испытаниях на адгезионную прочность, прослеживается тренд увеличения адгезии с ростом давления ацетилена. Ее максимальная величина составляет порядка 24 Н. Таким образом, формирование твердого раствора углерода в покрытии хромонитрида алюминия позволяет повысить адгезию покрытия к стали на 87 %, что является важной эксплуатационной характеристикой покрытия на металлообрабатывающем инструменте (в частности на пробивных и вырубных пуансонах), на боковых поверхностях которых покрытие подвергается сильным сдвиговым напряжениям [3].

В результате исследований было получено покрытие, позволяющее увеличить стойкость профилированного штампового инструмента на 20 %.

Список использованных источников

1. Veprek, S. Industrial application of superhard nanocomposite coatings // Veprek, S., Veprek-Heijman, M.J.G. Surface and Coating Technology. – 2008. – Vol. 202. – P. 5063–5073.

2. Хеук, М. В. Исследование морфологии покрытия Al-Cr-N, нанесенного катодно-дуговым методом // Хеук, М. В., Онысько, С. Р. Второй Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования Республики Беларусь: сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: В. М. Пашкевич (общ. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – С. 45–46.

3. L. Wang, X. Nie, J. Housden, E. Spain, J. C. Jiang, E. I. Meletis, A. Leyland, A. Matthews. Material transfer phenomena and failure mechanisms of a nanostructured Cr-Al-N coating in laboratory wear tests and an industrial punch tool application // Surface and Coatings Technology. – 2008. – V. 203. – P. 816–821.

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ НА ФИЛЬТРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОСЕТКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ

Долгий Л. П., Михальцов А. М., Марцева С. В., Раков И. Г.

Белорусский национальный технический университет

metspl@tut.by

Annotation. The proposed development allows you to partially or completely replace organic binders, which have a number of restrictions and disadvantages with identification of filters to more heat-resistant, environmentally friendly, relatively inexpensive inorganic binders. In this case, the course of two processes is ensured at the same time-the formation of dispersed nano-size refractory compounds and adhesive binding. The rejection of organic binders ensures an increase in the heat resistance of mesh filters, which allows us to recommend them for refining high -temperature alloys -high -strength cast iron, alloy and stainless steels.

Представляемая работа посвящена исследованию и разработке технологии нанесения защитных покрытий на стеклосетки для получения фильтрующих элементов. В исходном состоянии сетки представляют собой мягкие эластичные ткани с определенным размером ячейки. Для удобства установки в литейную форму сетки подвергаются специальной обработке для придания им необходимой формы и жесткости. Наиболее распространенными материалами, используемыми в качестве армирующих покрытий фильтров на основе стеклосеток для металлических расплавов, являются органические компоненты, такие, как лигносульфонат, бакелит, резольные смолы и др. вследствие их технологичности и экономической целесообразности (рис. 1).

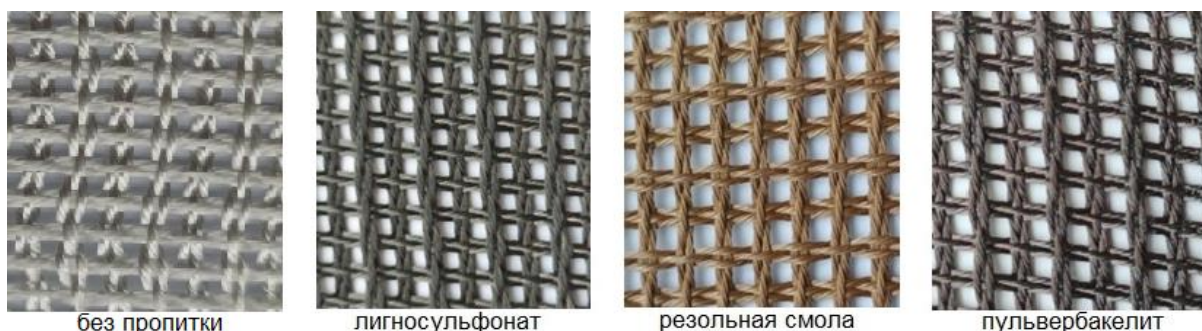


Рисунок 1 – Стеклосетка КС, пропитанная неорганическими связующими

Использование таких материалов сопряжено с рядом недостатков: высокая газотворность, гигроскопичность, недостаточная термостойкость (до 1000 °С). Кроме этого, продукты разрушения образуют вещества различной опасности, а также окрашивают поверхность отливок, ухудшая их товарный вид.

В качестве альтернативы предлагается технология с использованием в качестве армирующего и одновременно защитного покрытия неорганических связующих,

при этом либо частично, либо полностью заменяющих органические. Доступными и относительно технологичными считаются металлофосфатные и жидкостекольные растворы. Однако, вследствие кислой среды ($\text{pH} < 7$), характерной для связующих данного класса, пропитываемые волокна, состоящие в основном из SiO_2 , имеют низкую устойчивость и в отдельных случаях разрушаются уже на стадии пропитки и низкотемпературной сушки.

В НИИЛ литейных технологий БНТУ разработана технология, обеспечивающая одновременное армирующее и огнеупорное покрытие неорганическими соединениями без разрушения пропитываемой основы. Указанный эффект обеспечивается химическим взаимодействием компонентов из состава исходных реагентов. В качестве основных компонентов в предлагаемом варианте используется кремнезоль (сиалит-20) и этилсиликат (ЭТС-40). Получение максимальной прочности и термостойкости, а также адгезии защитного покрытия обеспечивается гидролизом этилсиликата в щелочной среде, создаваемой сиалитом. В результате химического превращения образуется аморфный диоксид кремния. Поскольку сетчатые стекловолоконные материалы в качестве базового компонента содержат диоксид кремния, то процесс гидролиза с выделением частиц с аналогичной морфологией благоприятно сказывается на адгезионном взаимодействии системы. Отверждение кремнезоль происходит за счет испарения влаги и коагуляции частиц диоксида кремния.

Предложены несколько вариантов пропитки сетчатой основы: органическими связующими; органическими связующими с частичной их заменой композитными неорганическими компонентами; покрытие тканей основы неорганическими связующими (рис. 2).



Рисунок 2 – Стеклосетка, обработанная комплексными связующими

Предлагаемая разработка позволяет частично или полностью заменить органические связующие, имеющие ряд ограничений и недостатков при эксплуатации фильтров на более термостойкие, экологичные, относительно недорогие неорганические связующие. При этом обеспечивается протекание одновременно двух процессов – образование дисперсных нано-размерных огнеупорных соединений и адгезионного связующего, что позволяет рекомендовать их для рафинирования высокотемпературных расплавов. Разработка позволяет снизить уровень вредных выбросов в атмосферу и повысить качество литых деталей с точки зрения товарного вида.

ИСПЫТАНИЯ НА УСЛОВНЫЙ СДВИГ И ОТРЫВ ЗАМКНУТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Калиниченко М. Л., Долгий Л. П.

Белорусский национальный технический университет
m.kalinichenko@bntu.by

Annotation. The article presents a methodology for assessing the quality of closed volumetric connections obtained using additive technologies. A mathematical analysis of the loads experienced by this connection was carried out. A method for assessing closed volumetric connections for various types of destructive deformations is proposed. Diagrams of samples for testing and recommendations for their use are provided.

В настоящий момент аддитивные технологии широко используются, например, в производстве готовых изделий, а также для соединения изделий, полученных иными способами. Аддитивные технологии имеют весьма многогранное значение, в которое входит значительное количество процессов, различных по методологии, но близких, по сути. Это может быть 3D-печать, лазерное структурирование, а также технология склеивания. Для их оценки существует ряд изученных методов и методик [1]. Линейные испытания хорошо изучены и гостированы, в отличие от испытаний сложных клеевых соединений и, если рассматривать вопрос в целом, представляют собой большую научную проблему. Примером может послужить создание щелевых фильтров для водоподготовки. Они представляют собой цилиндрическое тело со штуцером для воды в одном торце (второй торец глухой) и прорезанными лазером щелями толщиной около 200 мкм по бокам. Соединение заготовок в единое целое представляет собой большую проблему, так как сечение щелей незначительно, и соединение его с другими составляющими изделия с помощью аргоновой или иных видов сварки приводит к короблению детали и перекрытию щелей.

Для оценки качества клеевого шва, работающего в таких условиях, авторами были предложены модели для испытаний на условный отрыв и условный сдвиг. Клеевой шов значительно лучше сопротивляется силам, работающим на отрыв, чем сдвиговым деформациям.

Исходя из закона Паскаля: давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, не нарушающее ее равновесия, передается всем точкам этой жидкости без изменения. Сила F равна произведению давления P на площадь S . Или $F = P \cdot S$. Сила, приложенная к цилиндрической поверхности более высокого цилиндра $F = P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H$, будет больше, чем соответствующая сила у цилиндра с меньшей высотой $F = P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h$, где R – радиус днища, H и h – соответственно высота большего и меньшего цилиндров.

Силы же, приложенные ко дну (торцу) цилиндров, будут одинаковыми по величине. Сила, приложенная к торцу цилиндра f , обеспечивает отрывные усилия на шов, сила, приложенная к боковой поверхности F , вызывает сдвиговые усилия. Шов (место склеивания) в обоих случаях подвергается одинаковым отрыв-

ным усилиям, но различным сдвиговым, при этом, чем больше высота (образующая) цилиндра, тем больше это усилие. Это приводит к тому, что место приклеивания дна к цилиндрической поверхности выдерживает значительно большее давление, когда высота цилиндра меньше.

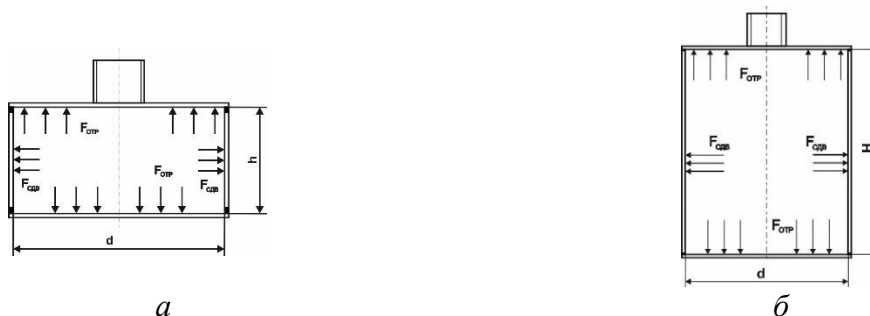


Рисунок 1 – Модели для проведения гидро- или пневматических испытаний:

a – модель для проведения испытаний на условный отрыв;

б – модель для проведения испытаний на условный сдвиг

Отношение силы, вызывающей условный сдвиг, $F_{сдв}$, к силе, вызывающей условный отрыв, $f_{отр}$, выразится следующим образом:

$$\frac{F_{сдв}}{f_{отр}} = \frac{P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h}{P \cdot \pi \cdot R^2} = \frac{2 \cdot h}{R}.$$

Это отношение будет больше единицы, когда $h > 0,5 \cdot R$. При наличии фланца последнее соотношение примет вид:

$$\frac{F_{сдв}}{f_{отр}} = \frac{P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h}{P \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2)} = \frac{2 \cdot R \cdot h}{R^2 - r^2}.$$

Данное отношение будет больше единицы, когда $2 \cdot R \cdot h > (R^2 - r^2)$, или $h > 0,5 \left(\frac{R^2 - r^2}{R} \right)$. И если $h > 0,5 \cdot R$, то тем более h будет больше, чем $0,5 \left(\frac{R^2 - r^2}{R} \right)$, что объясняет отрыв днища именно с фланцем.

Был получен ряд испытательных образцов для проведения гидродинамических испытаний на базе участка водоподготовки ОАО «Белэнергоремналадка» и последующих промышленных испытаний на базе ОАО «Минскводоканал».

Вывод. По результатам испытаний и подтверждающего расчета было доказано, соответствие полученных экспериментальных данных, предложенному физико-математическому обоснованию, которое позволяет оценивать усилия на условный отрыв и условный сдвиг в замкнутых объемных соединениях. Приоритет применения данного метода, может быть отнесен к клеевым соединениям работающих в условиях разрушающих нагрузок приложенных равномерным или скачкообразным воздействием давления внутри замкнутого объема.

Список использованных источников

1. Петрова, А. П. Методы испытания клеевых соединений / А. П. Петрова // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2013. – № 12. – С. 25–30.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ С СОДЕРЖАНИЕМ МЕТАЛЛОВ ПОДГРУППЫ ЖЕЛЕЗА

Боуфал В. П., Вабищевич Д. П., Пянко А. В., Черник А. А.
Белорусский государственный технологический университет,
leraboufal85@gmail.com

Annotation. Alloys based on metals of the iron subgroup are widely used in industry due to their improved properties. To obtain an alloy based on metals of the iron subgroup, the influence of various deposition conditions and composition on the microhardness of the coating was studied.

Гальванические покрытия широко распространены в различных отраслях промышленности, в том числе микроэлектроники машиностроение химическом синтезе. В зависимости от применения к покрытиям предъявляется ряд требований с точки зрения функциональности. Электрохимические покрытия должны обладать соответствующими физико-химическими и механическими свойствами, а именно повышенной коррозионной стойкостью в агрессивных средах высокой твердостью и износостойкостью декоративными свойствами термостойкостью и рядом специальных функциональных свойств.

Электрохимический сплав никель-кобальт-железо имеет твердость и износостойкость на уровне хромовых покрытий, применение которых в последнее время ограничено в связи с канцерогенностью соединений на основе шестивалентного хрома.

Осаждение сплава Ni-Co-Fe проводили в сульфатном электролите. Исследование кинетики формирования покрытий на основе тройного сплава проводили в электролите с компенсацией ионной силы.

Исследована кинетика осаждения сплава Ni-Co-Fe, а также сплавов на основе тройного сплава. Установлено, что повышение температуры осаждения покрытий способствует смещению катодных поляризационных кривых на 200 мВ и увеличению угла наклона. Потенциал начала осаждения тройного сплава –460 мВ, в свою очередь потенциалы начала осаждения Ni-Co и Ni-Fe равны –540 мВ и –640 мВ соответственно.

Исследовано влияния различных показателей на микротвердость покрытий на основе сплава Ni-Co-Fe. Максимальное значение в 682,1 HV достигается при температуре 60 °С, рН 4 и плотности тока 3 А/дм². В свою очередь двойные сплавы Ni-Co и Ni-Fe при таких же условиях показывают результат значительно ниже, равные 414,2 HV и 305,6 HV. Изменение значение микротвердости сплавов на основе подгруппы железа пропорционально изменению водородного показателя, температуры и плотности тока. Такое изменение может быть связано с изменением элементного и фазового составов.

Таким образом, была изучено влияние параметров режима осаждения на механические свойства сплавов на основе подгруппы железа. А также подобраны параметры осаждения тройного сплава Ni-Co-Fe.

Список использованных источников

1. Валько Н. Г., Гуртовой В. Г. Структура и свойства покрытий Co-Ni-Fe, электролитически осажденных при воздействии рентгеновского излучения / Н. Г. Валько, В. Г. Гуртовой // Физика твердого тела. – 2013. – Т. 55. – Р. 2086–2089.
2. Hanafi I., Daud A. R., Radiman S. Potentiostatic Electrodeposition of Co-Ni-Fe Alloy Particles Thin Film in a Sulfate Medium / I. Hanafi, A. R. Daud, S. Radiman // Portugaliae Electrochimica Acta. – 2017. – Vol. 35. – Р. 1–12.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ С БИОЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ СПЛАВА ОЛОВО-НИКЕЛЬ

Пянко А. В., Боуфал В. П., Черник А. А.

Белорусский государственный технологический университет

Hanna.pianka@mail.ru

Annotation. Tin-nickel-titanium dioxide composite coatings have a combination of physical, chemical and mechanical properties: decorativeness, microhardness, wear and corrosion resistance. Titanium dioxide makes it possible to impart biocidal properties to the coating.

В современное время широкое внимание в области машиностроения уделяется поиску электрохимических покрытий с совокупностью физико-химических и механических свойств, таких как: микротвердость, хорошая адгезионная способность, высокая износостойкость и повышенная коррозионная стойкость [1; 2]. Для усовершенствования гальванических покрытий часто используют композиционные покрытия. В композиционных покрытиях присутствует материал-матрица и инертная фаза, которая включается в покрытие. Наиболее часто встречаемым покрытием, обладающим высокими декоративными и коррозионными свойствами, является никель. Однако, никель является аллергенным материалом и поэтому не используется для предметов с частым контактом с кожей человека, что может спровоцировать контактный дерматит. Для того, чтобы сохранить уникальные свойства никелевых электрохимических покрытий и при этом придать гипоаллергенность поверхности, предлагается технологический процесс формирования сплава олово-никель с биоцидными свойствами.

В работе был использован фторидно-хлоридный электролит нанесения сплава олово-никель. При этом в состав электролита вводили диоксид титана, который является активным фотокатализатором и может придать поверхности биоцидные свойства. В работе использовали диоксид титана размером частиц 30–50 нм, который был синтезирован методом прямого окисления порошкообразного титана.

В работе был проведен подбор оптимального состава электролита, а также режимов электрохимического осаждения покрытий. Применение фторид-хлоридного электролита обусловлено предотвращением коагулирования (слипания) диоксида титана в электролите. Проведены исследования влияния температуры электролита и pH растворов на физико-химические и механические свойства сформированных покрытий. Наиболее оптимальными значениями для получения декоративных покрытий с хорошими адгезионными характеристиками являются значения температуры порядка 700 °С и при этом значение pH раствора следует поддерживать около 3.

Для полученных покрытий были исследованы электрохимическая кинетика и механизмы электроосаждения композиционных покрытий на основе сплава олово-никель. Установлено, что введение диоксида титана в состав покрытий приводит к уменьшению токов начала протекания коррозии, что свидетельствует о формировании более коррозионностойких покрытий.

Биоцидные свойства композиционных электрохимических покрытий оценивали по отношению к двум штаммам бактерий из грам- положительного и отрицательного класса. Результаты показали, что исследуемое композиционное покрытие обладает биоцидными свойствами по отношению к обоим штаммам.

Таким образом, проведен комплекс электрохимических исследований в области кинетики покрытий, проведен подбор оптимальных условий осаждения покрытий, установлены коррозионные и биоцидные свойства сформированных покрытий. Благодаря этой совокупности уникальных физико-химических и механических свойств данное покрытие может использовать для металлических предметов с повышенным риском передачи инфекций путем касания кожи человека.

Список использованных источников

1. Physicochemical and Biocidal Properties of Nickel–Tin and Nickel–Tin–Titania Coatings / A. V. Pyanko, I. Makarova, D. Kharitonov, I. S. Makeeva, D. S. Sergievich, A. Chernik // *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 2021, 57(1), pp. 88–95.

2. Воробьева, Г. А. Конструкционные стали и сплавы: учебное пособие / Г. А. Воробьева. – СПб.: Политехник, 2013. – 440 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛИТЕЙНЫХ КРАСОК И ПОКРЫТИЙ

Курач Д. И., Нисс В. С., Долгий Л. П., Рафальский И. В.
Белорусский национальный технический университет
dianakmtbnt@gmail.com

Annotation. The paper discusses the features of using pyrolysis products after waste rubber recycling in foundry production. The applied aspects of the use of pyrolytic carbon for the production of mould and core coatings are considered.

Одними из наиболее часто вспомогательных материалов, применяемых в литейном производстве, являются специальные краски и покрытия, наносимые на поверхность литейных форм и стержней. Сравнительно широко в составах стержневых, кокильных красок и покрытий используются углеродсодержащие материалы, например, кристаллический или аморфный графит, угольная пыль, сажа и др. Кроме того, существует и более широкий спектр применения данных материалов в качестве восстановителей и карбюризаторов, как противопригарные добавки в формовочные смеси.

Наиболее распространенной антипригарной добавкой в области чугунолитейного производства при литье в разовые песчано-глинистые смеси является каменный уголь. Благодаря своим свойствам, он в процессе изготовления литых изделий отделяет поверхность песчаной формы от расплавленного металла. Это обусловлено тем, что в процессе заливки, в момент контакта расплавленного металла с формой, поверхность которой покрыта графитом, образуются восстановительные газы, которые в свою очередь способствуют образованию пиролитического углерода, краевой угол смачивания которого расплавом более 90° . При этом не является обязательным нанесение графита на поверхности полуформ. Наиболее простой вариант использования – добавление графита (каменного угля) в формовочную смесь, при этом в зависимости от особенностей технологического процесса количество углерода варьируется в достаточно широком диапазоне.

Кроме добавления в песчано-глинистые смеси возможно применение углерода в жидкостекольных смесях. Как правило, добавляют ультрадисперсный пироуглерод в сочетании с жидким стеклом, в качестве связующего.

Как уже отмечалось ранее, пиролитический графит (пироуглерод) является продуктом разложения углеводородов, нагретых до температур, превышающих 1000°C , т. е. в процессе пиролиза. Многие исследователи отмечали его исключительные физико-химические свойства, обеспечивающие высокое качество покрытий форм и стержней в составах специальных красок. При этом, существенным является тот факт, что пироуглерод может являться продуктом переработки, т. е. представляет собой вторичное сырье, применение которого не понижает, а повышает первоначальные свойства смеси или, например, противопригарного покрытия, наносимого на поверхности форм или стержней.

В работе [1] изучались вопросы переработки отходов резиносодержащих изделий путем пиролиза с целью получения пиролитического углерода для нужд литейного производства. Установлено, что процесс выделения газовой фазы при пиролизе резины интенсивно протекает в температурном интервале 50–550 °С. Выявлено, что показатели концентрации и температура отходящих газов позволяют проводить их нейтрализацию в автокаталитическом режиме, используя принцип фильтрационного горения.

В ходе выполненных исследований проведен термодинамический анализ процессов фильтрационного горения в температурном интервале 0–1000 °С и химической очистки газообразных продуктов пиролизной переработки резинотехнических изделий в температурном интервале 0–100 °С. Установлена возможность протекания прямых реакций гидратации компонентов газовой фазы с образованием водно-спиртовых (бутиловых) растворов для последующего их использования при изготовлении литейных красок с использованием твердых углеродистых продуктов пиролиза. Разработаны технологические режимы химической очистки отходящих газообразных продуктов пиролизной переработки отходов резинотехнических изделий на основе прямых реакций гидратации с образованием водно-спиртовых растворов в температурном интервале 0–100 °С.

Практическая значимость полученных результатов состоит в реализации элементов технологии безотходного получения пиролизного углерода и водно-спиртовых растворителей для изготовления специальных красок и покрытий, используемых при изготовлении литейных форм и стержней (рис. 1).



а



б

Рисунок 1 – Комплект стержней (*а*) до нанесения покрытия и (*б*) с нанесенным покрытием на основе продуктов пиролизной переработки отходов резинотехнических изделий

Список использованных источников

1. Панасюгин, А. С. Получение пиролитического углерода из отходов резиносодержащих изделий для использования в литейном производстве / А. С. Панасюгин, В. С. Нисс [и др.] // *Литье и металлургия*, 2023. – № 2. – С. 25–30.

РАЗРАБОТКА НАНОКОМПОЗИТА ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ

Чернобай Д. В.

Белорусский национальный технический университет
chernobay@bntu.by, UX-3000@gmail.com

Annotation. The possibility of using Chinese ceramic nanomaterials (ceramic nano-whiskers) in the production of promising nanocomposite materials (nano-armor) is considered. For comparison and an example, the characteristics of various high-impact materials suitable for creating nanocomposites in the POLYADAMANTIUM start-up-project in sub-project "ARMOUR-BOX".

С 2019 по 2022–2023 года в США была проведена программа NSGW (NEXT GENERATION SQUAD WEAPONS), направленная на замену винтовок и карабинов семейства M4/M16, а также пулемета M249 SAW новым оружием и боеприпасами, которые обеспечат повышенные характеристики. Завершилась она триумфом компании Sig Sauer, Inc., с винтовкой SIG MCX SPEAR, пулеметом SIG LMG и патроном SIG FURY Hybrid (6,8x51 мм – новый мощный патрон с дальностью прямого выстрела не менее 1 км, т. е. с повышенными энергетикой и баллистикой). В настоящее время как новейший 6,8 мм патрон SIG FURY Hybrid [1], так его конкуренты – 6 мм патрон ARC от Hornady и др., основанные на базе мощного 6,5x39 мм Grendel, американскими оружейниками считаются «убийцами текущего поколения российских и китайских бронежилетов».

Далее на рис. 1 показан главный «возмутитель спокойствия» – победители американской программы NSGW – штурмовая винтовка SIG MCX SPEAR (XM5) и пулемет SIG LMG (XM250), разработанные под перспективный 6,8 мм патрон SIG FURY Hybrid (6,8x51).



Рисунок 1 – Так выглядят победители конкурса NEXT GENERATION SQUAD WEAPONS

Перспектива объединить уже работающие технологии (керамические бронеплиты для бронежилетов) в тандемной схеме расположения (когда за основной плитой находится более тонкая демпфирующая бронеплита) с перспективными технологиями – нанокompозитными бронематериалами позволит именно в моделях штурмовых бронежилетов и плитоносцев (5-6А-й класс защиты, а в Китае это на уровне 4 класса NIJ и выше) создать достойную защиту от перспективных американских калибров для наших военных. Созданием наноброни занимается авторский

ВПК-стартап-проект «POLYADAMANTIUM», принявший участие в IX Международной выставке вооружения и военной техники MILEX-2019 и 8-й Международной научной конференции по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения [2]; в Республиканском конкурсе инновационных проектов 2019 года в Республике Беларусь; а в 2023 году в Республиканском конкурсе «Стартап-марафон» от Белагропромбанка и в III Белорусско-Китайском инновационном форуме «От совместных проектов к интегрированной экосистеме» с подпроектом «ARMOUR-BOX».

Далее на рис. 2 показан главный компонент разрабатываемого нанокompозитного материала, производимый в КНР – недорогая версия керамических нановолокон, которые обладает как свойствами монолитной бронекерамики (сверхтвердость), так и псевдоупругостью, т. е. способностью обратимо деформироваться при резком ударе, не теряя своих свойств, свойственной, например, другим типам волокон – углеродным нанотрубкам.

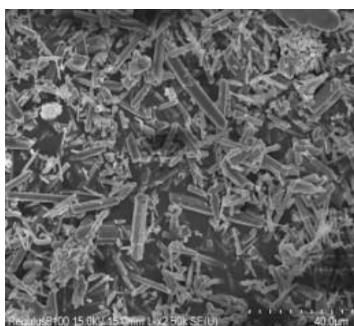


Рисунок 2 – Вид под микроскопом на длинные керамические нановолокна

Поэтому в подпроекте «ARMOUR-BOX» была создана своя схема компоновки полимерно-нанокерамических слоев для тандемной нанокompозитной бронеплиты-демпфера (для MVP-прототипа) с настраиваемыми свойствами ударной вязкости (процент армирования нановолокнами) для усиления пулестойкости к перспективным калибрам в бронезиловках (6, 6,5, 6,8 мм и другие американские калибры).

Дело за поиском финансирования для НИОКР - на каждую из трех стадий разработки потребуется, соответственно, 30, 300, 700 тысяч долларов, т. е. в переводе в общей сумме порядка 9,7 миллионов китайских юаней на период от начальной стадии до (включительно) создания: полноценного технологического регламента производства, рабочих прототипов, баллистической сертификации, международного патентования, первых продаж наноброни.

Список использованных источников

1. Это конец? Армия США выбрала NGSW [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kalashnikov.ru/eto-konets-armiya-ssha-vybrala-ngsw/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Чернобай Д. В. Перспективы объединения макро- и наноструктур в гибридных нанокompозитах для создания новых конструкционных материалов для наноброни, элементов бронезащиты экзоскелетов. 8-я Международная научная конференция по

военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения (Минск, 16–17 мая 2019 г.): сборник научных статей. В 5 ч. Ч. 5 / Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь. – Минск: Лаборатория интеллекта, 2019. – 100 с. – С. 97–99.

ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ КРЕМНИЙ-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ АНОДОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Nevar A. A.¹, Nedelko M. I.¹, Tarasenko N. V.¹, Chen G.², Shi L.²

¹ B. I. Stepanov Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus

²NanoScience and Technology Research Center, College of Sciences,
Shanghai University

a.nevar@ifanbel.bas-net.by

Annotation. One of the key challenges of modern technology is the development of efficient methods for producing and storing energy. Against the backdrop of the intensive development of a new generation of alternative “green” energy, developments in the field of improving lithium-ion batteries seem relevant and promising. However, since currently used graphite-based anode materials are limited by theoretical specific capacity values (372 mAh/g), the development of new materials for application in lithium-ion battery technology is in high demand. Silicon-based materials with a high theoretical capacity of 4200 mAh/g are being considered as a promising alternative to graphite. However, the practical use of silicon anodes is difficult due to the significant volumetric expansion of silicon (~400 %) during repeated lithiation/delithiation, which leads to instability of the resulting electrode materials. Si-C nanocomposite anode materials have been proposed as a solution due to their high capacity and stability.

Одной из ключевых задач современных технологий является разработка эффективных методов производства и хранения энергии. На фоне интенсивного развития нового поколения альтернативной «зеленой» энергетики разработки в области совершенствования литий-ионных аккумуляторов кажутся актуальными и перспективными. Однако, поскольку используемые в настоящее время анодные материалы на основе графита ограничены теоретическими значениями удельной емкости (372 мАч/г), разработка новых материалов для применения в технологии литий-ионных аккумуляторов пользуется большим спросом. Материалы на основе кремния с высокой теоретической емкостью 4200 мАч/г рассматриваются как перспективная альтернатива графиту [1; 2]. Однако практическое использование кремниевых анодов затруднено из-за значительного объемного расширения кремния (~400 %) при многократном литиировании/делитиировании, что приводит к нестабильности получаемых электродных материалов.

В последние годы успешно развиваются электроразрядные методы получения и обработки низкоразмерных порошков металлов, их оксидов и карбидов в жидкофазных средах. Электроразрядная обработка может приводить к модификации по-

верхности частиц порошка, изменению их стехиометрического состава и микро-структуры, формы и дисперсности, удалению адсорбированных примесных элементов с поверхности частиц, генерации в них линейных и точечных дефектов.

Предварительные эксперименты по электроразрядной модификации смеси микрочастиц кремния и графита, полученных при измельчении объемных материалов показали возможность создания образца с удельной емкостью около 1200 мАч/г, которая быстро снижалась в первые 20 циклов. Такая плохая производительность была связана с крупными частицами кремния.

В данной работе анодный материал синтезировали путем плазменной модификации микропорошков кремния и смеси кремния и спектрально чистого графита под действием электрического разряда в этаноле. Промышленный порошок кремния состоял из субмикронных сферических частиц со средним размером 250 нм.

Для проведения экспериментов по электроразрядной модификации порошков использовали модифицированный источник питания на базе генератора переменного тока в режиме высоковольтной искры. Электрические разряды инициировались между двумя вольфрамовыми электродами диаметром 6 мм. Нижний электрод уплотняли на дне конусообразной емкости, в которую насыпали обрабатываемый порошок и наливали этиловый спирт. Длина зазора между электродами составляла 1,5 мм. При данной форме кюветы частицы, выносимые из зоны разряда, оседая на наклонные стенки, под действием силы тяжести вновь оказывались в зоне разряда. Такая конструкция разрядного реактора позволяла проводить обработку частиц в течение необходимого временного интервала.

Высоковольтный электрический разряд в суспензии микропорошков в углеводородной жидкости приводил к существенному изменению дисперсности за счет измельчения частиц. Использование в качестве рабочей среды углеводородной жидкости также способствует их дроблению без окисления, при этом образующийся углерод может принимать активное участие в твердофазных реакциях с компонентами порошка, приводя к образованию карбидных фаз.

ПЭМ-исследования модифицированных образцов подтверждают образование мелких сферических частиц со средним размером 2–5 нм.

В спектрах комбинационного рассеяния модифицированных частиц кремния наблюдался сдвиг характеристической линии кристаллического кремния относительно ее положения для объемного материала ($\sim 520 \text{ см}^{-1}$). После электроразрядной модификации оксидных включений кремния не зарегистрировано. Наблюдаемые широкие пики с максимумами при 296 см^{-1} и 940 см^{-1} , соответствуют поперечной акустической моде второго порядка (2ТА) и поперечной оптической фононной моде второго порядка (2ТО), соответственно. Также регистрировались полосы D и G углерода ($\sim 1390 \text{ см}^{-1}$ и $\sim 1600 \text{ см}^{-1}$).

Работа профинансирована Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (Грант Ф22КИТГ-007).

Список использованных источников

1. M. Gu, et al., Nano Energy (2015) 17, 366–383.
2. A. M. Leonova, et al., Appl. Sci. (2023), 13, 901.

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОРИСТЫХ АЛЮМООКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Шиманович Д. Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ShDL@tut.by

Annotation: The influence of technological methods and regimes of AMG-2M alloy electrochemical anodizing and Al_2O_3 coatings porous channels filling by dielectric materials (electrical organosilicon varnish КО-921 and polyimide varnish АД-9103) on the integrated thermal conductivity parameters of multilayer alumina bases modified by organic sealing materials was studied. An increase in the integrated thermal conductivity of such alumina bases as compared to unmodified and unsealing coatings, which did not differ in the thicknesses of Al_2O_3 and Al, was demonstrated. It has been established that the maximum values of the integrated thermal conductivity ($\sim 90 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ and $\sim 87 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) are typical for the modified structural systems «Al- Al_2O_3 » (Al $\sim 3 \text{ mm}$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 50 \mu\text{m}$) that have undergone one-stage sealing by АД-9103 and КО-921, respectively.

Анализ литературных данных и предварительные исследования [1] свидетельствуют о существенном влиянии условий электрохимического анодирования и структурно-морфологических параметров анодного Al_2O_3 на функциональные характеристики и качество формируемых покрытий. Поэтому, благодаря возможности контролирования размера пор, модификации их каналов пропитывающими материалами и наполнителями, пористые структуры анодного Al_2O_3 представляют большой потенциал для формирования покрытий на несущем Al с оптимизированными параметрами теплопроводности.

В качестве вариантов тестовых образцов были представлены основания из Al-сплава АМГ-2М размером $48 \times 60 \text{ мм}$, толщиной $1\text{--}3 \text{ мм}$ с анодными Al_2O_3 -покрытиями различной толщины ($\sim 50\text{--}100 \text{ мкм}$), сформированными при различных технологических режимах и модифицированными различными органическими грунтовочными материалами (электроизоляционным кремнийорганическим лаком КО-921 и полиимидным лаком АД-9103).

Электрохимическое анодирование Al-оснований проводилось в 3; 5; 7 %-ных водных растворах щавелевой кислоты ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) в потенциостатических режимах при постоянных напряжениях формовки $U \sim 50; 60; 70 \text{ В}$ до формирования Al_2O_3 -покрытий толщиной $\sim 50\text{--}100 \text{ мкм}$. Существовали варианты тестовых образцов, подвергнутых влиянию дополнительных операций модификации пор химическим травлением в 5 %-ной H_3PO_4 при $T \sim 40 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение $\sim 13 \text{ мин}$ до операций грунтовки и порозаполнения Al_2O_3 .

Заполнение пористой структуры Al_2O_3 электроизоляционным кремнийорганическим лаком КО-921 осуществлялось в ультразвуковой ванне при частоте $\sim 20\text{--}40 \text{ кГц}$ при максимальной мощности $\sim 0,5 \text{ кВт}$ при температуре $\sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение $\sim 20 \text{ мин}$. Заполнение пористых каналов Al_2O_3 полиимидным лаком АД-

9103 проводилось либо погружением в растворы полиимидных лаков, либо нанесением слоев на Al_2O_3 -поверхность и центрифугированием. Далее следовала многостадийная термообработка при определенных температурных режимах (до $T \sim 250\text{--}280^\circ\text{C}$) с целью полимеризации лаков.

Первоначально была установлена зависимость коэффициента интегрированной теплопроводности в структурной системе «Al- Al_2O_3 » от толщины Al-оснований из АМГ-2М и от толщины немодифицированных и негрунтованных алюмооксидных покрытий, сформированных в 3–7 %-ной $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ при $U = 50\text{--}70$ В. Было показано, что с увеличением толщины несущего Al от 1 мм до 3 мм и с уменьшением толщины Al_2O_3 -слоев от ~ 100 мкм до ~ 50 мкм происходит увеличение параметров теплопередачи. Было продемонстрировано, что значения коэффициента теплопроводности в системе «Al- Al_2O_3 » для варианта Al-сплава толщиной 2 мм варьировались в пределах от ~ 41 Вт/м·К до ~ 53 Вт/м·К, а толщиной 3 мм – от ~ 56 Вт/м·К до ~ 73 Вт/м·К при изменении значений толщины Al_2O_3 от ~ 100 мкм до ~ 50 мкм. А при изменении значений толщины несущего Al от 1 мм до 3 мм в рамках одинаковой толщины Al_2O_3 (~ 50 мкм) значения коэффициента интегрированной теплопроводности увеличивались от ~ 40 Вт/м·К до ~ 73 Вт/м·К.

Было установлено влияние различных вариантов органической модификации Al_2O_3 -покрытий при одностадийном уплотнении грунтовочными материалами на интегрированную теплопроводность алюмооксидных оснований в зависимости от толщины несущего Al (АМГ-2М) и толщины анодного Al_2O_3 , и было показано, что, как и для немодифицированного Al_2O_3 , с уменьшением толщины модифицированного Al_2O_3 от ~ 100 мкм до ~ 50 мкм и увеличением толщины Al от 1 мм до 3 мм происходит увеличение значений интегрированной теплопередачи в системе «Al- Al_2O_3 ». Кроме того, было продемонстрировано увеличение параметров теплопроводности уплотненных грунтовочными лаками алюмооксидных оснований по сравнению с немодифицированными и негрунтованными покрытиями, которые не отличались значениями толщины Al_2O_3 и Al. Так, значения интегрированной теплопроводности в системе «Al- Al_2O_3 » при толщине 3 мм несущего Al и толщине ~ 50 мкм модифицированного Al_2O_3 составляли ~ 90 Вт/м·К и ~ 87 Вт/м·К при использовании грунтовки соответственно в виде полиимидного лака АД-9103 и кремнийорганического лака КО-921.

Однако было замечено, что тестовые образцы с алюмооксидными покрытиями, модифицированными грунтовочными составами в две и три стадии, имели незначительно более низкие показатели интегрированной теплопроводности по сравнению с Al_2O_3 -слоями, прошедшими одностадийное уплотнение, что может быть связано с наличием слоя остаточных грунтовочных материалов непосредственно на поверхности тестовых образцов.

Список использованной литературы:

1. Шиманович Д. Л., Яковцева В. А. Электрохимическая алюмооксидная технология для приборов силовой электроники // Доклады БГУИР. – 2019. – № 3 (121). – С. 5–11.

HUMIDITY SENSING ELEMENTS BASED ON NANOSTRUCTURED Al_2O_3 MEMBRANES

Shimanovich D. L.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

ShDL@tut.by

Annotation: The volumetric-surface variant of the capacitive MDM (metal-dielectric-metal) structure of the vertical direction based on high-ordered matrices of free anodic porous alumina membranes for applications in humidity sensing elements was designed. The improved humidity sensitivity, reduced response and recovery time over a wide humidity range were obtained due to preparing of alumina membranes with open-ended and widened pores without the barrier layer. Such technological approach allows to eliminate the effect of the electrolyte anions embedded in pore walls on the adsorption and desorption processes in humidity sensing elements.

Nanostructured anodic porous alumina can be used as an active humidity sensing element in the humidity sensors [1–5] because the electrochemical process allows the capillary nanochannels to be formed and their geometrical parameters (diameter and length) to be varied. Anodic porous alumina membranes both with a dense alumina barrier layer at the pore bottoms and without this layer with open-ended pores can be used as starting material to design various relative humidity (RH) sensors. The structural parameters determine sensitivity of nanoporous alumina to the humidity variation. These parameters are controlled by the electrolyte composition and electrical and temperature formation regimes.

The test sensing elements designed for the humidity sensors based on nanoporous alumina membranes are the volumetric-surface variants of capacitive MDM (metal-dielectric-metal) structures of the vertical direction. To improve humidity sensitivity, reduce response time and recovery time of the test sensing elements designed, we use free membranes based on the high-ordered matrices of anodic nanoporous alumina with open-ended pores without the barrier layer. Such membranes were formed by the two-stage electrochemical anodization in the 5 % $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ solution at the potentiostatic regime (45, 50, and 55 V) with the use of the barrier layer thinning method by the slow voltage drop to 5 V at the final anodization stage combined with the cathode polarization either in the 0.5 M $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ or in the neutral 0.5 M KCl solution at (–4) V for 21, 24, 27, 30, and 35 min for the alumina thicknesses of 30, 40, 50, 60, and 70 μm correspondingly and with the alumina chemical etching in 5 % H_3PO_4 for 5–45 min at 25–30 °C. Such the technology allows obtaining high uniformity of pore sizes (50–90 nm) and eliminating the effect of electrolyte anions (O^{2-} , OH^- , and $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) embedded in pore walls on the adsorption processes due to the decrease of the embedded anions concentration at the chemical etching.

Humidity permeable counter electrodes from the both sides of membranes formed by the metal (V, Ti, Ta, Mo) films sputtering 50–200 nm in thickness were used as the conducting electrodes of the MDM structures. The metal films thicknesses were shown

by the simulation to be not more than 3–4 d_p to provide alumina matrices with open-ended pores.

Dependences of sensing elements capacity on relative humidity (RH) at the RH increase from 10 % to 90 % and at the reverse RH decrease to the recovery of initial values and also a comparative analysis of the effect of the alumina structure parameters on the humidity sensors capacity at the RH variation were studied. Minimum values of the MDM nanostructures capacity are shown to be 22–35 pF at RH ~10 % and amount to 370–390 pF at RH ~90 %, i. e. the sensitivity of the humidity sensors is more than 4 pF per %. This indicates a high sensitivity index to allow signal digitizing at the electronic signal-conditioning circuit. Hysteresis value does not exceed 20 pF. The comparative experimental values for the response (t_{res}) and recovery (t_{rec}) time during the adsorption process at the RH increase and the desorption process at the RH decrease for the sensing element based on the alumina free membrane were represented. Kinetic testing procedures demonstrate that response time values are from 12 to 37 sec and recovery time data are from 3 to 8 sec during the RH increase from 10 % to 30, 50, 60, 70, 90 % and the RH decrease from 30, 50, 60, 70, 90 % to 10 % correspondingly.

Thus, the improved humidity sensitivity, reduced response and recovery time over a wide humidity range were obtained due to preparing and using of alumina membranes of thicknesses from 30 to 70 μm without the barrier layer with open-ended and widened pores from 50 to 90 nm in diameters.

References

1. Сокол В. А., Яковцева В. А., Шиманович Д. Л. Особенности применения пористых оксидов алюминия // Доклады БГУИР. – 2012. – № 2 (64). – С. 21–27.
2. Shimanovich D. L., Chushkova D. I. Nanoporous alumina membrane structures for relative humidity sensing elements // Physics, Chemistry and Application of Nanostructures / Ed. V. E. Borisenko, S. V. Gaponenko, V. S. Gurin, C. H. Kam. – Singapore, Waled Scientific Publish. Co. – 2013. – P. 622–624.
3. Шиманович Д. Л. Принципы конструктивно-технологического формирования емкостных влагосенсорных Al_2O_3 -наноструктур и исследование их чувствительных параметров // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2015. – Вып. 7. – С. 533–540.
4. Шиманович Д. Л. Исследование параметров отклика и восстановления емкостных чувствительных элементов сенсоров влажности, сформированных на основе мембранных нанопористых матриц Al_2O_3 // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2015. – Т. 15. – № 4. – С. 123–126.
5. Шиманович Д. Л. Конструктивно-технологические методы электрохимического формирования влагочувствительных наноструктурированных алюмооксидных структур с имплантированной системой гребенчатых электродов // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2015. – Т. 15. – № 3. – С. 75–78.

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ СОДЕРЖАЩИЕ НАНОЧАСТИЦЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МЕТАЛЛОВ

Марван Ф. С. Х. Аль-Камали

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого
marwan.ye2@mail.ru

Annotation. The sol-gel method of $\text{SiO}_2\text{:CuO}$ target formation is developed. The results of investigation of features of obtaining targets on the basis of aerosil A-380 copper salts are presented. The data on the structure and morphology of high-silica films obtained by ion-beam sputtering in vacuum of targets on the polished surface of silicon substrate are presented. The fields of application of the obtained thin films are determined.

Одним из основных условий получения покрытий с исключительной однородностью методами вакуумного напыления является высокая степень постоянства размера частиц и химического состава исходной мишени. Получение покрытий оптического качества и однородной стехиометрии возможно только в режиме сильного «отравления» материала мишени при малой скорости распыления (т. е. когда поверхность мишени имеет тонкий слой диэлектрика). В нашем случае распределить легирующие добавки с молекулярной однородностью можно, используя для его создания аэросил (в качестве матрицы-носителя присадок) и компоненты, химическая чистота которых не ниже марки «ОСЧ». Затем эти добавки сорбируются на поверхности глобулы аэросила (пирогенного кремнезема) в виде тонкого слоя толщиной несколько нанометров.

Цель исследования – синтез двухкомпонентных металлооксидных систем в виде мелкодисперсных наночастиц оксида меди и оксида кремния, сформированных на основе высокопористых медьсодержащих ксерогелей, изучение их функциональных характеристик, проведение термической модификации в водороде, исследование структурные, морфологические и фазовые параметры синтезированных материалов и определение возможности изготовления элементов для микро- и наноэлектроники.

С помощью золь-гель метода созданы двухкомпонентные системы оксидов металлов в виде наночастиц оксида меди и оксида кремния. Такие мишени в дальнейшем были использованы в качестве основы для нанесения слоев на подложки из низколегированного монокристаллического кремния ЭКЕС 0,005 (111). Ранее [1–2] подробно изучен механизм формирования мишеней различного химического состава. Технология нанесения пленок описана в работе [3].

На рис. 1 представлены СЭМ-изображения полученных пленок при различном составе рабочего газа. Видно, что пленка формируется плотная и однородная [4].

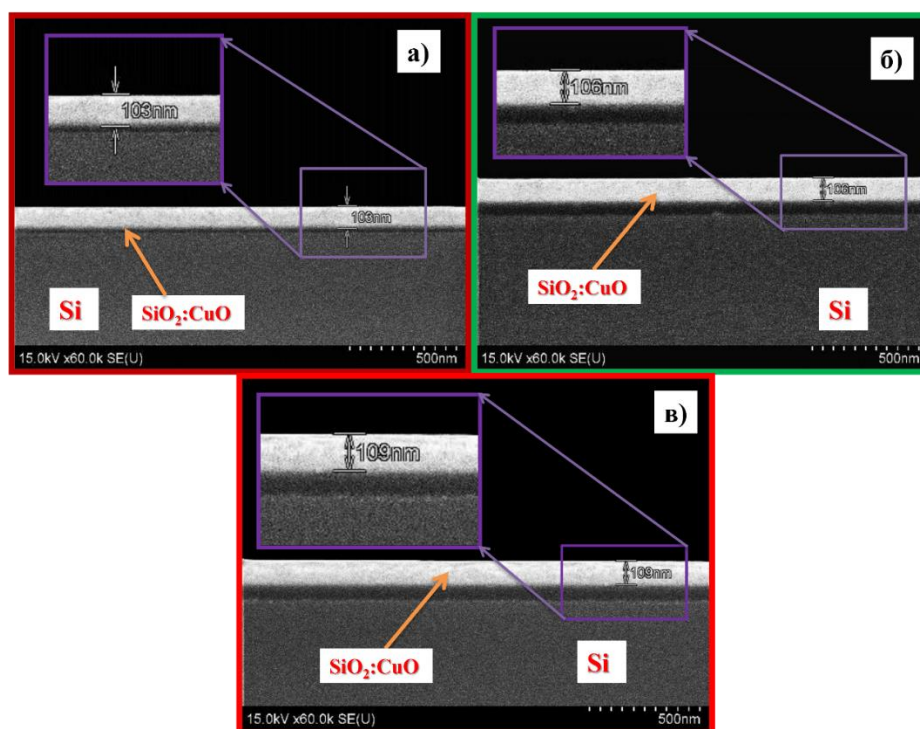


Рисунок 1 – СЭМ-изображение поверхности скола тонкой пленки, нанесенной методом ионно-лучевого распыления мишени состава $\text{SiO}_2:\text{CuO}$ на подложке из полированного кремния при различном составе рабочего газа: *а* – Ar 100 %, *б* – 50 % Ar и 50 % O_2 , *в* – 100 % O_2

Следует отметить, что хотя авторы работы [5] продемонстрировали косвенные возможности получения покрытий для пассивной защиты и электроизоляции структуры оптоэлектронных элементов, а также придания им требуемых оптических свойств с применением в золь-гель метода, впервые сформированы мишени для получения пленок, с использованием метода ионно-лучевого распыления. Гидролизат тетраэтоксисилана (ТЭОС), в свою очередь, успешно использовался в смешанном варианте золь-гель метода синтеза пленочных пленок.

Таким образом, определены структурные и оптические свойства тонких пленок (толщиной ~ 100 нм), сформированных ионно-лучевым распылением мишеней на основе микропорошков пирогенного кремнезема, содержащих соединения меди. Морфология поверхности пленки в целом показывает интегральную однородность и фактически не зависит от состава газовой среды, при этом наблюдается некоторая «зернистость» поверхности покрытия, что характерно для распыления пористых мишеней, состоящих из агломератов или доменных структур.

Список использованных источников

1. Алексеенко, А. А. Особенности получения наноструктурированных материалов на основе SiO_2 -ксерогелей и тонких пленок, допированных наночастицами благородных металлов / А. А. Алексеенко, М. Ф. С. Х. Аль-Камали, О. Д. Асенчик, Е. Г. Стародубцев // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2018. – № 3 (74). – С. 41–48.

2. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Мишени $\text{SiO}_2:\text{CuO}$ (CuO) для нанесения тонких пленок ионно-лучевого распыления, полученные золь-гель методом / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, Хамдан А. С. Аль-Шаамири // Докл. нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 3. – С. 348–355.

3. Вилья, Н. Формирование пленок оксида титана методом реактивного магнетронного распыления / Н. Вилья, Д. А. Голосов, Т. Д. Нгуен // Доклады БГУИР. – 2019. – № 5 (123). – С. 87–93.

4. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Формирование композиционных покрытий ионно-лучевым распылением мишеней на основе микропорошков пирогенного кремнезема, содержащих соединения меди / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, Д. А. Голосов, Т. Х. Доан, А. М. Михалко // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 6. Тэхніка. – 2022. – Том 12, № 2. – С. 14–23.

5. Подденежный Е. Н., Бойко А. А. Золь-гель синтез оптического кварцевого стекла / Мон. – Гомель: УО «ГГТУ им. П. О. Сухого», 2002. – 210 с.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДА МАГНИЯ, ЛЕГИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ, ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Эльшербини С. М. Э., Бойко А. А.

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Lifematrix247@gmail.com, boiko@gstu.by

Annotation. Composite materials based on magnesium oxide doped with metal nanoparticles using sol-gel method have been developed. Investigations of peculiarities of obtaining composite materials based on magnesium oxide and their subsequent practical application are carried out. Information on the structure and morphology of micropowders, obtaining tablets, and the possibility of application for sorption of oil products are given.

В настоящее время проводится поиск и исследуется применение эффективных методов утилизации отходов, особенно способы удаления фенолов, ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов из сточных вод [1]. В этом исследовании мы использовали простой метод, золь-гель метод, для создания материалов с адекватной и экономически эффективной адсорбционной способностью. Получение образцов композиционных материалов на основе оксида магния осуществляли в два этапа.

На первом этапе, с использованием золь-гель метода, были синтезированы ксерогели и микропорошки на основе MgO . Для синтеза ксерогелей и порошков использовали нитрат цинка, оксид цинка, хлорид иттрия и оксид иттрия, хлорид железа и оксид железа, нитрат бария и оксид бария. При получении ксерогелей составов $\text{MgO}:\text{ZnO}$ и $\text{MgO}:\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{MgO}:\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{MgO}:\text{BaO}$, в чистый золь предварительно вводился нитрат цинка $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$, хлорид иттрия $\text{YCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$, хлорид железа $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$, нитрат бария $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ из расчета концентрации оксидов в готовом

продукте 1:0,05 до 1:0,25 моль. Для формирования геля использовали аммоний фтористый кислый ($\text{NH}_4\text{F}\cdot\text{HF}$). Далее следовал этап стабилизации приготовленного коллоидного раствора и его сушка при нормальных условиях в открытых пластиковых контейнерах. Отжиг полученных ксерогелей осуществляли на воздухе при $700\text{ }^\circ\text{C}$ (время выдержки – 1 ч).

На втором этапе полученный композиционный материал подвергали дроблению до получения микропорошка. Из полученного микропорошка методом одноосного прессования получали образцы в виде дисков диаметром 15 мм и высотой 10 мм. Для исследований были получены образцы составов: $\text{MgO}:\text{BaO}$; $\text{MgO}:\text{ZnO}$; $\text{MgO}:\text{Y}_2\text{O}_3$ и $\text{MgO}:\text{Fe}_2\text{O}_3$ с пятью разными концентрациями в молях с 1:0,05; 1:0,10 ... 1:0,25. Формование проводили с использовали временного связующего на основе водного раствора поливинилового спирта (ПВС) с концентрацией 3–6 мас. %. Затем полученные диски сушили на воздухе при комнатной температуре в течение 1 суток, после чего подвергали термообработке на воздухе при $700\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1,5 часов.

Из анализа рис. 1 видна рыхлая структура ксерогеля MgO , при этом наблюдается четко выраженная глобулярная структура, при этом глобулы сформированы агрегатами, состоящими из частиц, имеющих достаточно узкий интервал распределения по размерам первичных зерен (от 54 до 125 нм). При введении легирующих элементов наблюдается сильное влияние на формирование первичных частиц оксида магния и рост глобулярности структуры. При этом наблюдается широкий разброс первичных частиц как в сторону уменьшения их размеров, так и роста. При введении ионов цинка наблюдаемый размер первичных частиц лежит в интервале от 39 до 140 нм. Ионы железа приводят к значительному росту первичных частиц (до 230 нм). Таким образом введение легирующих элементов в матрицу MgO повышает склонность к агрегированию и характеризуется высокой степенью полидисперсности легированных порошков MgO [2–4].

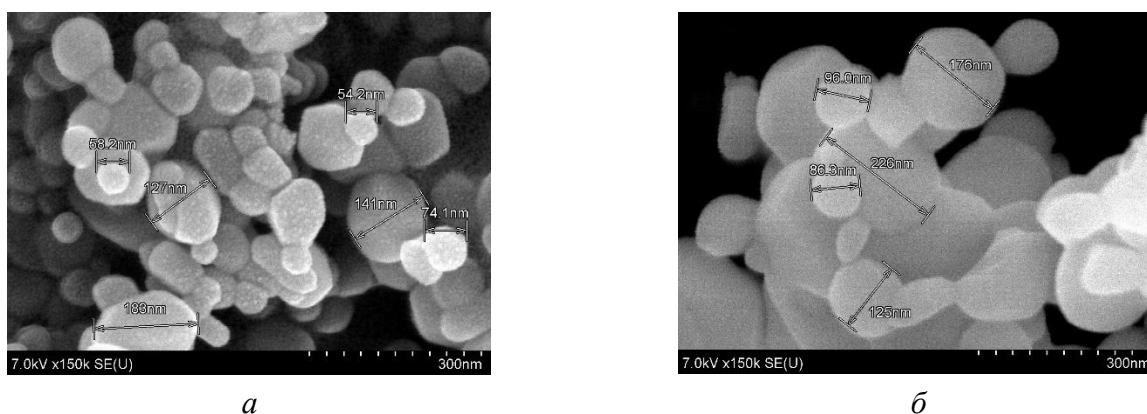


Рисунок 1 – СЭМ-изображение микропорошка ксерогеля сформированного на основе золя из водной дисперсии MgO (обработан на воздухе при $T = 700\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1 ч):

- a* – содержащего нитрат цинка концентрацией: 0,05 моль на 1 моль золя;
- б* – содержащего хлорид железа концентрацией: 0,05 моль на 1 моль золя

На рис. 2 приведены результаты изменения массы таблеток, приготовленных с различной концентрацией, в зависимости от впитывающей способности нефтяных материалов (сырая нефть и машин масло). Видно, что образцы с низ-

кой концентрацией легированный наночастиц имеют более высокую абсорбционную способность по сравнению чем имеющие более высокие концентрации. При этом видно, что сорбционная способность в отношении индустриального масла ниже, чем для сырой нефти для полученных материалов.

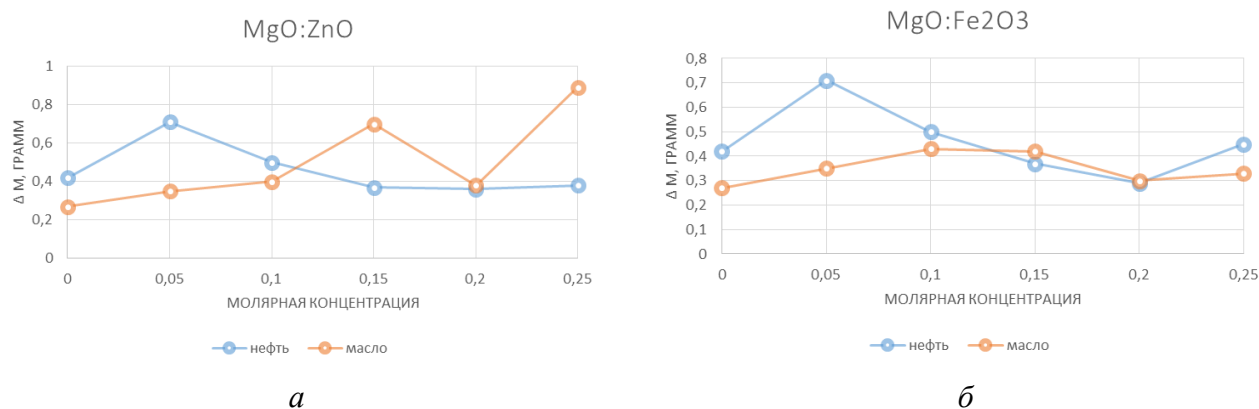


Рисунок 1 – Изменения массы таблеток в зависимости от впитывающей способности нефтяных материалов (сырое нефтью и машин масло): *а* – MgO:ZnO; *б* – MgO:Fe₂O₃

Список использованных источников

1. Pavlov, A. V. Investigation of sorbents of oil and oil products for the elimination of emergency oil spills in the seas of the arctic region/ A. V. Pavlov, J. V. Vasilyeva // Regional environmental issues. – 2019. – No 5. – P. 89–94.
2. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Мишени SiO₂:CuO (Cu⁰) для нанесения тонких пленок ионно-лучевого распыления, полученные золь-гель методом / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, Хамдан А. С. Аль-Шаамири // Докл. нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 3. – С. 348–355.
3. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Структурообразование SiO₂ ксерогелей, содержащих соединения меди различного фазового состава = Structure formation of SiO₂-xerogels containing copper compounds of different phase composition / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Алексеенко, О. А. Титенков // Проблемы физики, математики и техники. Сер.: Физика. – 2020. – № 3 (44). – С. 7–12.
4. Porous glasses with silver nanoparticles as the sensitive material for sensors to measure the index of refraction of analytes / A. S. Pshenova [et al.] // Journal of Optical technology. – 2016. – Vol. 83, Iss. 7. – P. 438–440.

电气绝缘材料的性能与发展前景

Xu Yang

Belarusian State University

Business school project management

517918051@qq.com

Annotation. With the development of modern science and technology, humans use electricity more and more extensively. As an indispensable part of modern society, the safety and stability of the power system need to be guaranteed. Electrical insulation materials are the key to ensuring the normal operation of power systems. Electrical insulation materials refer to materials used in the use of electricity to protect circuits from problems such as short circuits, leakage electricity, and arcs caused by moisture, dust, chemicals, high temperatures, and various other factors. This article will discuss the performance and development of electrical insulation materials.

1. 电气绝缘材料的基本性能

电气绝缘材料的作用是在电气设备中把电势不同的带电部分隔离开来¹。因此，电气绝缘材料首先应具有较高的绝缘电阻和耐压强度，并能避免发生漏电、击穿等事故；其次耐热性能要好，避免因长期过热而老化变质；此外，还应有良好的导热性、耐潮防雷性和较高的机械强度以及工艺加工方便等特点。

2. 电气绝缘材料的耐热等级

电工产品绝缘的使用期受到多种因素（如温度、电和机械的应力、振动、有害气体、化学物质、潮湿、灰尘和辐照等）的影响，而温度通常是对电气绝缘材料和绝缘结构老化起支配作用的因素。按照耐热程度，把电气绝缘材料分为 Y、A、E、B、F、H、C 等级别²。在电工产品上标明的耐热等级，通常表示该产品在额定负载和规定的其他条件下达到预期使用期时能承受的最高温度。

3. 电气绝缘材料的使用期

电工产品的实际使用期取决于运行中的特定条件。这些条件可以随环境、工作周期和产品类型的不同而有很大的变化。此外，预期使用期还取决于产品尺寸、可靠性、有关设备的预期使用期以及经济性等方面的要求。

数据显示，2022 年中国绝缘材料市场规模达到 300 亿元，占据全球市场的 46%，是全球最大的电气绝缘市场³。拿成立 33 年的沈阳友达绝缘来说，其生产加工的绝缘纸、绝缘纸板已成为多国家电力发展的核心材料，公司出口量占比超 20%，并在持续增长中。当前是电力、汽车、新能源、5G 通信等行业快速发展的关键时期，加上国家在电网建设、电气化铁路建设、节能照明等方面的加大投入，以及消费类电子产品的升级，绝缘材料的市场需求将呈现进一步快速增长的趋势。

参考文献

1. 高电压技术，周泽存、沈其工、方瑜、王大忠，2/2007.

2. 电气绝缘材料性能, 电力技术站, 03/2022.
3. 电气绝缘材料专业就业前景分析, 友达绝缘, 6/2022.

ПРИМЕНЕНИЕ В ЗДАНИЯХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ

Ван Сяньпэн¹, Юй Хаосюань², Ковшар С. Н.³

Белорусский национальный технический университет

¹wxpxueshu_phd@163.com, ²yuhaoxuan2001@gmail.com, ³kovshar-36@tut.by

Annotation. Buildings are the largest consumers of energy and producers of greenhouse gases in both developed and developing countries. According to incomplete statistics in Russia, Belarus and China, energy consumption in buildings alone accounts for 50 % of CO₂ emissions. Therefore, there is an urgent need for changes in various areas of the building industry: energy efficiency, emission control, production and application of materials, utilization of renewable resources, recycling and reuse of building materials. In addition, due to growing environmental concerns, the development of new environmentally friendly building materials with plant fibers and methods for their application in practice is of utmost importance.

В условиях стремительного развития мировой экономики беспрецедентное развитие получила строительная отрасль. Ее основой являются строительные материалы, они же составляют и значительную часть стоимости строительного проекта.

На современном этапе очень популярным является низкоуглеродное строительство – экологически безопасная форма строительства, при которой углеродный след здания минимален, что очень важно для охраны окружающей среды и энергосбережения. С этой точки зрения весьма очевидными преимуществами обладают новые строительные материалы с растительными волокнами. Они могут эффективно снизить степень энергопотребления и, следовательно, его стоимость. Применение новых, экологически чистых строительных материалов с растительными волокнами является неизбежной тенденцией будущего развития строительной индустрии [1].

В последние годы изменение климата, загрязнение воздуха, истощение природных ресурсов и биоразнообразия, образование отходов, истощение и загрязнение водных ресурсов, ухудшение состояния городской среды стали глобальными проблемами, требующими принятия срочных мер. Выбросы углекислого газа (СО₂) и других парниковых газов (ПГ) представляют собой огромную угрозу благополучию человечества. Для борьбы с этой угрозой миру необходимо к 2050 году сократить выбросы примерно на 50 % по сравнению с текущим уровнем. На протяжении всего жизненного цикла здания в атмосферу выбрасывается большое количество СО₂. Это включает в себя производство строительных материалов (СМ), строительство самого здания, его развитие, реконструкцию, возможную реабилитацию и последующий снос.

Строительная отрасль интенсивно и активно развивается во всем мире. Только в Китае строительный сектор является крупнейшим промышленным работодателем, на долю которого приходится не менее 7 % от общего числа занятых и 28 % от числа занятых в промышленности. С другой стороны, этот сектор вносит свой вклад в экологическую нагрузку, такую как высокое энерго- и водопотребление, образование твердых отходов, глобальные выбросы парниковых газов, внешнее и внутреннее загрязнение окружающей среды, истощение природных ресурсов.

По статистике, ежегодно на строительство зданий во всем мире расходуется: 25 % энергии на глобальную заготовку древесины; 40 % камня, песка и гравия; 16 % воды. В результате такой заготовки образуется 50 % мировых парниковых газов и фактор кислотных дождей. Кроме того, почти 3 млрд. т сырья превращается в конструкции, фундаменты, стены, трубы и полы зданий [2]. Однако одной из важнейших составляющих экологичности зданий является эффективность использования материалов. Мы можем выбрать подходящий строительные материалы (СМ), рассматривая весь его жизненный цикл («от колыбели до могилы») и выбирая продукцию с наименьшим воздействием на окружающую среду; например, по оценкам Гонсалеса и Наварро, выбор БМ с меньшим воздействием на окружающую среду может сократить выбросы CO₂ на 30 % [3].

Широкое стимулирование использования возобновляемых и перерабатываемых ресурсов может способствовать замкнутости жизненного цикла здания и его компонентов, поэтому другими факторами, которые могут существенно повлиять на выбор СМ, являются его стоимость и социальные требования, такие как тепловой комфорт, хорошие механические свойства (прочность и долговечность), эстетические характеристики и возможность быстрого строительства. Таким образом, мы приходим к тому, что в идеале сочетание всех экологических, экономических и социальных факторов может дать четкое описание материала, способствуя тем самым процессу принятия решения о выборе подходящего материала для здания.

Обзор литературы показывает, что цементная и бетонная промышленность производит 7 % глобальных антропогенных выбросов CO₂, и в ближайшие десятилетия эта цифра будет резко возрастать по мере роста населения Земли. Помимо выбросов, связанных со сжиганием ископаемого топлива, при неизбежной декарбонизации известняка (сырья) выделяется CO₂. При производстве бетона выделяется не только углекислый газ, но и другие загрязнители воздуха, такие как угарный газ (CO), оксиды серы (SO₂), оксиды азота [(NO)₂], хлористый водород (HCl), летучие углеводороды и твердые частицы. Производство бетона приводит к истощению столь необходимых невозобновляемых минеральных и водных ресурсов. Мировая бетонная промышленность использует 10 млрд. т горных пород и песка и 1 млрд. т воды в год. Хотя портландцемент составляет около 10 % от общего объема бетонных смесей, на его производство приходится 92 % всех энергозатрат. Наконец, еще одну серьезную экологическую угрозу представляет снос и утилизация бетонных конструкций. По оценкам специалистов, на долю бетона приходится 70 % массы отходов строительства и сноса. Поэтому для бетонной промышленности важно принять

стратегию устойчивого развития, направленную на снижение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, таких как CO₂, путем использования в бетоне растительных волокон, например, кокосового ореха, тростника, соломы, сизаля; использования устричных раковин из пищевых отходов барбекю для замены определенного количества крупного и мелкого заполнителя, камня, песка и т. д., чтобы замедлить использование природных источников энергии и достичь замещения возобновляемых источников энергии; улучшения водных стандартов замещения; повышение стандартов воды на очистных сооружениях и максимально возможное перемешивание бетона с очищенной водой, что позволяет снизить использование природных ресурсов (в том числе воды); и, соответственно, уменьшить количество образующихся отходов.

Список использованных источников

1. Wang X, Ju Z, Kovshar S. N., et al. THE USE OF NON-METALLIC FIBER IN THE PROTECTION OF BUILDING MATERIALS AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT[J]. Экономика строительства, 2023 (7): 86–91.
2. International Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. IPCC Fourth Assessment Report (AR 4).
3. González, M. J.; Navarro, J. G. Assessment of the decrease of CO₂ emissions in the construction field through the selection of materials: Practical case study of three houses of low environmental impact. Build. Environ. 2006, 41, 902–909. [Google Scholar] [CrossRef].

КОНЦЕПЦИЯ БЕТОННОГО БИОНИЧЕСКОГО ПОРТАЛА ДЛЯ КРУПНОГАБАРИТНОГО ТОКАРНОГО ГИБРИДНОГО СТАНКА

Довнар С. С., Шведова Д. Н.

Белорусский национальный технический университет
stanislaw.dovnar@gmail.com

Annotation. Concept of a huge lathe for combined (additional and subtractive) processing of large shafts and tubes is proposed. Portal including two bionic (oak-shaped) columns is depicted. It is suggested to pour columns with high-quality concrete (UHPFRC) for good stiffness and damping ability. The portal should embrace the tube to be machined. Supports, holding tools for deposition and cutting, can be used additionally as point rests around the tube section. Static and modal FEA is provided for the load-bearing system of the lathe. It is recommended to place arrays of sealed tuned-mass dampers into each concrete column to improve damping of machine tool resonances.

Аддитивно-субтрактивные (гибридные) станки (АСС) являются быстро развивающимся классом оборудования. Такой станок обладает инструментами как для нанесения на деталь новых слоев материала (аддикция), так и для точного срезания припуска (субтракция). В работе рассматриваются АСС токарно-фре-

зерного типа. Редкими, но критически важными машинами являются крупногабаритные станка, способные выполнять гибридную обработку валов (роторы турбин и генераторов), труб, оболочек большого диаметра. На рис. 1 представлен вариант с титановой трубой $\varnothing 2500$ мм и толщиной стенки 60 мм. Обработка может включать точение, лазерное и плазменное наплавление, фрезерование в разных последовательностях, но на одном рабочем месте.

Концепция станка заключается в осевом продвижении вращающейся трубы 1 двумя бабками 2–3 (рис. 1, а) сквозь портал (рис. 1, б) оснащенный комплектом как режущих, так и напыляющих инструментов. Предлагается портал из двух колонн ВСС бионической формы, выполненных из бетона (например, из фибробетона UHPFRC). Портал замыкает траверса *Tr*.

В соответствии с МКЭ-анализом [1] эффективным бионическим решением для технологической колонны является форма ствола дуба. Эта форма обеспечивает достаточную жесткость колонны при ее умеренной массе. На рис. 1 представлен слоистый корректированный вариант бетонных колонн.

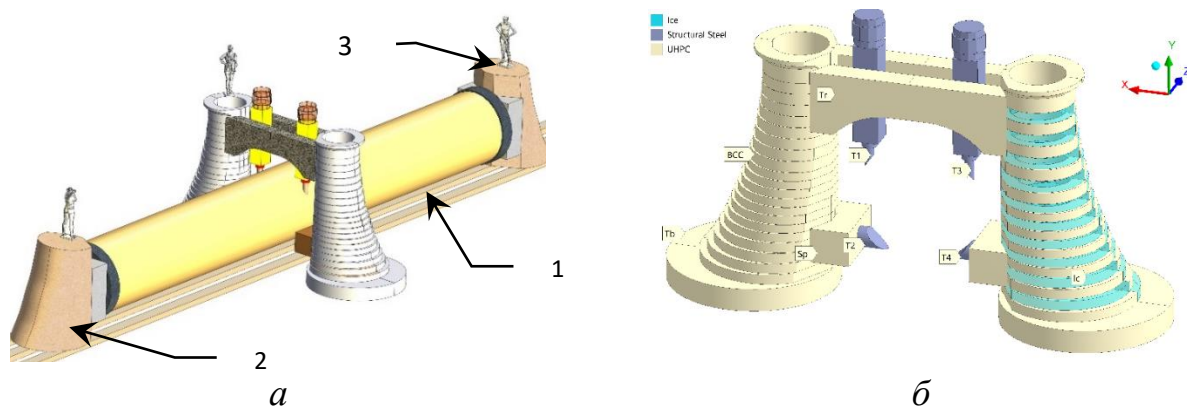


Рисунок 1 – Компоновка тяжелого порталного аддитивно-субтрактивного станка (а: 1 – обрабатываемая труба; 2, 3 – приводящие бабки; силуэты людей – для сопоставления размеров) и портал (б) из двух бетонных бионических колонн ВСС, траверс *Tr* и суппортов *Sp*, несущих инструменты *T1...T4*

В предлагаемой концепции станка новым является сочетание трех признаков:

- токарный портал, как база для инструментов, охватывающих деталь по кругу;
- бионический дизайн портала (как минимум, древообразная форма колонн);
- выполнение бионических форм (как минимум, колонн) именно из бетона.

Размещение инструментов *T1...T4* на траверсе *Tr* и суппортах *Sp* рекомендуется проводить так, чтобы они охватывали сечение трубы по кругу. В этом случае инструменты могут служить как для обработки, так и для поддержки трубы (наподобие люнетов).

Охватывающее размещение инструментов может быть важно для противодействия провисанию трубы и для подавления вибраций в ходе обработки (рис. 2, а). Это типовые проблемы для оболочечных деталей. Так, для рассматриваемой трубы резонансные возбуждения начинаются с моды *M1* на частоте 30,96 Гц, а на рис. 2, а представлена картина узлов и пучностей, соответствующая моде *M12* на частоте всего 66,48 Гц. Таким образом, портал должен сдерживать большое число близко расположенных по частоте резонансов.

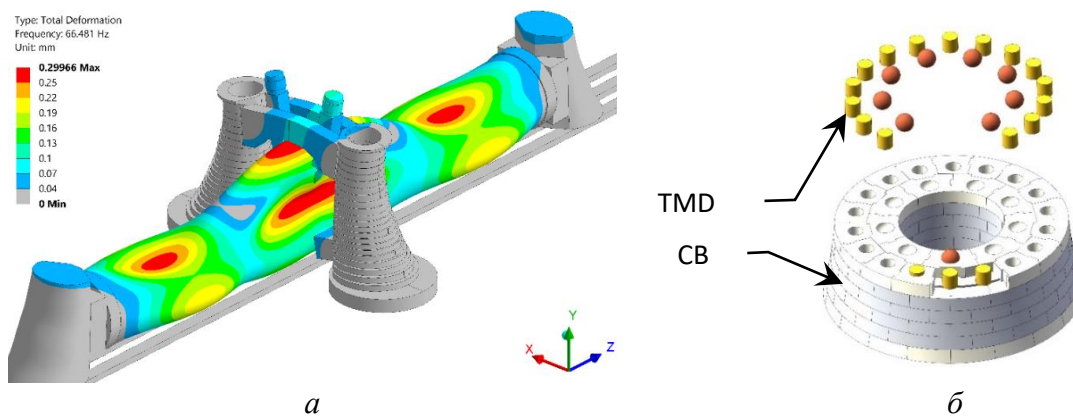


Рисунок 2 – Картина резонансных колебаний станка на 12-ой моде (66,48 Гц) (*a*) и схема размещения в бетонных блоках СВ бионических колонн инерционных гасителей TMD и других демпфирующих колебания объектов (*б*)

Наличие у портала бетонных колонн *BCC* предоставляет дополнительные возможности по гашению вибраций. Во-первых, сам фибробетон обладает неплохим демпфированием. Во-вторых, в бетонные блоки *CB* (рис. 2, *б*) можно относительно просто и технологично инкорпорировать массивы инерционных гасителей *TMD* (*tuned mass dampers*). Внутри таких гасителей происходят лишь колебания подпружиненных грузов. Герметично запечатанные в бетоне *TMD* должны обладать большой долговечностью.

Настройка резонансных частот гасителей предполагает развитый МКЭ-анализ станка.

Для обеспечения термоупругой стабильности большого портала могут быть применены охлаждаемые вставки *Ic* (рис. 1, *б*). Это пористые слои-секции, включающие в себя ледяные объемы [2]. Тающий (под контролем УЧПУ станка) лед обладает некоторой структурной жесткостью, демпфированием и способностью стабилизировать температуру колонны. МКЭ-анализ показывает, что ледяные вставки весьма умеренно снижают резонансные частоты портала. Поэтому их дальнейший анализ перспективен.

Список используемых источников

1. Довнар С. С., Якимович А. М., Яцкевич О. К., Лапука А. Д. Интерактивное обучение МКЭ-анализу статике и динамики несущих систем на примере бионической башни маяка Эдистон. «Системный анализ и прикладная информатика». 2022;(3):76-87. <https://doi.org/10.21122/2309-4923-2022-3-76-87>.

2. Довнар С. С., Яцкевич О. К., Макаренко К. Д., Гринкевич А. Г., Хруцкая Т. А. 3D-моделирование и МКЭ-оценка системы слой-конвертов для поддержки легкого 5-координатного станка. – XI Форум вузов инженерно-технологического профиля Союзного государства: сборник материалов, г. Минск, 12–16 декабря 2022 г. / Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 74–77. <https://rep.bntu.by/handle/data/126635>.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕВЕРСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАВЕСНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Ананчиков А. А., Бельчик Л. Д., Семашко Д. В., Козловский В. А.

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

anton0ananchikov@gmail.com

Annotation. The issues of structural and parametric synthesis of an electro-hydraulic system for reversing control of a mounted device, which ensures the operation of a tractor with double-acting hydraulic cylinders, are considered, which allows expanding the functionality of the tractor unit.

Введение. Совершенствование конструкций тракторов идет в направлении повышения их технико-экономических и эргономических показателей при использовании нового высокопроизводительного рабочего оборудования, что невозможно без современных электрогидравлических систем управления [1]. В настоящее время требования рынка определяют необходимость использования привода с гидроцилиндрами двухстороннего действия для реализации коммутационной схемы «Принудительное опускание» навесного устройства при его дистанционном управлении, что позволяет расширить функциональные возможности тракторного агрегата.

Основная часть. В Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси совместно с ОАО «Измеритель» (г. Новополоцк) разработаны опытные образцы импортозамещающей электрогидравлической системы реверсивного управления навесным устройством трактора [2; 3], представленной на рисунке. Серийное производство компонентов системы для комплектации тракторов «Беларус» планируется освоить на отечественных предприятиях.

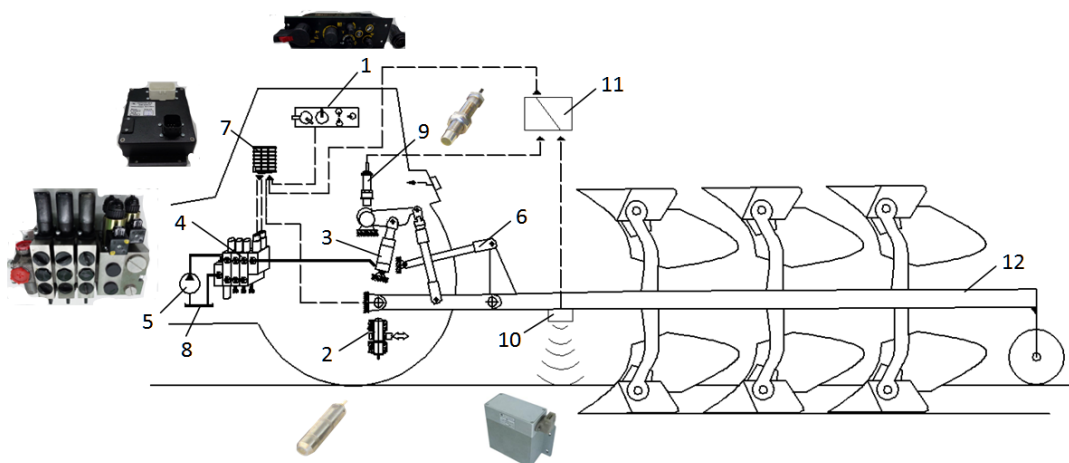


Рисунок – Схема расположения компонентов электрогидравлической системы реверсивного управления навесным устройством на пахотном агрегате: 1 – пульт управления; 2 – датчик усилия; 3 – силовой гидроцилиндр; 4 – гидроблок; 5 – насос; 6 – навесное устройство; 7 – контроллер; 8 – гидробак (многосекционный распределитель внешних потребителей с электроуправляемым регулятором); 9 – бесконтактный датчик положения; 10 – ультразвуковой датчик расстояния; 11 – адаптер высотного и позиционного регулирования; 12 – почвообрабатывающее орудие

В отличие от зарубежного аналога системы управления навесным устройством фирмы «*Bosch-Rexroth*» (Германия) разработка имеет ряд преимуществ:

– повышение надежности функционирования вследствие использования бесконтактных способов измерения перемещения навесного устройства относительно остова трактора и поверхности поля;

– улучшение технологических свойств за счет упрощения конструкции электроуправляемого регулятора (однокаскадный привод распределительных элементов, отсутствие капиллярных жиклеров, модульное исполнение обратного клапана, использование трех электромагнитов, регулировка возвратных пружин без использования червячной передачи);

– повышение качества почвообрабатывающих операций и догрузка ведущих колес за счет бесконтактного копирования рельефа поля.

При разработке системы реверсивного управления были проведены обоснование структуры электронных и электрогидравлических компонентов и выбор конструктивных параметров с использованием математического моделирования процесса ее функционирования [4]. Это позволило определить рациональные значения параметров конструкции и алгоритма управления.

Заключение. Система реверсивного управления позволяет в ручном и автоматическом режимах регулировать положение навесного устройства трактора и повысить точность позиционирования за счет деления потока рабочей жидкости от насоса при выполнении функции управления «Принудительное опускание».

Список использованных источников

1. Тракторы и автомобили. Практикум : учебно-методическое пособие : в 4 ч. / Г. И. Гедроить [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – Ч. 2. – 236 с.

2. Реверсивный электрогидравлический привод навесного устройства трактора и способ управления им : заявка а 20230176 / Л. Д. Бельчик, А. А. Ананчиков, А. И. Ключев, А. С. Сикорский, В. В. Качан, Д. В. Семашко. – Оpubл. 21.09.2023.

3. Электрогидравлическая система точного позиционирования навесного устройства мобильной машины : пат. ЕА 039622 / Е. Я. Строк, Л. Д. Бельчик, А. А. Ананчиков, А. И. Ключев, А. С. Сикорский, В. В. Качан. – Оpubл. 17.02.2022.

4. Оценка агротехнических и энергетических показателей функционирования пахотного агрегата при различных способах регулирования положения рабочих органов / Л. Д. Бельчик, А. А. Ананчиков, Т. Л. Александрова // Механика машин, механизмов и материалов. – 2022. – № 4. – С. 19–27.

ПОИСК СИСТЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Станкевич Е. А., Татур М. М., Беляков А. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Stankev1ch985@gmail.com

Annotation. The article is intended for researchers to introduce them to the subject area and to present a general understanding of the consideration of the available problems from a different perspective, in contrast to the theory used in classical design methods. The problems of complex technical decision evaluations in the design of complex autonomous electric transportation systems and a formal approach for solving these problems form the basis of this article.

Введение

Развитие технологий, связанных с созданием транспортных средств с электродвигателем (новые виды тяговых батарей, совершенствование технических характеристик электродвигателей, системы и алгоритмы управления, системы обратной связи и т. д.), перестало носить характер обособленных систем таких, как механические, электрические, электронные, а получило статус «мультидисциплины», в которой все системы взаимопересекаются и внедрены друг в друга. Все это направлено на решение задач: увеличение хода транспортного средства на одном заряде батарей, увеличение скорости, динамики разгона, снижение расхода электроэнергии, увеличение срока службы батарей и т. д.

Методы проектирования сложных систем требуют разработки и внедрения нового ресурсно-ориентированного подхода, который позволит оперативно осуществлять выбор оптимальных решений с учетом рационального использования системных ресурсов и нахождение компромисса между параметрами системы при поиске новых решений.

1. Основные проблемы при проектировании сложных систем электротранспорта.

1.1 Начинаящие исследователи-конструкторы имеют хороший потенциал для осваивания современных технологий проектирования [1], работают над созданием конкретных технических решений, в которых, как правило, имеются границы, в которых должны находиться решения. При получении результата проектирования, соответствующего данной области значений, конструктор считает это решение оптимальным, разумным по причине близости параметров к определенному аналогу. Однако, возникает вопрос, как оценить техническое решение (под решением будем понимать выбор зависящих от проектировщика параметров), когда параметр не один, не два, а их несколько? Ведь зачастую определенные параметры будут соответствовать аналогам, а некоторые – нет.

1.2 Еще сложнее решается этот вопрос, когда аналогов просто не существует. А перед конструктором, проектировщиком – полная неизвестность. В каком направлении вести разработку, и какое решение будет оптимальным?

2. Проблема комплексных оценок и предлагаемые решения.

2.1 Сравнение полученного технического решения с уже известными (сокращенное для решения формальной задачи ранжирования).

2.2 Оценка того, насколько эффективно данное решение, существуют ли альтернативные решения с лучшим сочетанием технических и экономических параметров? Все это сведено к решению формальной задачи оптимизации. Оптимизация начинается тогда, когда для обоснования решений применяется тот или иной математический аппарат. Это своеобразная математическая оценка целесообразности будущих решений, позволяющая экономить силы, средства и материальные ресурсы, избегать серьезных ошибок.

2.3 Оценка корректности требований технического задания на разработку электротранспорта, т. е. соответствия требований реальным ограничениям, обусловленным уровнем научных, технологических, экономических, эксплуатационных и других возможностей.

3. Формальный и неформальный подходы к решению.

Существует два подхода к решению этих проблем. Неформальный подход представлен хорошо известными методами экспертных оценок. Считается, что эксперты интуитивно «знают» скрытые зависимости между параметрами, что позволяет им лучше справляться с принятием оценочных решений по сравнению с разработчиками, не имеющими такого опыта.

Формальный подход использует методы из теории Data Mining и Operation Research [2]. Этот математический аппарат направлен на анализ данных в многомерном пространстве признаков и позволяет оценивать решения по заданному критерию или нескольким критериям.

Заключение

Проблема «выбора» системного решения тесно сосуществуют с проблемой комплексной оценки результатов проектирования. Истоки проблем кроются в том, что на ход и результаты проектирования влияет множество факторов, и корректно оценить степень влияния некоторых параметров не представляется возможным. Известные методы анализа данных и оптимизации лишь частично позволяют формализовать «компромисс» в процессе проектирования. Однако их значение нельзя недооценивать, поскольку при правильном применении они показывают разработчику направление поиска новых технических решений и ресурсы, которые можно для этого использовать.

Список использованных источников

1. K. Deb, Multi-objective Optimization Using Evolutionary Algorithms, John Wiley and Sons, Ltd, England, 2001.
2. Manzetti, S.; Mariasiu, F. Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems. *Renew.Sustain. Energy Rev.* 2015, 51, 1004–1012, doi:10.1016/j.rser.2015.07.010.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Игнатюк Н. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
nikitaignatuk20@gmail.com

Annotation. This article discusses a mathematical model and algorithms for controlling mobile platforms with steering. The mathematical model allows you to get an idea of the trajectories of the front and rear wheels during the application of these algorithms. In conclusion, the article highlights the potential for further refinement and improvement of these algorithms to meet the requirements of complex and diverse environments in autonomous systems.

Введение. Разработка алгоритмов и систем управления мобильными платформами роботизированных транспортных средств является сложной научной проблемой. С методической точки зрения важно разделять разработку модели объекта управления (с учетом внешней среды) и, собственно, алгоритмов управления. В настоящей работе рассмотрим оба этих аспекта в виде учебно-демонстрационной задачи, не претендующей на внедрение в реальное изделие.

Модель объекта управления. Математическая модель расчета координат мобильной платформы:

$$\begin{cases} x_{п} = x_{п0} + v_{п} \cos(Q' + \Psi)\Delta t \\ y_{п} = y_{п0} + v_{п} \sin(Q' + \Psi)\Delta t \\ x_{з} = x_{з0} + v_{з} \cos(\pm Q + \Psi)\Delta t \\ y_{з} = y_{з0} + v_{з} \sin(\pm Q + \Psi)\Delta t \end{cases}, \quad (1)$$

где: $x_{п0}$ и $y_{п0}$ – первоначальные координаты переднего колеса; $x_{з0}$ и $y_{з0}$ – первоначальные координаты заднего колеса в прямоугольной системе координат; Ψ – угол изменения положения платформы за время Δt ; $v_{з}$ – скорость заднего колеса; $v_{п}$ – скорость переднего колеса; Q' – угол между направлением переднего колеса и осью Ox ; Q – угол курса (продольной оси) платформы; L – колесная база платформы.

В процессе управления движением будет изменяться угол поворота переднего колеса, в соответствии с формулой:

$$\varphi = k\omega_p\Delta t + \varphi_0, \quad (2)$$

где: k – коэффициент (± 1) определяет направление изменения угла φ ; ω_p – угловая скорость; φ_0 – начальный угол поворота переднего колеса относительно продольной оси платформы.

Таким образом, с использованием данной модели можно рассчитать положение платформы в прямоугольной системе координат в любой момент времени, и тем самым моделировать, оценивать разрабатываемые алгоритмы управления.

Алгоритмы управления мобильной платформой. Оба алгоритма имеют общую идею, которая состоит в том, чтобы ось переднего колеса направлять в конечную точку K , а реализация может быть различной.

Алгоритм 1 основан на расчете координат конечной точки K после поворота на угол Q' и смещения осей на $x_{п}$ и $y_{п}$. Коэффициент k будет изменяться следующим образом (формула 3):

$$k = \begin{cases} 1, & \text{если } y'_K > 0 \text{ или } y'_K = 0 \wedge x'_K < 0 \\ -1, & \text{если } y'_K < 0 \\ 0, & \text{если } y'_K = 0 \end{cases} . \quad (3)$$

Алгоритм 2 основан на расчете угла Q_K и стремлении угла Q' стать равным углу Q_K . Коэффициент k будет рассчитан следующим образом:

$$k = \begin{cases} -1, & \text{если } Q' > Q_K \\ 1, & \text{если } Q' < Q_K \\ 0, & \text{если } Q' = Q_K \end{cases} . \quad (4)$$

Заключение. На рис. 1 представлены результаты моделирования траекторий движения переднего и заднего колес при первом и втором алгоритмах расчета. Как видно из рисунков, траектории – практически эквивалентны, поскольку реализован один способ наведения с применением различных способов расчета направления поворота – k . В свою очередь это верифицирует модель объекта управления и подтверждает достоверность результатов расчета.

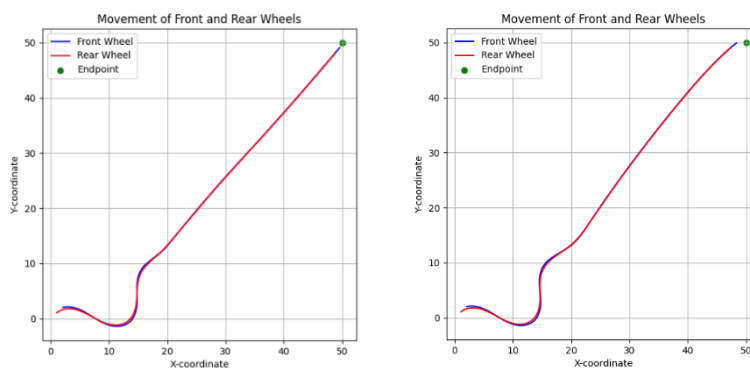


Рисунок 1 – Траектория движения переднего и заднего колеса при первом алгоритме (слева) и втором алгоритме (справа)

Список использованных источников

1. Dixit, S., Montanaro, U., Dianati, M., Oxtoby, D. Trajectory Planning for Autonomous High-Speed Overtaking in Structured Environments Using Robust MPC / S. Dixit, U. Montanaro, M. Dianati, D. Oxtoby // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2019. – Т. 21, № 6. – S. 2310–2323.
2. Alrifaae, B., Ghanbarpour, M., Abel, D. Centralized non-convex model predictive control for cooperative collision avoidance of networked vehicles / B. Alrifaae, M. Ghanbarpour, D. Abel // 2014 IEEE International Symposium on Intelligent Control (ISIC) (Juan Les Pins, France, 08-10 October 2014). – Juan Les Pins, France – 2014. – S. 1–6.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СТУДЕНЧЕСКИХ КАМПУСАХ

Грабовая П. В., Синкевич К. В., Бутор Л. В.

Белорусский национальный технический университет

pgrabovaya@mail.ru

Abstract: The article presents a plan for the implementation of the TSP01-18 project, indicating the approximate time frame for each of the stages of creating a vehicle, which was developed using the network planning method. Based on the results of the work, a preliminary deadline for the full implementation of the project was identified and the main advantages of introducing a transport system were identified

21 век – это век высоких технологий и, конечно же, век популяризации высшего образования среди молодежи. В современных учебных заведениях стараются не только усовершенствовать саму систему образования, но и модернизировать кампусы, в которых студентам будет не только приятно учиться, но и удобно передвигаться, потому что при наличии всех корпусов в одном месте, затрачивается меньшее количество трудовых и временных ресурсов.

Кампус Tsinghua University занимает около 395 га, а ежедневно по территории кампуса проходят более 50 000 студентов, что иногда значительно затрудняет передвижение между корпусами университета. Так, появляются проблемы с перемещением из одного места в другое, создается риск травмоопасных ситуаций. Для того, чтобы решить эти две основные проблемы, был придуман проект «ТСП01-18» – а именно транспортное средство, которое будет передвигаться непосредственно по территории университета.

Что оно из себя представляет? Это два полностью открытых «вагона», которые сцеплены между собой специальным механизмом, чтобы при поворотах привезти практически к нулю поломку системы крепления и предотвратить «разрыв» вагонов. Передвижение транспорта будет осуществляться самостоятельно без участия человека по заранее заданной программе, которая включает в себя скорость передвижения, датчик препятствий на пути, остановки и, конечно же, определенный маршрут. Предполагаемая вместимость такого транспорта – 30 человек (пассажиры садятся по обе стороны спиной друг к другу и передвижение осуществляется боком – для уменьшения габаритов механизма и увеличения вместимости).

Данный вид транспорта позволит не только быстро передвигаться по пешеходной территории университета, но и облегчит возможность передвижения людям с ограниченными возможностями, с различными травмами, а также людям пожилого возраста.

Для реализации плана работы над проектом с определением временных рамок для каждого из этапов был выбран метод сетевого планирования, который позволяет связать выполнение различных работ и процессов проекта во времени, получив прогноз общей продолжительности реализации всего проекта [1].

Исходя из результатов, полученных при расчете параметров сетевого графика, предварительный срок реализации проекта составит 39 дней, что благодаря

современным технологиям и материалом является выполнимым. На данный момент проект находится на стадии проектирования и разработки технологии изготовления транспортного средства.

Основными конкурентными преимуществами проекта можно назвать следующие:

- 1) разработка является инновационной в данном регионе;
- 2) транспортное средство будет иметь техническое зрение, что позволит уменьшить риски при эксплуатации;
- 3) процессы внедрения и эксплуатации являются достаточно дешевыми; система безопасна и удобна в использовании.

В дальнейшем также планируется проведение анализа актуальности внедрения проекта в другие учреждения, у которых есть необходимость решения проблемы передвижения; поиск источников финансирования проекта, а также внедрение «ТСП01-18» в тестовом режиме.

Внедрение транспортного средства возможно не только на территории Tsinghua University, но и в других учреждениях, где время, затрачиваемое на передвижение, и поток людей также высок. А в результате реализации проекта «ТСП01-18» будет не только увеличена эффективность построения процесса работы, но и устранены различные риски, связанные с передвижением.

Список использованных источников

1. Сетевое планирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://upr-proektom.ru/setevoe-planirovanie?ysclid=lmxof2kedc874017092>. – Дата доступа: 24.09.2023.
2. General Information [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tsinghua.edu.cn/en/About/General_Information.htm. – Дата доступа: 30.09.2023.

A CONCEPT OF EVALUATING THE DRIVER'S READINESS TO TAKE OVER CONTROL FROM AN AUTONOMOUSLY DRIVING VEHICLE

Dubovsky V. A., Savchenko V. V.

The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy
of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
vdubovsky.email@gmail.com

Annotation. In a highly automated vehicle, the driver can transfer the vehicle control to the autonomous driving system, and can be engaged in non-driving activities, such as reading or watching a video, but in emergency situations, the driver should take over control. In this case, the driver may not be able to perform the driving task safely. Currently, this problem is addressed based on monitoring of the driver functional state and issuing a take-over request, however, due to its complex interdisciplinary nature, it has not yet been finally solved. The aim of this paper was to propose a new concept

of evaluating the vehicle driver's readiness to take over control based on taking into account the driver's individual characteristics. The proposed concept can be used as a framework to develop a research project aimed to mitigate safety risks during the transition from automated to manual driving.

1. Introduction.

Currently, there is a trend of increasing the level of driving automation towards self-driving vehicles [1]. Evidence of this is reflected in the standard, SAE J 3016, developed by the Society of Automotive Engineers (SAE International) [2], which defines the levels of driving automation from 0 (no driving automation) to 5 (full driving automation). In a highly automated vehicle (HAV), the driver can transfer the vehicle control to the autonomous driving system (ADS), and can be engaged in non-driving activities, such as reading or watching a video, but in emergency situations, the driver should take over control. In this case, the driver may not be able to perform the driving task safely because of lack of situation awareness (SA) and sudden changes in workload [3]. Currently, this problem is addressed based on monitoring of the driver functional state (DFS) and issuing a take-over request, however, due to its complex interdisciplinary nature, it has not yet been finally solved. The aim of the paper is to propose a new concept of evaluating the vehicle driver's readiness to take over control based on taking into account the driver's individual characteristics (DIC).

2. Concept.

The proposed concept involves an estimation of the DFS based on video and EDA data during automated driving, an estimation of the DIC during manual driving, and taking into account DIC during transition of control. This concept is illustrated in the diagram (fig. 1) and can serve as a framework for developing a research project aimed to mitigate safety risks during the transition from automated to manual driving. The main tasks to be undertaken in the implementation of such a project are:

- development of a new approach to determining the driver's readiness to take over control of a HAV based on an assessment of the DFS by using EDA and video data obtained during automated driving (advantages of using the EDA indicators for this purpose can be seen from [4]), and on taking into account the DIC;
- development of a new approach to determining the indicators of DIC by using the driver, vehicle and environmental states data obtained during manual driving;
- development of an experimental methodology for obtaining a new knowledge about the regularities and features of the relationship of indicators of EDA, DIC, SA and DFS in different road situations and their impact on driver readiness to take over control of a HAV;
- carrying out experimental studies of the process of taking over vehicle control by the driver on the basis of the developed methodology using a simulator;
- analyzing and summarizing of the results of experimental studies.

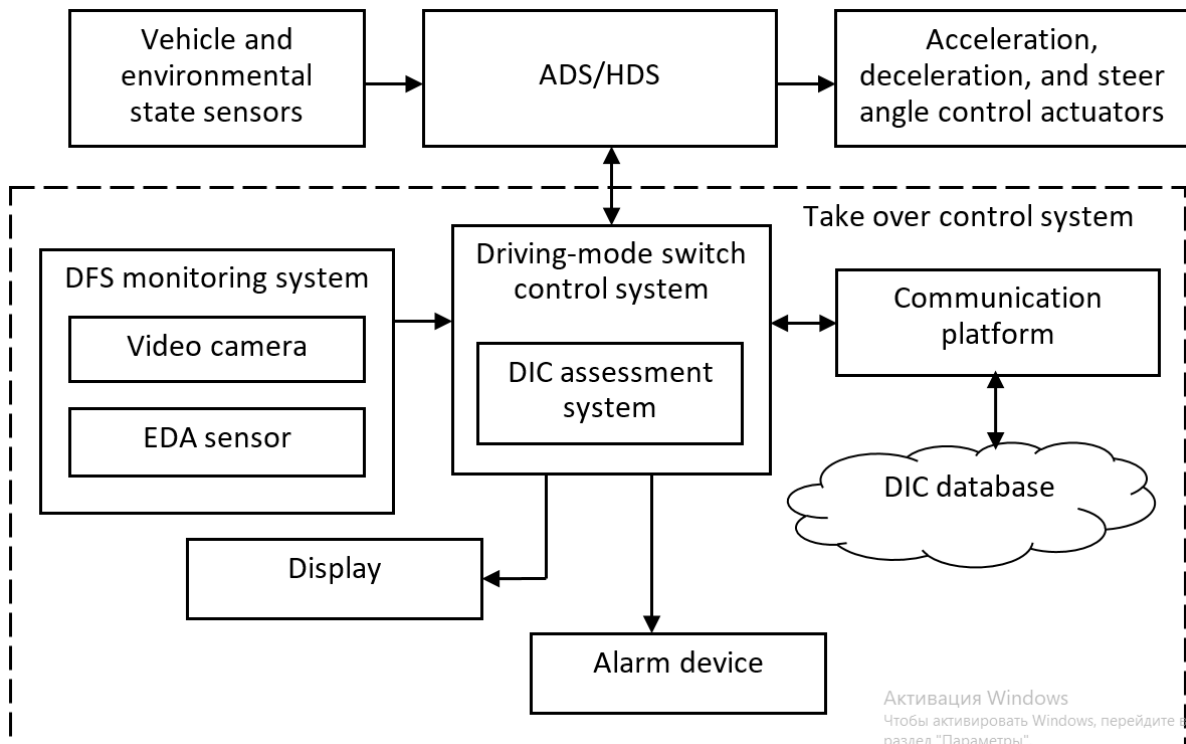


Figure 1 – Take over control system general structure (HDS – human driving system)

The main result of the project will be a method of monitoring the driver's readiness to take over control of a HAV that allows to improve road safety during the transition from automated to manual driving.

References

1. Wang J.; Huang H.; Li K.; Li J. Towards the Unified Principles for Level 5 Autonomous Vehicles. *Engineering* 2021, Volume 7, pp. 1313–1325. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.10.018>.
2. SAE On-Road Automated Vehicles Standards Committee. J3016. Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems. Washington, DC: SAE International; 2014.
3. Dubovsky V. A., Savchenko V. V. A general approach to describing the driver-vehicle interaction // *BIG DATA and Advanced Analytics: VII Int. Sci. & Pract. Conf.*, Minsk, 2021, May 19-20 / BSUIR. – Minsk, 2021. – P. 67–73.
4. Whitlock A. *Driver vigilance devices: system review*. – London, 2002. – 95 p.

基于博奥清单软件对工程项目管理的研究

梁丽宁

白俄罗斯国立大学商学院

lianglining9@gmail.com

Annotation. With the rapid development of global economy and the continuous progress of engineering technology, the complexity and difficulty of engineering projects are increasing day by day, so the management of engineering projects is faced with many risks and challenges. At the same time, engineering construction projects play an extremely important role in modern society, affecting all aspects of people's lives in various ways. However, the management of the project is also very important for the success of the project. This paper mainly estimates the project budget through Boao inventory software to control the cost, and analyzes the importance and application of Boao inventory software in project management.

1. 博奥清单软件在工程项目管理中的应用.

博奥清单列项, 由各个分项工程组成分部工程, 所有分部工程最终组成工程项目。各分部划分规整, 有相应的划分标准及对应的定额, 有效提高费用计算效率, 同时能清楚分辨分部工程出现费用超标的情况, 有利于管理项目成本。

在管理各分项工程费用过程中, 更新项目动态可通过博奥对应分项的费用进行比对, 能精准测出各分项费用使用是否存在超标情况, 从而判断项目预算成本是否需要调控。

2. 博奥清单软件在工程项目管理中的重要性.

博奥汇总计算总造价是施工预算中极其重要的一个环节。在对工程项目进行管理时, 旨在保证项目的整体建设质量的大前提下, 控制工程项目的成本。各分部分项工程的清单都在博奥中体现, 进而对整个项目进行系统性、综合性的管控及实施。在博奥定额当中, 材料用量得到了准确的把控, 从而能够有效控制工程项目中材料的使用。通过博奥软件, 不仅在一定程度上规范了施工技术, 还从多方面、多方位对工程项目进行管理, 以博奥数据为基础, 综合管控项目实施, 最终完成工程项目的成功实施及稳定运行。

结论.

本文通过使用博奥清单软件对工程项目预算情况进行分析, 了解博奥软件在项目实施中的应用, 体现其对项目管理的重要性。工程建设项目中成本管理本身就存在复杂性, 因此在对其进行管控时应从多方面、多角度进行考虑, 并与项目的实际施工、现场管理等进行有效融合, 最终达到节约成本的目的。

参考文献

1. 何凯悦, 王伟. 国际工程项目施工企业项目成本管理策略[J]. 中国招标, 2023(09): 99-101.
2. 孙麟. 建筑工程项目成本核算及管理探讨[J]. 财会学习, 2023(25): 113-115.

3. 沈玉坡,许香平.浅谈工程项目主要成本的管理与控制[J].居业, 2023(08): 157-159.

4. 初培坤.建筑工程项目现场管理中的问题及策略[J].中国招标, 2023(09): 153-155.

APPLICATION OF EDEM SOFTWARE TO POTATO HARVESTING MACHINERY TRIALS

Liu Zhixin, Ma Shikuan, Shang Shuqi

College of Electromechanical Engineering, Qingdao Agricultural University
lzxyffs1997@163.com

Annotation. In order to intuitively analyse the role of the potato soil separation device on the material and the screening principle of the lifting chain with rod, the potato harvester is simulated and analysed using the EDEM method, and the EDEM software can get rid of the limitations of the natural environment, intuitively and quickly analyse the screening capacity of the potato harvester, reduce the cost of the research and development of agricultural equipment, and improve the efficiency.

1. Simulation modelling and analysis.

As shown in fig. 1, a three-dimensional model of the potato soil separation device was built using SolidWorks software based on a tractor-mounted one-row, two-row potato harvester with poles. The potato soil separation and conveying device can vibrate, crush, sieve, throw and transport the potato soil mixture on the lifting chain [1].

This test with the help of EDEM software [2], the simulation process is shown in fig. 2, it can be seen on the ascending chain of the soil bonding degree of the clay through the shaking wheel of the hit broken, along the fence gap sieve out. Viscosity of the bottom particles through the vibration of the shaking wheel broken, the screening speed of the material greatly increased, the screening capacity of the ascending chain is significantly enhanced, the simulation image is clearly visible before and after the shaking wheel of the ascending chain before and after the change in the screening capacity of the material.

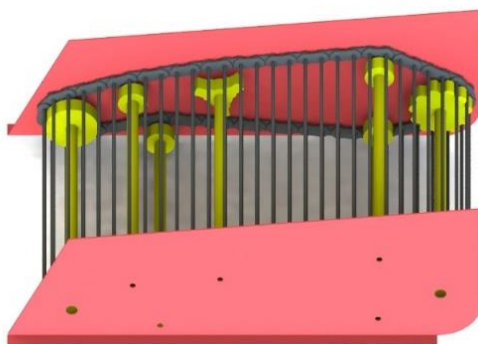


Figure 1 – Simplified model of a potato harvester

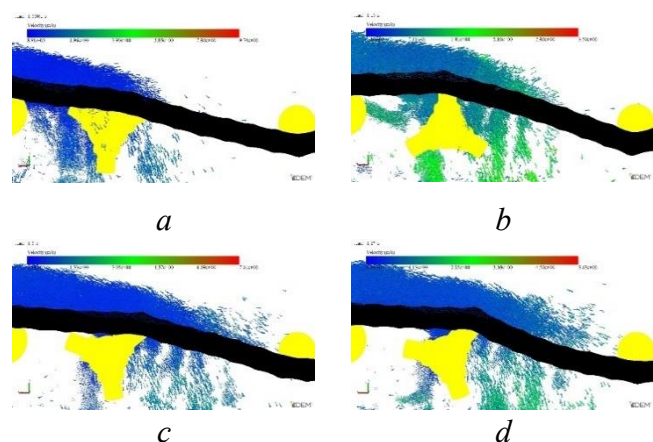


Figure 2 – Simulation process:
 $a - t = 1.00 \text{ s}$; $b - t = 1.67 \text{ s}$;
 $c - t = 1.27 \text{ s}$; $d - t = 1.30 \text{ s}$

2. Reach a verdict.

The DEM-MBD co-simulation approach can be used to analyse the sieving capacity of potato harvesters easily and quickly, thus getting rid of the limitations of the test site and the physical machinery, and improving the cost and efficiency of agricultural equipment research and development.

Reference

1. Particle mechanics simulation software – EDEM[C]//Chinese Society of Particology.Chinese Society of Particology Proceedings of the 2006 Annual Meeting and Cross-Strait Symposium on Particle Technology. [Publisher unknown], 2006: 680.

2. Lv Jinqing,Wang Pengrong,Liu Zhifeng.etc. Current status and outlook of potato harvester separation devices[C]//Crop Society of China, Potato Specialised Committee, Hubei Provincial Department of Agriculture and Rural Development, Enshi Prefecture People's Government. Potato industry and healthy consumption (2019). Heilongjiang Science and Technology Press Heilongjiang Science and Technology Press, 2019: 149–154.

5G 技术对于自动驾驶汽车的必要性和未来设想

曾鹏 (Zeng Peng)、徐伟轩 (Xu Weixuan)

白俄罗斯国立信息与无线电大学

peng_0306@outlook.com

Annotation. With the development of 5G technology, autonomous vehicles have become the focus of attention again. This article will introduce the principles of self-driving cars to illustrate the necessity of 5G technology for self-driving cars. At the same time, innovative ideas will be put forward for the future development of autonomous vehicles.

自动驾驶汽车简单的解释就是不用人开的汽车。对于自动的程度可以分为 5 级，如图 1 所示。即使是最前沿的电动汽车品牌特斯拉，其产品已经接近二级，正朝着更高级的自动驾驶努力，但距离三级（Eyes off）还有很大的差距。

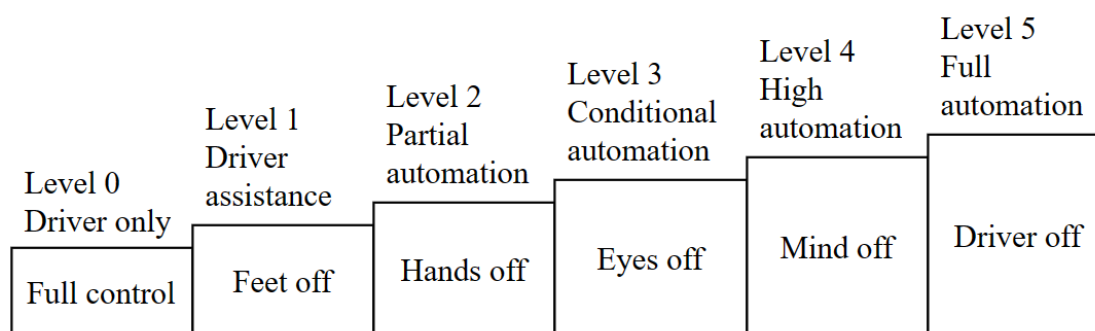


图 1 – 自动驾驶程度等级

为了实现更高等级的自动驾驶，需要激光测距仪（Laser Rangefinder），高精度地图（HD Map），短距离通信（Short-Range Communication），这三个技术相辅相成。而 5G 或者下一代的 6G 使得这个理论成为可能。

全向激光扫描仪相比于目前各类主流的摄像头或雷达，能准确得知环境中每一个物体的距离和轮廓。但是它有探测距离和刷新频率的限制，使得其并不足以完成自动驾驶又快又安全的目标。高精度地图能让视觉系统变得更强大，但是因为高精度地图的数据量庞大，使用 4G 网络性能不够。5G 网络有两大特点：低延迟和高速度，使得汽车能随时从云端调取高精度地图。所以在传输数据的过程中，5G 网络是非常必要的。就算结合了全向激光扫描仪和高精度地图，也只到达了 2-2.5 级的自动驾驶。

完全基于 5G 网络开发的 C-V2X（基于蜂窝网络的车联网）补全了所有的技术缺陷。一方面，5G 网络拥有高速和低延迟的特性。另一方面，5G 网络基于蜂窝网络技术，恰恰就是针对车载和高速移动环境设计的。他包括车与车的连接（V2V）以及车与人的连接（V2P）。车与车的连接很好理解，即所有车之间创建点对点互传，一切位置数据都分享给周围所有的汽车以确定道路状况。而网络上没有找到实现车与人连接的文献，为了让车辆能够区分无数个不停运动的人，所以这里提出一个创新性设想。

想象一下现在已经进入了汽车拥有全面自动驾驶的时代。目前我们的海拔高度是 80 米，而外面道路平均海拔是 50 米，由此判断你一定不在道路上。这时，你去马路对面的便利店买早餐，手机里和加速度传感器的得知，你正在往楼道走。同时，测得海拔变成了 51.5 米，那么手机可以判断你已经到达室外了。到达室外后，这套系统就开始工作了。这时，你已经被虚拟成了一个直径两米、高度两米的绝对安全领域圆柱体，出现在了高精度地图当中，随着你不断向马路靠近，在这条道路上所有汽车都会基于 C-V2 技术与你的手机建立通信，计算出你大约在 10.9 秒后就会出现在车道上面。之后你所在的高精度位置数据会传输给即将通过这条路的所有车，并把确认位置的任务和数据不断传递给后方的汽车。重复几次后，你的位置将会变得更加准确并更新到达时间。9.9 秒后，车道上的所有车就会停在你的安全绝对领域两米之外，直到你踏上对面的路肩，所有的车辆恢复行驶。除了人之外，现实世界的任何运动物体都可以通过这种方式看作一个安全绝对领域。

到目前为止，汽车通过 5G 通信技术的连接把其他技术融合进来。完成了自动驾驶的三要素的闭环，最终实现了 L5 级无人驾驶汽车的终极理想。当服务于自动驾驶技术更加成熟、资源更加丰富、5G 覆盖更广以后，这套系统也会越来越普及。甚至 L4、L5 已经更加先进的自动驾驶系统也会到来到，那个时候汽车可能又将迎来它的下一个形态。

参考文献

1. 道路机动车辆驾驶自动化系统相关术语的分类和定义. SAE International. SAE Standard J3016. 2018.
2. 车对车通信：V2V 技术的应用准备. NHTSA Report.

RESEARCH ON THE RELATIONSHIP BETWEEN BIM TECHNOLOGY AND PROJECT INFORMATION MANAGEMENT

Yuhao Jiang, Holubava Volha
Belarusian National Technical University

Annotation. This paper analyzes the basic content of BIM technology, describes the relevance of BIM technology and project information management, and puts forward the application of BIM technology in project information management. BIM technology enables project information to be effectively acquired, stored, and archived through the information management of the project's system, work, and data. Ultimately, it achieves the purpose of improving the information management efficiency of construction projects, effectively carrying out project information transmission and controlling project construction, and providing basic guarantee for project quality.

Accompanied by global economic growth and the development of the construction industry, large-scale engineering and construction projects are increasing. Large-scale engineering construction projects are characterized by large-scale investment, long implementation cycle, high technical compliance, special resource requirements, etc., which require a high level of engineering management. Through the application of BIM technology in project information management, it can effectively improve the efficiency of construction project information management and reduce the occurrence of unnecessary problems caused by project information errors.

Building information modeling (BIM) technology is a technical means of building information modeling [1], and BIM technology will scientifically manage the development, construction, use of building materials, software development, maintenance and other aspects of the project. Project information management is the reasonable organization and control of information transmission, through the collection, processing, transmission and application of engineering information, thereby enhancing the efficiency and accuracy of project management. The flow chart of project information management is shown in fig. 1:

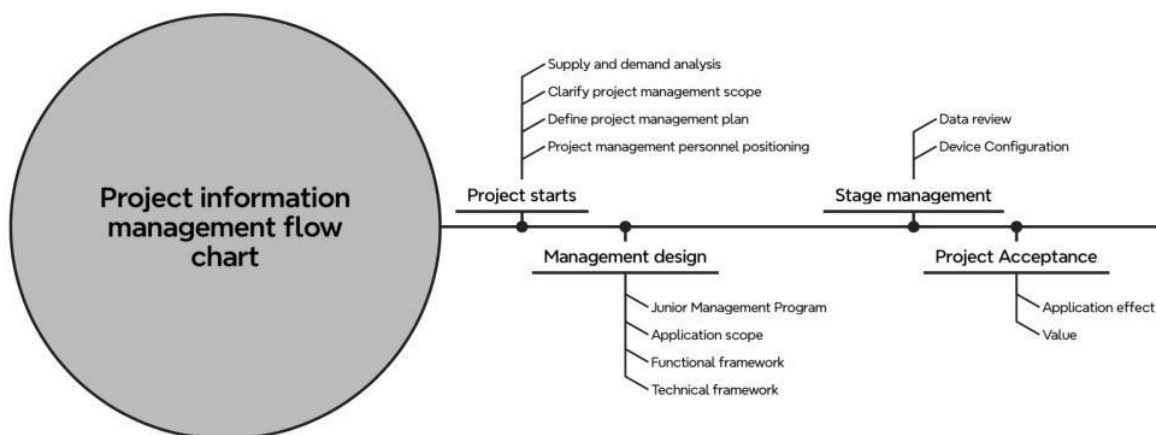


Figure 1 – Project Information Management Flowchart

Combine the construction of Four Dimensional Building Information Modeling (4D-BIM) with project information management. 4D-BIM technology makes it easier to track project information and link 3D models to project delivery schedules by construction phase. Ultimately, information resource planning is organized by location and productivity. The four-dimensional building information modeling diagram is shown in fig. 2:

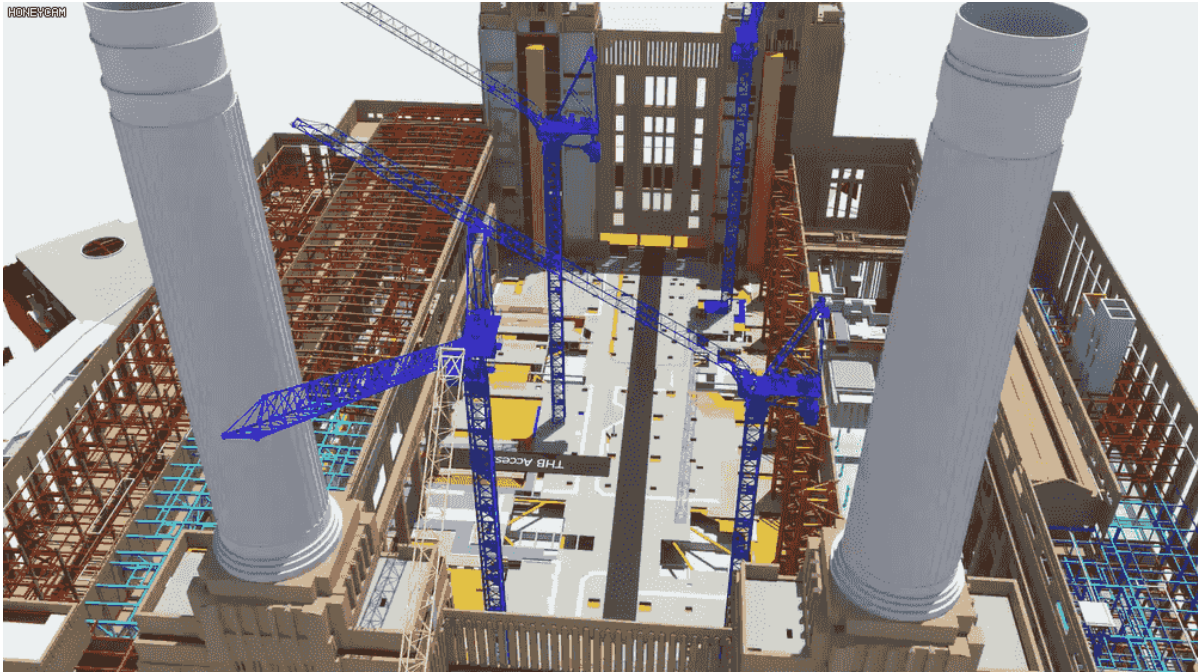


Figure 2 – The four-dimensional building information modeling

The four-dimensional building information model can be combined with the fire protection design plan, water conservation design plan, cultural heritage design plan, health design plan, transportation planning design plan, seismic design plan, energy-saving design plan, and confidentiality design plan to carry out complete project information management. And in the bidding stage to retain the bidding, construction, supervision contracts, notice of award and other information materials; in the design stage to retain the construction drawings design materials; in the construction stage to retain the construction safety supervision procedures information materials; in the completion stage to retain the record materials and project handover materials.

References

1. Unified standard for building information modeling application: gb/t 51212-2016 [S]. – Beijing: China Construction Industry Press, 2016.

ИННОВАЦИОННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ БОЛЬШИХ ДАННЫХ И ТЕХНОЛОГИИ MAPREDUCE ЛИ ХУНЯН

Белорусский государственный университет, г. Минск
a870406667@gmail.com

Annotation. Cloud computing is a crucial technology trend that offers cost-effective virtualization of computational resources. It's ideal for processing large datasets, but traditional parallel computing methods like MapReduce were designed for static environments. This study explores how implementing MapReduce in cloud computing can significantly boost performance and efficiency, improving big data analysis capabilities in the cloud.

Разнородные и сложные знания в индустрии облачных вычислений создают сложности в их согласовании между членами альянса, влияя на точность и полноту этого согласования. Для решения этих проблем мы предлагаем процесс сопоставления знаний для отраслевых альянсов облачных вычислений и разрабатываем усовершенствованный метод сопоставления, основанный на технологии MapReduce, для всесторонней оценки семантической близости. Наш метод включает неиерархические связи в расчет семантической близости, обеспечивая более полное соответствие знаний в отраслевых альянсах облачных вычислений.

С развитием цифровых технологий и интернета, объем данных стремительно растет, что приводит к дефициту ресурсов для их обработки. Управление таким огромным объемом данных на ограниченном количестве серверов хранения и вычислительных серверов становится невозможной задачей. Поэтому актуальной проблемой является разработка механизмов для распределенного совместного использования ресурсов и вычислительных мощностей для справления с быстрым ростом объема данных в интернете. В этом контексте возникла концепция облачных вычислений.

Облачные вычисления развиваются из параллельных, распределенных и Grid-вычислений, и одной из ключевых технологий в этой области является MapReduce. Она предоставляет эффективное решение для обработки данных в параллельных системах и позволяет работать с большими объемами данных. Были проведены исследования и улучшения метода MapReduce, включая модель HPMR для высокопроизводительных вычислений. Однако остаются пробелы в исследованиях, особенно в оптимизации работы алгоритма MapReduce.

Список использованных источников

1. Орехов, С. Е. Технологии облачных вычислений в интегрированных системах управления / С. Е. Орехов, Д. П. Артамонов, С. А. Иванов // Инфокоммуникационные технологии. – 2020. – Т. 18. – № 4. – С. 477–484.
2. Холод, И. И. Интеллектуальная обработка данных / И. И. Холод, М. С. Куприянов // Мягкие измерения и вычисления. – 2019. – № 3. – С. 55–75.

3. Жаткина, Д. О. Платформа hadoop для транспортной компании: преимущества, ограничения и экосистема / Д. О. Жаткина // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте. – 2019. – С. 118–122.

深入浅出 ZOOKEEPER 之 ZOOKEEPER 架构以及特性

李洪阳

白俄罗斯国立大学

a870406667@gmail.com

Annotation. Driven by the development of science and technology, applications and system architectures are changing: from single-machine single architecture to multi-machine distributed architecture. This article introduces distributed systems to solve load and faults. ZooKeeper maintains data consistency, monitors status, and assists cluster management.

分布式系统是一个硬件或软件组件分布在不同的网络计算机上,彼此间仅仅通过消息传递进行通信和协调的系统,一群互相独立计算机集合共同对外提供服务(图 1)。

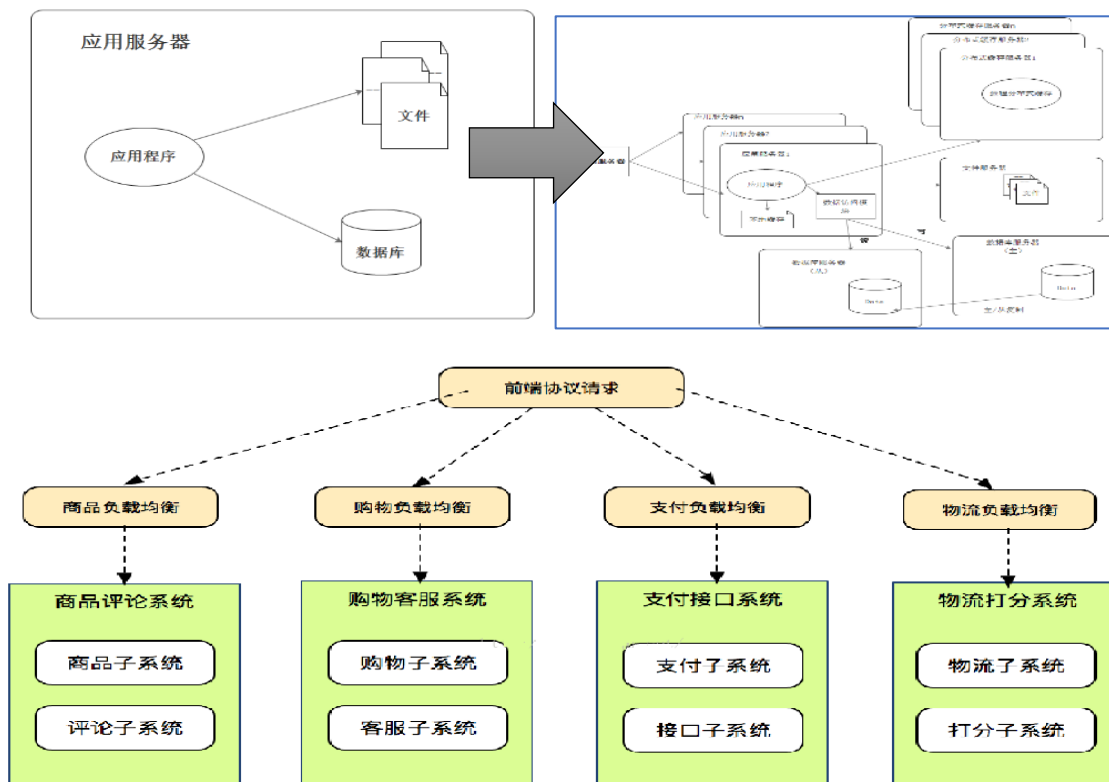


图 1 – 分布式系统是

Zookeeper 作为一个分布式的服务框架，主要用来解决分布式集群中应用系统的一致性问题。ZooKeeper 提供的服务包括：分布式消息同步和协调机制、服务器节点动态上下线、统一配置管理、负载均衡、集群管理等。ZooKeeper 提供基于类似于 Linux 文件系统的目录节点树方式的数据存储，即分层命名空间 (图 2)。

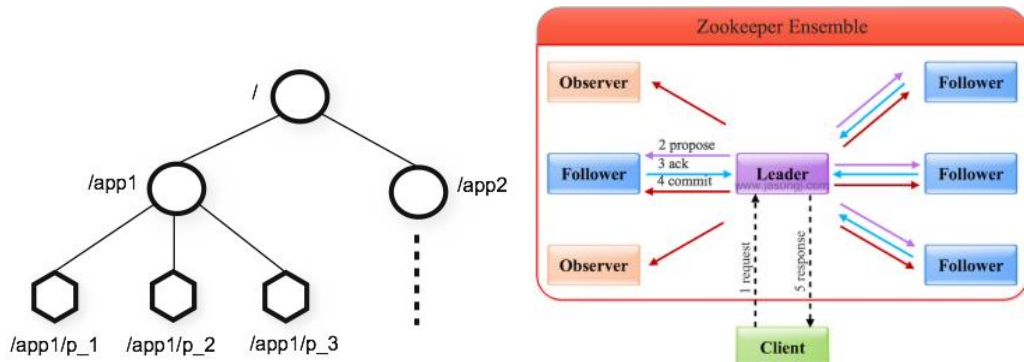


图 2 – Zookeeper 作为一个分布式的服务框架

Zookeeper 并不是用来专门存储数据的，它的作用主要是用来维护和监控你存储的数据的状态变化,通过监控这些数据状态的变化,从而达到基于数据的集群管理,ZooKeeper 节点的数据上限是 1MB。我们可以认为 Zookeeper=文件系统+通知机制对于 ZooKeeper 的数据结构,每个子目录项如 NameService 都被称为 znode，这个 znode 是被它所在的路径唯一标识,如 Server1 这个 znode 的标识为 /NameService/Server1；znode 可以有子节点目录，并且每个 znode 可以存储数据，注意 EPHEMERAL 类型的目录节点不能有子节点目录

znode 是有版本的，一个访问路径中可以存储多份数据; Zookeeper 的客户端和服务端通信采用长连接方式，每个客户端和服务端通过心跳来保持连接，这个连接状态称为 session;

总之分布式系统和 ZooKeeper 作为其中的重要组成部分，为构建高性能、高可用性的分布式应用提供了关键支持。这些技术的应用将继续在未来的计算领域中发挥重要作用，为用户提供更好的服务和体验。

文献

1. Hunt, Patrick, et al. "ZooKeeper: Wait-free Coordination for Internet-scale Systems." USENIX annual technical conference. Vol. 8. No. 9. 2010.
2. ZooKeeper: Wait-free coordination for Internet-scale systems.

数据库并发和并发异常

刘倩

白俄罗斯国立大学

Treebush302@gamail.com

摘要 (annotation) : 在使用数据库来支撑业务系统时, 随着用户量的增大, 经常会遇到同时读取相同数据的情况, 在没有对数据进行并发控制的情况下就会遇到各种各样的问题, 本文章对上述问题讲述了几种解决方法。

有两个方案可以解决读一致性问题: 基于锁的并发操作(LBCC)和基于多本版本的并发操作 (MVCC) 。

LBCC

既然需要保证前后两次读取数据一致, 那么在读取数据的时候, 给数据加个行锁, 锁定我要操作的数据, 不允许其他的事务来修改, 这种方案叫做基于锁的并发控制 (LBCC) 。

LBCC 是通过悲观锁来实现并发控制的, 如果事务 A 对数据进行加锁, 那么在锁被释放前, 其他事务就不可以对数据进行读写操作, 基于这种情况, 其实对大多数系统性能是不能满足要求的, 因为读操作是不会改变数据, 我们应该允许用户对数据进行读操作, 做到读写分离, 所以下面是第二种方法介绍关于数据库并发异常的解决方案。

MVCC

要让一个事务前后读取的数据保持一致, 我们可以在修改数据的时候给它建立一个备份, 后面来读取这个备份就可以了, 无论事务执行的时间有多长, 事务内部看到的数据是不受其他事务影响的, 根据事务开始时间不同, 同一时刻看到的数据是不一样的, 这种方案我们称之为多版本的控制方案 (MVCC) , MVCC 是基于乐观锁的。

LBCC 和 MVCC 都可以解决数据并发的的问题, 具体使用哪种方式, 要结合具体的业务场景来选择, 比如涉及到交易金额, 像银行存款我们可以使用悲观锁 LBCC 来对数据进行并发控制, 像有一些非敏感信息且用户经常需要查看的我们可以使用 MVCC 来进行数据的并发的控制操作, 这样可以提升系统性能, 当然 MVCC 和锁也可以结合使用, 没有最好的保持数据并发异常的解决方案, 只有最合适的方式。

CHINA AND BELARUS CLOUD COMPUTING DEVELOPMENT

Yang Tiantian

School of Business of Belarusian State University, Minsk, Belarus

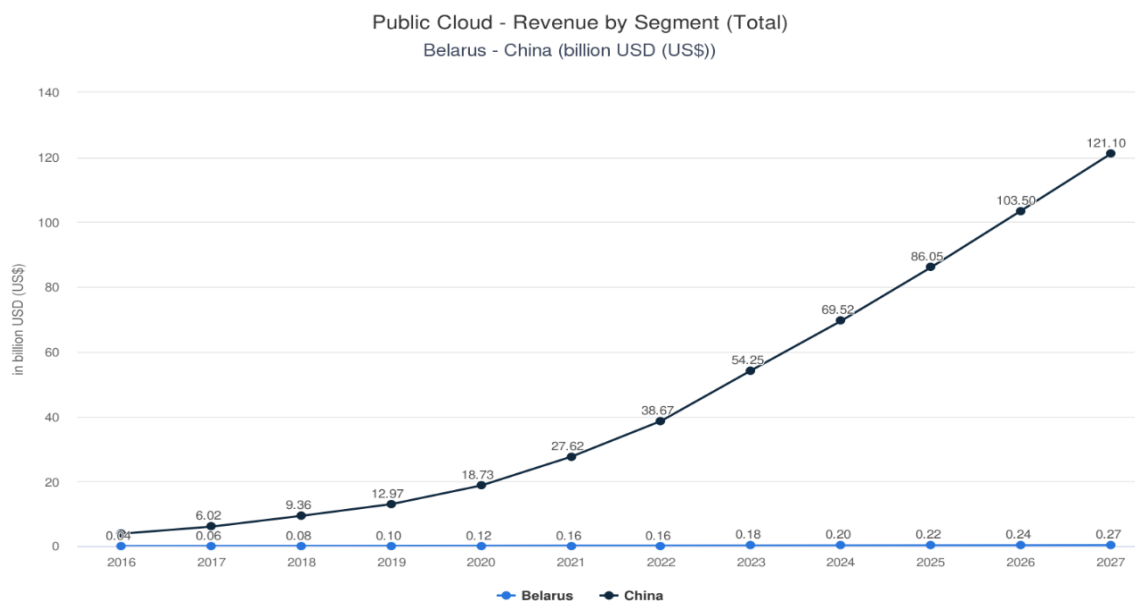
tiantianyang429@gmail.com

Annotation. Cloud computing is a tangible manifestation of the development of information technology and the innovation of service models. This article aims to understand the level of development of the digital economy in China and Belarus by conducting a comparative analysis of the public cloud in cloud computing. Accelerating the innovative development of cloud computing is crucial for advancing the process of digital economic transformation.

Cloud computing affects all kinds of business processes and can tackle dynamic and complex needs. Public cloud allows for scalability and resource sharing that would not otherwise be possible for a single organization to achieve.

The public cloud consists of three services: Software as a Service, Infrastructure as a Service, and Platform as a Service. Below are the total revenues from the three services of the public cloud in China and Belarus in recent years, as well as future projections.

There is a significant disparity in the overall revenue between China and Belarus, and the analysis of the numbers does not provide a reliable reference value. This article focuses on the changing trends in revenue from the public cloud to provide a comprehensive analysis. In general, the Chinese cloud computing market continues to experience rapid growth and demonstrates a high level of resilience in the face of economic downturns. On the other hand, the development of cloud computing in Belarus has been relatively stable in recent years without significant fluctuations.



Source: Statista.com [1]

Figure 1 – Belarus-China Public Cloud Total Revenue (billion US\$)

In 2022, the revenue generated from public cloud services in China reached \$38.67 billion, representing an impressive increase of 28.5 % compared to the previous year. Conversely, the public cloud market in Belarus experienced minimal changes during the same period. This is quite remarkable considering the ongoing conflict between Russia and Ukraine, as maintaining stability in such circumstances can be seen as a positive outcome. Nevertheless, in the current digital economy and society, it is imperative for countries to undergo a transformation from traditional economies to embrace and develop digital industries.

References

1. Statista (n.d.). Public Cloud – Belarus. – Available at: https://www.statista.com/outlook/tmo/public-cloud/custom?currency=USD&locale=en&token=C1q8QmNCJtIdSkHKWDxqdNk10xB8Zq0DSItaawhRvg2m6k5N8e3VluZ4Gpg9p7isVDkHy9Mur6_qNAf-AZrQ0U35yFFW. – Accessed: 25 Sep. 2023.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЩЕГО ДОСТУПА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ Г. ОРШИ И ОРШАНСКОГО РАЙОНА

Журавков В. В., Шалькевич П. К., Тонконогов Б. А.

Белорусский государственный университет

Международный государственный экологический

институт имени А. Д. Сахарова БГУ

zhvl@mail.ru

Annotation. The article presents conceptual approaches to the creation of a web-oriented information and analytical system of general access for a comprehensive study of the influence of anthropogenic and natural factors at various regional levels. The prototype for the development of this development is the information and analytical resource "System of online monitoring of the state of environmental components of the city of Orsha and Orsha region".

Впервые в Республике Беларусь разработана информационно-аналитическая система общего доступа для комплексного изучения влияния антропогенных и природных факторов на примере г. Орши и Оршанского района. Уникальность разработки состоит в том, что информационный ресурс разработан на основе инновационных информационных систем, наилучших международных практик с использованием современных Web- и ГИС-технологий с выбором оптимальных решений по поэтапному расширению информационного ресурса по всем средам и элементам воздействия на окружающую среду на примере г. Орши и Оршанского района, включая атмосферный воздух, водные ресурсы, земли (почвы) и др. Информационный ресурс является автоматизированной информационной системой рай-

онного уровня, основанной на Web-технологиях, отображающей объекты местности в виде их картографического представления и связанного с ним информационного описания и предоставляющей инструменты по работе с ними.

Данные информационно-аналитического ресурса используются республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами для определения приоритетов при разработке мероприятий по обеспечению экологической безопасности и охраны окружающей среды, находящихся в сфере их ответственности, т. е. для органов государственной и местной власти информационный ресурс представляет собой инструмент поддержки принятия управленческих решений на основе использования государственных информационных ресурсов. Ознакомиться с онлайн версией разработки можно по адресу <https://orsha-ecokarta.gov.by/> [1].

В 2022 году вышеуказанная разработка заняла первое место в конкурсе «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года» в рамках международной выставки НИ-ТЕСН-2022 в Петербурге и была отмечена золотой медалью. Скриншоты информационного ресурса представлены на рис. 1–3.

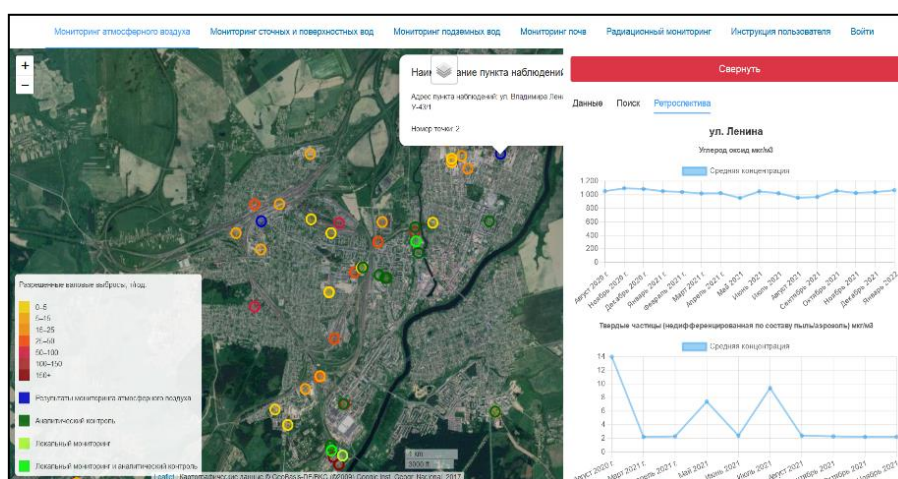


Рисунок 1 – Результаты анализа мониторинга атмосферного воздуха

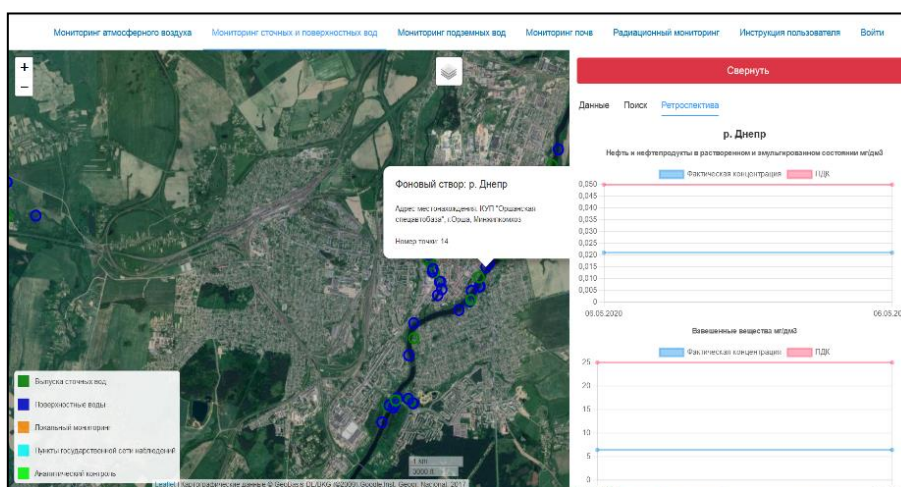


Рисунок 2 – Результаты мониторинга сточных и поверхностных вод

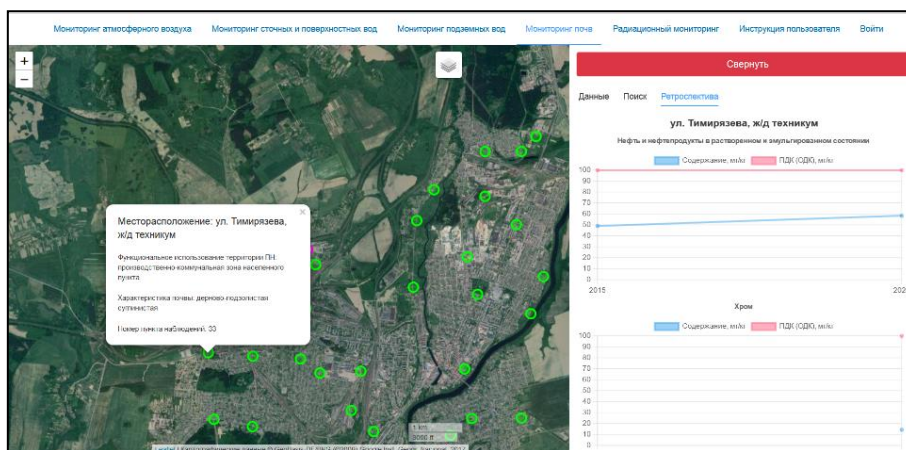


Рисунок 3 – Результаты мониторинга почв

Список использованных источников

1. Zhuravkov, V. V. Development of information-analytical resource «Online monitoring system of environmental components' state of Orsha town and Orsha district» / Zhuravkov V. V. // XXII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии и природопользования» 22–24 апреля 2021 г. РУДН Москва. – Москва, 2021. – С. 276–280.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ СОЗДАНИЯ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩЕГОСЯ БЕТОНА НА ОСНОВЕ ЯЗЫКА PYTHON

Тан Дунян, Ван Минюань, Бондаренко С. Н, Руднов В. С.
Белорусский национальный технический университет
Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б. Н. Ельцина
tangdy8@gmail.com

Annotation. In order to develop an external additive suitable for multi-scenario coupled self-healing concrete and verify the feasibility of the theory, the finite element software ABAQUS was selected to verify the structure of the self-healing external additive, and the communication relationship between ABAQUS and the Python language script environment was obtained.

Демонстрация моделирования Python.

ABAQUS предоставляет богатую библиотеку Python. Пользователи могут устанавливать функции в библиотеке Python для передачи команд в ABAQUS, а также могут быстро выполнять моделирование и обработку данных посредством программирования на Python. Скрипт Python в ABAQUS может реализовывать программное моделирование и фильтровать результаты ODB для извлечения до-

стоверных данных. Кроме того, в ABAQUS имеется множество конкретных типов объектов, которых нет в других программах конечных элементов, например, объект данных модели MDB, объект результата ODB и объект представления Session и т. д. Будучи языком программирования высокого уровня, Python имеет лаконичный синтаксис и мощные возможности обработки данных, что делает его очень подходящим для вторичной разработки ABAQUS. Как показано на рис. 1, в ABAQUS коммуникационные отношения между Python и ABAQUS в основном отражаются в следующих аспектах:

1. ABAQUS предоставляет интерпретатор Python и API Python. Сценарии Python могут получать доступ к внутренним объектам и методам ABAQUS через API Python, тем самым реализуя взаимодействие с ABAQUS. Например, скрипты Python могут создавать модели, определять свойства материалов, определять граничные условия, устанавливать этапы анализа и т. д.

2. Скрипты Python могут получать доступ к объектам данных модели (база данных модели, MDB) и объектам данных результатов (выходная база данных, ODB) в ABAQUS для обработки и анализа модели и результатов. Например, скрипты Python могут читать и изменять данные модели, получать данные результатов, обрабатывать и анализировать данные результатов и т. д.

3. Скрипты Python также могут реализовывать индивидуальные модели материалов, граничные условия и т. д. через интерфейс пользовательских подпрограмм, предоставляемый ABAQUS. Пользователи могут использовать Python для написания пользовательских подпрограмм, а затем компилировать их в файлы динамической библиотеки, которые могут распознаваться ABAQUS для расширения функциональности ABAQUS.



Рисунок 1 – Связь между ABAQUS и средой сценариев языка Python

В ABAQUS процесс использования Python для вторичной разработки таков: сначала информация передается в CAE для перевода через интерпретатор Python,

затем решается вывод файла ODB ядром, а затем необходимое содержимое диаграммы прорисовывается через Python-скрипт. Python может напрямую генерировать объекты данных модели, этапы анализа и граничные условия в CAE и экспортировать их во входные файлы. Кроме того, Python также может импортировать данные модели через входные файлы и считывать наборы данных результатов из выходных файлов. Таким образом, Python имеет очень широкий спектр приложений и может использоваться в различных моделях и типах анализа ABAQUS, включая линейный и нелинейный структурный анализ, термодинамический анализ и анализ мультифизических связей.

Короче говоря, Python, как язык программирования высокого уровня, имеет лаконичный синтаксис и мощные возможности обработки данных и очень подходит для вторичной разработки ABAQUS. В сочетании с библиотекой Python, предоставленной ABAQUS, пользователи могут быстро выполнять моделирование и обработку данных посредством программирования на Python, а также реализовывать программное моделирование и обработку результатов. Следовательно, язык Python можно использовать для вторичной разработки ABAQUS, и такая разработка вполне осуществима.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ КИТАЯ И БЕЛАРУСИ

Коваленя Н. В., Ходяков В. А.

Белорусский национальный технический университет
niktakovalenya@mail.ru, xva609@gmail.com

Annotation. Complex buildings have been designed with the use of information technology for a long time. Two iconic buildings that were designed and operated using BIM technologies are discussed in the article.

Китай начал использовать BIM технологии в 2002 году и на 2023 год занимает второе место в Азиатском регионе по их внедрению, более 40 % проектных организаций применяют BIM (первое место занимает Сингапур). Использование BIM для управления затратами на протяжении всего жизненного цикла здания сегодня является основным направлением для развития строительной отрасли [1].

Наиболее актуальным направлением применения BIM-технологий в Китае является поиск коллизий, комплексный анализ конструктивных проблем и их влияние на изменение стоимости и график строительства. Объединенная модель используется для загрузки нескольких моделей BIM созданных инженерами смежных разделов.

Говоря о достижениях современной инженерии, немногие здания могут соперничать с Шанхайской башней в Китае (рис. 1). Высота здания 632 метра, это третье по высоте здание в мире, проектирование выполнено с использованием BIM-технологий.

Конструкция здания делает поворот по спирали на 120 градусов, что оптимально для минимизации ветровых нагрузок. При этом поток воздуха направляется к турбинам, которые способствуют снижению энергозатрат здания на 21 %. Фактически, подсчитано, что использование 3D-моделей BIM позволило сэкономить около 32 % затрат на строительство по сравнению с традиционными методами проектирования. Модель была разработана с использованием продуктов Autodesk – Revit [2].

Одним из самых масштабных реализованных проектов с использованием BIM-технологий в Республике Беларусь является мультифункциональный комплекс отеля Marriott в городе Минске (рис. 2).

Концепция заключается в объединении четырех самостоятельных объектов: пятизвездочного отеля, спортивного центра с ареной на 2800 мест (ядро всей композиции), теннисного клуба и четырехуровневого паркинга на 307 мест – под одной крышей, выполненной в форме летящего сокола. Все объекты соединены между собой пешеходными переходами и находятся под одной крышей (за исключением многоэтажного здания отеля). Часть спортивного центра переходит во внутренний бульвар, начинающийся у входа в комплекс. Холл гостиницы в виде атриума во всю высоту здания стал визитной карточкой комплекса, отсюда открывается прямой доступ к набережной и террасам [3].



Рисунок 1 – Шанхайская башня на Yincheng Rd (M) в Шанхае



Рисунок 2 – Мультифункциональный комплекс «Сокол» на проспекте Победителей в городе Минске

Применение технологии информационного моделирования позволяет создавать сверхсложные комплексные объекты, проектирование которых с использованием традиционных методов крайне трудно решаемая задача для проектировщиков и строителей.

Список использованных источников

1. Е. А. Доможирова, Ю. С. Степанова, М. Е. Винидиктова. Преимущество BIM технологий на примере китайского опыта / Е. А. Доможирова. – Тула ТГУ, 2019.

2. Building a Giant with BIM: The Shanghai Tower [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.axiomint.com/building-a-giant-with-bim-the-shanghai-tower>. – Дата доступа: 18.04.2023.

3. Восточный размах в Минске. В Минске построили multifunctional complex с пятизвездочным отелем, фасад которого выполнен из материалов GRADAS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archi.ru/tech/64434/vostochnyi-razmakh-v-minske>. – Дата доступа: 31.08.2015.

ИНДЕКС РОВНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Ходяков В. А., Шишко Н. И.

Белорусский национальный технический университет

xva609@gmail.com, remezni@gmail.com

Annotation. Deformation seams are often used to connect a road with a bridge. The article describes the experience of assessing the index of IRI road coating flatness in the zone of the deformation seam device using ground laser scanning results.

Ровность асфальтобетонного покрытия в процессе длительной эксплуатации постоянно снижается. Зонами повышенного риска являются участки различных стыков с изменением структуры и жесткости ездового полотна. В частности, такой зоной является место примыкания дорожного полотна к мостовому с устройством деформационного шва [1].

Было выполнено лазерное сканирование мостового полотна и участков подходов на расстоянии 30 м от деформационного шва путепровода, расположенного на 4-м километре Минской кольцевой автодороги. Точность лазерного сканирования составляет $\pm 0,65$ мм при доверительной вероятности 95 %. После обработки и анализа облака точек было выполнено построение характерного микропрофиля поверхности с использованием среды визуального программирования «Grasshopper». Положение исследуемого сечения было выбрано по второй полосе движения, левая колея. В результате был создан структурированный текстовый файл в формате .txt для импорта данных и последующей обработки в программном комплексе «КРЕДО ДОРОГИ». На основе импортированных данных был построен пространственный коридор, описывающий положение микропрофиля исследуемого участка. При помощи специализированного модуля «Оценка дороги» был рассчитан показатель ровности IRI [3] с разбиением на интервалы длиной 100 мм и построена диаграмма изменения этого показателя на протяжении исследуемого участка длиной 96,81 м (рис. 1).

Оценка ровности покрытия при помощи показателя IRI является готовым методом, обладающий высокой валидностью, позволяющим в комплексе оценить состояние покрытия проезжей части.

Ухудшение транспортно-эксплуатационных показателей покрытия участка автомобильной дороги непосредственно влияют на безопасность движения с

учетом прочих факторов усложняющих дорожные условия на участках мостовых сооружений [4]. Снижение безопасности дорожного движения является провоцирующим фактором возникновения дорожно-транспортных происшествий с тяжелыми последствиями.

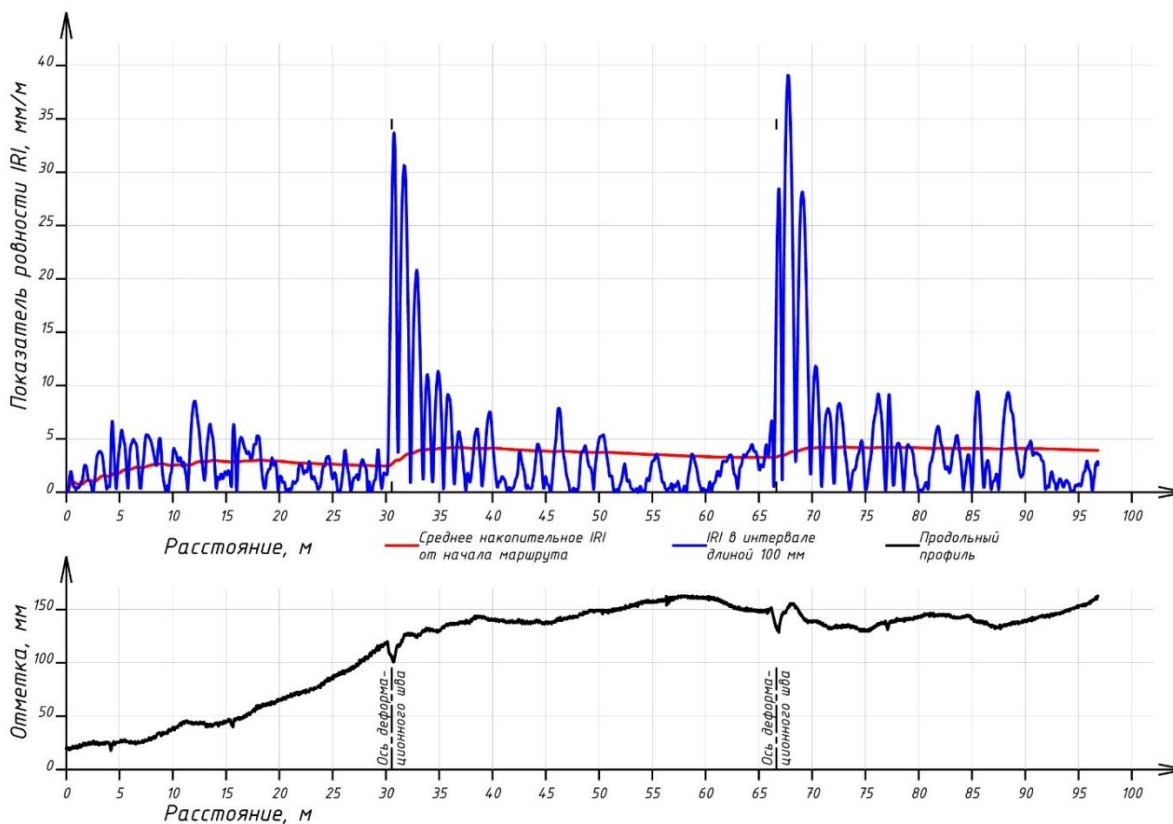


Рисунок 1 – Диаграмма изменения показателя IRI исследуемого участка

Применение комплекса вышеописанных методов для оценки состояния деформационных швов мостовых сооружений рассматривается впервые и позволяет сформулировать новую методику численной оценки состояния деформационного шва при его инструментальной диагностике.

Список использованных источников

1. Овчинников, И. И. Повреждения зон сопряжения дорожных одежд и деформационных швов на мостовых сооружениях: возможные причины и способы их устранения / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Ш. Н. Валиев // Научное ведение. – 2013. – № 6. – С. 148.
2. Дороги автомобильные общего пользования. Диагностика. Определение продольного микропрофиля дорожной поверхности и международного показателя ровности IRI : СТО МАДИ 02066517.1-2006. – Москва : Московский автомобильно-дорожный институт, 2006. – 42 с.
3. СТБ 1300-2014 «Технические средства организации дорожного движения», Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. – Мн.: 2014. – 144 с.

ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF SHELL AGGREGATE CONCRETE

Юй Хаосюань, Ван Сяньпэн, Ковшар С. Н.

Белорусский национальный технический университет

yuhaoxuan2001@gmail.com, wxpxueshu_phd@163.com, kovshar-36@tut.by

Annotation. In this paper, the shell aggregate concrete is analyzed, and the sand aggregate is replaced by shell under different particle gradation, and the method of mechanical property test research is adopted for concrete blocks under different sand and gravel replacement rates, and the bending resistance, compression resistance and frost resistance of the block are analyzed, and finally the shell aggregate also has good mechanical properties and solidity, and adding shell aggregate in a certain proportion can bring considerable social and economic benefits.

1. Introduction.

With the innovation of science and technology, the overall progress of society, sustainable development plays an increasingly important role in the research of modern scientific researchers, sustainable development emphasizes the coordination and balance of environmental, social and economic aspects, and now architecture has become one of the important symbols of human social development. The growing demand for construction in human society has made concrete the world's most important building material, and the most widely used type of construction engineering in all buildings, including infrastructure, low-rise and high-rise buildings, and domestic development [1]. Among them, aggregates are an important part of concrete, however, due to the consumption of high-quality primary aggregates and the improvement of environmental protection awareness, the practice of continuing to widely extract sand and gravel aggregates has been questioned. In order to establish environmental sustainability, it is very desirable to use some agricultural wastes and industrial by-products from different industries as building materials, and has certain economic and social benefits [2]. Therefore, the possibility of replacing traditional sand and gravel aggregates with shell aggregates has gradually been proposed.

2. The performance of shells.

2.1 Composition of shells.

The shell is mainly composed of inorganic phase and organic phase, the inorganic phase is about 95~99.9 % CaCO_3 (calcite, aragonite, coccolite and amorphous), and the organic phase is composed of about 0.1~5 % organic matter. Generally speaking, the basic structure of the shell is mainly divided into three parts, the outermost layer is the stratum corneum composed of hard protein; the middle is a prismatic layer composed of calcite or aragonite crystals, which mainly provides hardness and dissolution resistance for the shell; the innermost layer is the nacre, which mainly provides hardness and toughness for the shell, generally composed of CaCO_3 minerals such as calcite or aragonite (inorganic phase) and organic matter (organic phase).

2.2 Properties of shells for concrete aggregates.

When replacing traditional sand and gravel aggregates, shells have higher strength than sand and gravel, and also have good mechanical properties and solidity, which can withstand the load and stress in concrete and ensure the safety and stability of concrete structures; have lower water absorption and adsorption, reduce the loss and evaporation of cement slurry; have lower alkali activity and harmful substance content, and avoid reaction with the alkali in cement, resulting in concrete cracking. In addition, studies have shown that the replacement of fine aggregates with appropriate proportions of shells can fill material pores, improve overall compactness, reduce absorption rate, improve compressive strength, and improve mortar workability, strength and durability [3]. Therefore, when replacing traditional aggregates, shells have sufficient rationality and feasibility.

3. Experimental design.

3.1 Experimental process.

According to the characteristics of shells, the basic idea of shell addition in this study is to add shells step by step according to the gradient under different particle gradation, with the addition rates of 10 %, 20 % and 30 %, respectively, replace the traditional sand and gravel aggregate in concrete, pour the block on this basis, and test the bending resistance, compression resistance and frost resistance of the block after the final setting of the block, so as to further discuss the influence of shell aggregate replacement on the mechanical properties of concrete.

3.2 Experimental materials.

The cement used in this study is R45. The experimental blocks were divided into standard group and reference group, and the material ratio of the standard group was: cement 0.5 kg, water 250 ml, sand 0.6 kg, stone 0.9 kg. On this basis, shells are added to concrete according to 10 %, 20 %, 30 % and other mass substitute stones, and cubic specimens of $40 \times 40 \times 160$ mm are formed.

Conclusion: According to the research of scholar Yong, when the shell is incorporated in a certain proportion, the crack resistance and impact resistance of the cementitious material system can be improved [4]. Experiments have shown that in the performance test of concrete using shells as aggregates, the strength of the block does not decrease at 28d, in addition, some scholar Martínez studied the compressive strength of ordinary mortar and shell mixtures in different proportions, and when the content of shell powder increased to 40 %, the compressive strength did not change significantly [4]. This shows that the crushed shell as aggregate does not cause the early strength of concrete to decrease, it not only maintains the advantages of ordinary concrete, but also has the advantages of waste utilization. Ez-Zaki Experiments found that broken shells (0/5 mm grade) can be used as a fine aggregate for self-compacting mortar, which does not affect the basic properties of mortar [6]. The microstructure test shows that the adhesion between the shell and the cement slurry is good, and the irregular shape of the shell significantly improves the distribution of the latter in the cement matrix, which fully indicates that the shell is used as a fine aggregate, compared with the traditional aggregate, and even significantly enhances the workability of concrete. Therefore, under the premise of reducing primary aggregate consumption and environmental protec-

tion, the use of shell aggregate does not affect the construction quality and can significantly reduce the price of building materials, so the use of shell aggregate can produce considerable social and economic benefits.

References

1. Ma H L, Cui C, Li X, et al. Study on mechanical properties of steel fiber reinforced autoclaved lightweight shell-aggregate concrete[J]. *Materials & Design* (1980–2015), 2013, 52: 565–571.
2. Khaldoun Rahal, Mechanical properties of concrete with recycled coarse aggregate, *Building and Environment*, Volume 42, Issue 1, 2007, 407–415.
3. ZHAO Hui, XUAN Weihong, FENG Jiarui, et al. Research Progress on Recycling Technology of Waste Shells[J]. *Journal of Jinling Institute of Science and Technology*, 2019, 35(1): 34–39.
4. Yoon G L, Kim B T, Kim B O, et al. Chemical–mechanical characteristics of crushed oyster-shell[J]. *Waste management*, 2003, 23(9): 825–834.
5. Martínez-García C, González-Fonteboa B, Martínez-Abella F, et al. Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete[J]. *Construction and building materials*, 2017, 139: 570–583.
6. Ez-Zaki H, Diouri A, Kamali-Bernard S, et al. Composite cement mortars based on marine sediments and oyster shell powder[J]. *Materiales de construcción*, 2016, 66(321): e080–e080.

EVALUATION OF GRAPHENE CONCRETE IN A GREEN ENERGY ECONOMY

Ли Цзюнь, Ван Сяньпэн, Жудро М. К.

Белорусский национальный технический университет
jli701788@gmail.com, wxpxueshu_phd@163.com, nv_mk@bntu.by

Annotation. This paper discusses the development of graphene concrete and the composition and mechanical application properties of graphene concrete and evaluates its economic sustainability based on its basic properties of green energy.

After the global financial crisis of 2008–2009, the concepts of "low carbon economy", "new green economy" and "green economic growth" have received increasing policy and media attention due to the gradual reduction of non-renewable energy sources and the diminishing value of the economy. concepts such as "Low Carbon Economy", "New Green Economy" and "Green Economic Growth" are receiving more and more policy and media attention. In the coming years, graphene oxide may have a huge impact on the concrete and construction-related industries. Due to the oxidizing ability associated with the aromatic structure, it has improved dispersion in mixtures compared to other graphene-based materials. Therefore the huge green energy economic benefits of graphene concrete are significant. How to turn graphene concrete

into a new green energy derivative and expand its economic use value is an important research direction of the current energy economy and a necessary path for the sustainable development of green economy. Therefore, it is very necessary to launch the economic evaluation of graphene concrete.

It is well known that carbon nanotubes, graphene oxide and graphene can enhance the thermophysical, mechanical, optical and electrical properties of concrete composites. Many researchers and scholars have made an in-depth study on [1] how to carry out carbon nanotube enhanced concrete mixtures and analyzed their durability and mechanical properties in detail with reference to the base parameters of the concrete mixtures, and the results of the study show that carbon nanotubes and graphene oxide concrete gives better results. Hence graphene oxide is known as carbon-based nanomaterials. Incorporation of graphene oxide in the cement matrix is a future trend in the construction industry due to the excellent properties of graphene. Graphene oxide is very cheap compared to expensive single and multi-walled carbon nanotubes and carbon nanofibers, hence the worldwide interest in graphene oxide. It has become a new green energy source, as well. So, energy economics of graphene oxide concrete is a suitable choice for this study. The objective of this study is to analyze the energy economy of graphene concrete with the sustainable performance of green economy. It seeks to improve resource efficiency, encourage low carbon energy technologies, reduce greenhouse gas emissions, reduce dependence on fossil fuels, increase investment in maintaining natural capital, and reduce economic inequality.

Assessment formula and methodology: all the application data of graphene concrete was tabulated and after the following equation, diamond grid data plotting was carried out and relevant conclusions were drawn.

The indicators values were transformed to derive normalized values on a scale of 1–10 based on the minimum and maximum values. The min–max normalization approach (Jiawei 2011) was used by Tongsopit et al. (2016) for linear transformation of data.

$$A = \frac{X - \text{Min}_\alpha}{\text{Max}_\alpha - \text{Min}_\alpha}, \quad (1)$$

where:

A: normalized value based on original data range α ;

X: untransformed indicator;

α : data range of X;

Min_α : minimum value in data range α ;

Max_α : maximum value in data range α .

By considering $\text{Amin}_\beta = 1$ $\text{Max}_\beta = 10$.

The equation, in this case, becomes:

$$\frac{X' - 1}{10 - 1} = \frac{X - \text{Min}_\alpha}{\text{Max}_\alpha - \text{Min}_\alpha}, \quad (2)$$

where:

X' :

$$X' = 1 + \left(\frac{X - Min_{\alpha}}{Max_{\alpha} - Min_{\alpha}} \right) \times (10 - 1). \quad (3)$$

For indicators of each category that have a direct relationship with the scale, their high values represent a high improvement of energy security. For instance, a larger share of RE in power generation implies higher energy security. However, some indicators have an inverse relationship with the scale; a higher value reflects less energy security. For example, a larger share of energy imports indicates lower energy security. In such a case, the raw score's maximum value is considered the minimum scale value of the related indicator, which is equal to 1. In contrast, the raw score's minimum value indicates the maximum value that is equal to 10 on the scale.

Therefore, the equation for the inverse normalization appears in the following shape:

$$X' = 1 + \left(\frac{X - Max_{\alpha}}{Min_{\alpha} - Max_{\alpha}} \right) \times (10 - 1). \quad (4)$$

This study explores the changes in the application of graphene concrete from 2018 to 2023 using diamond-shaped area analysis. In order to observe the four periods of rhombus area to determine the green development that indicates the graphene energy. To be used to analyze the graphene concrete in energy security to ensure the sustainability of graphene concrete.

References

1. Zaid O, Hashmi S R Z, Aslam F, et al. Experimental study on the properties improvement of hybrid graphene oxide fiber-reinforced composite concrete[J]. *Diamond and Related Materials*, 2022, 124: 108883.
2. Alemzero DA, Sun H, Mohsin M, Iqbal N, Nadeem M, Vo XV (2021) Assessing energy security in Africa based on multi-dimensional approach of principal composite analysis. *Environ Sci Pollut Res* 28:2158–2171. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14367-7>
3. Ang BW, Choong WL, Ng TS (2015) Energy security: Definitions, dimensions and indexes. *Renew Sust Energ Rev* 42:1077–1093. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.064>
4. Asia Pacific Energy Research Centre – APERC (2007) *Quest for energy security in the 21st century: resources and constraints*. APERC, Tokyo.
5. Berrada K (2018) *Jerada beyond the mine, a sustainability approach*.
6. *Jerada beyond the Mine A Sustainability Approach*. – Url: <https://mipa.institute/wp-content/uploads/2018/09/Berrada-English.pdf>.

ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ МЕТОДОМ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ АКТИВАЦИЙ ИЗ БЕЛОРУССКОГО ЛЬНА И ОПИЛОК СОСНЫ

Ли Мэнвэй

Белорусский государственный университет
limengwei107@gmail.com

Annotation. China is a major producer and consumer of activated carbon, with 60 % of the main raw material for activated carbon production being non-renewable resource – coal. Activated carbon prepared from Belarusian flax and pine bark has good adsorption properties and specific surface area, its adsorption capacity for methylene blue is 550–610 mg/g. The specific surface of activated carbons is more than 1200 m²/g. The results obtained showed that Belarusian flax and pine sawdust are good raw materials for the production of activated carbon.

Активированный уголь (АУ) – пористый углеродный материал с высокой удельной поверхностью, который широко используется в качестве сорбента во многих процессах химических технологий, фармацевтической и пищевой промышленности, для решения экологических задач по очистке газов и сточных вод, в медицине.

Теоретически все углеродсодержащие органические материалы могут быть использованы в качестве сырья для получения активированного угля. Китай является одним из крупнейших производителей активированного угля в мире, и объем производства активированного угля в 2020 году составит 900 тыс. т/год, из которых на угольный активированный уголь будет приходиться 60–65 % от общего объема производства активированного угля [1]. С точки зрения использования ресурсов, уголь является невозобновляемым ресурсом, и проблема спроса и предложения является нерешаемой; с точки зрения защиты экологии, процесс производства активированного угля из угля создает некоторые экологические проблемы.

В Беларуси имеются богатые льняные и древесные ресурсы, и экспорт их в Китай увеличивается с каждым годом. По данным НИИ ФХБ БГУ, активированный уголь, полученный из пакля льна и опилок сосны методом активирования с использованием ортофосфорной кислоты, имеет хорошие адсорбционные свойства. Приготовленный активированный уголь был охарактеризован структурно и определены адсорбционные свойства маркеров, метиленового синего и витамина В₁₂. Результаты показаны в таблице.

Таблица 1 – Адсорбционная способность АУ в отношении йода, МГ и витамина В₁₂

| Образец АУ | Адсорбционная способность, мг/г | | |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|------------------------------|
| | Йод (254 г/моль) | МГ (374 г/моль) | В ₁₂ (1357г/моль) |
| АУ из пакля льна | 870 ±20 | 550 ±10 | 78 ±5 |
| АУ из опилок сосны | 980 ±20 | 610 ±10 | 80 ±5 |

Таблица 2 – Основные характеристики поровой структуры АУ из пакли льна и опилок сосны

| Сырье для АУ | $S_{\text{ВЕТ}}, \text{ м}^2/\text{г}$ | Удельная поверхность пор, $\text{м}^2/\text{г}$ | | Объем пор, $\text{см}^3/\text{г}$ | | | |
|--------------|--|---|--------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------------|
| | | $S_{\text{микро}},$ | $S_{\text{мезо}},$ | $V_{\text{общий}},$ | $V_{\text{мезо}},$ | $V_{\text{микро}},$ | $V_{\text{мезо}}/V_{\text{общий}} \%$ |
| Пакля льна | 1380 | 288 | 606 | 1,14 | 0,84 | 0,12 | 74 |
| Опилки сосны | 1290 | 185 | 478 | 1,10 | 0,78 | 0,21 | 71 |

Активированный уголь, приготовленный из белорусского льна и сосновой коры, имеют удельные поверхности 1380 и 1290 $\text{м}^2/\text{г}$ соответственно, из которых более 70 % занимали мезопоры. Благодаря структурным характеристикам уголь имеет хорошие адсорбционные свойства – для классического маркера метиленового синего показателя составили 550–610 $\text{мг}/\text{г}$ соответственно, для йода составили 870–980 $\text{мг}/\text{г}$, для витаминов В_{12} составили 78–80 $\text{мг}/\text{г}$.

Список использованных источников

1. Ван Сяомин / Современное состояние и перспективы производства и применения активированного угля угольного происхождения в Китае / Ван Сяомин // Китайский уголь. – 2022. – 3. – С. 113–120.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ЛИСТЬЕВ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ КАК БИОПРОТЕКТОРОВ

Кацнельсон Е. И., Фомичёва Н. С., Балаева-Тихомирова О. М.
Витебский государственный университет им. П. М. Машерова
kate_kaznelson@tut.by

Annotation. The authors studied the chemical composition of extracts from wild plants. Possibilities were proposed for the use in agriculture of extracts from the leaves of wild plants, which are safe for human health, animals and the environment.

Одной из причин запаздывания начала посевных работ является недостаток посадочного материала, производство которого зачастую сдерживается низкой всхожестью семян сельскохозяйственных культур.

Сами растения, подвергшиеся действию стрессовых факторов (засуха, чрезмерная влажность, перепады температуры, болезни, вредители, сорные растения, промышленное загрязнение, пестициды и т. д.), сразу активируют защитные механизмы и производят разнообразные субстанции, которые являются сигналом для продуцирования аминокислот, а впоследствии – белков, отвечающих за иммунные процессы.

Поэтому поиск новых перспективных направлений в сельском хозяйстве с использованием технологий, безопасных для здоровья человека, животных и окружающей среды, в настоящее время очень важен.

Фитоэкстракты являются неотъемлемым элементом современных агротехнологий, применение которых направлено на стабилизацию и повышение продуктивности растениеводства. Действующими компонентами природных растительных экстрактов являются витамины, аминокислоты, флавоноиды, сапонины и другие биологически активные вещества.

Для сохранения химического состава и биологической активности растений, а также для стабилизации БАВ в настоящее время используют технологии их высушивания с последующей экстракцией БАВ из сухого измельченного сырья. Антиоксидантные свойства природных веществ являются важным аспектом их физиологической активности. Суммарный антиоксидантный эффект БАВ в фитоэкстрактах характеризуется наличием разнообразных форм природных веществ и их сочетанным действием, проявляющимся в формировании эффективных окислительно-восстановительных систем и синергетических циклов. Одними из основных действующих фитокомпонентов, проявляющих антиоксидантную активность, являются флавоноиды, способные ингибировать процессы свободнорадикального окисления.

Поэтому проблему с проведением сельскохозяйственных работ в регионах с экстремальным земледелием можно решить за счет применения нетоксичных, биологически активных стимуляторов для предпосевной обработки семян.

Защита растений и семян от влияния окислительного стресса с помощью нетоксичных препаратов таких как растительные экстракты, имеющие высокое содержание аминокислот и БАВ, являются актуальным направлением для применения в области сельского хозяйства.

Авторами было изучено действие экстрактов одуванчика лекарственного, клевера лугового, сныти обыкновенной на энергию прорастания и всхожесть семян. Данные биопрепараты являются доступным, экологически чистым и рентабельным средством для повышения урожайности.

Среди многообразия БАВ в составе водно-спиртовых извлечений дикорастущих растений особый научно-практический интерес представляют вещества, обладающие Р-витаминной активностью – комплекс извлеченных экстракцией форм фенольных соединений: фенольных кислот, флавоноидов и дубильных веществ. Важность этих веществ обусловлена тем, что Р-витаминная активность часто коррелирует с антиоксидантным потенциалом фитоэкстрактов.

Полученные результаты исследований состава и свойств БАВ водно-спиртовых экстрактов дикорастущих растений, широко распространенных в регионе Белорусского Поозерья, показали эффективность предлагаемой технологии. Использование фитоэкстрактов для предпосевной обработки семян повысит устойчивость сельскохозяйственных культур к действию факторов, вызывающих окислительный стресс или снизит последствия данного воздействия.

Список использованных источников

1. Запрометов М. Н. Фенольные соединения. Распространение, метаболизм и функции в растениях. – М.: Наука, 1993. – 272 с.
2. Кублицкая, А. Д. Содержание фенольных соединений в листьях раннецветущих растений / А. Д. Кублицкая, О. М. Балаева–Тихомирова // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXI (68) Регион. науч.–практ. конференции преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 11–12 февраля 2016 г. : в 2 т. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2016. – Т. 1. – С. 59–60.
3. Фомичёва, Н. С. Дикорастущие растения природных популяций Белорусского Поозерья как источник антиоксидантов для увеличения сроков годности пищевых продуктов / Т. А. Толкачёва, Н. С. Фомичёва, А. С. Володько, О. С. Румянцева, Д. В. Пилипенко // Издательство «Проблемы науки» European Science – № 1 (63). – 2022.

大豆玉米带状复合种植模式机械化装备的探究

马世宽、尚书旗、刘知鑫
青岛农业大学, 山东 青岛
827993666@qq.com

Annotation. The promotion of soybean corn ribbon composite planting mode is one of the important measures to revitalise the domestic soybean and enhance the oilseed production capacity, which can effectively alleviate the difficulties of China's high degree of foreign dependence on soybeans and high import pressure. This paper summarises the research progress of agricultural machinery at this stage, and the future direction of research on the mechanisation of the whole process of soybean banded composite planting is outlook, in order to promote China's soybean and corn banded composite planting mode comprehensive whole process of mechanisation of high-quality development to provide reference.

为保障我国粮食安全, 落实“藏粮于地、藏粮于技”战略[1], 解决大豆玉米争地问题, 实现大豆玉米协同发展和增产增效, 在全国范围内研究推广大豆玉米带状复合种植技术。大豆玉米带状复合种植技术, 是农业农村部主推的稳粮增豆栽培技术, 采用玉米带与大豆带复合种植, 既充分发挥高位作物玉米的边行优势, 扩大低位作物大豆的受光空间, 实现玉米带和大豆带年际间地内轮作, 又适于机播、机管、机收等机械化作业, 在同一地块实现大豆玉米和谐共生、一季双收[2]。宫明波等[3]认为可以通过选择合适的间作种植模式来寻求适宜的机械化。吴维雄等[4]指出带状复合种植模式中所用机具要根据农艺要求进行规范, 形成适宜的机械化生产体系。在机械机构方面: 楚杰等[5]研制出玉米宽窄行条带深旋一体化精量播种机, 提高了播种施肥性能, 但机具预留宽行不能满足大豆种植需求, 其作业幅宽有限; 陈美舟等[6]研制出单盘双行气吸式播种

机,能满足窄行大豆密植播种,但气吸式排种器在丘陵地区抗震动性能较差;张波等[7]为提高对行喷施精度,基于机器视觉技术设计出一款喷杆式施药机,但机具不能满足密种植窄行田间作业;王荣等[8]研制的自平衡精量施药施肥植保机,能实现一体式喷杆自平衡调整,但玉豆为高低作物,所需药量与喷洒位置等均有所不同,因此该机具不能实现分带喷洒;张焕卿等[9]设计的2行小型收获机,增强了小区收获机的精准性,但底盘稳定性差且转弯半径大;辛尚龙等[10]研制的履带穗茎兼收型联合收获机,采用滑动摘穗,降低了摘穗环节对玉米果穗的啃伤,但尺寸过大影响机具在田间窄行转弯性能且高速作业质量差。综上所述,虽然这些机具能在一定程度上运用到玉豆间套种植模式中,但这些机具多为净作用机具,随着作物产量的逐年提高和农艺的不断发展,已不能满足现在独特的间套作生产规模和效益需求。

参 考 文 献

1. 常钦.把“藏粮于地、藏粮于技”真正落到实处[N].人民日报,2022-03-07(002).
2. 全国农技中心:发布大豆玉米带状复合种植技术方案[J].农业机械,2022(03):31-33.
3. 吕小荣,刘丽娜,吕小莲.套作模式下小型农业机械化技术的运用前景[J].农机化研究,2011,33(12):245-248.
4. 吴维雄,罗锡文,杨文钰,彭淑卉.小麦-玉米-大豆带状复合种植机械化研究进展[J].农业工程学报,2015,31(S1):1-7.
5. 楚杰,路海东,薛吉全,赵明.玉米宽窄行深旋免耕精量播种机田间试验及效果[J].农业工程学报,2014,30(14):34-41.
6. 陈美舟,刁培松,张银平,高琪珉,杨壮,姚文燕.大豆窄行密植播种机单盘双行气吸式排种器设计[J].农业工程学报,2018,34(21):8-16.
7. 张波,翟长远,蔡吉晨,杨硕,王秀.喷杆式施药机对行喷雾控制系统设计与试验[J].农机化研究,2017,39(11):49-58.
8. 王荣,曹冬林,柳亚输,金家楣.自平衡精量施药施肥植保机的设计与试验[J].农机化研究,2019,41(03):124-129.
9. 张焕卿,田治远.小区玉米收获机的研发与试验[J].乡村科技,2017(13):94-96.
10. 辛尚龙,赵武云,戴飞,石林榕,李东,吕德玉,马海军.旱区全膜双垄沟播履带式玉米联合收获机的设计[J].农业工程学报,2019,35(14):1-11.

БИОТЕХНОЛОГИЯ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АЛЬТЕРНАТИВА КЛАССИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ К КРАШЕНИЮ

Ленько К. А.¹, Ясинская Н. Н.²

УО «Витебский государственный технологический университет»

¹kotyа240497@mail.ru, ²yasinskaynn@rambler.ru

Annotation. The technology of biochemical scouring of cotton textile materials has been developed, due to which the maximum purification from impurities with a minimum degree of cellulose damage is achieved.

Как известно, текстильные материалы перед колорированием и заключительной отделкой проходят стадию подготовки, которая включает расшлихтовку, отварку и беление. В результате отварки удаляется 7–12 % примесей нецеллюлозного происхождения, сопутствующих целлюлозе (воскообразные, пектиновые, зольные и др.), благодаря чему происходит повышение капиллярных свойств и равномерной сорбционной способности текстильного материала. На сегодняшний день современные методы получения отваренных и отбеленных хлопчатобумажных материалов основаны на применении экологически небезопасных химических реагентов, многозатратны и энергоемки [1].

В настоящее время все больше развиваются и внедряются в производство биотехнологические способы подготовки текстильных материалов из целлюлозных волокон с использованием ферментных препаратов, проявляющих активность при низких температурах и в нейтральных средах. Однако известно, что не все сопутствующие примеси хлопкового волокна возможно удалить в процессе биоотварки композицией ферментных препаратов. В этой связи актуальной является задача разработки комплексных технологий обработки хлопчатобумажных материалов, включающих этапы биоотварки и щелочной отварки с сокращением концентрации NaOH в варочном растворе, позволяющих минимизировать агрессивное воздействие химических препаратов на целлюлозу, а также повысить экологичность технологий отделки.

В настоящее время в Республике Беларусь множество импортной продукции попали под санкции, что затронуло и товары текстильной химии. Для сдерживания роста себестоимости готовой отечественной продукции, актуальным является вопрос импортозамещения текстильной химии. Сравнительно недавно на рынок вышли ферментные препараты фирмы ООО «Фермент» – белорусского предприятия, специализирующегося на выпуске ферментных препаратов для различных отраслей промышленности, в том числе, текстильной, которые используются в разработанных авторами технологиях обработки целлюлозных текстильных материалов.

Проведена отварка суровой хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения поверхностной плотностью 120 г/м² по трем технологиям: щелочная традиционная отварка; биоотварка ферментной композицией из целлюлазы, пектиназы и

амилазы производства ООО «Фермент»; биохимическая отварка (с предварительным этапом биоотварки и последующей щелочной отваркой с сокращением NaOH и продолжительности обработки в 2 раза).

Установлено, что наименьший процент содержания жировосков демонстрирует образец, прошедший совмещенную биохимическую обработку. Благодаря частичному разрушению первичной стенки хлопкового волокна и разрыхлению его структуры ферментами, происходит более полная сорбция ПАВ в поверхностных структурах поврежденного волокна, что позволяет удалить наибольшее количество жировых веществ путем эмульгирования. Использование пектиназы в составе композиции вызывает гидролитическое расщепление пектиновых веществ, способствует эффективному их извлечению из волокна. С увеличением концентрации пектиназы в варочном растворе (биохимическая отварка) увеличивается доля удаленных пектиновых веществ.

Наибольший процент зольных примесей удаляется при биоотварке ткани полиферментными композициями. Биохимическая отварка также позволяет удалить 80 % минеральных веществ из целлюлозного волокна. Введение в технологию щелочной отварки этапа биоотварки и снижение концентрации щелочи в составе варочного раствора позволяет понизить степень деструкции целлюлозы.

Исследованы показатели капиллярности и разрывной нагрузки образцов суровой хлопчатобумажной ткани после обработки по всем режимам. Капиллярность всех образцов достигает требуемого значения 120 мм/час. После совмещенной биохимической отварки высота водяного столбика поднимается до отметки 198 мм/час, что говорит о более качественной и глубокой подготовке текстильного материала. После обработки по всем режимам образцы теряют около 20 % прочности по основе и 16 % по утку, однако значения остаются в пределах нормируемых.

Таким образом, использование в биотехнологии отварки полиферментных композиций позволяет комплексно воздействовать на различные виды примесей, способствуя проведению эффективной очистки волокна и придания ему повышенных гидрофильных свойств. Для достижения требуемой степени очистки от примесей и максимальной смачиваемости, целесообразно применять совмещенные биохимические способы подготовки, состоящие из последовательной обработки ферментными препаратами и варочным раствором традиционной щелочной отварки при малых концентрациях токсичных реагентов. Результат мягкого воздействия – сохранение волокнообразующего полимера, а, следовательно, прочности волокна, а также снижение негативного влияния на экологическую обстановку.

Список использованных источников

1. Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных материалов: учеб. Для вузов / Москва: РЗИТЛП, 2001. – Т.3 – 298 с.

ЭКОКОЖИ БЕЛОРУССКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Марущак Ю. И., Ясинская Н. Н., Скобова Н. В.

Витебский государственный технологический университет
tonk.00@mail.ru, yasinskaynn@rambler.ru, skobova-nv@mail.ru

Annotation. A technology has been developed for the formation of a polyurethane coating on a woven base (eco-leather). A nomenclature of quality indicators has been developed, in accordance with which the physical and mechanical properties have been studied. It has been established that the materials are resistant to low ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) and elevated temperatures (up to $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Целью предприятий является создание продукции, которая отвечала бы высоким требованиям качества и экологии. Одной из распространенных и экономически выгодных технологий получения многофункциональных материалов является нанесение полимерных композиций на текстильные полотна, в частности, искусственные кожи (ИК). Однако они не обеспечивают необходимых гигиенических свойств. Технологии производства ИК совершенствуются и все большую популярность приобретают экокожи. Ранее в Республике Беларусь подобный ассортимент текстильных материалов импортировался из-за рубежа. В рамках совместного с ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» инновационного проекта «Создание и внедрение технологии нанесения покрытий на хлопчатобумажные ткани различного назначения» авторами и представителями предприятия разработана и внедрена технология [1; 2] и выпущены опытные партии инновационной продукции – экокожи. В Республике Беларусь создание материала находится на стадии развития, а технология нанесения покрытий нуждается в совершенствовании. *Цель работы* – оптимизация технологии формирования полимерного покрытия на тканой основе, а также оценка эксплуатационных свойств полученных экокож. *Объект исследования:* экокожи производства «БПХО», образованные сочетанием двух слоев. Основа – хлопчатобумажная ткань полотняного переплетения поверхностной плотностью $166,0\text{ г/м}^2$. Второй слой, лицевой – микропористое полиуретановое покрытие (СНТ, Германия). Нанесение полимерного покрытия осуществлялось на сушильно-ширильной машине шаберным способом. Способ сушки – конвективный.

С целью оптимизации процесса нанесения покрытия проведены экспериментальные исследования влияния кратности пены (1,25; 1,5; 1,75) полиуретановой композиции и продолжительности сушки (4 мин, 7 мин, 10 мин) на физико-механические свойства материала. Экспериментальные данные по воздухопроницаемости и устойчивости к истиранию, аппроксимируются моделями второго порядка, характеризующими минимальные и максимальные значения параметров в исследованном диапазоне влажного привеса. Показатель жесткость по утку имеет неполные модели третьего порядка, однако очевидно, что с увеличением кратности пены жесткость материала снижается одновременно в двух направлениях (по основе и утку). Данные коэффициента паропроницаемости описыва-

ются линейной зависимостью от анализируемых факторов. Полученные зависимости [1] можно рекомендовать при производстве экокож в зависимости от области их применения и требований заказчика.

Авторами разработана номенклатура показателей качества для экокож одежного и галантерейного назначения на основе экспертного опроса специалистов предприятий текстильной и легкой промышленности [2]. Проведены исследования потребительских и эксплуатационных свойств на основе разработанной номенклатуры показателей качества. Установлено, что воздухопроницаемость образцов является хорошей в сравнении с искусственными кожами, не пропускающими воздух. Опытные образцы обладают лучшей паропроницаемостью, чем, например, лаковые и хромовые кожи с покрытием, что дает преимущество исследуемому материалу.

Исследовано влияния пониженных ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) и повышенных температур ($+35\text{ }^{\circ}\text{C}$; $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$) на физико-механические свойства экокож. Снижение температуры до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ не является критичным и числовые значения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве находятся в диапазоне допустимых, значение показателя воздухопроницаемость варьируется в рамках нормы. Падение коэффициента паропроницаемости для образцов не превышает 7 %. Повышение температуры до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ также не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства образцов. При нагреве образцов до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ прочность снижается примерно на 14 %, падение которой составляет около 35 %, снижение коэффициента паропроницаемости 4–5 %. Такие изменения физико-механических свойств происходят из-за деструкции полимерного слоя.

Проведены исследования влияния мокрых обработок на свойства экокож. Установлено, что окраска материала устойчива к действию мокрых обработок. Снижается воздухопроницаемость и устойчивость полимерного покрытия к истиранию, что обусловлено увеличением плотности ткани-основы, однако значение показателя находится в рамках нормы. Изменение линейных размеров по утку минимально – усадка не превышает 1 %, в направлении основы 0,6–5,2 %. По результатам исследований составлены рекомендации по эксплуатации тканей с полиуретановым покрытием: ручная стирка 30–60 минут при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, отжим вручную. В качестве чистящих средств применять бытовые порошки без содержания хлора. Дизайнерами кафедры «Дизайна и моды» УО «ВГТУ» отшита коллекция одежды, которая демонстрируется на выставках Республики Беларусь и Российской Федерации, получает одобрение от технологов швейного производства, других специалистов текстильной и легкой промышленности, а также проходит опытную носку.

Список использованных источников

1. Марущак, Ю. И. Исследование влияния кратности пены и времени сушки полимерного слоя на качество экокож. – Сборник материалов Всероссийской науч. конф. молодых исследователей с междун. участием. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2023. – С. 238–241.

2. Марущак Ю. И., Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокож / журнал «Известия высших учебных заведений. ТТП». – № 2 (404). – Иваново, 2023. – С. 103–111.

Научное издание

**БЕЛАРУСЬ-КИТАЙ: КОНТУРЫ ИННОВАЦИОННО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА**

Сборник материалов
научно-практической конференции

(Минск, 19–20 октября 2023)

Подписано в печать 23.10.2023. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 17,55. Уч.-изд. л. 10,30. Тираж 100. Заказ 849.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.